

ASTRONOMIE

1. LE SYSTÈME SOLAIRE — VUE D'ENSEMBLE

1.1 Définition et Unités

Le système solaire est l'ensemble formé par le Soleil et tous les objets gravitant autour de lui. Pour exprimer les distances et les durées à cette échelle, on utilise des unités adaptées :

1 Unité Astronomique (UA)

= 150 000 000 km — correspond au rayon moyen de l'orbite terrestre (la distance moyenne terre-soleil)

1 Année

= 365,25 jours — durée de la révolution de la Terre autour du Soleil

1.2 Composition du Système Solaire

- Une étoile centrale : le Soleil
- 8 planètes : Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune
- Des planètes naines : Cérès, Pluton, Hauméa, Makémaké, Éris
- Des petits objets : astéroïdes et comètes

1.3 Structure Générale

- Les objets sont très petits par rapport à leurs distances au Soleil
- Les planètes orbitent pratiquement dans le même plan (le plan de l'écliptique)
- Pour les objets externes (au-delà de Pluton), les orbites ne sont plus dans ce plan unique
- Le système solaire interne contient les planètes telluriques (rocheuses) et la ceinture d'astéroïdes
- Le système solaire externe contient les géantes gazeuses et la ceinture de Kuiper

2. LE SOLEIL

2.1 Nature du Soleil

Le Soleil est une étoile — une énorme boule de gaz très chaud composée principalement d'hydrogène et d'hélium. Ce gaz chaud émet de la lumière, ce qui permet au Soleil d'éclairer tout le système solaire.

2.2 Source d'Énergie : La Fusion Nucléaire

Le Soleil produit son énergie en transformant son hydrogène en hélium par un processus appelé fusion nucléaire. Cette réaction libère d'immenses quantités d'énergie sous forme de lumière et de chaleur.

Fusion nucléaire : 4 atomes d'hydrogène (H) fusionnent pour former 1 atome d'hélium (He), en libérant de l'énergie.

2.3 Caractéristiques du Soleil

Âge	4,5 milliards d'années
Durée de vie restante	~5 milliards d'années
Diamètre	1 500 000 km (100× le diamètre terrestre)
Masse	2×10^{30} kg (300 000× la masse terrestre)

3. LES PLANÈTES

3.1 Définition d'une Planète

Selon l'Union Astronomique Internationale (UAI), un astre est une planète s'il satisfait trois critères :

- Il est en orbite autour du Soleil
- Il a une masse suffisante pour être sphérique (équilibre hydrostatique)
- Il a nettoyé le voisinage de son orbite (domination gravitationnelle)

3.2 Deux Familles de Planètes

Planètes Telluriques (rocheuses)

- Mercure — diamètre : 0,38× Terre / orbite : 0,387 UA / révolution : 0,24 an
- Vénus — diamètre : 0,95× Terre / orbite : 0,723 UA / révolution : 0,62 an
- Terre — référence / orbite : 1 UA / révolution : 1 an
- Mars — diamètre : 0,53× Terre / orbite : 1,523 UA / révolution : 1,88 an

Géantes Gazeuses

- Jupiter — diamètre : 11,2× Terre / orbite : 5,20 UA / révolution : 11,86 ans
- Saturne — diamètre : 9,4× Terre / orbite : 9,54 UA / révolution : 29,46 ans
- Uranus — diamètre : 4,0× Terre / orbite : 19,23 UA / révolution : 84,01 ans
- Neptune — diamètre : 3,9× Terre / orbite : 30,07 UA / révolution : 164,8 ans

3.3 Description des Planètes

MERCURE

- Petite planète, légèrement plus grande que la Lune
- Pas d'atmosphère → surface très cratérisée
- Températures extrêmes : +427°C côté Soleil / –183°C dans l'ombre

VÉNUS

- Presque la jumelle de la Terre (même masse et taille)
- Épaisse atmosphère composée principalement de gaz carbonique (CO₂)
- Pression au sol : 100× celle de la Terre
- Effet de serre extrême → température permanente de 467°C

TERRE

- Possède une fine atmosphère d'azote (N₂) et d'oxygène (O₂)
- Température moyenne : 15°C → eau liquide présente à la surface
- Seule planète connue avec de l'eau liquide et de la vie

MARS

- Petite planète avec une très fine atmosphère
- Relief varié : Valles Marineris (canyon géant), Olympus Mons (plus grand volcan du système solaire)
- L'eau liquide a vraisemblablement coulé à sa surface il y a plus de 3 milliards d'années

JUPITER

- La plus massive des planètes — plus massive que toutes les autres réunies
- Planète gazeuse avec atmosphère en bandes parallèles à l'équateur
- Possède un mince système d'anneaux
- 79 satellites naturels, dont les 4 « lunes galiléennes » : Io, Europe, Ganymède, Callisto

