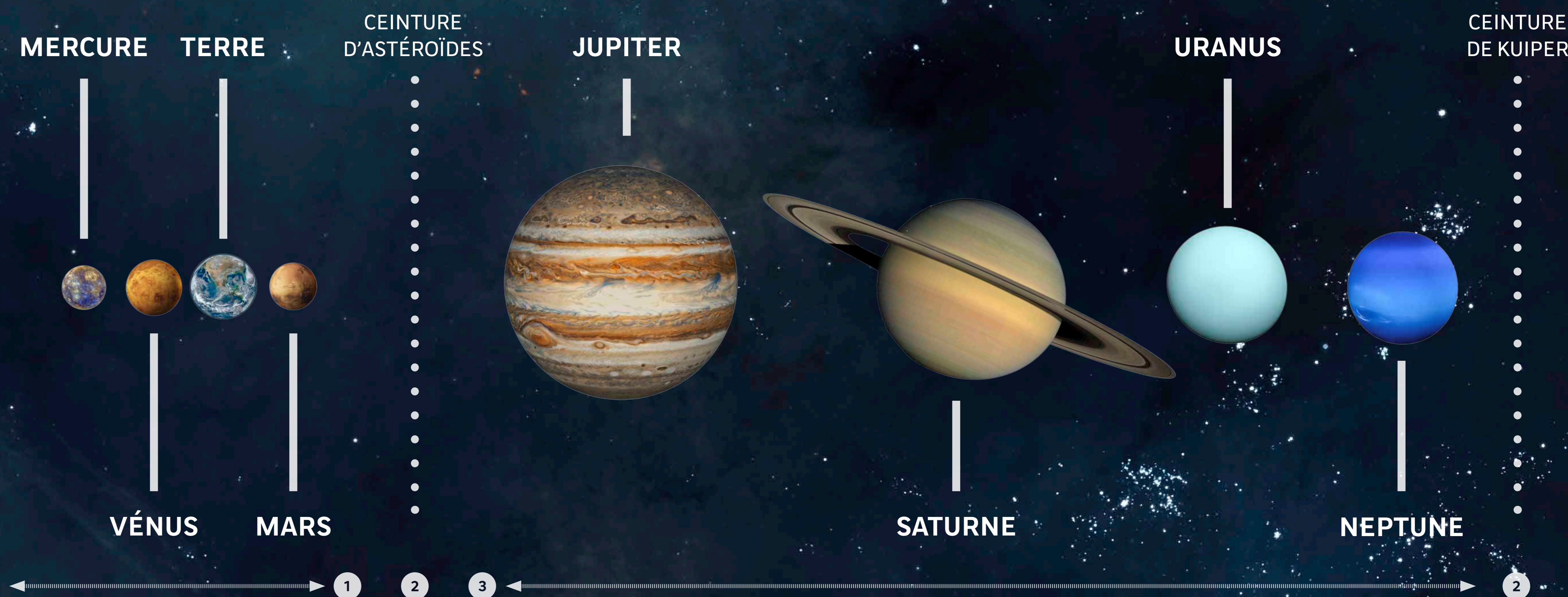
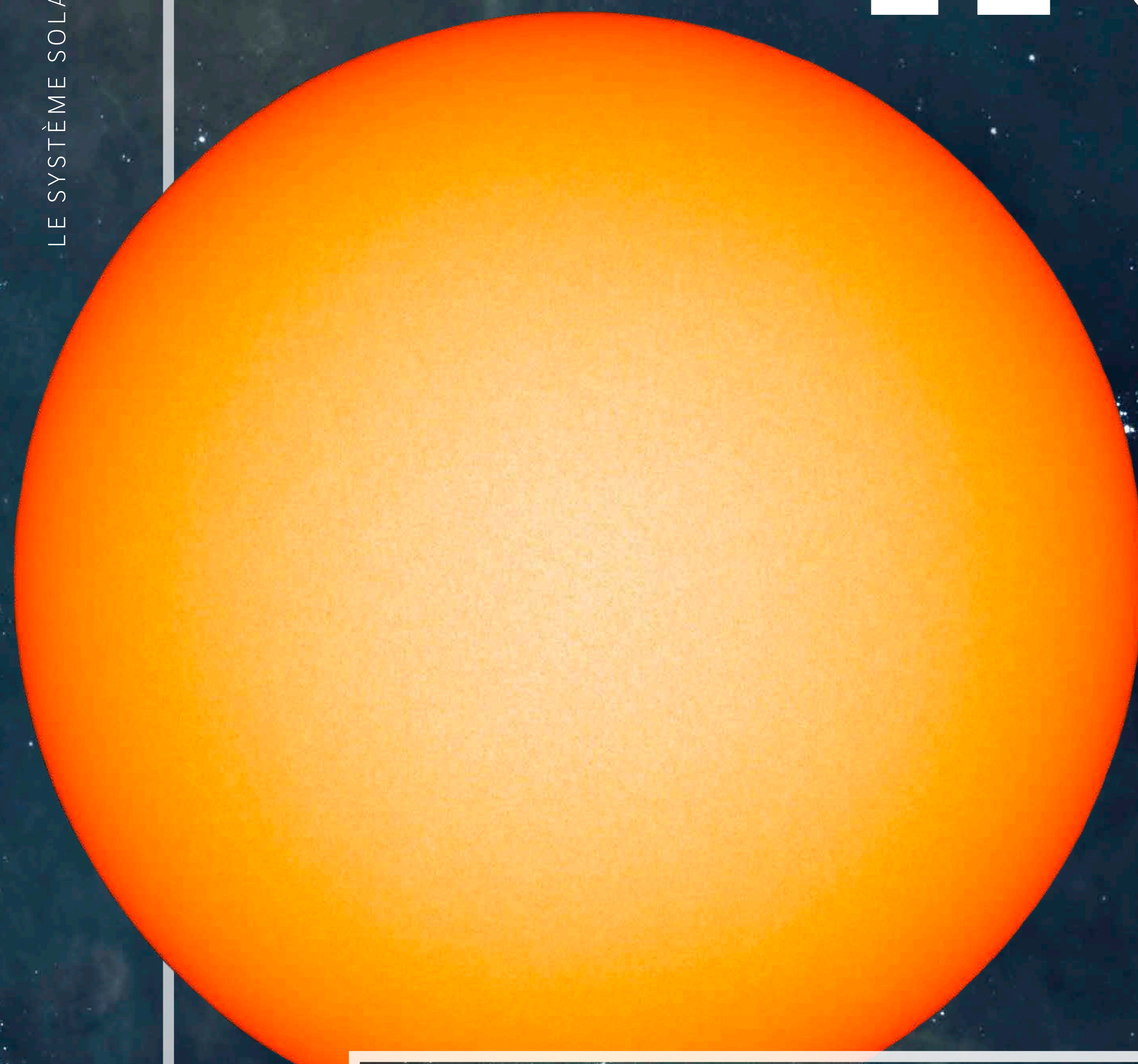


LE SYSTÈME SOLAIRE



● Notre planète Terre est l'une des 8 planètes qui tournent autour du Soleil. Ces planètes sont de taille et de composition très diverses. La plupart possèdent des lunes, en nombre varié : la Terre n'a qu'un seul satellite naturel, notre Lune, alors que Saturne en compte 82 !

Le Système solaire, ce sont aussi des planètes naines et une multitude d'autres corps célestes : les astéroïdes et les comètes.

1 LES PLANÈTES TELLURIQUES

Les planètes les plus proches du Soleil sont aussi les plus petites. Toutes quatre, Mercure, Vénus, la Terre et Mars, sont composées de **roches** et de **métaux**. Ce sont les **planètes telluriques**.

2 LES CEINTURES DE CORPS ROCHEUX OU GLACÉS

Entre Mars et Jupiter naviguent des centaines de milliers de corps rocheux : des **astéroïdes**.

Au-delà de Neptune, à 4,5 milliards de kilomètres du Soleil, dans une autre zone 20 fois plus large que la ceinture d'astéroïdes, gravitent des **corps glacés** dont certains peuvent se transformer en **comètes**. Ils forment la **ceinture de Kuiper**. Là se trouvent aussi 4 des 5 **planètes naines**.

3 LES GÉANTES GAZEUSES

Bien plus volumineuses et plus massives que les planètes telluriques, les **planètes géantes** sont composées majoritairement de **gaz**, comme Jupiter et Saturne, ou de glace pour Uranus et Neptune.

UN POINT DANS LA GALAXIE

● Notre Système solaire est une partie infime de notre Galaxie, la Voie lactée. Notre Galaxie est si vaste que la lumière émise par une étoile située à l'une de ses extrémités met 100 000 années-lumière pour la traverser.

● La Voie lactée abrite plus de 200 milliards d'étoiles autour desquelles gravitent d'autres planètes, les exoplanètes. Et l'univers compte des milliards de galaxies comme la nôtre.



Nous sommes ici !

