

Éléments de cours de Géologie : les illustrations et les commentaires seront examinés pendant les séances de cours

Chapitre 3

LE SYSTEME SOLAIRE

I- DEFINITIONS ET ORGANISATION

Notre système solaire comprend le *Soleil* qui est une étoile moyenne, autour duquel gravitent les planètes *Mercury, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune*, et *Pluton (Planète naine)*, les 60 *satellites* des planètes; un certain nombre de *comètes*, d'*astéroïdes* (formant une ceinture entre Mars et Jupiter) et le *milieu interplanétaire* (fig.1).

*-Définitions simples :

Une planète : c'est un corps céleste en orbite autour du soleil, de forme sphérique et qui a pu éliminer les autres corps autour de lui lors de sa formation

Une planète naine : c'est un corps céleste, de petite taille, en orbite autour du soleil, de forme sphérique et qui n'a pas pu se débarrasser des autres corps autour de lui lors de sa formation (Pluton, Cérès)

Le système solaire contient :

a)-Une étoile : le Soleil.

b)-Quatre planètes internes ou telluriques dites aussi rocheuses qui, durant leur évolution, ont perdu l'hydrogène et l'hélium, mais conservent une atmosphère importante (sauf Mercure). Il s'agit de planètes les plus proches du soleil, Mercure, Vénus, la Terre et Mars,

c)-Des planètes externes ou gazeuses dites aussi géantes gazeuses, formées de noyaux solides (de roche ou de glace) entourés essentiellement de gaz d'hydrogène et de l'hélium. Ce sont les planètes les plus éloignées du Soleil, avec successivement Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton (qui est une planète naine),

d)-Les Satellites planétaires qui gravitent autour des planètes. On connaît au moins 60 satellites dans le système solaire. Leurs diamètres varient de 5300 km à 30 km. Ils sont constitués en général d'un mélange de roches et de glaces.

Il y a deux planètes qui n'ont pas de satellites, Mercure et Vénus, tandis que les planètes Jupiter, Saturne et Uranus en possèdent plus qu'une dizaine chacune. L'unique satellite de la Terre est la Lune. Sauf cette dernière et quelques satellites de la planète Jupiter, les densités des satellites sont en général inférieures à 2. La plupart des satellites montrent d'abondants cratères d'impacts. Seule la lune Io de la planète Jupiter possède des volcans actifs comme on en observe sur la Terre.

e)-Les Astéroïdes sont des corps rocheux et de glace de quelques km à 1000 km de diamètre. Ils se localisent entre les orbites des planètes Mars et Jupiter dans une région que l'on appelle *ceinture d'astéroïdes*, et au delà de l'orbite de Neptune dans une ceinture appelée *ceinture de Kuiper (corps glacés)*. Il existe plus de 4000 astéroïdes numérotés, mais leur masse totale n'est que 5% de celle de la terre

f)-Les comètes sont des astres constitués de glaces et de poussières, de forme irrégulière, tout comme les astéroïdes. Leur taille est comprise entre 1 et 40 km. Elles ont des orbites non-elliptiques autour du Soleil, en dehors de l'écliptique. Leur masse dépasse de 50 fois celle de la Terre. A cause du chauffage par la radiation solaire, la comète émet des quantités

importantes de gaz et produit une queue spectaculaire. Leur origine serait la ceinture de Kuiper et/ou le nuage d'Oort. Leur révolution autour du soleil peut durer 76 ans (comète de Halley) jusqu'à 2.400 ans (comète de Hall - Bopp).

g)-Les Météorites représentent des fragments de débris provenant des astéroïdes ou de comètes qui entrent dans l'atmosphère de la Terre et qui tombent sur la surface terrestre. On pense qu'une immense météorite (plusieurs km de diamètre) a été la responsable de la disparition des dinosaures, il ya 65 millions d'années.

h)-Le milieu interplanétaire : il inclut au moins 2 constituants :

- La poussière interplanétaire qui correspond à des particules solides microscopiques,
- Le gaz interplanétaire, que l'on appelle aussi *plasma*, qui correspond à un courant de gaz chaud avec des particules chargées, pour la plupart, de protons et d'électrons. Ce courant provient du Soleil et il est appelé le *vent solaire*.