SATURNE

- Deuxième plus grande planète
- Système d'anneaux complexe : composés de fragments de glace (jusqu'à 10 m), diamètre 360 000 km, épaisseur 10 m
- 82 lunes, dont Titan — le plus grand satellite du système solaire
- Titan possède une atmosphère d'azote/méthane et des lacs d'éthane liquide

URANUS

- Planète gazeuse avec un grand noyau de glace
- Atmosphère composée d'hydrogène et d'hélium
- 27 satellites naturels et un système d'anneaux
- Première planète découverte depuis l'Antiquité, par William Herschel

NEPTUNE

- Très semblable à Uranus — 14 satellites et de petits anneaux
- Découverte par le calcul : Le Verrier et Adams ont prédit son existence en analysant les perturbations de l'orbite d'Uranus

4. LES PLANÈTES NAINES ET OBJETS TRANS-NEPTUNIENS

Au-delà de l'orbite de Neptune (la ceinture de Kuiper), se trouvent de nombreux objets dont certains sont assez massifs pour être sphériques. On les appelle planètes naines.

4.1 Principales Planètes Naines

- Pluton — la plus connue, avec son satellite Charon
- Éris — légèrement plus petite que Pluton
- Makémaké
- Hauméa — forme allongée due à sa rotation rapide
- Cérès — dans la ceinture d'astéroïdes (entre Mars et Jupiter)

Pluton a été déclassifiée comme planète en 2006 par l'UAI, car elle n'a pas nettoyé le voisinage de son orbite. Elle est désormais classée planète naine.

5. LES PETITS OBJETS DU SYSTÈME SOLAIRE

5.1 Les Astéroïdes

Les astéroïdes sont de petits corps rocheux du système solaire dont la taille varie de quelques mètres à plusieurs centaines de kilomètres de rayon.

- Seuls les plus gros sont sphériques ; les petits ont des formes irrégulières
- Ils sont considérés comme des vestiges de la formation du système solaire
- La plupart se regroupent dans la ceinture principale, entre Mars et Jupiter
- Jupiter maintient gravitationnellement les astéroïdes dans cette zone
- On en trouve aussi le long de l'orbite de Jupiter (astéroïdes troyens)

5.2 Les Comètes

Les comètes sont souvent décrites comme des « boules de neige sale », composées de glace (eau et carbone) et de matière météoritique.

- Leur orbite est extrêmement elliptique
- Quand elles s'approchent du Soleil, la glace se sublime (passage direct solide → gazeux)
- Cette sublimation crée les spectaculaires queues cométaires
- Deux queues distinctes : une queue de gaz (pointant à l'opposé du Soleil) et une queue de poussière (souvent courbe)
- Les comètes proviennent du Nuage de Oort, un vaste réservoir aux confins du système solaire

5.3 Les Étoiles Filantes (Météores)

Les étoiles filantes ne sont PAS des étoiles ! Ce sont de petits astéroïdes (quelques centimètres à quelques mètres) qui entrent dans l'atmosphère terrestre à grande vitesse.

- Vitesse d'entrée : quelques dizaines de milliers de km/h
- Le frottement avec l'atmosphère les chauffe fortement → ils deviennent brillants et laissent une traînée
- Les comètes laissent des débris sur leur orbite
- Quand la Terre croise cette orbite → pluie d'étoiles filantes (météores semblant venir du même point)

6. LA FORMATION DU SYSTÈME SOLAIRE

Le système solaire s'est formé il y a environ 4,5 milliards d'années en 5 étapes :

Étape 1 — L'effondrement de la nébuleuse

Un nuage de gaz et de poussières interstellaires (nébuleuse) s'effondre sous l'effet de sa propre gravité. La nébuleuse commence à se contracter et à tourner.

Étape 2 — La naissance du Soleil

Au cœur du nuage en contraction, la température augmente considérablement. Lorsqu'elle est suffisamment élevée, des réactions nucléaires s'amorcent : le Soleil naît. Le reste de la matière forme un disque rotatif autour du Soleil naissant : le disque protoplanétaire.

Étape 3 — La formation des planétésimaux

Dans le disque protoplanétaire, les petits débris rocheux et glacés entrent en collision et s'assemblent sous l'effet de la gravité, formant des agrégats de plus en plus gros : les planétésimaux (embryons de planètes).

Étape 4 — L'accrétion des planètes

Les planétésimaux continuent d'accumuler de la matière par accrétion gravitationnelle jusqu'à ce que le disque soit entièrement consommé. Les planètes atteignent leur taille définitive.

accrétion = agglomération de matière (poussières, gaz, blocs rocheux) sous l'effet de la **gravité**.