← UA →

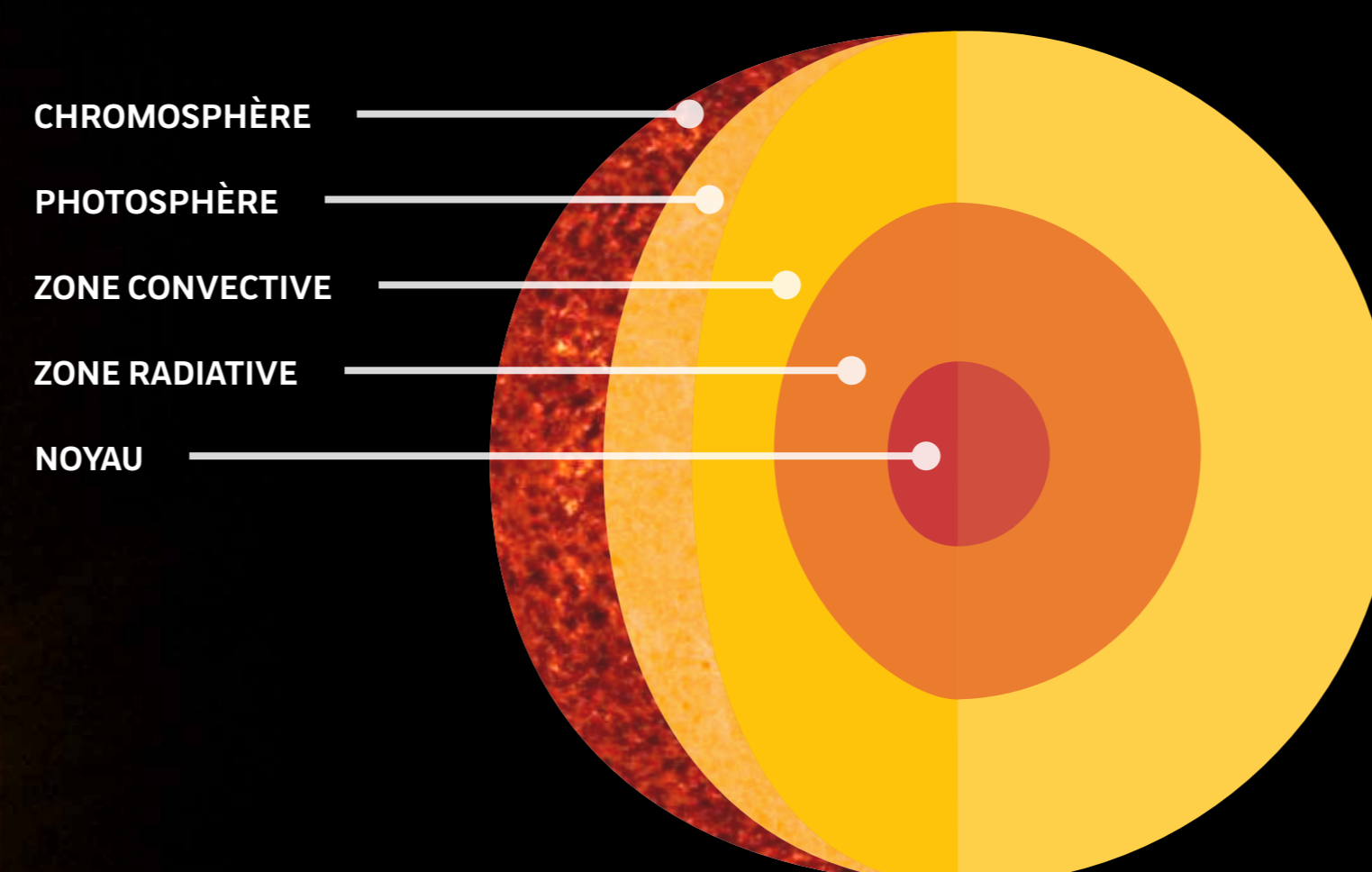
DES DISTANCES ASTRONOMIQUES

La **distance Terre-Soleil** sert de référence pour mesurer les distances dans le Système solaire. Elle est appelée **unité astronomique (ua)** et mesure **150 millions de kilomètres**. La Terre gravite donc à 1 ua du Soleil, Neptune, la plus éloignée du Soleil, se trouve à 30 ua.



LE SOLEIL

UNE ÉTOILE PARMIS D'AUTRES



1 UNE ÉTOILE PLEINE D'ÉNERGIE

Le Soleil est une petite étoile, une naine jaune, composée à 73 % d'hydrogène et à 25 % d'hélium. Il fonctionne comme un **gigantesque réacteur nucléaire** : la force de gravité comprime et chauffe l'hydrogène dans son **noyau**. L'hydrogène entre alors en fusion. Il se transforme en hélium avec la formation de photons, et dégage une énergie d'une puissance phénoménale.

2 UNE COURONNE RAYONNANTE

L'énergie traverse la **zone convective** puis s'échappe sous forme de rayonnement à partir de la **photosphère**, la partie visible de la surface du Soleil, d'où il émet de la **chaleur**, des **particules chargées électriquement** et de la **lumière**. Dans la photosphère, la température varie de 4 227 °C à 5 727 °C. Passée la **chromosphère**, la basse atmosphère du Soleil, se déploie la **couronne solaire**. Cette couche externe de l'atmosphère s'étend sur des millions de kilomètres. La température peut y atteindre **1 millions de °C**!

PRINCIPALES MISSIONS

- **Ulysses** (NASA/ESA, 1990-2009) : mission au-dessus des pôles solaires.
- **SoHO** (NASA, 1995) étudie la structure et l'activité du Soleil.
- **SDO** (NASA, 2010), puis **STEREO** (NASA, 2014) et **PICARD** (CNES, 2014) nous ont envoyé de nombreuses images du Soleil.
- **Parker Solar Probe** (NASA, 2018) et **Solar Orbiter** (ESA/NASA, 2020) sont les premiers engins à s'approcher aussi près du Soleil pour sonder son activité.

3 ÇA BOUILLONNE !

Le Soleil n'est ni une masse solide ni une boule de gaz. Il est fait de **plasma**, un mélange extrêmement chaud de particules de matière chargées électriquement, qui se déplacent le long des lignes du champ magnétique. La surface du Soleil est agitée par ce que l'on appelle le **mouvement convectif** : des bulles de gaz chaud remontent à la surface, puis retombent en se refroidissant, comme les bulles dans une casserole d'eau bouillante. La sphère solaire est en constante activité !

4 TACHE FROIDE

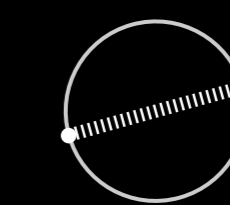
Les **taches solaires** sont des zones moins lumineuses, car plus froides de 2 000 °C que le reste de la photosphère. La taille des taches solaires varie de 100 à 150 000 km. La plus grosse tache observée faisait 35 fois la Terre !

5 TEMPÊTE EN VUE

Le Soleil émet en permanence des particules chargées (ions, électrons), c'est le **vent solaire**. Parfois, le Soleil est agité de **tempêtes**. Une **éruption** de gaz, provoquée par l'accumulation d'énergie magnétique, éjecte dans l'espace d'énormes quantités de particules de matière chargées d'électricité. On parle d'**éjection de masse coronale** (EMC).

6 UN ASTRE MORTEL

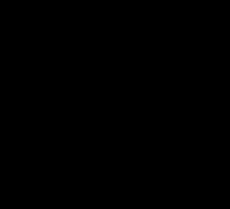
Né il y a 4,5 milliards d'années, le Soleil contient assez d'hydrogène pour brûler encore **5 milliards d'années**.



DIAMÈTRE

1,390 millions de kilomètres

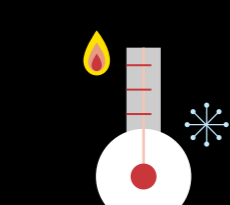
110 fois celui de la Terre



MASSE

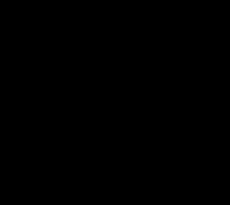
1,989 x 10³⁰ kg

330 000 fois celle de la Terre



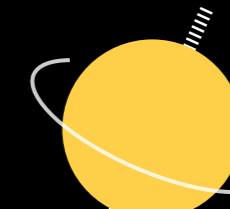
TEMPÉRATURE DE LA SURFACE

5 500 °C



TEMPÉRATURE AU CENTRE

15 millions °C



ROTATION SIDÉRALE

(SUR LUI-MÊME)

25 jours à l'équateur

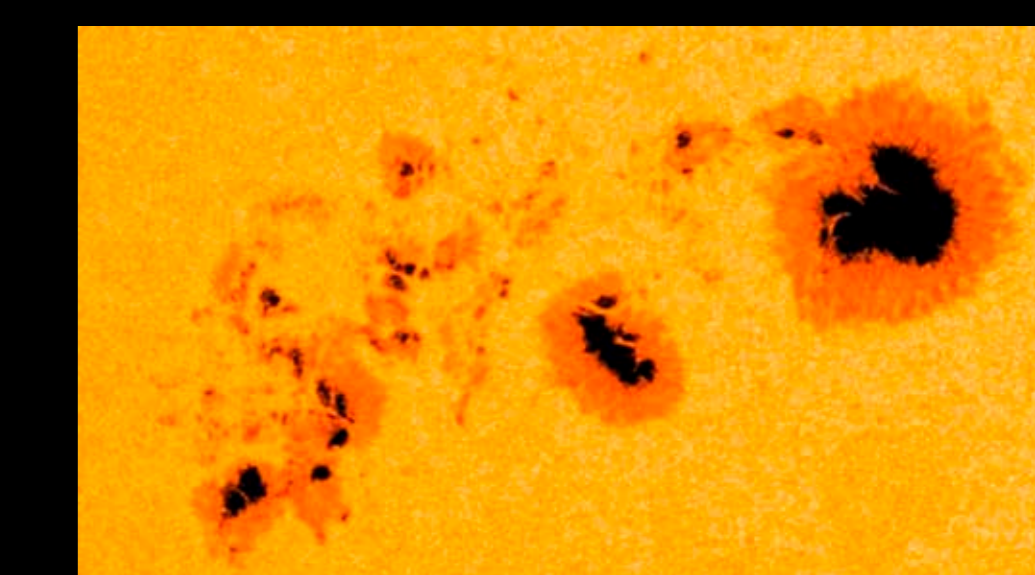
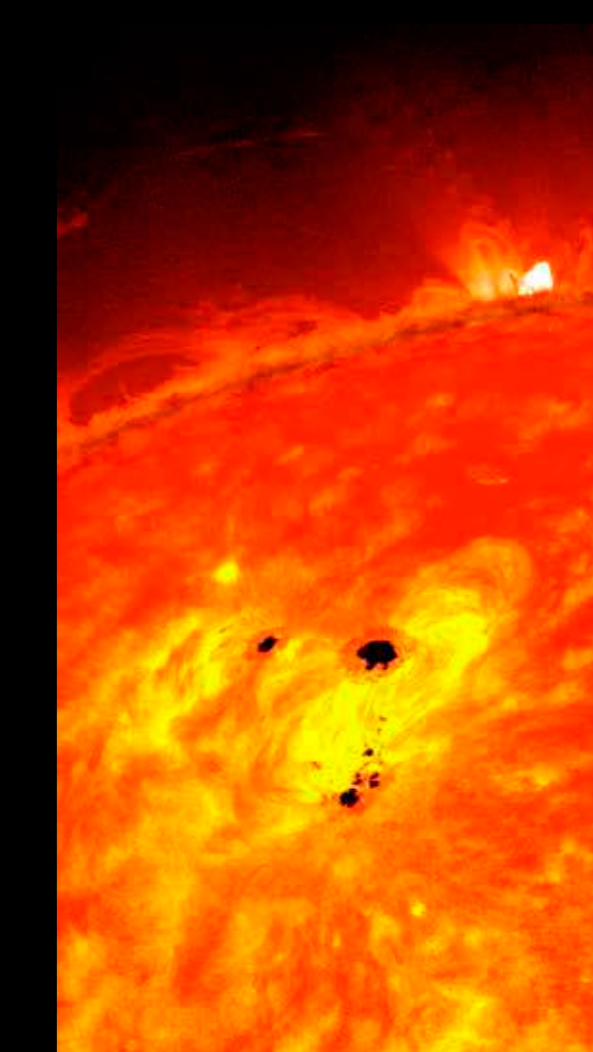
31 jours aux pôles