II- CARACTERISTIQUES DES PLANETES

Les planètes, la plupart de leurs satellites et les astéroïdes tournent autour du Soleil sur des orbites circulaires dans le sens anti-horaire (si regarde le nord du Soleil à partir du haut) sauf pour Venus.

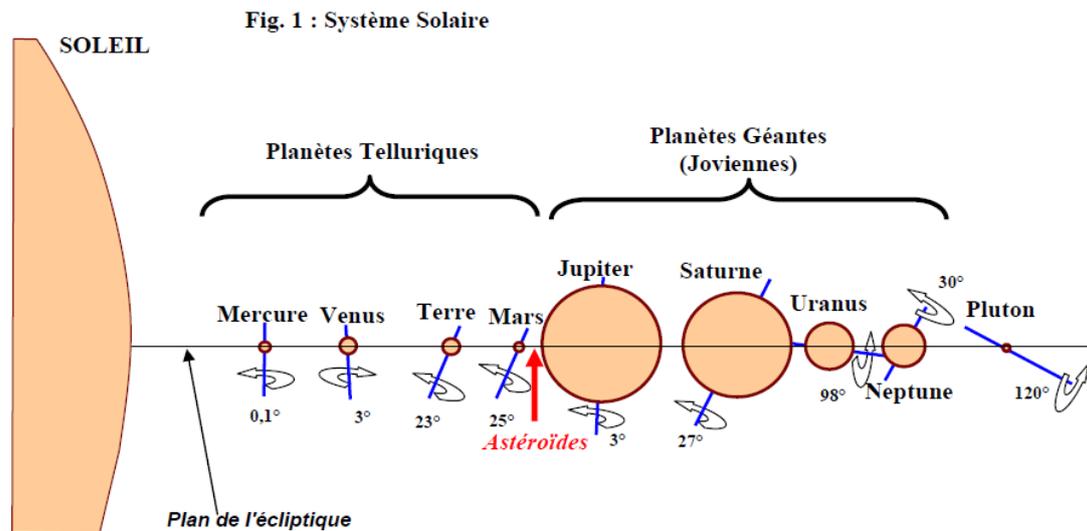
La gravitation des planètes se fait selon un plan dit *écliptique* (fig.3). Pluton, la plus elliptique de toutes les planètes, est un cas particulier car son orbite est le plus inclinée (17° 15') (fig.1).

L'axe de rotation, pour la plupart des planètes, est presque perpendiculaire à l'écliptique. Il y a cependant deux exceptions : Uranus et Pluton, qui sont inclinées sur leurs côtés. La répartition de la masse à l'intérieur du système solaire se présente de la façon suivante :

Soleil : 99,85%; Planètes : 0,13%; Comètes, Satellites, Astéroïdes, Milieu Interplanétaire : 0,02%.

Les caractéristiques de quelques planètes du système solaire

	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne
Distance au soleil (unité astronomique)	0,7	1	1,5	5,2	9,5
Rayon à l'équateur (km)	6052	6378	3397	71998	60000
Densité moyenne	5,25	5,52	3,94	1,31	0,69
Pression atmosphérique au sol (mbars)	90 000	1 000	7,4		
Température au sol (degrés Celsius)	+ 460	+50 -70	0 -70		
Constitution de l'atmosphère	CO2 : 96 % N2, Vapeur d'eau	Azote : 79 % O2 : 20 % Argon, CO2	CO2 : 95 % Azote	H2 : 90 % He : 10 % Méthane	



III- L'ATMOSPHERE DES PLANETES TELLURIQUES : Venus- Mars et la Terre

L'atmosphère des planètes telluriques est le fluide gazeux qui entoure leur surface. Ce gaz est maintenu par l'attraction gravitationnelle et est entraîné avec la planète.