Étape 5 — Le système solaire actuel

Le système solaire est complètement formé. Les astéroïdes et les comètes sont les vestiges des matériaux non incorporés dans les planètes lors de cette formation.

Pourquoi les planètes orbitent-elles dans le même plan ? Parce qu'elles se sont toutes formées à partir du disque protoplanétaire, qui était plan. Les objets trans-neptuniens, eux, peuvent avoir des orbites inclinées car ils ont subi plus de perturbations gravitationnelles.

7. LA TERRE

7.1 Caractéristiques Physiques

Position	3ème planète depuis le Soleil
Distance au Soleil	150 000 000 km (1 UA)
Rayon	6 370 km
Forme	Sphérique (légèrement aplatie aux pôles)
Orbite	Légèrement elliptique autour du Soleil

7.2 L'Obliquité de la Terre

L'axe de rotation de la Terre n'est pas perpendiculaire au plan de son orbite. Il forme un angle d'environ 23° avec la perpendiculaire à l'orbite. Cet angle s'appelle l'obliquité.

- L'obliquité est la cause des saisons sur Terre
- Le plan de l'orbite terrestre est appelé plan de l'écliptique
- C'est aussi la ligne sur laquelle le Soleil semble se déplacer dans le ciel au fil de l'année

8. LA DURÉE DU JOUR

La durée du jour (durée entre le lever et le coucher du Soleil) varie au cours de l'année en raison de l'obliquité de la Terre. Voici les situations selon les saisons :

8.1 Solstice d'Été (hémisphère Nord, ~21 juin)

- Le pôle Nord pointe vers le Soleil
- Dans l'hémisphère Nord : les jours sont plus longs que les nuits
- Au-delà du cercle polaire arctique ($66,5^\circ\text{N}$) : Soleil de minuit — le Soleil ne se couche pas
- Au pôle Nord : 6 mois de jour permanent

8.2 Solstice d'Hiver (hémisphère Nord, ~21 décembre)

- La situation est exactement inverse au solstice d'été
- Dans l'hémisphère Nord : les nuits sont plus longues que les jours
- Au-delà du cercle polaire arctique : nuit polaire — le Soleil ne se lève pas

8.3 Équinoxes (~20 mars et 22 septembre)

- La durée du jour est de 12h partout sur Terre
- À l'équateur : le jour dure toujours 12h, toute l'année
- Entre les tropiques du Cancer et du Capricorne, le Soleil peut être exactement au zénith (à la verticale)

9. LES SAISONS

9.1 Cause des Saisons : L'Inclinaison Axiale

Les saisons ne sont PAS dues à la distance Terre-Soleil (la Terre est même plus proche du Soleil en janvier qu'en juillet). Elles sont dues à l'obliquité de l'axe terrestre, qui détermine l'angle d'incidence des rayons solaires.

9.2 Été dans l'Hémisphère Nord

- Le Soleil est haut sur l'horizon
- Les rayons solaires arrivent presque perpendiculairement au sol
- L'énergie est concentrée sur une petite surface → chauffage efficace → il fait chaud
- Les jours sont longs → plus de temps de chauffage

9.3 Hiver dans l'Hémisphère Nord

- Le Soleil est bas sur l'horizon
- Les rayons solaires arrivent de manière rasante sur le sol
- La même énergie est étalée sur une grande surface → chauffage inefficace → il fait froid
- Les jours sont courts → moins de temps de chauffage

9.4 Dates Clés

Équinoxe de printemps	~20 mars — Début du printemps (Nord) / automne (Sud)
Solstice d'été	~21 juin — Jour le plus long (Nord)
Équinoxe d'automne	~22 septembre — Début de l'automne (Nord) / printemps (Sud)
Solstice d'hiver	~21 décembre — Nuit la plus longue (Nord)
Périhélie	~2 janvier — Terre au plus proche du Soleil
Aphélie	~5 juillet — Terre au plus éloignée du Soleil

10. LA LUNE

10.1 Caractéristiques

Nature	Seul satellite naturel de la Terre
Rayon	1 735 km
Distance à la Terre	357 000 km (périgée) à 406 000 km (apogée)

10.2 Rotation Sychrone

La rotation de la Lune sur elle-même a exactement la même durée que sa période orbitale autour de la Terre. Conséquence : la Lune nous montre toujours la même face (face visible). La face cachée n'est jamais visible depuis la Terre.

Cette coïncidence n'est pas un hasard : elle résulte des forces de marée que la Terre exerce sur la Lune, qui ont progressivement ralenti sa rotation pour la synchroniser avec sa révolution.