Le Soleil ne tourne pas à la même vitesse sur toute sa surface ! Ce n'est pas un corps solide mais une grosse boule de gaz qui ne tourne pas d'un bloc.

Le Soleil est une étoile parmi les milliards d'autres étoiles de notre Galaxie. Elle est la plus proche de nous, c'est pourquoi elle nous apparaît si lumineuse. Sa composition, majoritairement de l'hydrogène, est désormais connue. Mais de nombreux mystères demeurent. Nous ignorons par exemple l'origine de ses tempêtes, d'où vient le vent solaire, ou pourquoi sa couronne est plus chaude que les couches de sa surface. Des missions spatiales tentent de répondre à ces questions.

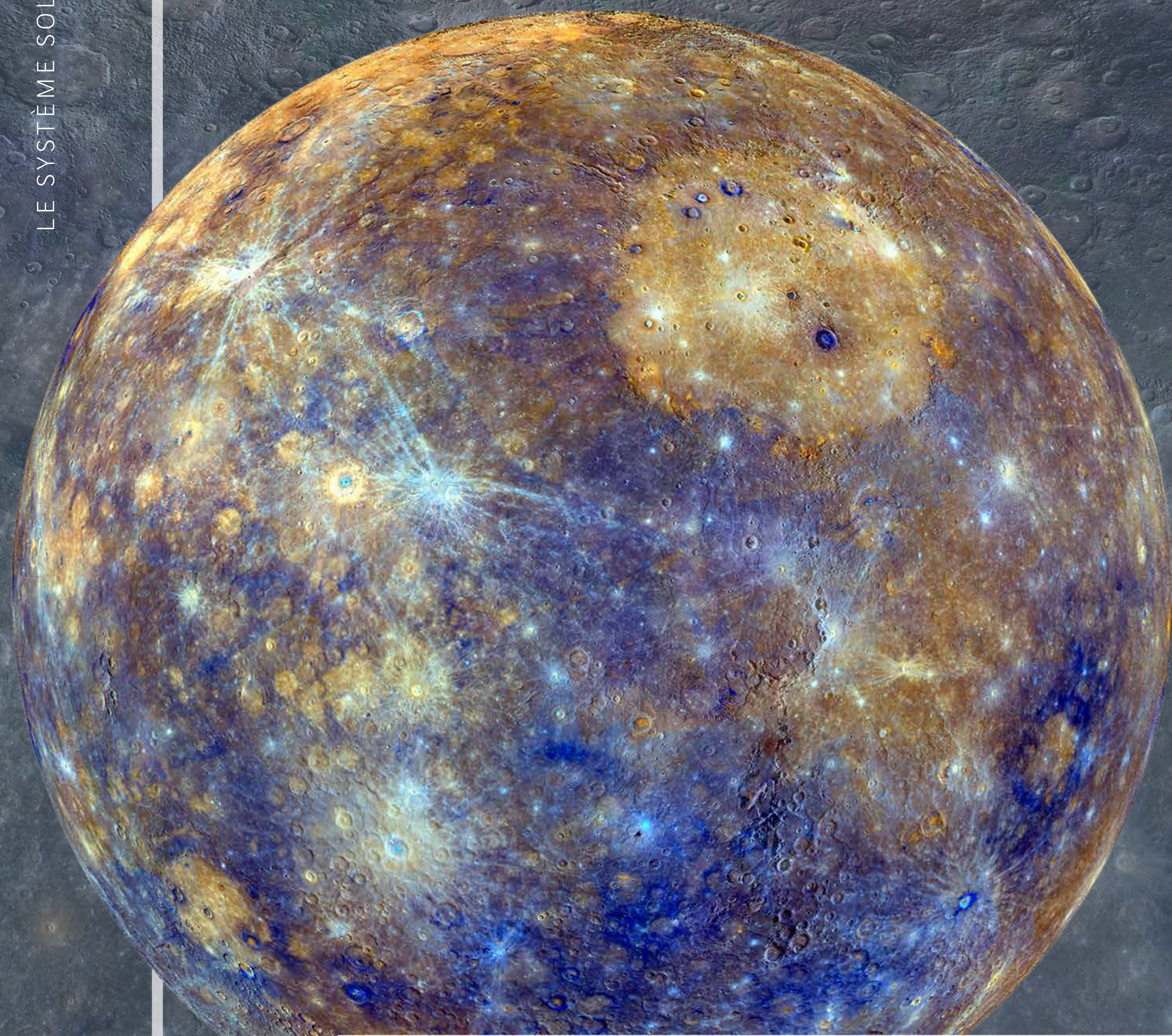
99,9 %

À lui seul, le Soleil représente 99,9 % de la masse du Système solaire.



MERCURE

UNE PETITE PRESSÉE



● Mercure est la planète la plus petite et la plus proche du Soleil. Sur cette petite planète rocheuse orbitant à une vitesse folle autour du Soleil, la température est extrême. Mercure se distingue aussi des autres planètes telluriques par sa forte densité et la présence d'un champ magnétique, dont Vénus ou Mars sont dépourvues. Vérifier sa composition et comprendre ses particularités sont les principaux objectifs des scientifiques.

1 RÉVOLUTION EXPRESS

Proche du Soleil, Mercure est la plus exposée à l'attraction de notre étoile. Cette proximité et sa petite taille font qu'elle se déplace très vite sur son orbite : filant à **168 980 km/h**, elle met seulement **88 jours** pour faire le tour du Soleil. En revanche, elle tourne très lentement sur elle-même (environ 59 jours par rapport aux étoiles).

2 ÇA TOURNE PAS ROND

L'orbite de Mercure est la plus **excentrique** de toutes les planètes (0,2). Cette orbite très **elliptique** fait varier sa distance au Soleil de 0,31 UA à 0,47 UA et crée des phénomènes étranges comme un **double coucher de Soleil** le soir et un double lever le matin.