Une planète ne peut capturer une atmosphère que si elle possède une masse suffisante, c'est le cas de Venus, de la Terre et de Mars et des planètes gazeuses

Au moment de la formation des planètes, une atmosphère s'est formée par le dégazage des gaz piégés (contenus ou emprisonnés) dans les roches - due à l'activité volcanique - ainsi que par des impacts de (astéroïdes, comètes) contenant des gaz volatils tels que H_2O et CO_2 , ces météorites se sont abattus sur les planètes durant leur jeunesse (leur formation).

L'Atmosphère des planètes étaient composées principalement de H_2O , CO_2 , N_2 , et la composition de l'atmosphère pour chaque planète va dépendre et évoluer principalement en fonction de sa masse, de sa taille et de sa température, donc de sa distance au Soleil

➤ **Mercur**

Mercur n'a probablement pas eu une atmosphère primitive comme les autres planètes telluriques à cause de sa proximité avec le soleil et à cause de sa faible masse d'où une faible gravité (c'est aussi le cas de la Lune, de Pluton, et de tous les satellites du système solaire, à l'exception notable de Titan.),

➤ **Vénus**

Vénus a probablement possédé autant d'eau que sur la Terre. Avec une température probablement inférieure à 100 °C (le soleil jeune était moins intense), l'eau se trouvait sous forme liquide formant des océans. Cependant, Vénus étant plus proche du soleil, sa température était nécessairement plus chaude que celle de la Terre, permettant progressivement une évaporation plus importante des océans.

Une grande quantité de vapeur d'eau augmente l'efficacité de l'effet de serre et par conséquent la température, qui à son tour fait croître à nouveau l'évaporation. L'eau se retrouve à l'état gazeux sous forme de vapeur d'eau et il n'y a plus de pluie qui permet de soustraire (diminuer ou dissoudre) le gaz carbonique, ce qui entraîne une augmentation inévitable de la quantité de CO_2 par le volcanisme (qui atteint 95%) et par conséquent de la température de l'atmosphère qui devient la plus dense avec une pression atteint 90 bars, 90 fois celle de la Terre et la température 450 °C .

➤ **La Terre**

La Terre, grâce à une orbite plus éloignée du Soleil, a connu une évolution très différente de

Vénus.

A l'origine, l'atmosphère terrestre était probablement très semblable, constituée principalement de vapeur d'eau. Comme sur Vénus, le refroidissement de la planète après sa formation conduisit à la naissance d'océans. Mais, grâce à une distance supérieure au Soleil, donc une température moindre, ces océans n'étaient pas menacés d'évaporation, (mais plutôt ils étaient en danger de se solidifier en glace). Le CO₂ gaz à effet de serre a permis à la Terre de conserver une température suffisante pour que les océans demeurent sous forme liquide.

Avec le temps, la puissance du Soleil augmenta jusqu'au niveau actuel et assura une température modérée à notre planète. Parallèlement, la plus grande partie du dioxyde de carbone fut petit à petit emportée par les pluies, dissoute dans les océans et capturée dans les roches sédimentaires des fonds océaniques.

L'atmosphère terrestre ne contient que 0,04% de CO₂ et la T°moyenne est de 15°C ; elle a été affectée par l'apparition de la vie, en particulier la mise en place de la photosynthèse. Le processus par lequel certaines cellules transforment le rayonnement solaire en énergie chimique en consommant du dioxyde de carbone et en émettant de l'oxygène, O₂ (21 %) et 78 % d'Azote N₂.

Grâce à ce processus, un nouveau type d'organisme put apparaître, qui s'appuyait cette fois sur la respiration, le processus grâce auquel les animaux produisent de l'énergie en consommant de l'oxygène et en rejetant du dioxyde de carbone.

➤ **Mars**

Dans la théorie la plus répandue, l'atmosphère martienne serait née dans des conditions similaires, avec le dégazage de grandes quantités de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone.