10.3 Formation de la Lune

La Lune s'est vraisemblablement formée suite à une gigantesque collision entre la proto-Terre et une planète de la taille de Mars (appelée Théia), il y a 4,51 milliards d'années. Les débris projetés dans l'espace se sont ensuite rassemblés pour former la Lune.

11. LES PHASES LUNAIRES

Les phases de la Lune sont dues à la variation de la portion éclairée visible depuis la Terre, au fil de l'orbite lunaire autour de la Terre.

11.1 Les 8 Phases

- Nouvelle Lune — La Lune est entre la Terre et le Soleil, face non éclairée vers nous → invisible
- Premier Croissant — Un mince croissant visible le soir à l'ouest
- Premier Quartier — La moitié droite de la Lune est éclairée
- Gibbeuse Croissante — Plus de la moitié est éclairée, croissant vers la pleine Lune
- Pleine Lune — La Lune est à l'opposé du Soleil, face entièrement éclairée → disque complet
- Gibbeuse Décroissante — Plus de la moitié éclairée, décroissant vers le dernier quartier
- Dernier Quartier — La moitié gauche de la Lune est éclairée
- Dernier Croissant — Un mince croissant visible le matin à l'est

12. LES ÉCLIPSES

12.1 Pourquoi les Éclipses sont Rares

Le plan de l'orbite lunaire est légèrement incliné ($5^{\circ}09'$) par rapport au plan de l'écliptique (plan de l'orbite terrestre). La plupart du temps, la Lune passe au-dessus ou en dessous de l'axe Terre-Soleil → pas d'éclipse. Seulement quand les trois astres sont parfaitement alignés (lors des nœuds orbitaux), une éclipse se produit.

12.2 Eclipse de Lune

- Se produit lors de la Pleine Lune quand la Lune entre dans l'ombre de la Terre
- Visible depuis la moitié de la Terre (côté nuit)
- La Lune prend une teinte orangée ou rouge (« Lune de sang ») car la lumière solaire est réfractée par l'atmosphère terrestre

12.3 Eclipse de Soleil

- Se produit lors de la Nouvelle Lune quand la Lune passe devant le Soleil
- Visible seulement sur une petite surface terrestre (couloir de totalité étroit)
- Donc plus rare à un endroit donné que les éclipses de Lune

12.4 Types d'Éclipses Solaires

La Lune ayant une orbite elliptique, sa taille apparente varie. On distingue trois types :

- Éclipse totale — La Lune est proche (grande apparence) et cache complètement le Soleil
- Éclipse annulaire — La Lune est loin (petite apparence) et laisse visible un anneau solaire
- Éclipse partielle — La Lune ne couvre qu'une partie du disque solaire

12.5 Éclipses par Paires

Les éclipses surviennent souvent par paire : une éclipse de Lune et une éclipse de Soleil séparées de 2 semaines environ.

13. LES MARÉES

13.1 Définition

Les marées sont des variations périodiques du niveau de la mer. Quand la mer monte, on parle de marée haute (flux) ; quand elle descend, de marée basse (reflux).

13.2 Cause : L'Attraction Gravitationnelle de la Lune

Les marées sont principalement causées par la Lune. L'attraction gravitationnelle lunaire n'est pas uniforme sur toute la Terre :

- L'eau côté Lune est plus attirée vers la Lune que le centre de la Terre → elle forme un renflement (marée haute)
- L'eau côté opposé à la Lune est moins attirée que le centre de la Terre → elle forme aussi un renflement par effet d'inertie
- Résultat : deux marées hautes par jour (environ toutes les 12h30)
- Le Soleil contribue aussi aux marées, mais dans une moindre mesure que la Lune

13.3 Marées de Vives-Eaux et de Mortes-Eaux

- Grande marée (vives-eaux) : lors de la Nouvelle Lune et de la Pleine Lune, Lune et Soleil sont alignés → forces combinées → marées plus fortes
- Petite marée (mortes-eaux) : lors des Premier et Dernier Quartiers, Lune et Soleil sont à angle droit → forces partiellement opposées → marées plus faibles

RÉCAPITULATIF — CHIFFRES CLÉS À RETENIR

Grandeur	Valeur
1 UA	150 000 000 km
1 Année terrestre	365,25 jours
Âge du Système Solaire	~4,5 milliards d'années
Diamètre du Soleil	1 500 000 km (100× la Terre)
Masse du Soleil	2×10^{30} kg (300 000× la Terre)
Rayon de la Terre	6 370 km
Obliquité terrestre	~23°
Rayon de la Lune	1 735 km
Distance Terre-Lune	357 000 à 406 000 km
Période synodique Lune	29 jours 13 heures
Inclinaison orbite lunaire	5°09' / plan écliptique