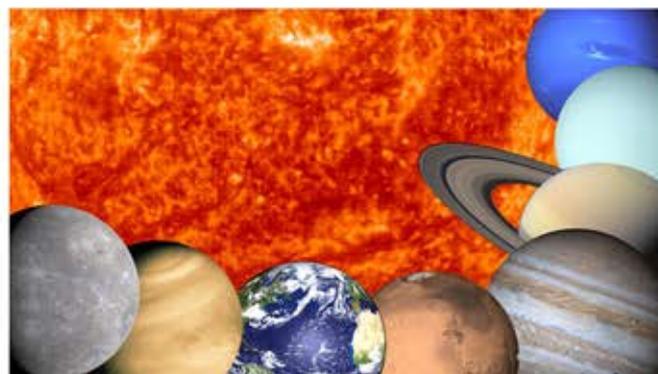


1A Le système solaire

Le système solaire désigne **la zone de l'espace dans laquelle l'attraction du Soleil est dominante**. On y trouve :

- Une étoile : le Soleil
- Huit planètes
- Plus d'une centaine de satellites naturels
- Cinq planètes naines
- De plusieurs milliers d'astéroïdes
- De plusieurs millions de comètes

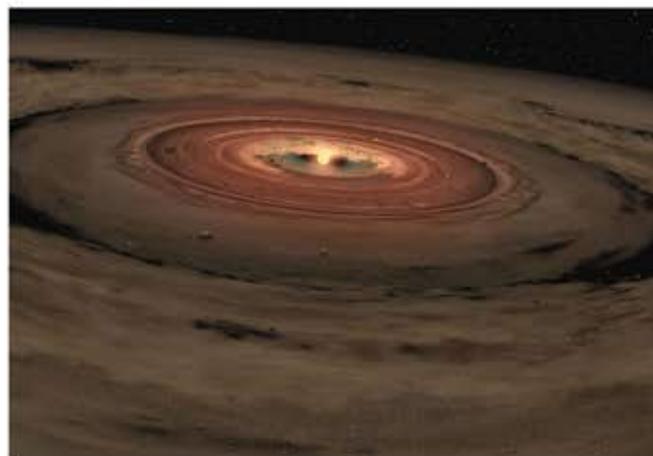


FORMATION DU SYSTEME SOLAIRE

Le système solaire s'est formé **il y a 5 milliards d'années, à partir d'une nébuleuse**, gigantesque nuage de gaz et de poussières qui, en se contractant et en accélérant sa rotation, a pris naturellement la forme d'un disque (1). Au centre de ce disque, une sphère de gaz a commencé à s'effondrer en devenant de plus en plus dense et chaude jusqu'à ce que des réactions thermonucléaires se déclenchent en son coeur, donnant ainsi naissance au Soleil (2). Les résidus poussiéreux et gazeux gravitant autour du jeune Soleil se sont à leur tour agglomérés progressivement pendant environ 100 millions d'années pour former les planètes et leurs satellites naturels (3 et 4).



1



2



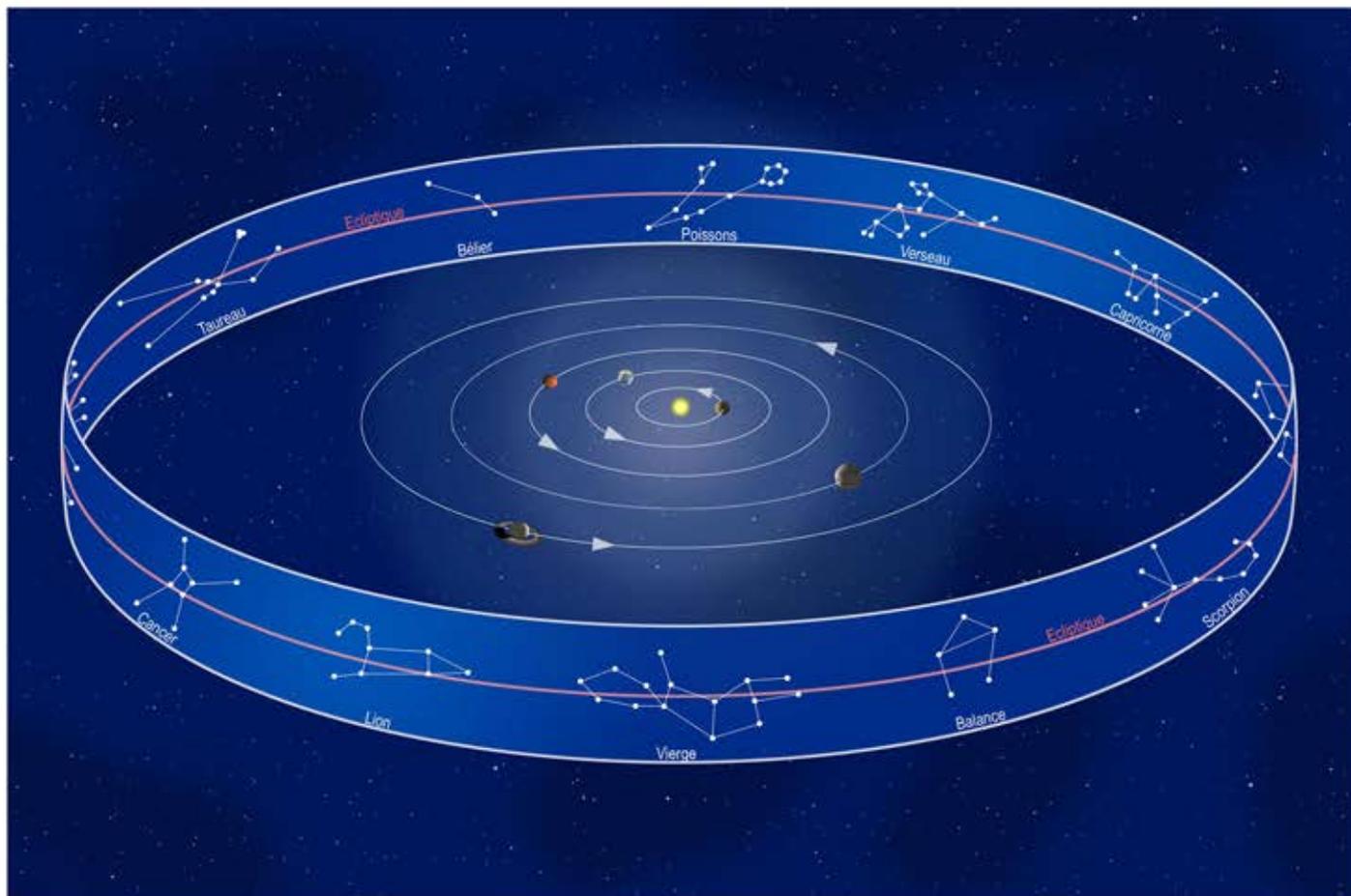
3



4

1B Le système solaire

COMMENT REPERER LES PLANETES DANS LE CIEL ?



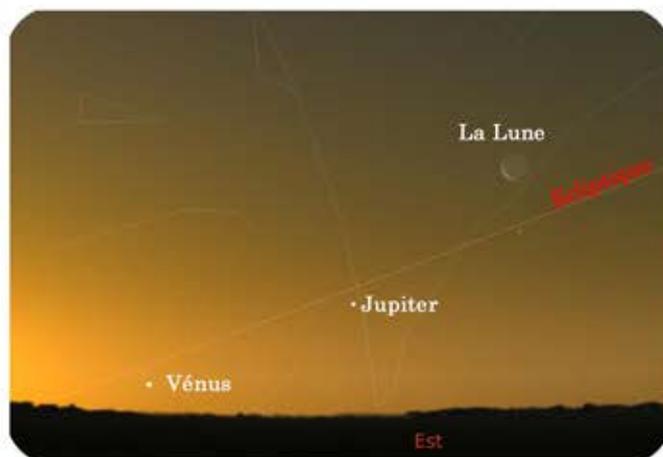
▲ Les constellations du zodiaque ont été imaginées à partir des étoiles se situant dans le plan du système solaire.

En raison du processus de formation du système solaire, celui-ci a donc la forme d'un disque avec le Soleil au centre. A peu de choses près, les planètes tournent toutes dans le plan de ce disque. Le plan précis dans lequel tourne la Terre est le plan de **l'écliptique** qui correspond donc approximativement au plan du système solaire. **Observé depuis la Terre, l'écliptique nous apparaît sous la forme d'une ligne imaginaire dans le ciel.**

Pour un observateur terrestre, le Soleil paraît se déplacer exactement le long de l'écliptique alors que, bien entendu, c'est la Terre qui tourne autour de lui en un an. A chaque fois que la Terre fait un tour, le Soleil se retrouve à la même place sur l'écliptique donc devant les mêmes étoiles.

Vues depuis la Terre, les planètes semblent également se déplacer en suivant la ligne écliptique. Ce fait avait déjà été remarqué par les civilisations antiques sans qu'elles puissent pour autant lui en donner une explication.

Le Soleil et les planètes sont donc toujours observables devant la même zone du ciel étoilé : **la bande zodiacale.**



▲ La Lune, Vénus et Jupiter, observées depuis la Terre.