Grâce à l'effet de serre engendré par ces gaz, la température aurait été suffisante, et la pression atmosphérique suffisamment forte pour que l'eau puisse exister sous forme liquide pendant une très longue période. (300 millions d'années)

Les traces de lits de rivières à la surface de Mars sur des terrains géologiques anciens et des roches argiles très anciennes, prouvent que l'eau a coulé à la surface de Mars pendant les premiers 500 millions d'années

Mais lorsque le champ magnétique Martien aurait cessé de fonctionner, les vents solaires auraient progressivement arraché à Mars son Atmosphère, et la pression aurait diminué jusqu'au point où il n'est plus capable de maintenir l'eau liquide. Ce qui transforme le sol martien en un véritable désert.

Une dernière période se poursuit, l'atmosphère martienne, devenue très ténue et pauvre en vapeur d'eau, aurait lentement oxydé un sol martien riche en fer, donnant à la planète sa couleur rouge.

La diminution de la quantité de gaz à effet de serre jusqu'aux pressions actuelles de 7 mbar, a refroidit ainsi l'atmosphère jusqu'aux températures actuelles (-50 °C).

IV- LE SOLEIL

Le Soleil est une sphère de rayon d'environ 696.000 km. Sa température de surface est de 5.800°K; elle augmente jusqu'à 15.000.000 °K au centre. Il accomplit une rotation complète en 25 jours à l'équateur et 36 jours aux pôles. Ce phénomène, appelé "rotation différentielle" est dû au fait que le Soleil n'est pas un corps solide comme la Terre. Par contre, le noyau du Soleil tourne comme un corps solide.

Le Soleil est actuellement constitué de 75% d'hydrogène et 25% d'hélium en masse. Le reste ("métaux") compte pour environ 0.1%. Cette composition change lentement alors que le Soleil transforme l'hydrogène en hélium à l'intérieur de son noyau.

Le Soleil émet des ondes radio, des rayons X, des particules énergétiques, une quantité

importante de neutrinos, en plus de la lumière visible. La production d'énergie du Soleil (386 milliards de milliards de mégawatts) est produite par la fusion nucléaire

V- DONNEES GENERALES SUR LA TERRE

*-La Terre parcourt, dans le sens direct (sens inverse des aiguilles d'une montre), une orbite quasi elliptique et plane autour du Soleil (plan de l'écliptique).

*-La Terre tourne sur elle-même, autour de l'axe des pôles, dans le sens direct (d'ouest en est). L'axe de rotation de la Terre est incliné par rapport au plan de l'écliptique). Cette inclinaison, de 23° 26', est à l'origine des variations de la durée des jours et des nuits ainsi que des saisons.

*-Le plan normal à l'axe de rotation terrestre coupant en deux hémisphères la sphère terrestre s'appelle plan équatorial terrestre. L'intersection de ce plan avec la Terre est l'équateur terrestre.

*-La gravitation correspond à une attraction matérialisée par le phénomène de la chute d'un corps ou de la rotation d'un astre autour d'un autre. La Terre, comme tout objet ayant une masse, exerce une force d'attraction sur les autres objets comme la Lune par exemple, qui est l'astre le plus proche de notre planète. On dit que la Terre possède un champ gravitationnel où cette force d'attraction s'exerce en tout point autour de la Terre.

*-La pesanteur est le champ d'attraction de la Terre liée à la gravitation universelle. Celle-ci se traduit par une équation qui permet de calculer la force gravitationnelle (F_g) avec laquelle deux corps s'attirent l'un vers l'autre.

$F_g = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2}$	<p>F_g = Force d'attraction entre les corps en newtons (N) G = Constante de la gravitation universelle $\approx 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ m_1 = Masse du premier objet en kilogrammes (kg) m_2 = Masse du deuxième objet en kilogrammes (kg) r = Distance séparant les deux objets en mètres (m)</p>
---	---

La force de pesanteur englobe à la fois la *gravité* (force d'attraction) et la *force centrifuge* (force d'échappement), qui provient du mouvement de rotation de la planète.

----Si un corps céleste est très massif, il retient intégralement dans son atmosphère les gaz les plus légers (comme le dihydrogène (H_2) et l'hélium (He)) qui, en grande quantité, sont incompatibles avec la vie. C'est le cas des planètes géantes gazeuses (formées presque entièrement d'hydrogène et hélium).