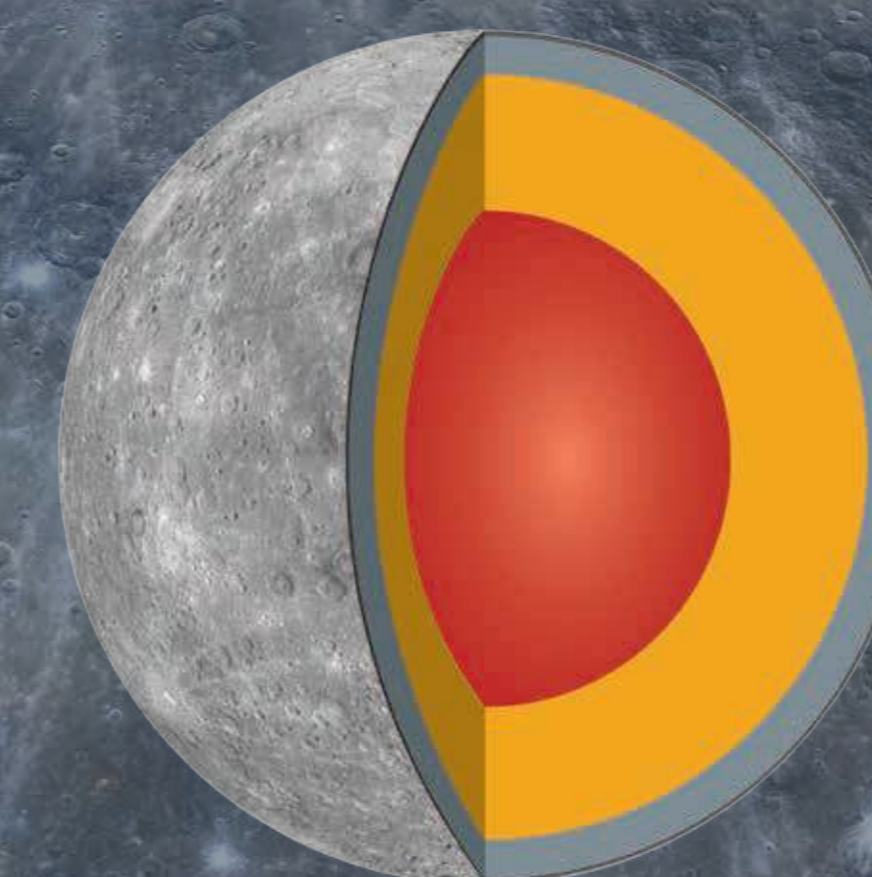
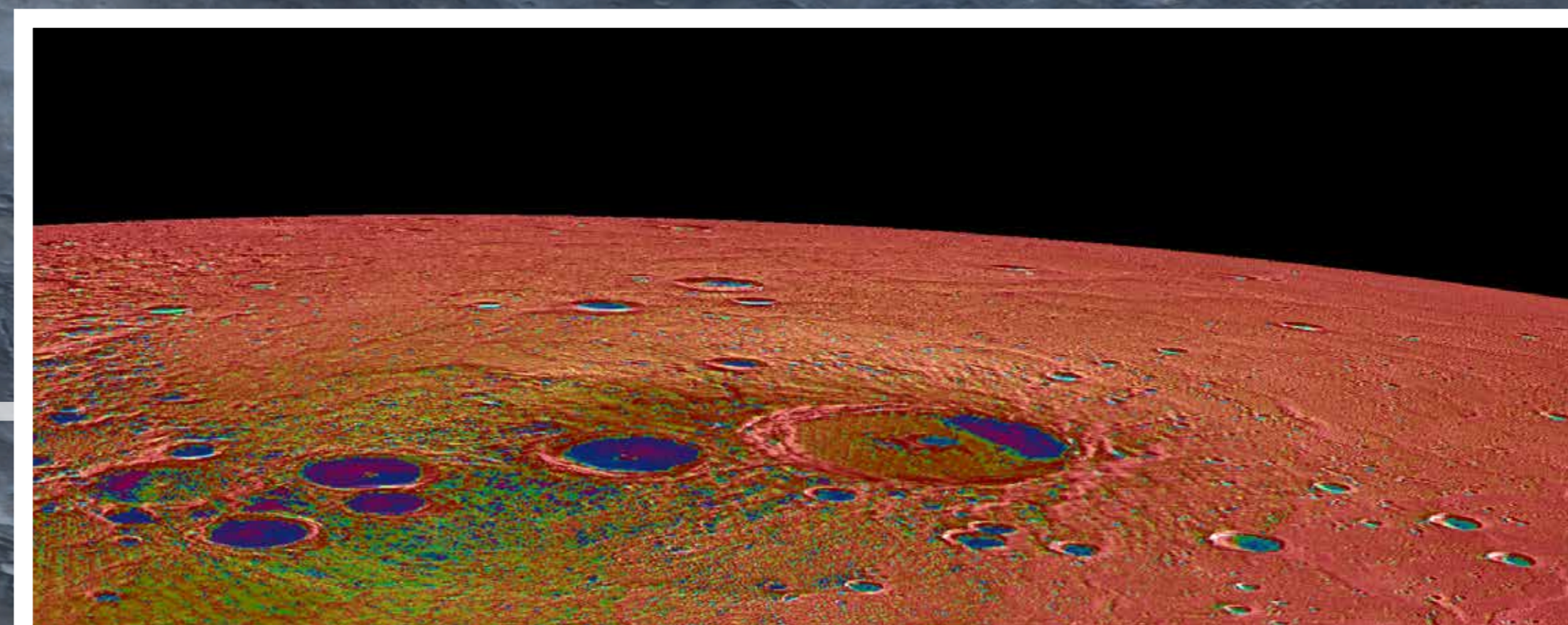
3 GRAND ÉCART

Glaciale la nuit (jusqu'à **-180 °C**), bouillante le jour (jusqu'à **+430 °C**), Mercure détient le record des écarts de température. Ces variations sont dues à la quasi-absence d'atmosphère : la nuit, toute la chaleur s'échappe de la planète.



3 fois

Vu depuis Mercure, le Soleil apparaîtrait **3 fois** plus gros que depuis la Terre.

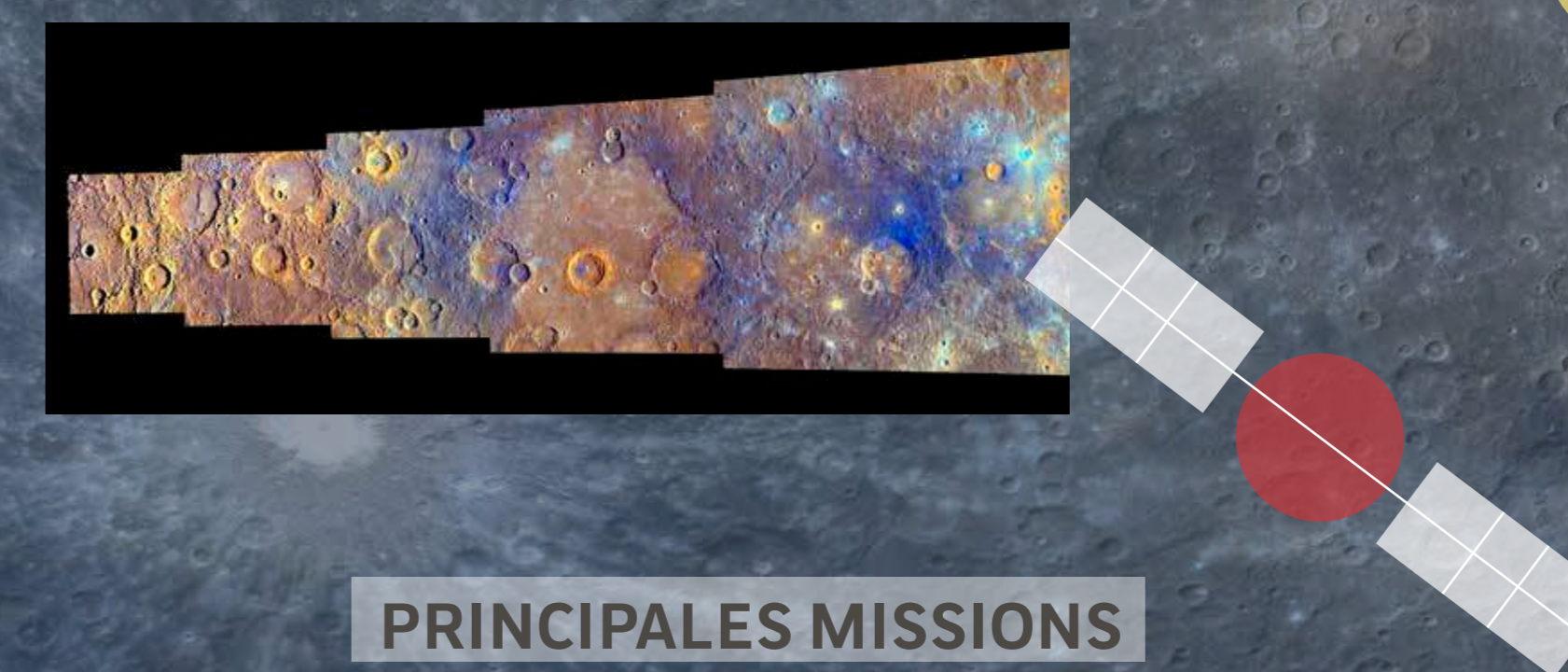


4 UNE PLANÈTE AU GRAND CŒUR

Mercure possède un très grand cœur. Son **noyau métallique**, que l'on suppose liquide, occupe les deux tiers de son volume. Au-dessus, son **manteau** est composé de roches à demi fondues, recouvertes d'une fine croûte. Mercure semble essentiellement composée de fer et contiendrait de l'eau glacée au fond des cratères situés à ses pôles.

5 TÊTE CABOSSÉE

La surface de Mercure ressemble à celle de la Lune : des étendues planes, percées de multiples **cratères d'impacts** dus aux nombreux bombardements météoritiques subis dans sa jeunesse. Ses plaines sont l'héritage d'anciennes **coulées de lave** liées à une activité volcanique ou expulsées lors d'impacts météoritiques. Son plus grand cratère observé, le bassin Caloris, mesure 1550 km de diamètre !



PRINCIPALES MISSIONS

- **Mariner 10** (NASA, 1973-1975) a cartographié la moitié de Mercure et détecté son champ magnétique.
- **Messenger** (NASA, 2004-2015) a complété l'étude de la surface, de l'atmosphère et du champ magnétique.
- **BepiColombo** (ESA-JAXA, 2018) : arrivée en orbite autour de Mercure en décembre 2025. Dotée de 16 instruments, dont 6 à participation française, la sonde a pour mission d'explorer sa surface, son exosphère, sa structure interne et sa magnétosphère.

DIAMÈTRE
4 879 km

Environ 3 fois plus petit que la Terre.

MASSE
 $3,3 \times 10^{23}$ kg

18 fois moins massive que la Terre.

GRAVITÉ
38 % de celle de la Terre

Très dense, Mercure a une gravité voisine de celle de Mars pourtant deux fois plus massive qu'elle.

TEMPÉRATURE
De **-180 °C** à **+430 °C**
(+169 °C en moyenne)

ATMOSPHÈRE
Pas de véritable atmosphère

Des traces de quelques gaz tels que l'hydrogène (H) et hélium (He) et de vapeurs de sodium (Na) et de potassium (K).

DISTANCE AU SOLEIL
0,39 UA (58 millions de km) en moyenne

Elle varie de 0,31 UA à 0,47 UA.

RÉVOLUTION AUTOUR DU SOLEIL
88 jours terrestres

ROTATION SIDÉRALE (SUR ELLE-MÊME)
58,6 jours terrestres

INCLINAISON DE L'AXE DE ROTATION
0,01 °

NOMBRE DE LUNES CONNUES
0

Oh!

La plus petite planète du Système solaire doit son nom au dieu romain Mercure. Dieu du voyage et messager des dieux, Mercure se déplace grâce à des sandales ailées.

VÉNUS

PLANÈTE INFERNALE

1 ÇA CHAUFFE !