1c Le système solaire

LA « ROUTE » DES PLANETES : LE ZODIAQUE

Afin de matérialiser la route des planètes sur le ciel, les Mésopotamiens imaginèrent, 1500 av J-C, des constellations situées le long de l'écliptique. Les Grecs nommeront ces constellations *zodiakos kyklos* « la ceinture des animaux ». En effet, à l'origine, les constellations du zodiaque représentaient toutes des êtres vivants réels ou imaginaires. Au fil du temps et de l'imagination des hommes, les dessins des constellations ont évolués. Aujourd'hui, le zodiaque des astronomes est découpé en 13 constellations (Voir annexe), de tailles différentes, qui se distinguent complètement des 12 signes des astrologues.



▲ Les constellations du zodiaque telles qu'elles ont été définies par l'Union Astronomique Internationale en 1928.

Cependant, les constellations du zodiaque ont conservé leur fonction première : permettre le repérage des planètes. **Les planètes ne s'observent donc que devant les constellations du zodiaque, et nulle part ailleurs dans le ciel.** Le Soleil semblant se déplacer le long de l'écliptique, il traverse lui aussi les constellations du Zodiaque :

Constellations	Date d'entrée et de sortie du Soleil devant la constellation	Durée du passage du Soleil devant la constellation
Poissons*	11 mars - 17 avril	33,75 jours
Bélier	18 avril - 12 mai	26,25 jours
Taureau	13 mai - 20 juin	37,50 jours
Gémeaux	21 juin - 19 juillet	30 jours
Cancer	20 juillet - 09 août	20 jours
Lion	10 août - 15 septembre	35 jours
Vierge	16 septembre - 29 octobre	40 jours
Balance	30 octobre - 21 novembre	25 jours
Scorpion	22 novembre - 28 novembre	5 jours
Serpenteire	29 novembre - 17 décembre	20 jours
Sagittaire	18 décembre - 18 janvier	37,50 jours
Capricorne	19 janvier - 15 février	27,50 jours
Verseau	16 février - 10 mars	22,50 jours

* Les astronomes considèrent les Poissons comme la première des constellations du zodiaque, car elle contient le point vernal, position qu'occupe le Soleil le 21 mars, jour de l'équinoxe de printemps, qui est également le point d'origine des calculs de coordonnées en astronomie.

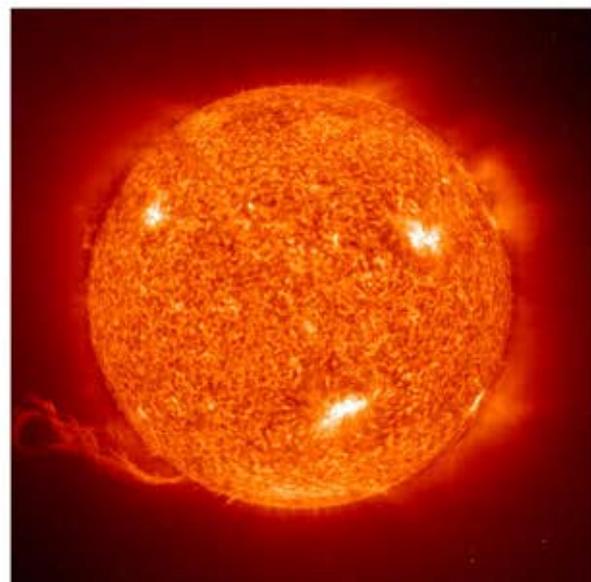
2A Composition du système solaire

LE SOLEIL

Capable de produire sa propre lumière, **le Soleil est une étoile**. Comme toutes les étoiles, il n'a pas de surface solide. Il est constitué de gaz très chaud, principalement de l'hydrogène. Sous l'effet de l'énorme pression exercée par l'enveloppe gazeuse qui l'entoure, le noyau du Soleil atteint une température de 15 millions de degrés Celsius. Il est le siège de réactions thermonucléaires qui transforment son hydrogène en hélium et en énergie. **Ces réactions produisent des rayonnements dont chaleur et lumière sont les plus perceptibles.** En regard de ses réserves d'énergie, les astronomes estiment que le Soleil n'est encore qu'à la moitié de sa vie.

LE SOLEIL EN QUELQUES CHIFFRES :

Taille : 1 400 000 km (109fois la Terre)
Masse : 330 000 fois celle de la Terre
Rotation : 25 jours à l'équateur, 37 jours aux pôles
Température à la surface : 5 500°C
Température dans le noyau : + 15 millions de degrés.

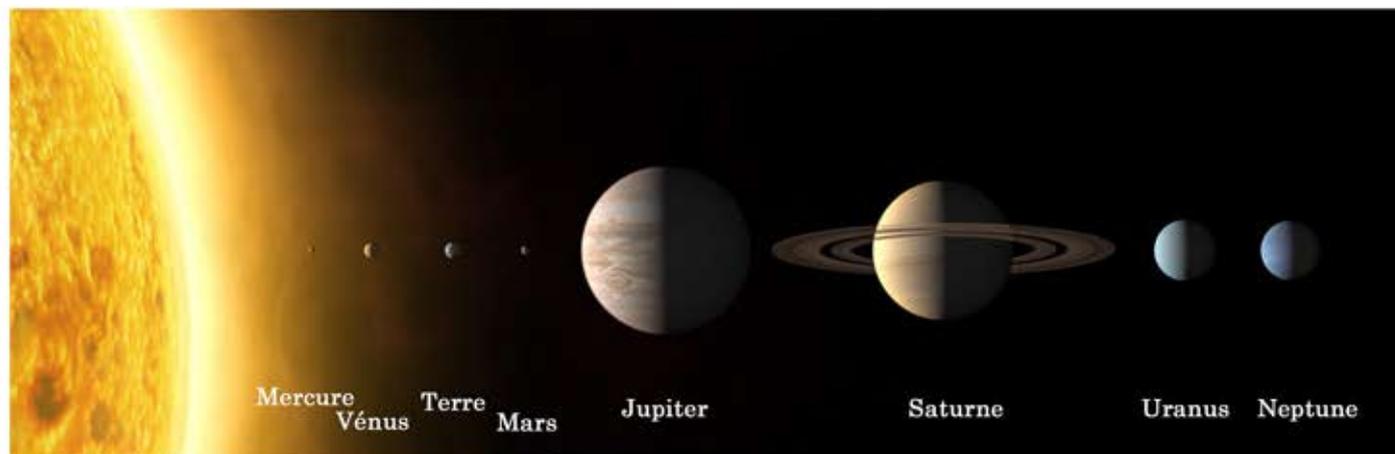


LES PLANETES

Définition : est une planète, 1) un corps céleste qui tourne autour du Soleil, 2) qui a une gravité suffisante pour avoir une forme presque sphérique, 3) a éliminé tout corps susceptible de se déplacer au voisinage de son orbite.

Il existe trois sortes de planètes :

- **Les planètes telluriques (rocheuses)**, constituées principalement de roches, elles sont comparables à la Terre. Il s'agit de **Mercury, Vénus, la Terre et Mars**.
- **Les planètes joviennes (gazeuses)**, constituées principalement d'hydrogène (90%) et d'hélium, elles n'ont aucune structure solide à l'exception de leur noyau. Il s'agit de **Jupiter et Saturne**.
- **Les planètes géantes de glaces**, constituées essentiellement de méthane et d'ammoniac, éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium, et que les astronomes appellent « glace ». Dans ces planètes, l'hydrogène ne représente que 20% de la masse. Il s'agit d'**Uranus et de Neptune**.



Mercury
Vénus

Terre
Mars

Jupiter

Saturne

Uranus
Neptune

2B Composition du système solaire

MERCURE

Mercure est la plus petite planète du système solaire, et la plus proche du Soleil. Sa proximité du Soleil, son atmosphère très ténue, et sa lente rotation engendrent des températures extrêmes à la surface de la planète : 430°C du côté éclairé par le Soleil, -170°C pour la partie plongée dans la nuit. Sa surface ressemble beaucoup à celle de la Lune. Elle est criblée de cratères d'impacts météoritiques qui témoignent du bombardement intense que connurent les planètes lors des ultimes étapes de leur formation, il y a 4,6 milliards d'années.

Observation depuis la Terre : sa proximité au Soleil ne permet de l'observer que quelques minutes, le soir dans les lueurs du crépuscule, ou le matin dans les lueurs de l'aube, mais jamais en pleine nuit.



MERCURE EN QUELQUES CHIFFRES :

Distance moyenne au Soleil : 58 millions de km (0,38 UA)
Période de révolution : 88 jours
Période de rotation : 58 jours
Diamètre : 4 878 km (3 fois plus petit que la Terre)
Température : jour : 425°C, nuit : -170°C
Nombre de satellites naturels : 0

VENUS

De la même taille que la Terre, elle est entourée d'une épaisse atmosphère qui cache en permanence sa surface. Les relevés obtenus par imagerie radar ont permis de montrer que cette planète a connu une activité volcanique intense par le passé, activité qui n'a peut-être pas encore totalement disparue. Composée essentiellement de gaz carbonique et de nuages de gouttelettes d'acide sulfurique, l'atmosphère de Vénus retient parfaitement la chaleur par effet de serre. De jour comme de nuit, aux pôles comme à l'équateur, il y fait plus de 450°C en permanence.