----Si un corps céleste est très petit, il laisse échapper tous les gaz, ainsi que la vapeur d'eau. Un tel corps est dépourvu d'atmosphère (Mercure, Lune...).

*-La Terre est suffisamment grosse pour retenir les gaz indispensables à la vie (comme le CO_2) et suffisamment petite pour avoir laissé échapper les gaz les plus légers (H_2 et He), incompatibles avec la vie.

*-La densité moyenne du globe est de 5,5 ; celle des roches de surface est environ 2,7 celle des roches volcaniques est de l'ordre de 3, quand au zones internes la densité est encore plus élevée.

*-La Terre possède un *champ magnétique*, aussi appelé bouclier terrestre, c'est un immense champ magnétique qui entoure la Terre, il est engendré par les mouvements du noyau métallique liquide des couches profondes de la Terre. Le champ magnétique terrestre joue un rôle essentiel dans le développement de la vie sur Terre, en protégeant l'atmosphère terrestre et en déviant les particules mortelles du vent solaire.

VI- FORMATION DU SYSTEME SOLAIRE

Plusieurs hypothèses ont été avancées quant à l'origine du système solaire. Les interprétations récentes, convergent à l'idée que le Soleil et les planètes proviennent d'un même nuage composé de gaz et de poussières formés de reste d'une supernova issue de l'explosion

d'étoiles plus anciennes:

1. Il y a environ 5 milliards d'années ce nuage étant en rotation, ces particules sont mises à tourner et à s'attirer les unes les autres, s'effondre sous sa propre gravité, puis il s'est aplati pour former un disque.

2 - Le centre de ce disque se comprime et lorsque sa masse fut suffisamment dense et chaude, les réactions nucléaires se sont enclenchées. Ainsi on a naissance d'une *protoétoile* autour de laquelle gravite le reste du gaz et les poussières (10% de la masse initiale) ce qui a donné naissance à une étoile, notre Soleil. A ce sujet, il faut distinguer deux sortes de nébuleuses:

- les nébuleuses initiales gazeuses constituées essentiellement d'hydrogène et d'hélium qui sont à l'origine des étoiles (étoiles de première génération) dès les premiers instants de la naissance de l'univers ;
- les nébuleuses planétaires qui ont pris naissance suite à l'explosion des étoiles formées de débris et de gaz. Lors de la formations du disque planétaire l'hydrogène et l'hélium se concentrent au centre de cet édifice pour donner naissance à une proto-étoile qui évoluera en une étoile (étoiles de deuxième génération) ;

3 - Pendant ce temps, au niveau du *disque protoplanétaire* en gravitation et relativement froid, la poussière s'agglomèrent (*accrétion*) pour former des corps solides : des astéroïdes puis des *planétoïdes* attirant vers eux de plus en plus de matière ; tandis que la chaleur est alors si importante que ces corps entrent en fusion : le corps ainsi formé est appelé une *protoplanète*. Tous ces fragments se sont collés les uns les autres et ont formé les planètes.

5- A environ un million d'années les noyaux des planètes géantes se sont formés. Puis ils ont attiré le gaz qui restant dans la nébuleuse. Si les planètes gazeuses (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune) ont une taille décroissante par rapport à leur distance du Soleil, c'est que le disque de la nébuleuse est de moins en moins dense à mesure que l'on s'éloigne du Soleil, donc Saturne dispose de moins de gaz que Jupiter, Uranus moins que Saturne, et Neptune moins qu'Uranus.

Pendant au moins un milliard d'années, ces corps ont été soumis à un bombardement très violent de météorites, restes de la nébuleuse, ce qui a formé la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter et celle de Kuiper et au-delà de Neptune

<http://system.solaire.free.fr/>

<http://keepschool.com/>

<http://www.astronomes.com>

<http://villemin.gerard.free.fr/Astronom/TerAttr.htm>

<http://villemin.gerard.free.fr/Scienmod/Gravitat.htm>