L'atmosphère très dense de Vénus contient plus de 96 % de dioxyde de carbone (CO₂). Ce gaz retient la chaleur parvenue du Soleil et réémet par la planète. Cet **effet de serre** important explique la température très élevée sur Vénus : **+ 169 °C** en moyenne. Et comme son axe n'est quasiment pas incliné (2,6° seulement), elle ne connaît pas de saisons. Aucun répit en vue !

2 IRRESPIRABLE

L'atmosphère vénusienne renferme des nuages d'**acide sulfurique**. Ce **nuage toxique reflète la lumière du Soleil** et c'est grâce à lui que Vénus brille si vivement dans notre ciel. L'**étoile du Berger**, la plus lumineuse depuis la Terre, c'est elle !

3 DES JOURS SANS FIN

Comme Vénus tourne **sur elle-même de façon rétrograde** (dans le sens inverse de sa rotation autour du Soleil), les alternances jour/nuit sont très lentes. Une journée (par rapport au Soleil) dure 117 jours terrestres, soit à peu près la moitié de l'année, qui est de 225 jours pour faire le tour du Soleil. Sur Vénus, vous ne voyez le Soleil se lever que 2 fois par an !

90 fois

Sur Vénus, la pression est équivalente à **90 fois** l'atmosphère de la Terre. Cela reviendrait à marcher à plus de 1 kilomètre sous l'un de nos océans.

4 UN PASSÉ TUMULTUEUX

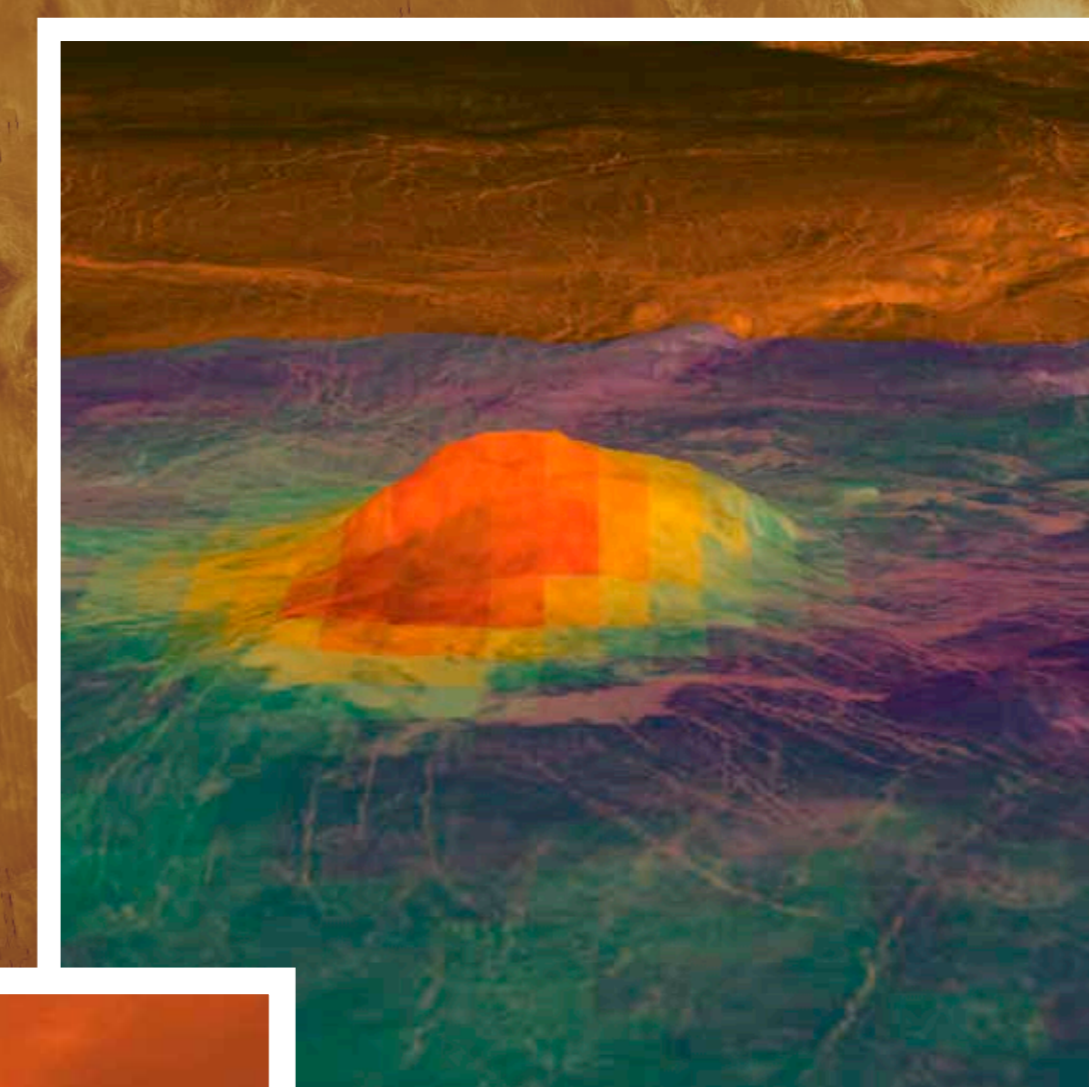
Vénus semble avoir été une planète très active. Elle est constituée en majorité de larges **plaines**, mais la présence de nombreux **volcans** — dont certains pourraient être encore actifs —, de longs **canyons**, de multiples **impacts météoritiques** et des **montagnes** de plus de 10 kilomètres de haut, témoigne d'un passé agité.

5 ÇA DÉCOIFFE !

Dans l'air, Vénus reste très agitée. Ses nuages brillants sont balayés par des vents puissants atteignant 370 km/h au-dessus de l'équateur. Les nuages de son atmosphère tourbillonnent dans un ballet frénétique : ils tournent au-dessus de la planète **70 fois plus vite que la planète** ne tourne sur elle-même. Un phénomène encore inexpliqué.



La surface cachée de Vénus et sa proximité du Soleil attisent l'imagination des auteurs de science fiction. Dès le XIX^e siècle, et aujourd'hui encore, films et romans imaginent l'existence de Vénusiens vivant sur cette planète très chaude.



PRINCIPALES MISSIONS

- **Mariner 2** (NASA, 1962-1963), première sonde à survoler Vénus, a été suivie d'une dizaine de sondes des programmes soviétiques **Venera** et **VEGA** (URSS, 1961-1986).
- **Venera 7** a été la première à se poser, **Venera 9** la première à renvoyer des images de la surface.
- **Magellan** (NASA, 1989-1994) a établi une cartographie radar.
- **Venus Express** (ESA, 2005-2014) a étudié l'atmosphère, la surface et le champ magnétique de Vénus.

DIAMÈTRE
12 140 km

95 % de la taille de la Terre.

MASSE
4,9 x 10²⁴ kg

0,82 fois celle de la Terre.

GRAVITÉ
91 % de celle de la Terre

TEMPÉRATURE
De -180 °C à +430 °C
(+169 °C en moyenne)

ATMOSPHÈRE
~ 96,5 % de dioxyde de carbone
et ~ 3,5 % d'azote

DISTANCE AU SOLEIL
0,7 UA (108 millions de km)

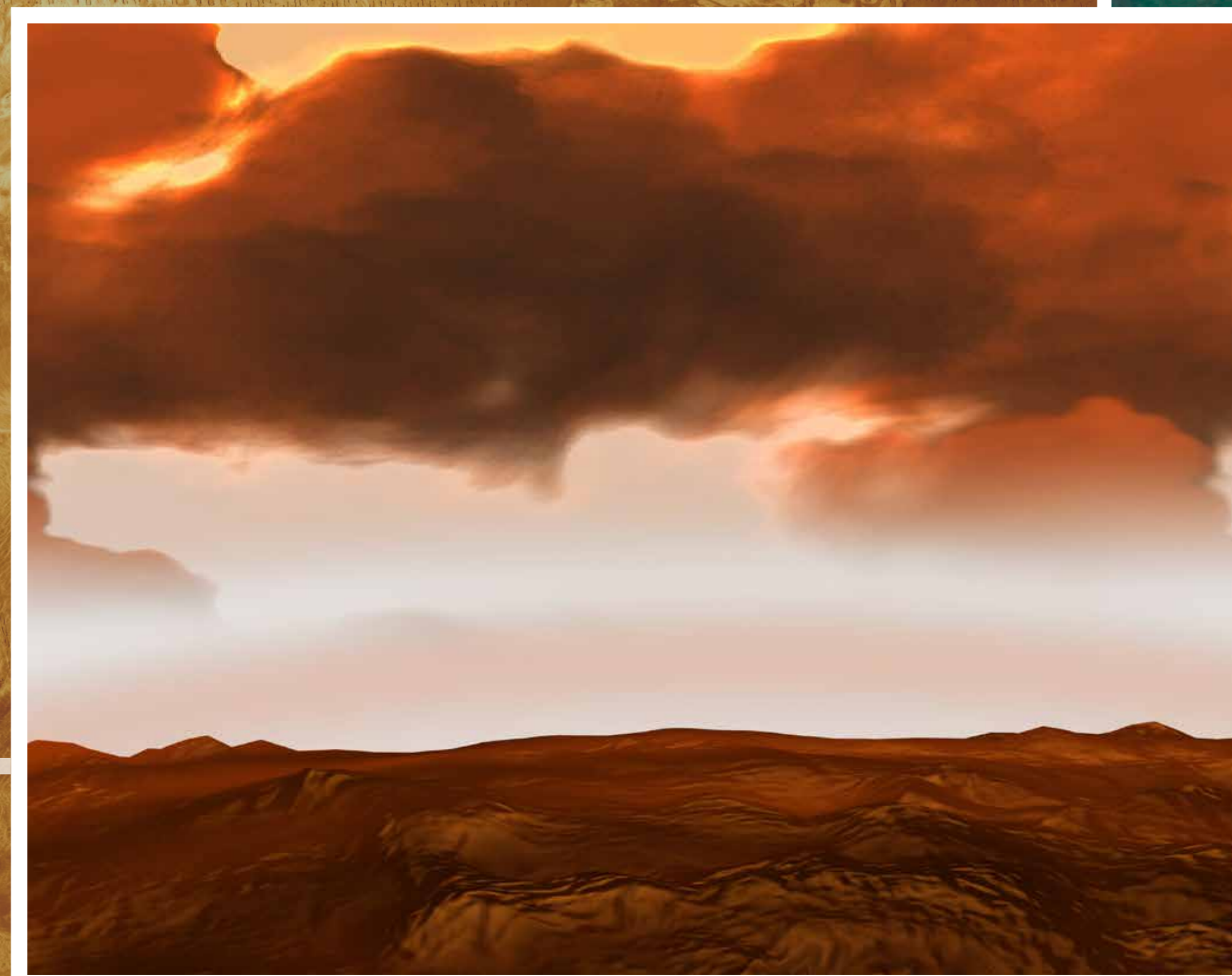
**RÉVOLUTION
AUTOUR DU SOLEIL**
224,7 jours terrestres