Observation depuis la Terre : Egalement connue sous le nom d'« étoile du Berger », c'est la planète la plus brillante vue depuis la Terre. Suivant sa position autour du Soleil, elle est observable soit en début de nuit vers l'ouest, soit en fin de nuit vers l'est.



VENUS EN QUELQUES CHIFFRES :

Distance moyenne au Soleil : 108 millions de km (0,72 UA)
Période de révolution : 225 jours
Période de rotation : 243 jours
Diamètre : 12 101 km (comparable à la Terre)
Température : jour et nuit : 450°C
Nombre de satellites naturels : 0

2c Composition du système solaire

TERRE

Troisième planète du système solaire, la Terre est la plus grande des planètes rocheuses. C'est une planète «vivante» : volcanisme, tremblements de terre, cyclones sont autant de phénomènes témoignant de son activité permanente. Sa distance au Soleil, idéale, et son atmosphère, engendrent des conditions de températures et de pression permettant la présence d'eau liquide qui recouvre les 3/4 de sa surface. Si la Terre était plus près du Soleil, il y ferait plus chaud, et elle aurait pu ressembler à Vénus. En revanche, un peu plus loin du Soleil, la température y serait plus basse et l'eau serait gelée. Ces conditions ont permis l'apparition de la vie, événement unique dans l'Univers dans l'état actuel de nos connaissances.



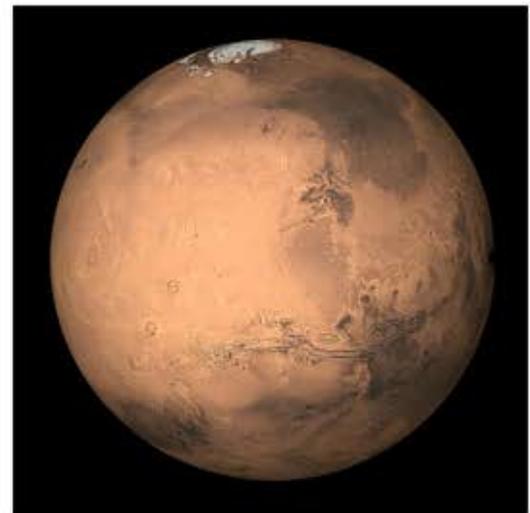
LA TERRE EN QUELQUES CHIFFRES :

Distance moyenne au Soleil : 149 millions de km (1 UA)
Période de révolution : 365,25 jours
Période de rotation : 23h 56min
Diamètre : 12 756 km
Température moyenne : 15°C
Nombre de satellites naturels : 1

MARS

La célèbre planète rouge occupe depuis toujours une place importante dans l'imaginaire de l'Homme. Située juste après la Terre, elle présente de nombreux points communs avec notre planète. Principalement constituée de roche et d'un noyau ferreux, elle tourne sur elle-même en pratiquement 24 heures. Deux fois plus petite que la Terre, sa faible gravité ne lui a pas permis de retenir une atmosphère conséquente. L'effet de serre étant très faible à la surface de Mars, la température moyenne est de -60°C. La couleur rouge caractéristique de la planète est due à la présence d'oxyde de fer (rouille) dans le sol. De part sa proximité et ses similitudes avec la Terre, les hommes ont longtemps supposé que Mars devait être habitée, avant que les sondes spatiales ne révèlent une surface désertique.

Observation depuis la Terre : En raison de son déplacement autour du Soleil, Mars n'est correctement observable que tous les deux ans en moyenne, lorsqu'elle se situe au plus près de la Terre.



MARS EN QUELQUES CHIFFRES :

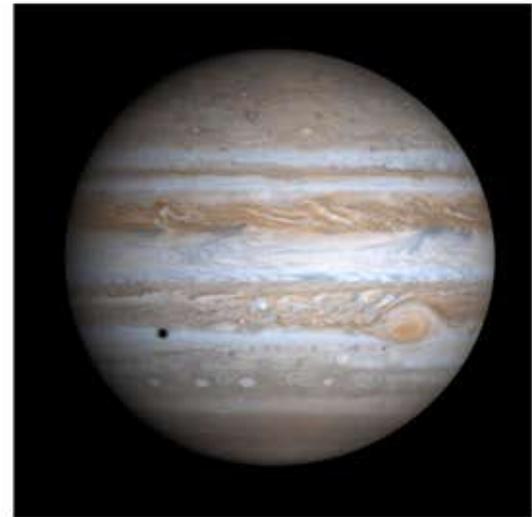
Distance moyenne au Soleil : 228 millions de km (1,52 UA)
Période de révolution : 225 jours
Période de rotation : 24h 37min
Diamètre : 6 794 km (2 fois plus petit que la Terre)
Température moyenne : -60°C
Nombre de satellites naturels : 2

2D Composition du système solaire

JUPITER

C'est la plus grande des planètes, mais aussi la première des planètes gazeuses. Composée principalement d'hydrogène et d'hélium, elle est dépourvue de surface à proprement parler. Seule sa haute atmosphère est observable. Elle se caractérise par des bandes nuageuses qui résultent de sa rotation rapide (un tour en une dizaine d'heures). Au-dessus des nuages, au niveau de l'équateur, se trouvent des anneaux extrêmement fins et sombres, difficilement observables sur les photographies. Actuellement, nous lui connaissons une soixantaine de satellites naturels. La plupart sont des fragments de roches. Les 4 principaux : Io, Europe, Ganymède et Callisto sont d'une taille comparable ou supérieure à notre Lune.

Observation depuis la Terre : Son éclat en fait la deuxième planète la plus brillante du ciel. Elle est pratiquement visible toute l'année, sauf lorsqu'elle passe derrière le Soleil. Au télescope, ses bandes de nuages se révèlent parfaitement, ainsi que ses quatre principaux satellites.



JUPITER EN QUELQUES CHIFFRES :

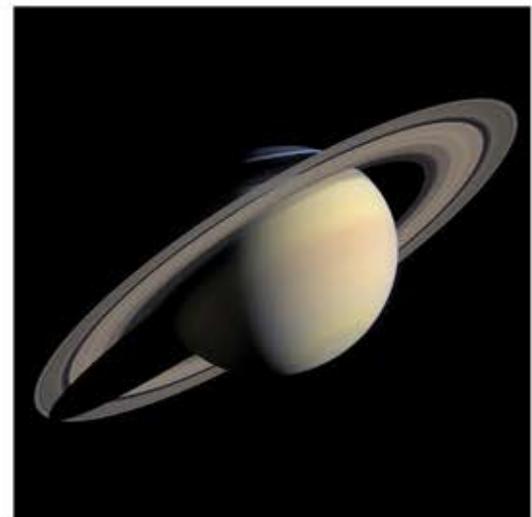
Distance moyenne au Soleil : 778 millions de km (5,18 UA)
Période de révolution : 11 ans 314 jours
Période de rotation : 9h 50min
Diamètre : 142 984 km (11 fois la Terre)
Température moyenne : -147°C
Nombre de satellites naturels : 69 (connus en 2018)

SATURNE

Saturne est certainement la planète du système solaire la plus facilement identifiable, grâce à ses célèbres anneaux. C'est la deuxième plus grosse planète du système solaire, et elle est deux fois plus éloignée du Soleil que sa voisine Jupiter. C'est une planète gazeuse, principalement constituée d'hydrogène et d'hélium. Comme Jupiter, son atmosphère présente des bandes nuageuses, qui sont toutefois moins marquées en raison de leur épaisseur plus importante. L'atmosphère de Saturne reste relativement calme. Cependant, de violentes tempêtes ont déjà été observées, avec des vents dépassant les 430 km/h. Les pôles nord et sud sont constitués de deux ouragans permanents, mesurant plusieurs milliers de km.

Les anneaux sont constitués à 93% de glace d'eau. Ce sont des blocs de la taille d'un grain de poussière jusqu'à celle d'un immeuble. Leur origine serait très récente, car leur âge est estimé à 200 millions d'années.

Observation depuis la Terre : de part sa distance, Saturne est la dernière planète visible à l'œil nu. Son éclat, plutôt faible, ne facilite pas son repérage. L'observation des anneaux nécessite l'usage d'un petit télescope, et un grossissement d'une cinquantaine de fois.



SATURNE EN QUELQUES CHIFFRES :

Distance moyenne au Soleil : 1 427 millions de km (9,50 UA)
Période de révolution : 29 ans 167 jours
Période de rotation : 10h 14min
Diamètre : 120 536 km (9 fois la Terre)
Température moyenne : -180°C
Nombre de satellites naturels : 64 (connus en 2018)

URANUS

Trop éloigné du Soleil pour être visible à l'œil nu, Uranus fut découvert en 1781 par l'astronome anglais William Herschel. Sa distance au Soleil a surpris les astronomes, puisqu'elle multipliait par deux la taille du système solaire ! Planète géante de glaces, elle est plus petite et plus dense que Jupiter et Saturne. Elle s'en distingue également par sa composition (20% d'hydrogène contre 90% pour Jupiter et Saturne). Sa couleur bleutée est due à la présence de grande quantité de méthane dans son atmosphère. Cette dernière reste étonnamment calme, peu de tempête y sont observées.