**ROTATION SIDÉRALE
(SUR ELLE-MÊME)**
243 jours terrestres

**INCLINAISON DE L'AXE
DE ROTATION**
2,6°

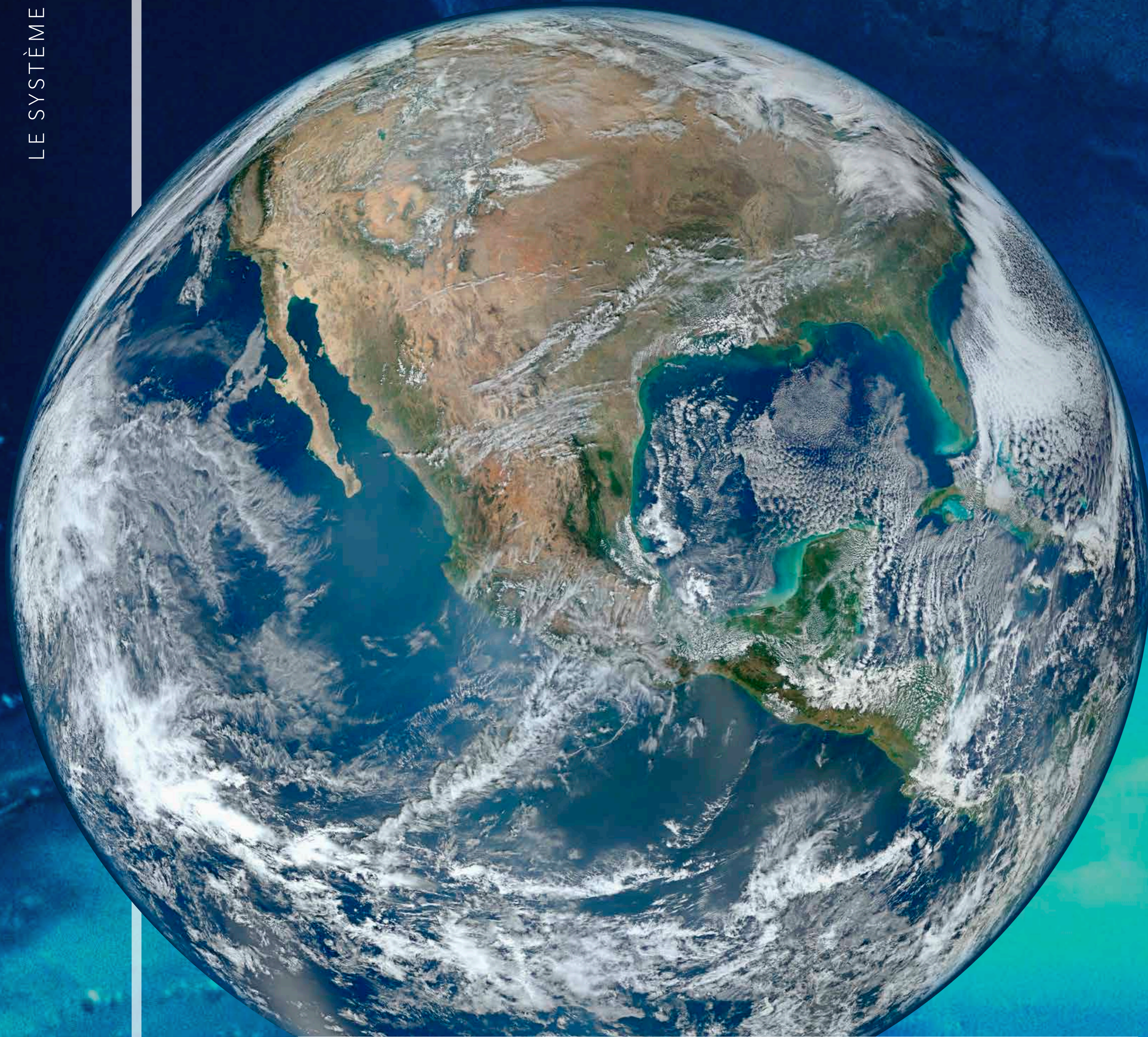
NOMBRE DE LUNES CONNUES
0

Une pression écrasante, une chaleur à faire fondre le plomb et une atmosphère étouffante font de cette planète un lieu particulièrement inhospitalier. Les rares sondes spatiales à s'être aventurées sur sa surface n'ont pas fait long feu. Heureusement, plusieurs missions en orbite se sont penchées sur cette étrange planète.



LA TERRE

PLANÈTE VIVANTE



1 L'EAU SOURCE DE VIE

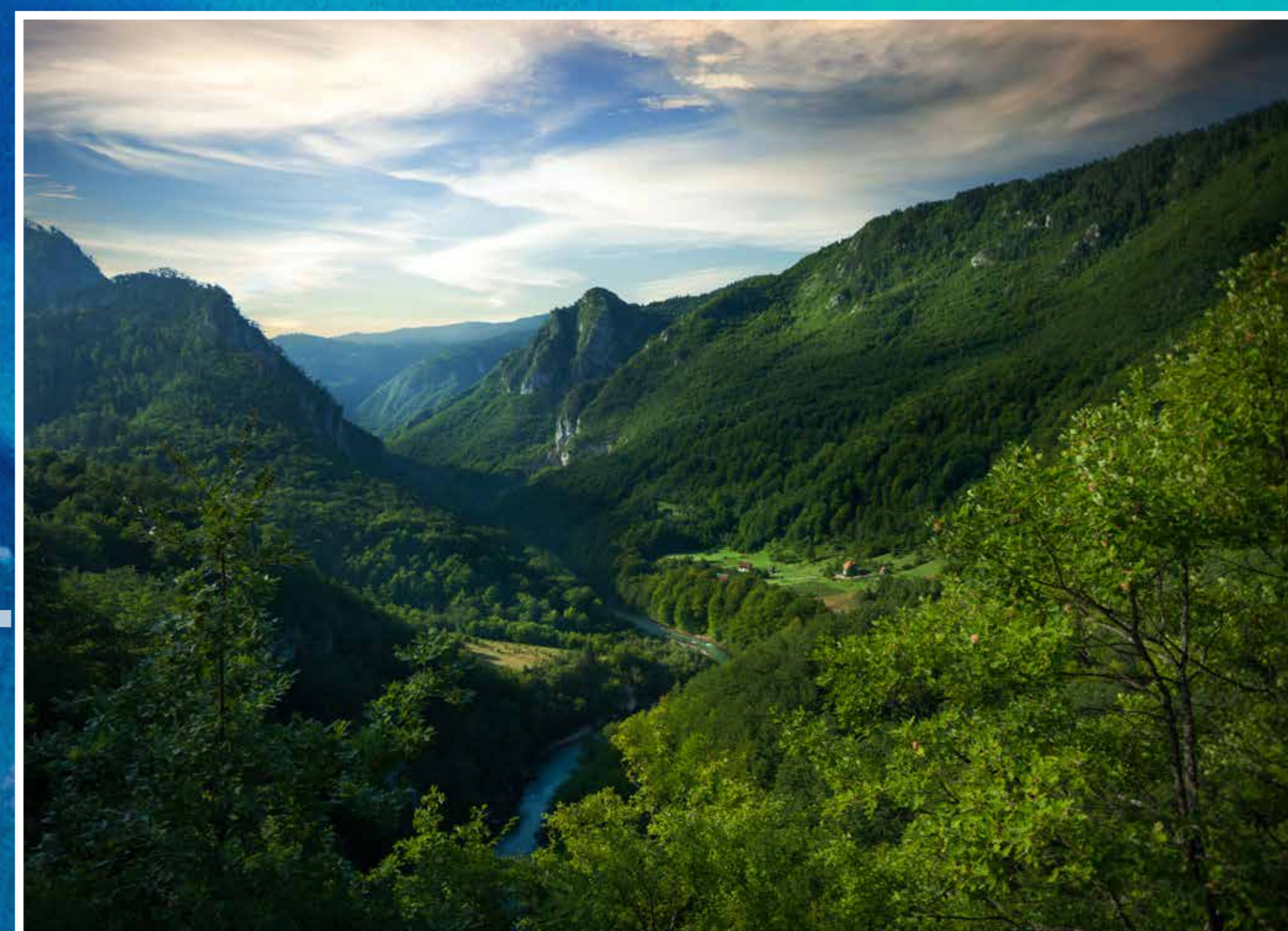
Sous l'effet de la chaleur du Soleil, l'eau des océans et des lacs s'évapore dans l'atmosphère, formant des nuages. Puis elle se transforme en pluie et retombe sur la surface de la Terre où elle nourrit les plantes, qui rejettent à leur tour de l'eau. Les plantes absorbent aussi du CO₂ contenu dans l'atmosphère et le transforment en oxygène, indispensable à la respiration des animaux et des humains. Un cycle complet dans lequel chaque élément joue un rôle vital!