La particularité d'Uranus est de tourner sur elle-même presque couchée sur le plan de son orbite ! De ce fait, les pôles sont orientés vers le Soleil à tour de rôle tous les 42 ans. Une collision avec un astre de la taille de la Terre, au début de la formation des planètes, pourrait être responsable de cette curiosité.

Observation depuis la Terre : Trop lointaine, elle ne présente qu'un petit disque bleuté dans un télescope.



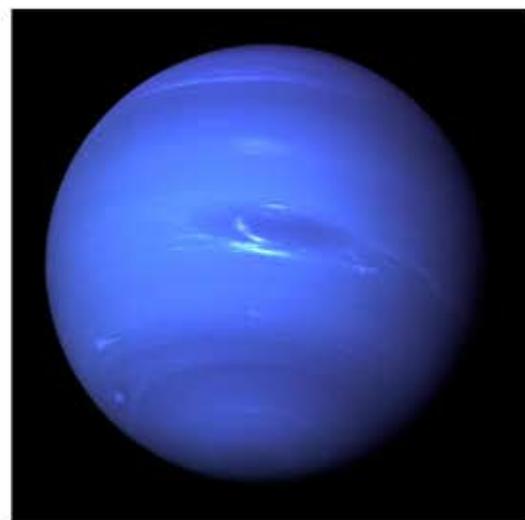
URANUS EN QUELQUES CHIFFRES :

Distance moyenne au Soleil : 2 869 millions de km (19 UA)
Période de révolution : 84 ans 7 jours
Période de rotation : 17h 14min
Diamètre : 51 118 km (4 fois la Terre)
Température moyenne : -210°C
Nombre de satellites naturels : 27 (connus en 2018)

NEPTUNE

Neptune est la dernière planète du système solaire. Elle fut découverte en 1846 d'après les calculs de l'astronome français Urbain Le Verrier. 30 fois plus éloignée du Soleil que la Terre, c'est un monde froid (-235°C dans la haute atmosphère), perpétuellement plongé dans une semi-obscurité (elle reçoit 900 fois moins de lumière que la Terre). C'est une géante de glaces au même titre qu'Uranus, avec laquelle elle partage une taille, une couleur et une composition pratiquement identique. Mais son atmosphère est plus dynamique. De nombreux nuages, semblables à des cirrus, y sont observés. Lors de son survol en 1989, la sonde Voyager 2 a photographié une grande tache bleue, un cyclone qui rappelle étrangement la Grande Tache Rouge de Jupiter. Cependant, les images prises par le télescope Hubble en 1994 ont montré que la tache bleue avait disparu.

Observation depuis la Terre : Trop lointaine, elle n'est qu'un minuscule point bleu vu dans un télescope.



NEPTUNE EN QUELQUES CHIFFRES :

Distance moyenne au Soleil : 4 490 millions de km (30 UA)
Période de révolution : 164 ans 280 jours
Période de rotation : 18h 12min
Diamètre : 49 528 km (4 fois la Terre)
Température moyenne : -220°C
Nombre de satellites naturels : 14 (connus en 2018)

LES AUTRES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE :

Les satellites naturels

Ce sont des corps rocheux, tournant autour d'une planète. **Dans le système solaire, plus de 150 satellites naturels sont référencés.** Bien que la plupart soient des astéroïdes capturés par les planètes, certains satellites ont une taille bien plus imposante et constituent des mondes à part entière. Le plus connu est bien entendu **notre Lune**.

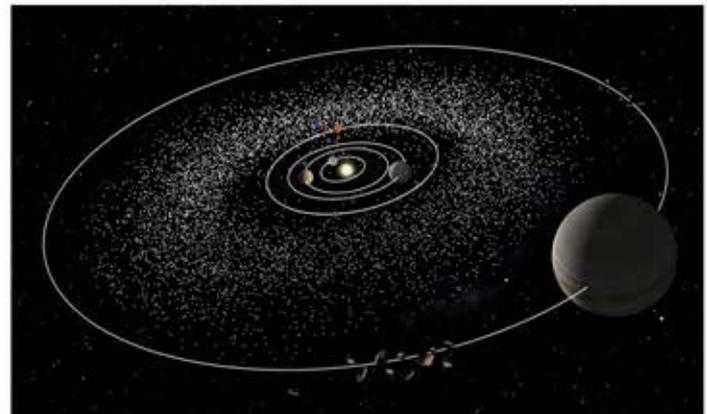


Certains satellites se distinguent. **Io**, satellite de Jupiter, est entièrement recouvert de volcans en activité, alors qu'**Europe**, un autre satellite de Jupiter, est entourée d'une croûte de glace qui pourrait abriter un océan d'eau liquide.

Titan, le plus gros satellite de Saturne, est le seul satellite du système solaire à posséder une atmosphère. Enfin, **Encelade**, petit satellite de Saturne (500 km de diamètre), présente des geysers de glace, qui témoignent de la présence d'un océan d'eau liquide sous la croûte de glace.

La ceinture principale d'astéroïdes

Entre Mars et Jupiter gravitent de nombreux petits corps rocheux appelés astéroïdes. On estime qu'il doit exister entre 700 000 et 1 700 000 astéroïdes d'une taille supérieure au kilomètre, mais leur masse totale ne représente qu'un millième de celle de la Terre. Les astéroïdes sont de forme irrégulière. Un seul d'entre eux est sphérique, **Cérès**, qui est aujourd'hui considérée comme une planète naine (voir plus loin). A l'origine, ces astéroïdes devaient être plus nombreux, mais sous l'effet perturbateur de l'attraction de Jupiter, ils n'ont pu s'agglomérer



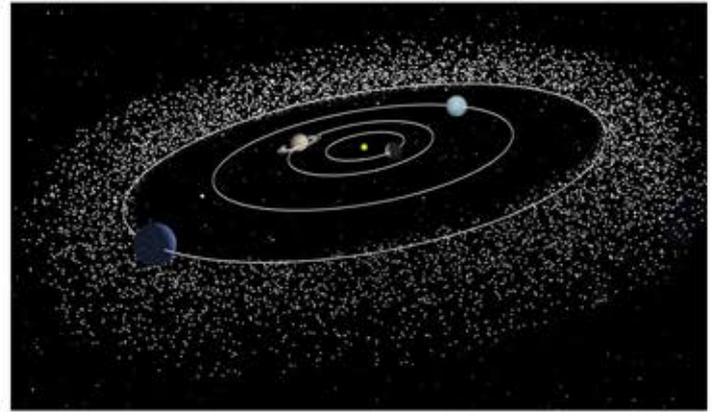
pour former une planète. Certains ont probablement été éjectés vers le Soleil, et d'autres expulsés du système solaire. Contrairement à une idée courante, et malgré le nombre d'astéroïdes qui la composent, la ceinture d'astéroïdes reste essentiellement composée de vide. La distance moyenne entre chaque astéroïde est d'environ un million de kilomètres.

2G Composition du système solaire

LES AUTRES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE :

La ceinture de Kuiper

Au-delà de l'orbite de Neptune, orbitent des milliers de petits objets de glace, appelée objets transneptuniens. Ils constituent une deuxième ceinture d'astéroïdes qui entoure le Soleil, aux confins du système solaire. Elle est nommée ceinture de Kuiper, du nom de l'astronome qui a prédit son existence dès 1950. Les objets de la ceinture de Kuiper constituent les reliques du disque dans lequel s'est formé le système solaire, il y a 4,5 milliards d'années. Comme ils n'ont pratiquement pas évolué depuis leur formation, leur étude nous renseigne sur la composition chimique de la matière à l'origine de la formation des planètes.



En 2005, la découverte d'un objet de Kuiper plus gros que Pluton, a obligé les astronomes à redéfinir le terme de « planète ». Désormais, tous les objets de la ceinture de Kuiper, à l'exception des planètes « naines », sont considérés comme des « petits corps » du système solaire.

Les planètes naines



▲ Taille comparée des planètes naines par rapport à la Terre.

Le terme de planète naine a été officialisé en 2006 lors du déclassement de Pluton. Ce sont des astéroïdes suffisamment gros pour avoir une forme sphérique, mais pas suffisamment massif pour éjecter de leur trajectoire les autres astéroïdes. En 2018, cinq objets sont considérés comme des planètes naines : **Pluton**, **Eris**, **Makemake** et **Hauméa** qui orbitent dans la ceinture de Kuiper, ainsi que **Céres**, le plus gros objets de la ceinture principale située entre Mars et Jupiter. Cependant, une cinquantaine d'objets de la ceinture de Kuiper sont susceptibles d'être classés comme planète naine dans les années à venir.

2H Composition du système solaire

LES AUTRES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE :

Les comètes

Ce sont des blocs de glace et de poussières mesurant quelques kilomètres. Les astronomes pensent que les comètes proviennent du nuage de Oort, une zone lointaine du système solaire, située bien au-delà de la ceinture de Kuiper.

Les comètes se déplacent sur des orbites elliptiques, ce qui peut les amener à passer dans le voisinage du Soleil et quelques années (ou siècles) plus tard à s'en éloigner considérablement. En s'approchant du Soleil, le noyau de la comète fond partiellement et libère une grande quantité d'eau, de gaz et de poussières qui forment la chevelure de la comète. Cette chevelure peut s'étendre sur plusieurs millions de kilomètres.

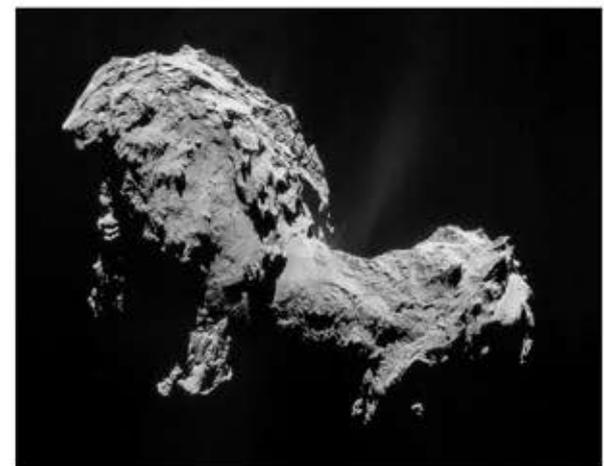
En 2018, près de 3800 comètes sont connues. Elles présentent une importante disparité d'orbites, de tailles, de formes et de composition. Cependant, toutes présentent une surface plus noire que du charbon. Cette couleur sombre est due à la présence de molécules carbonées.

Les astronomes pensent que les comètes transportent la matière prébiotique. En percutant les planètes où l'environnement est favorable, cette matière pourrait donner naissance à la vie.

Noyau de la comète 67P,
photographié par la sonde Rosetta en 2014. ▶



▲ La comète Hale-Bopp est passée au voisinage de la Terre en avril 1997.



Les exoplanètes

Depuis 1995, les astronomes détectent autour des autres étoiles de nombreuses planètes. Afin de les distinguer des planètes de notre système solaire, on les appelle « exoplanètes ». En 2018, près de 4000 exoplanètes ont été découvertes.

L'étude de ces autres systèmes planétaires montre que les exoplanètes ont souvent des caractéristiques différentes de celles du système solaire : planètes gazeuses proches de leur étoile, planètes rocheuses très éloignées, planètes situées sur des orbites très elliptiques, ce qui implique des mondes surchauffés ou complètement gelés ... Les exoplanètes nous permettent de mieux comprendre les origines de notre système solaire et la formation des planètes. Les astronomes ont ainsi compris que les planètes géantes gazeuses sont les premières à se former, bien avant les planètes telluriques, et qu'elles peuvent « migrer », vers leur étoile. Dans ce cas, elles peuvent perturber la formation de planètes telluriques.

LES AUTRES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE :

Cérès

La planète naine Cérès est le plus grand objet de la ceinture principale d'astéroïdes (25% de la masse totale). C'est la seule planète naine à être située entre Mars et Jupiter.

Cérès s'est formé en même temps que les planètes, il y a 4,5 milliards d'années. Sa structure interne est différenciée : elle se compose d'un noyau solide, entouré d'un manteau de glace d'eau qui représenterait 25% de sa masse, et d'une croûte rocheuse.

Sur la surface, on observe des gisements de sel comme le sulfate de magnésium, ainsi que de nombreux cratères d'impacts d'astéroïdes. Ces cratères sont récents (quelques millions d'années), et ne dépassent pas les 280 km de diamètre. Ces observations suggèrent que Cérès est géologiquement actif. Le cryovolcanisme pourrait expliquer l'érosion des cratères anciens et la formation de jeunes montagnes, ainsi que les gisements de sels, visibles dans certains cratères.

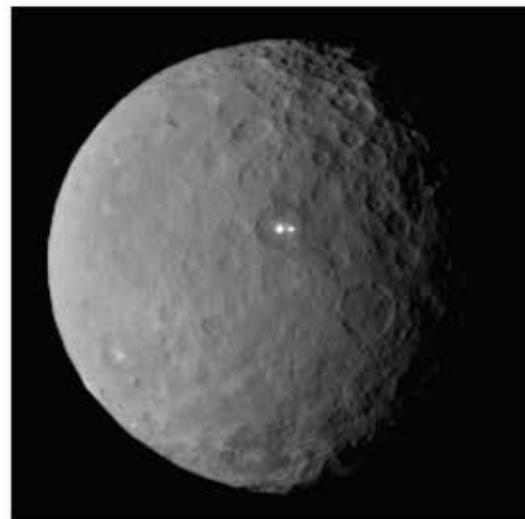
La composition de Cérès fait qu'il ressemble davantage aux objets de la ceinture de Kuiper (située au-delà de Neptune), qu'aux astéroïdes voisins. Cérès est probablement un objet de transneptunien, qui se serait déplacé jusqu'à sa position actuelle au moment de la migration des planètes géantes.

Pluton

Pluton fut découvert en 1930 par l'astronome américain Clyde Tombaugh. Situé aux confins du système solaire, c'est un monde froid, plongé dans l'obscurité.

Notre connaissance de cette planète naine a progressé en 2015, après son survol par la sonde New Horizons. Pluton possède un noyau rocheux, entouré d'un manteau composé de glace d'eau, de méthane et d'azote. A sa surface, on observe des montagnes de glace d'eau de deux à trois kilomètres de hauteur, ainsi que des vallées et des cratères d'impacts, qui témoignent de son activité géologique.

Pluton possède cinq satellites naturels. Quatre ont des formes irrégulières. Le cinquième, Charon, mesure pratiquement la moitié du diamètre de Pluton, ce qui en fait le plus gros satellite par rapport à sa « planète mère ».



▲ Cérès, photographié en 2015 par la sonde Dawn.



▲ Pluton, photographié en 2015 par la sonde New Horizons.

CONSTRUIRE UN PLANETAIRE

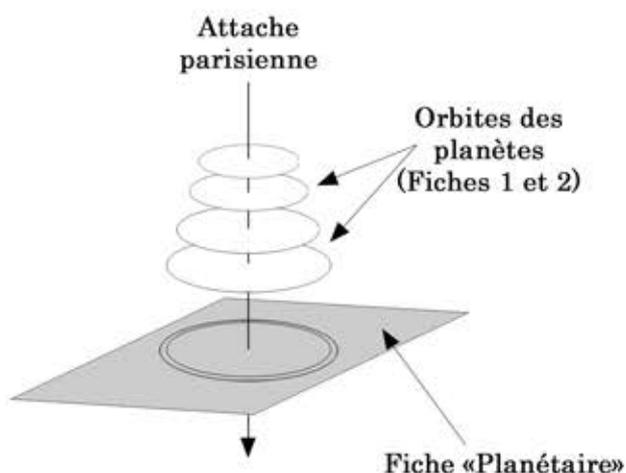
PRINCIPE :

Connaître à tout moment les positions des planètes autour du Soleil. Le planétaire permet de savoir si les planètes sont visibles depuis la Terre à une date donnée, et repérer les constellations du zodiaque devant lesquelles elles se trouvent.

MATERIEL :

Ciseaux, cutter, 1 attache parisienne.

CONSTRUCTION :



- 1) Photocopiez les fiches 1, 2 et «Planétaire» sur du bristol.
- 2) Découpez soigneusement les orbites des planètes des fiches 1 et 2
- 3) Pointez le centre de chaque cercle, ainsi que celui de la «Planétaire».
- 4) Superposez sur la fiche «Planétaire» tous les disques ainsi obtenu, du plus grand au plus, et les maintenir ensemble avec l'attache parisienne.

UTILISATION :

La position du Soleil est matérialisée par l'attache parisienne. Sur le planétaire, chaque disque représente les orbites des 6 premières planètes (Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter et Saturne). Les orbites des planètes Uranus et Neptune n'ont pas été représentées, car, en raison de leur distance, elles ne sont pas visibles à l'oeil nu depuis la Terre.

En regardant le système solaire depuis le pôle nord du Soleil, on constate que toutes les planètes tournent autour du Soleil dans le même sens (sens inverse des aiguilles d'une montre).

Comment positionner les planètes ?

Le cercle extérieur du Planétaire est gradué de 0 à 360°. Les positions des planètes autour du Soleil, appelées longitudes héliocentriques, sont données en degrés par des tables (fiche 4). Il suffit de placer la planète dans la position donnée par la table pour le jour voulu.

Conseil : il est plus pratique de commencer par placer le disque de Saturne (le plus en dessous dans l'ordre de superposition des disques), de le maintenir dans sa position, puis de répéter ainsi la même opération pour toutes les planètes jusqu'à Mercure. Attention, les planètes doivent être placées pour le même jour.

CONSTRUIRE UN PLANETAIRE

INTERPRETATION :

- Déterminer quelles planètes sont observables depuis la Terre à une date donnée :

Les planètes ne seront pas observables lorsqu'elles passent entre la Terre et le Soleil (c'est le cas uniquement pour Mercure et Vénus, fig 1) ou lorsqu'elles se situent derrière le Soleil par rapport à la Terre (ce qui est possible pour toutes les planètes, fig 2). Lorsqu'une planète est alignée avec la Terre et le Soleil (opposition), cette planète est visible toute la nuit depuis la Terre (fig 3).