2 UNE ATMOSPHÈRE PROTECTRICE

L'atmosphère terrestre est une superposition de différentes couches gazeuses d'épaisseur et de température différentes. Elle laisse pénétrer une partie des rayons du Soleil pour réchauffer la surface de la Terre, puis empêche une grande partie de la chaleur émise par la Terre de repartir dans l'espace. Cet effet de serre assure une température favorable au développement du vivant. L'atmosphère protège aussi notre planète des rayonnements nocifs du Soleil et des chutes de météorites.



Goce a mesuré très précisément la forme qu'aurait la Terre en l'absence des perturbations causées par les vents et les marées. Cette forme appelée « géoïde » est très irrégulière et bosselée. Elle reflète les variations de la gravité qui diffèrent d'un endroit à l'autre de la planète.



3 LA MAGNÉTOSPHÈRE, UN BOUCLIER SURPUISSANT

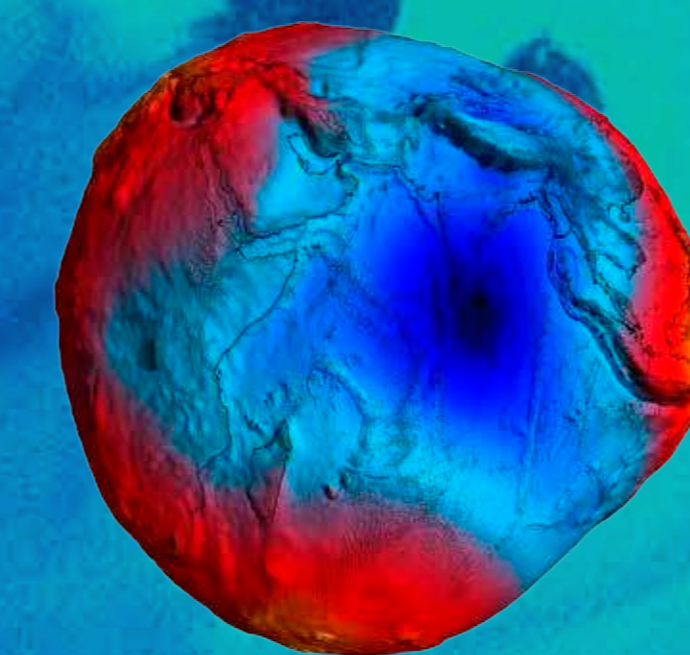
Un autre bouclier protège la planète : un champ magnétique qui détourne le vent solaire et empêche ses particules chargées électriquement d'atteindre notre planète. Ce champ magnétique, la magnétosphère, est créé par le déplacement de masses liquides tournant autour du noyau terrestre. Comme la dynamo d'un vélo, son mouvement crée de l'énergie, à l'origine du champ magnétique.

4 PLANÈTE CAMÉLÉON

Des volcans, des montagnes, des plaines, des déserts, des océans... la Terre offre des paysages variés. Durant son évolution, les nombreux et violents bombardements météoritiques, puis l'érosion et les mouvements des plaques tectoniques ont modifié l'aspect de sa surface. Et elle change encore : les plaques continuent de se déplacer, les océans érodent les côtes, certaines zones s'assèchent...

5 LA LUNE, SATELLITE AMI

Notre planète possède un seul satellite, la Lune, avec laquelle elle entretient des relations vitales. La Lune ralentit la rotation de la Terre et maintient son axe de rotation incliné à 23,4°. Cette inclinaison est à l'origine des saisons et participe à créer sur Terre un climat équilibré.



72 %

72 % de la surface de la Terre est composée d'eau.

PRINCIPALES MISSIONS

Parmi les nombreuses missions d'observation de la Terre, certaines étudient ses caractéristiques :

- **Goce** (ESA, 2009-2013) a mieux déterminé sa forme.
- **Topex-Poséidon** (NASA/CNES, 1992-2006) puis la série **Jason** (NASA/CNES, depuis 2001), ont été chargés d'observer ses océans.
- **Swarm** (ESA, 2013) examine son champ magnétique.
- **Calipso** (NASA/CNES, 2006) étudie son atmosphère, comme le feront **Merlin** (CNES, DLR, 2020) et **Microcarb** (CNES, 2021).

De nombreux satellites surveillent aussi son environnement, tels ceux du programme **Sentinel** (ESA), déployés depuis 2014.

DIAMÈTRE
12 756 km

MASSE
6,0 x 10²⁴ kg

GRAVITÉ

Une valeur normale de la pesanteur terrestre «g» a été définie (9,806 65 m/s²). Elle sert de référence pour comparer la gravité des planètes.

TEMPÉRATURE
De - 89 °C à + 58 °C
(+15 °C en moyenne)

ATMOSPHÈRE

78 % d'azote (N₂), 21 % d'oxygène (O₂) et 1 % d'autres gaz, comme l'argon

DISTANCE AU SOLEIL

1 UA (150 millions de kilomètres)

RÉVOLUTION AUTOUR DU SOLEIL

365,25 jours

ROTATION SIDÉRALE (SUR ELLE-MÊME)

23 heures 56 mn 4 s

INCLINAISON DE L'AXE DE ROTATION

23,4 °

NOMBRE DE LUNES CONNUES

1

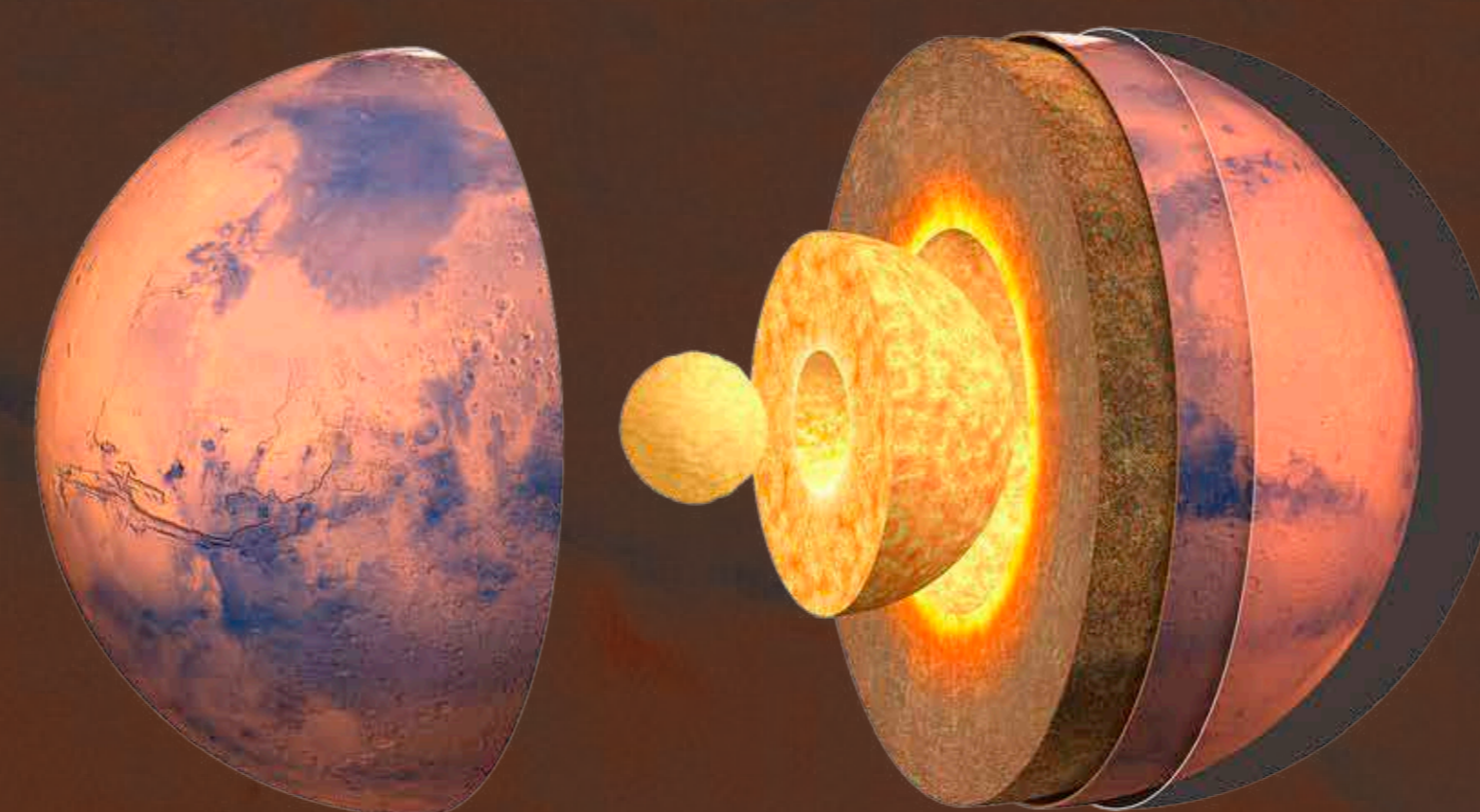
La Terre est une exception. Elle est la seule planète du Système solaire à contenir de l'eau sous ses 3 formes : glacée, gazeuse et liquide, en grande quantité et depuis longtemps. Sa distance au Soleil et son atmosphère offrent une température moyenne vivable et un air respirable.

Ces éléments sont à la base d'un système qui entretient la vie dans un cycle sans cesse renouvelé. Sur la planète bleue, la vie s'épanouit sous de multiples formes.



MARS

LA PLANÈTE ROUGE



1 CŒUR DE MÉTAL, SURFACE DE SANG

Mars est une planète rocheuse : elle possède un **noyau métallique**, un **manteau rocheux** et une **croûte solide**. Grâce à l'analyse des météorites martiennes arrivées sur Terre, nous savons que la surface de Mars est composée de fer, d'oxygène, de silicium. Mais la composition exacte, la taille et l'activité des différentes structures internes de la planète restent méconnues.