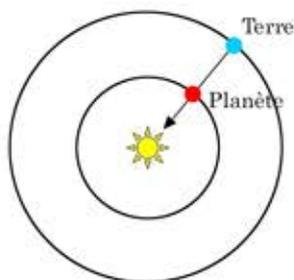


Figure 1

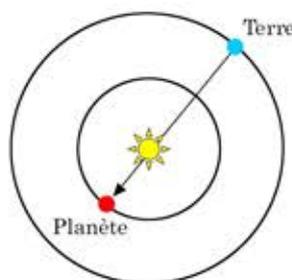


Figure 2

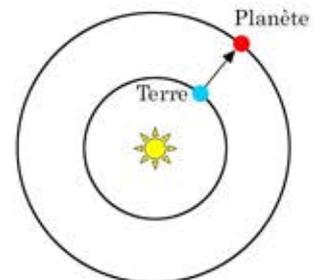


Figure 3

- Les planètes sont-elles visibles le matin ou le soir ?

Sur la fig 4, la planète est visible le matin, vers l'est, avant le lever du Soleil. (la planète se situe à droite du Soleil vue depuis la Terre). Sur la fig 5, la planète est visible le soir, vers l'ouest, après le coucher du Soleil. (la planète se situe à gauche du Soleil vue depuis la Terre).

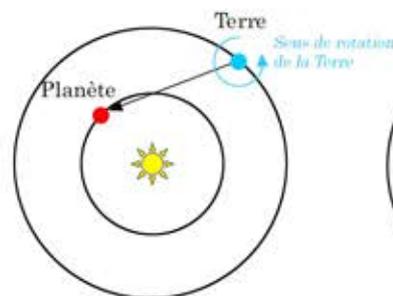


Figure 4

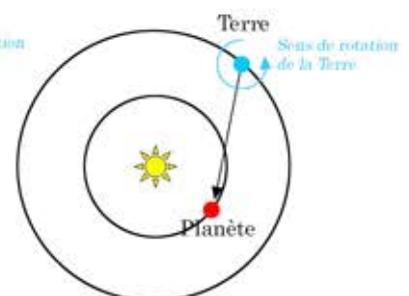
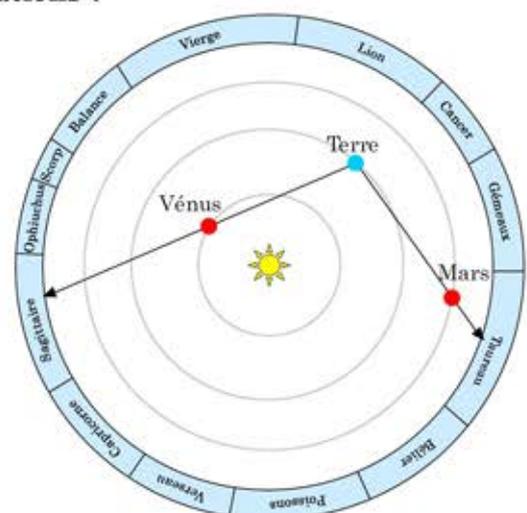


Figure 5

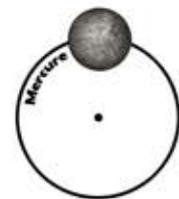
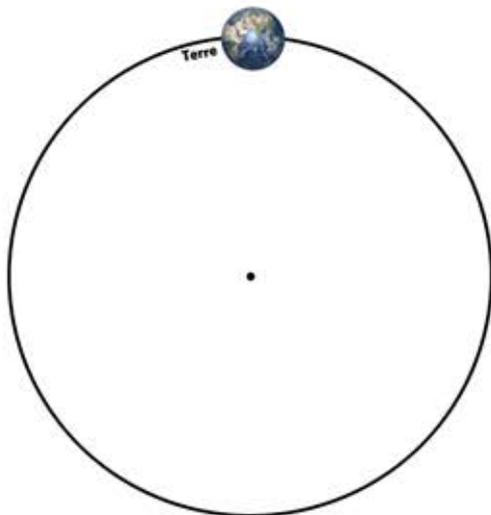
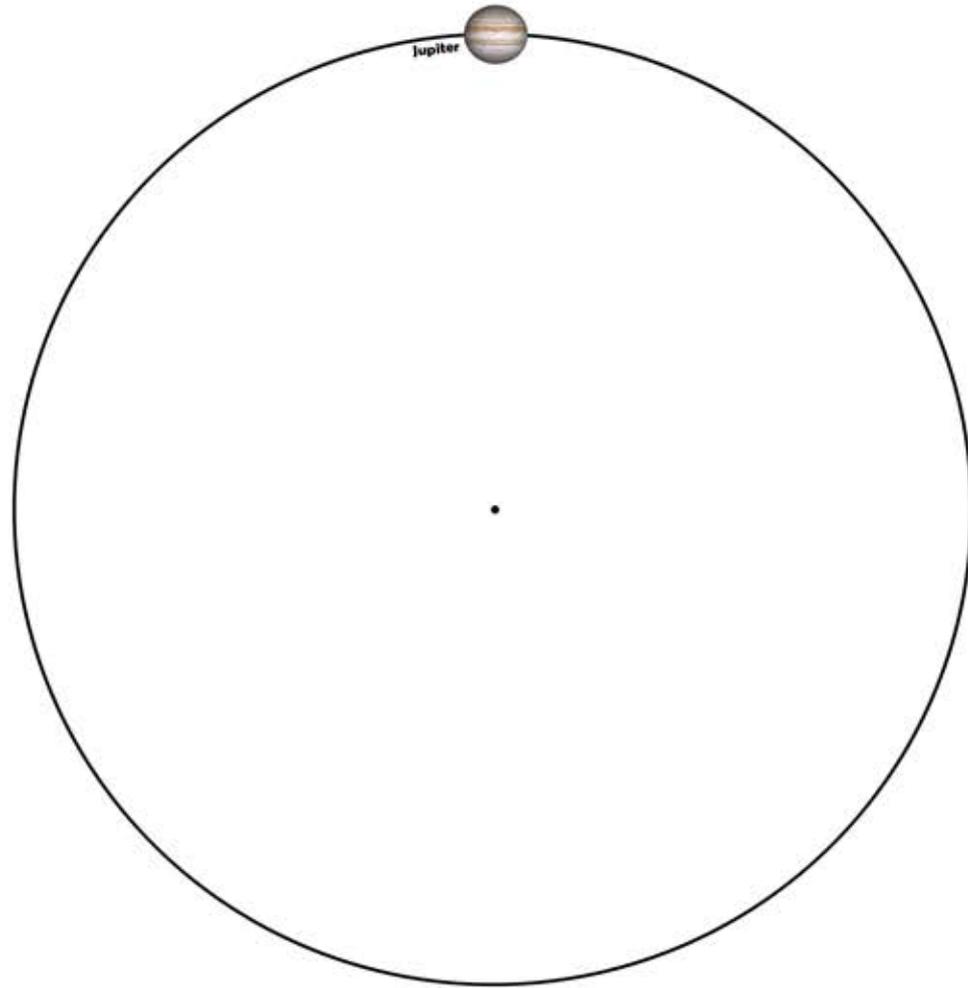
- Les planètes seront visibles devant quelles constellations ?

Pour savoir devant quelles constellations du zodiaque nous allons observer une planète à une date donnée, il suffit de regarder le nom de la constellation située dans l'alignement de la Terre et de la planète observée.

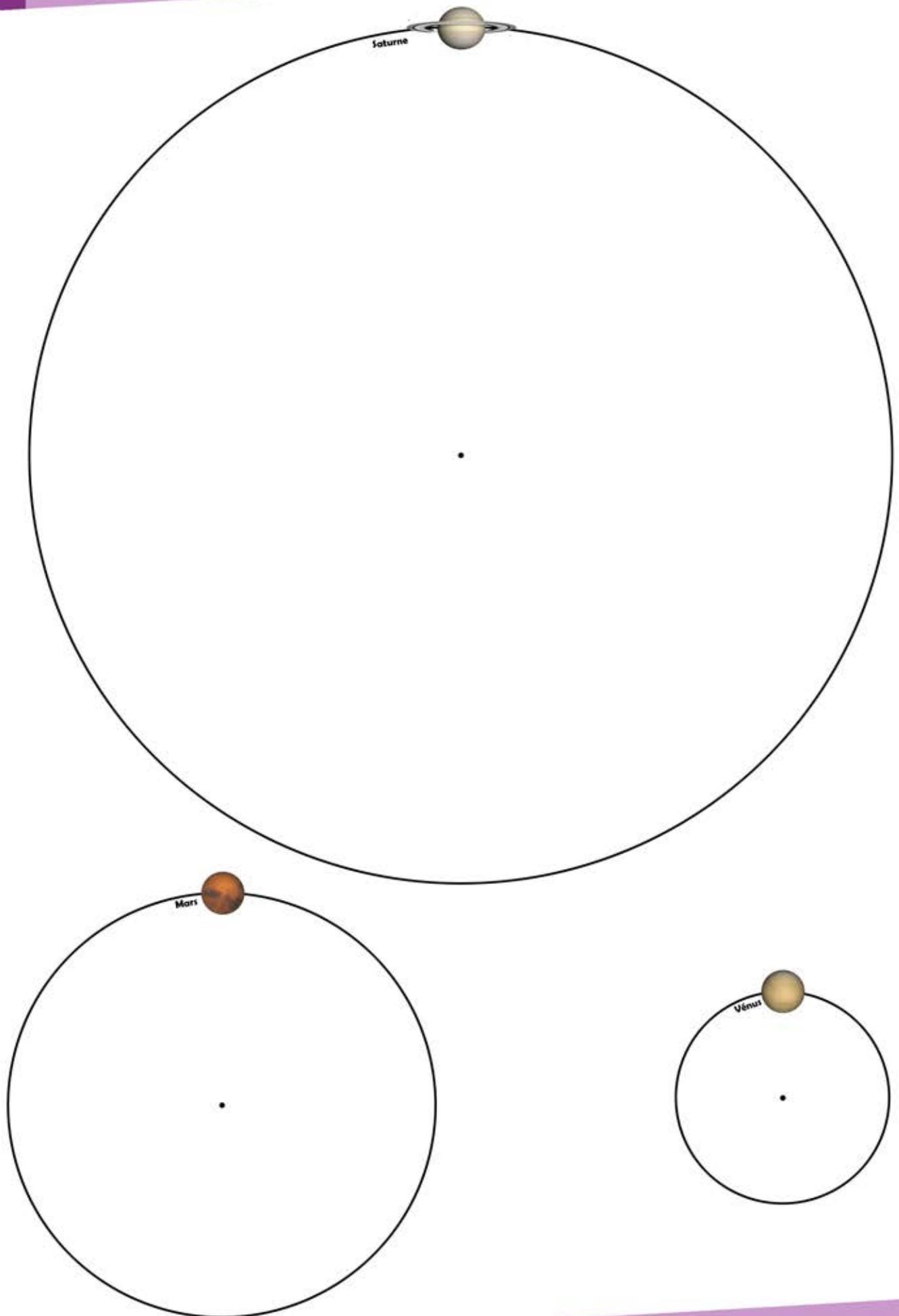
Dans l'exemple ci-contre, nous observerons la planète Vénus devant la constellation du Sagittaire, et la planète Mars devant la constellation du Taureau.



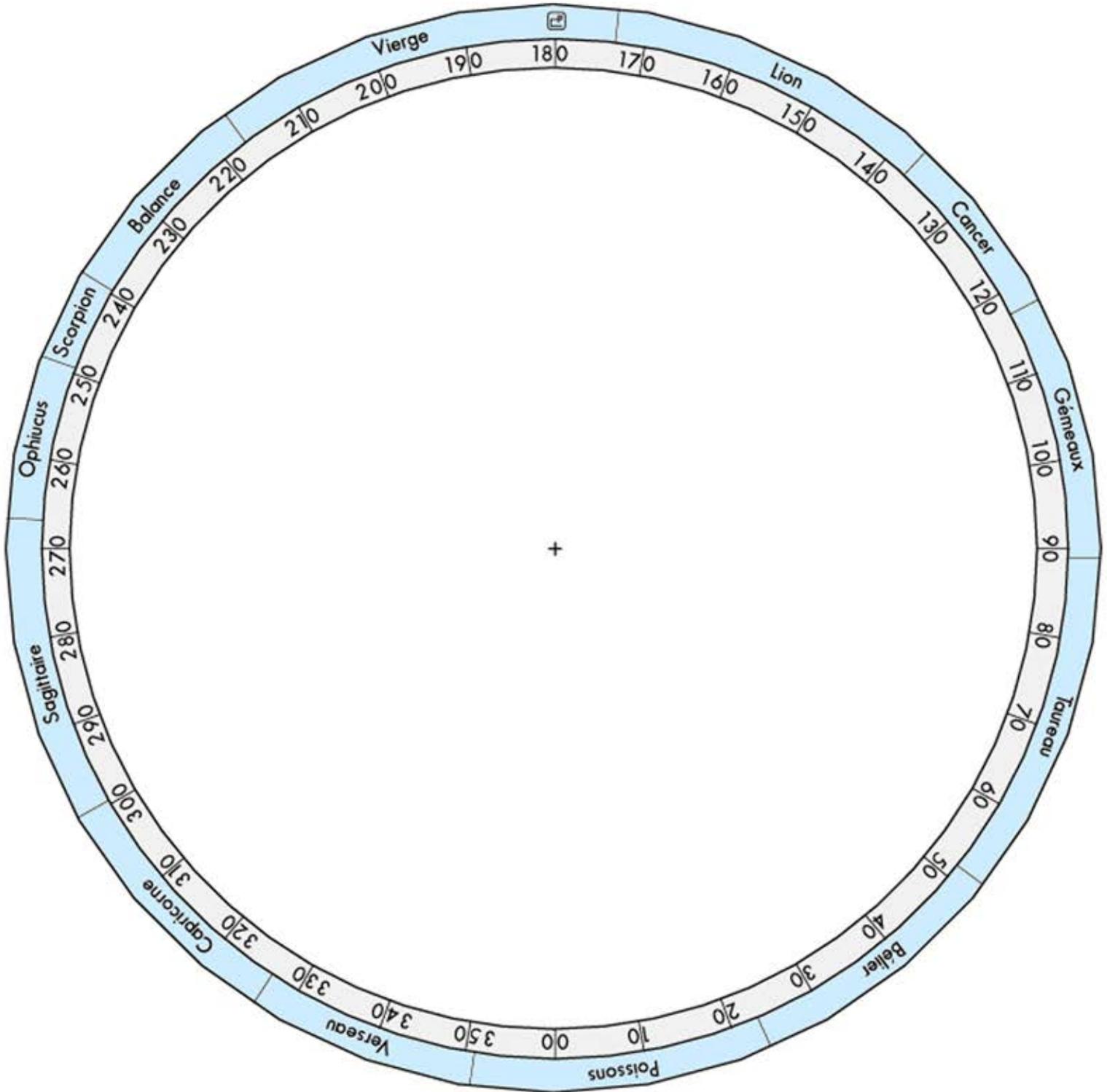
Fiche 1



Fiche 2



PLANETAIRE



Fiche 4

POSITIONS HELIOCENTRIQUES DES PLANETES

2018	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mercure	228	318	118	238	331	138	248	345	155	258	1	171
Vénus	298	346	35	84	133	183	232	280	328	17	66	115
Terre	115	146	176	206	236	265	294	324	353	23	54	84
Mars	200	215	230	246	262	280	298	317	336	355	14	33
Jupiter	220	222	224	227	229	231	234	236	239	241	243	246
Saturne	271	272	273	274	275	276	276	277	278	279	280	281

2019	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mercure	262	9	178	272	27	192	282	48	204	292	69	215
Vénus	161	211	259	308	356	45	94	143	193	242	290	338
Terre	113	144	175	205	235	264	293	322	352	22	52	83
Mars	49	66	81	97	111	125	138	152	165	179	192	206
Jupiter	248	250	253	255	257	260	262	265	267	270	272	275
Saturne	282	283	284	285	286	286	287	288	289	290	291	292

2020	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mercure	303	92	226	315	113	236	328	134	246	342	152	256
Vénus	27	76	125	175	224	272	320	9	58	107	156	206
Terre	114	145	176	206	236	265	294	323	353	23	53	84
Mars	221	236	252	269	287	306	325	344	3	22	40	57
Jupiter	277	280	282	285	287	290	292	295	298	300	303	306
Saturne	293	294	295	296	297	298	298	299	300	301	302	303

ANNEXE 01

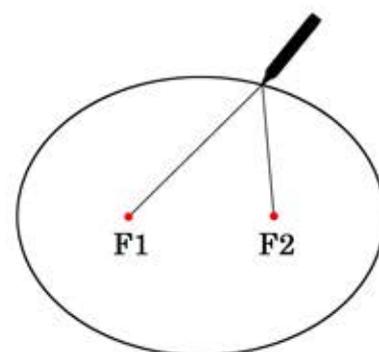
LES LOIS DE KEPLER



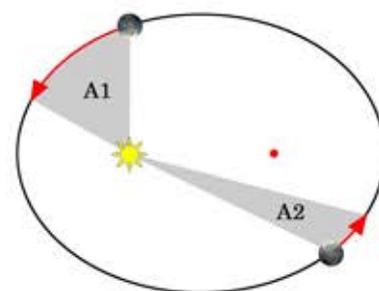
Les lois de Kepler décrivent les propriétés principales du mouvement des planètes autour du Soleil, sans toutefois les expliquer. Elles ont été découvertes empiriquement par Johannes Kepler (1571-1630) à partir des observations et mesures de la position des planètes faites par Tycho Brahé, mesures qui étaient très précises pour l'époque.

Les deux premières lois furent publiées en 1609 et la troisième en 1618. Il faudra attendre 1687 et la découverte de la loi de la gravitation universelle par Isaac Newton pour comprendre que les lois de Kepler en sont une conséquence.

1ère loi : les orbites des planètes sont des ellipses, dont le Soleil occupe l'un des foyers. En pratique, la forme des orbites des planètes est très proche du cercle, et les deux foyers de l'ellipse sont confondus dans le Soleil. Sur les schémas ci-contre, les ellipses ont été fortement exagérées.



2ème loi (dite loi des aires) : le rayon vecteur allant du centre de la planète au centre du Soleil balaie des aires égales en des temps égaux. Autrement dit, les planètes se déplacent plus rapidement lorsqu'elles sont proches du Soleil, et ralentissent lorsqu'elles s'en éloignent.



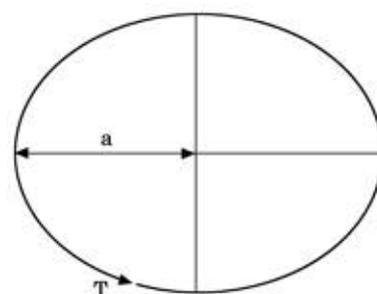
$$A1 = A2$$

3ème loi : les carrés des temps des périodes de révolution des planètes sont proportionnels aux cubes des grands axes de leurs orbites. Cette troisième loi règle la période de révolution, c'est à dire le temps que met une planète quelconque pour accomplir son tour autour du Soleil, en fonction de sa distance. Cette loi permet donc de connaître les proportions du système solaire, en fonction des périodes de révolution des planètes.

$$\frac{a^3}{T^2} = \text{Constante}$$

a = demi grand axe de l'ellipse

T = période de révolution



LES PLANETES PEUVENT-ELLES S'ALIGNER ?

En pratique, un alignement planétaire se produit lorsque tous les centres des planètes se trouvent alignés sur une même droite à un instant donné. C'est évidemment très rare, pour ne pas dire impossible, car les planètes ne se déplacent pas exactement dans le même plan (écliptique).

Les planètes étant des sphères et non des points, on peut donc admettre que l'alignement n'a pas besoin d'être exact pour exister. Prenons l'exemple de la planète Vénus : cette dernière prend un tour à la Terre tous les 584 jours, alors que l'alignement parfait entre la Terre, Vénus et le Soleil ne se produit que deux fois tous les 120 ans.

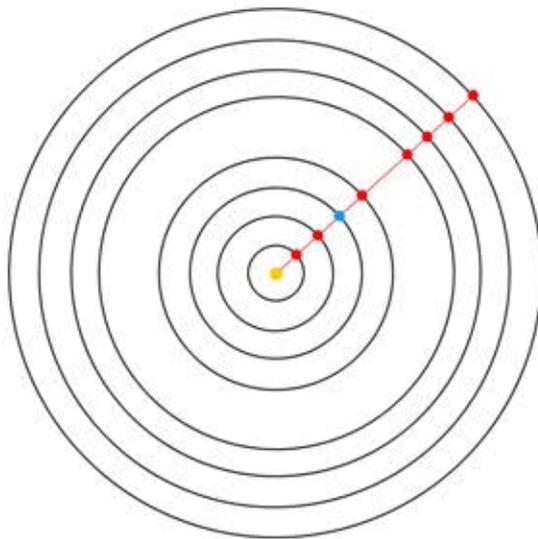


Figure 1

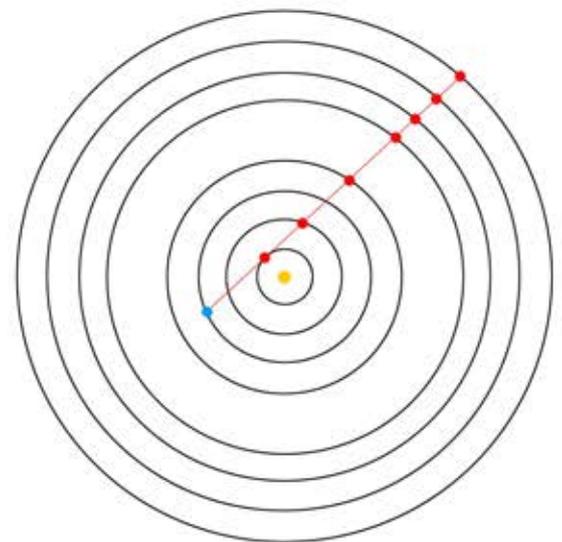
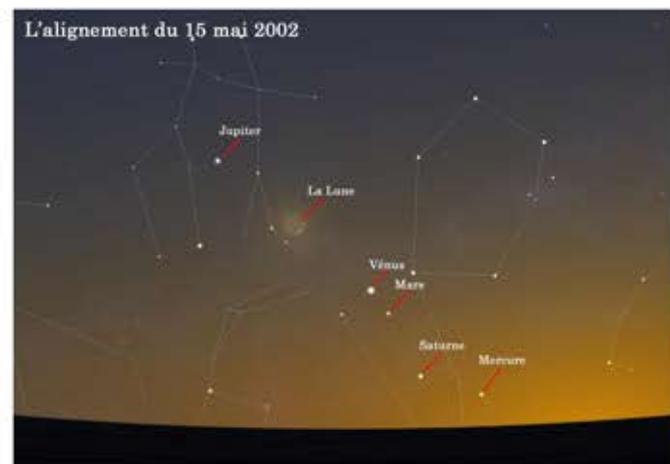


Figure 2

Les alignements planétaires ne sont pas tous intéressants. Le cas le plus souvent envisagé est l'alignement des 8 planètes du même côté du Soleil (fig1). Cette situation observée depuis la Terre ne présente en fait que peu d'intérêt : Mercure et Vénus seraient visibles dans la partie du ciel voisine du Soleil ; Mars, Jupiter et Saturne se trouveraient tous les trois dans la partie du ciel exactement à l'opposée de Mercure et Vénus. Quant à Uranus et Neptune, trop lointaines, elles ne sont pas visibles à l'œil nu !

La situation la plus intéressante, du point de vue observationnel, sera l'alignement de plusieurs planètes du même côté de la Terre, mais sans le Soleil (fig 2). Dans ce cas, toutes les planètes seront observables dans la même partie du ciel, toujours à l'exception d'Uranus et de Neptune.



LES PLANETES PEUVENT-ELLES S'ALIGNER ?

L'alignement entre la Terre, le Soleil et une planète quelconque est appelé **période synodique**. Il se calcule facilement avec la formule suivante : $1/P_s = 1/P_t - 1/P_p$ dans laquelle P_s représente la révolution synodique, et P_t et P_p les périodes de révolution sidérales des deux planètes pour lesquelles on recherche la période synodique.

Calculons la période synodique pour Uranus et Neptune, les planètes les plus lointaines et par conséquent, les plus lentes : $1/P_s = 1/84 - 1/165 = 171$ ans. Si l'on veut aligner toutes les planètes, cela n'est donc possible que tous les 171 ans, lorsque qu'Uranus et Neptune se croisent. Les calculs montrent que c'est pratiquement impossible.

Au mieux, on peut rechercher les alignements des cinq premières planètes avec la Terre. Dans ce cas, l'alignement le plus spectaculaire s'est produit le 26 février -1952 (1953 av JC) et le prochain «alignement» significatif aura lieu le 8 septembre 2040 (fig 3).

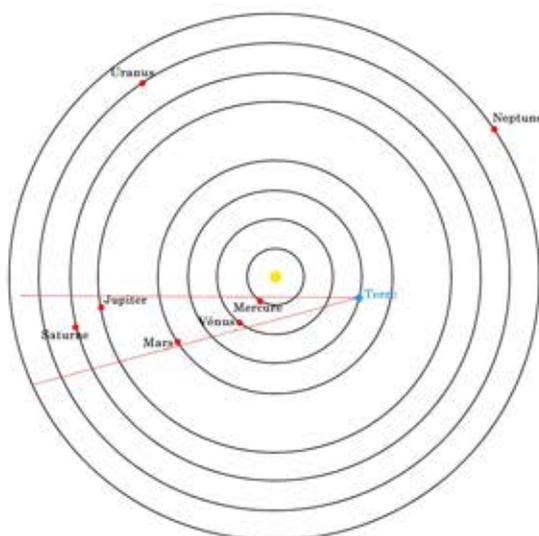


Figure 3



▲ L'alignement du 8 septembre 2040, observé depuis la Terre.

Quelles conséquences pour la Terre ?

Chacun sait que l'alignement Terre - Lune - Soleil provoquent les marées. On peut alors supposer que si toutes les planètes sont également dans cet alignement, les conséquences vont être spectaculaires !

La seule force qui a une action manifeste sur les planètes est la gravitation. Celle-ci diminue rapidement avec la distance (elle varie avec le carré de la distance : $1/d^2$). Ainsi, le Soleil avec sa masse presque un milliard de fois plus importante que celle de la Lune, exerce sur la Terre, une force inférieure. Jupiter, la planète la plus massive, ne représente qu'un millième du Soleil, et est 5 fois plus éloignée de la Terre. Les marées créées par Jupiter sur la Terre soulèvent les océans de moins d'un millimètre ! L'ensemble des autres planètes, toutes d'une masse inférieure à celle de Jupiter, n'auront donc aucune influence notable sur la Terre.

Finalement, les alignements planétaires censés être impressionnants ne sont en fait, que des configurations astronomiques rares, sans significations particulières.