2 DES VOLCANS OLYMPIENS

Pendant quelques centaines de millions d'années, Mars a subi des **impacts d'astéroïdes** et de **comètes**. En parallèle, l'activité volcanique et le vent ont modelé sa surface. C'est pourquoi Mars est parcourue de vallées, de canyons et de volcans, tels que le Mont Olympe.

Ce mont est le plus haut sommet connu dans le Système solaire : il culmine à **22 000 mètres** (l'Everest, le plus haut sommet terrestre, mesure 8 848 mètres de haut).



Mars tient son nom du dieu romain de la guerre, inspiré par la couleur rouge sang de sa surface. Elle doit cette couleur rouge à la forte présence de fer oxydé dans son sol.



2 lunes

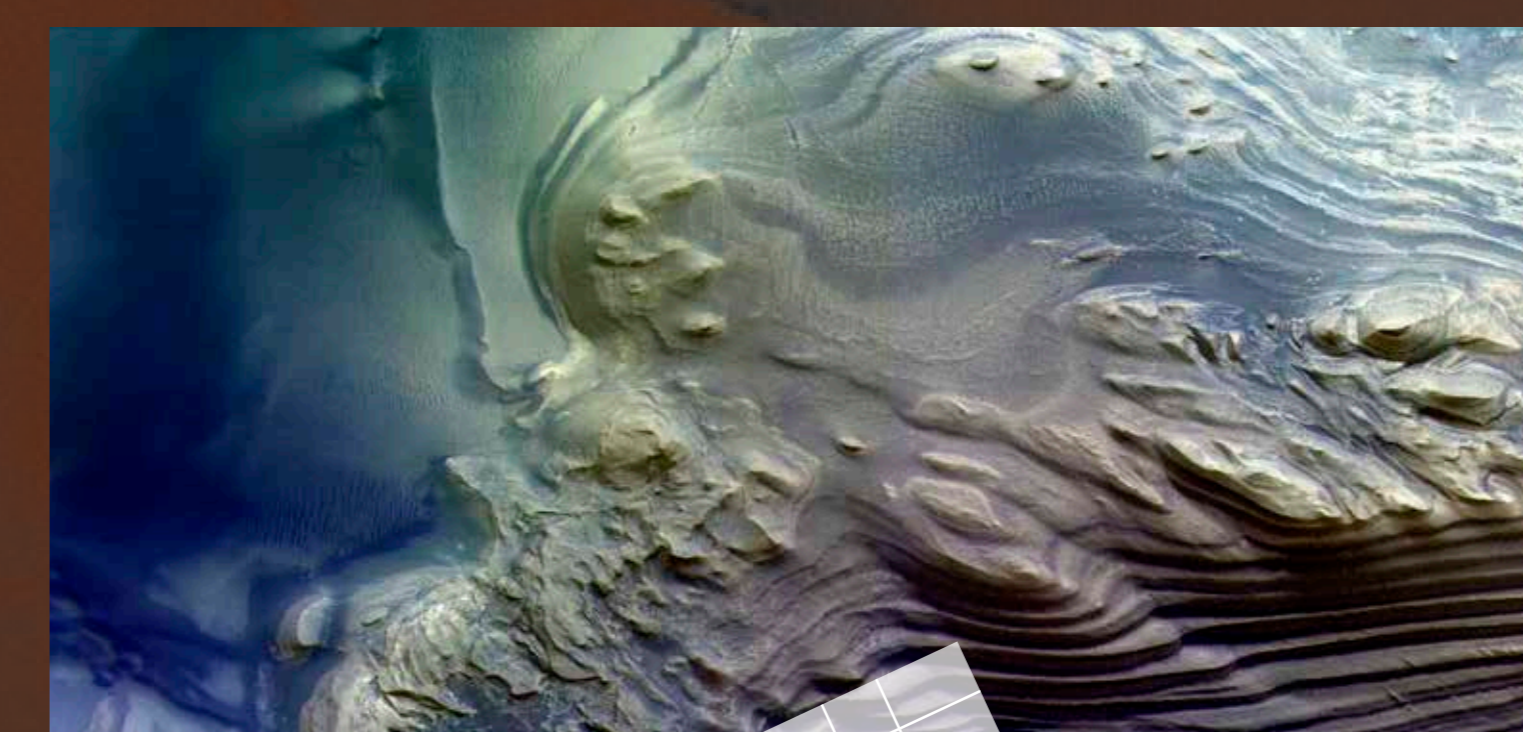
Mars possède **2 lunes** : **Phobos** et **Deimos** (à 6 000 km et 23 000 km de Mars). Phobos se rapproche de Mars qu'elle percuttera dans quelques dizaines de millions d'années.

3 DE L'EAU!

Plus de doute, de **l'eau a coulé sur Mars**, beaucoup et longtemps, traçant des sillons et altérant les roches volcaniques pour former des sédiments tels que des argiles et des sulfates. Des traces montrant la présence de lacs ont été observées.

4 Y A QUELQU'UN?

De l'eau, des températures et des pressions favorables, des molécules organiques... Avant de s'assécher, Mars contenait tout le cocktail nécessaire pour qu'une forme de vie puisse se développer : on parle de conditions d'**habitabilité**. Les missions martiennes cherchent des traces fossiles d'éventuels micro-organismes qui pourraient encore être présentes dans le sous-sol martien.



PRINCIPALES MISSIONS

- **Mars Express** (ESA, 2003-2020) et **Mars Reconnaissance Orbiter** (NASA, 2005-2020), ont décelé la présence d'eau glacée à la surface des pôles.
- **ExoMars Trace Gas Orbiter** (ESA, 2016-2022) et le rover **Curiosity** (MSL/Nasa, 2011-2020) ont confirmé la présence d'eau liquide en grande quantité.
- **ExoMars** (ESA, 2020) et **Mars 2020** (NASA, 2020)
- **ExoMars** (ESA, 2020) possède un robot mobile pour forer le sol martien. Le rover de **Mars 2020** (NASA, 2020) doit ramener des échantillons sur Terre en 2030.

DIAMÈTRE
6792 km
La moitié de la Terre.

MASSE
 $6,4 \times 10^{23}$ kg
11 % de celle de la Terre.

GRAVITÉ
38 % de celle de la Terre

En conséquence, porter un sac de 100 kg sur Terre équivaut à porter un poids de 38 kg sur Mars.

TEMPÉRATURE
De -140°C à 30°C

ATMOSPHÈRE
96 % de dioxyde de carbone (CO₂),
2 % d'argon (Ar) et 1,9 % d'azote (N₂)

DISTANCE AU SOLEIL
1,5 UA (229 000 000 km)

Elle varie entre 1,38 et 1,67 UA.

RÉVOLUTION AUTOUR DU SOLEIL
687 jours terrestres

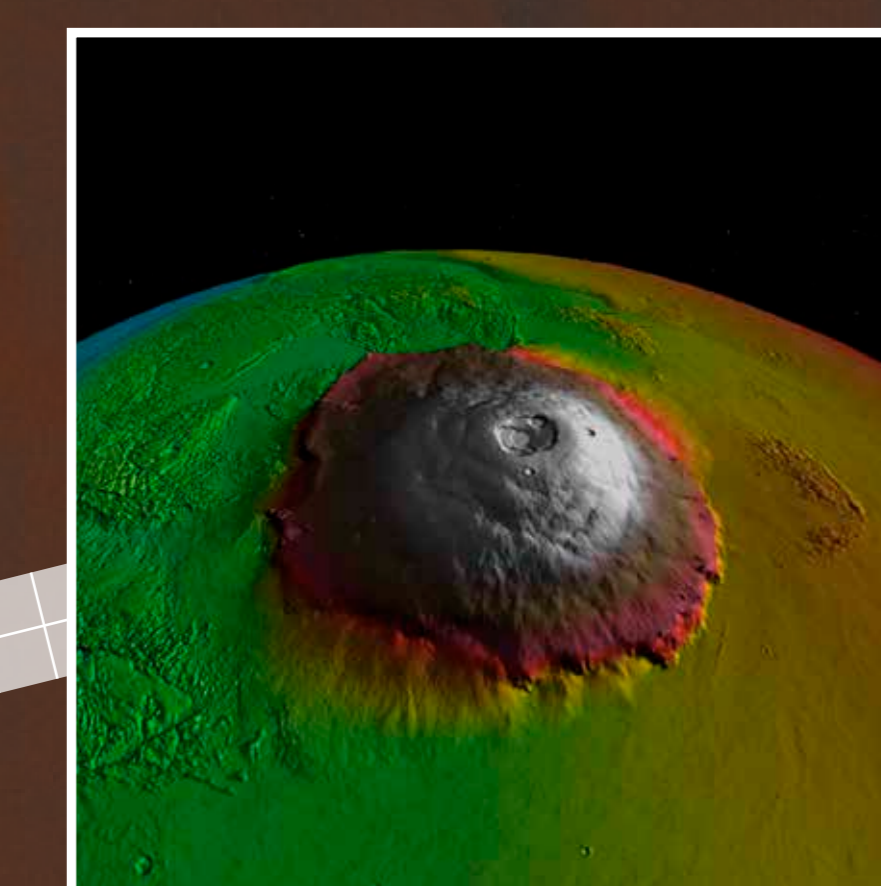
Une année martienne équivaut à presque deux années terrestres. Et les saisons y sont deux fois plus longues !

ROTATION SIDÉRALE (SUR ELLE-MÊME)
24 heures et 37 minutes

Une journée est plus longue d'1/2 heure que sur Terre. SOL : une journée martienne est appelée un Sol pour solar day.

INCLINAISON DE L'AXE DE ROTATION
25,2°

NOMBRE DE LUNES CONNUES
2



Mars a connu la même évolution que la Terre jusqu'à il y a 3,8 milliards d'années.

Au moment où la vie apparaissait sur Terre, Mars a perdu son atmosphère.

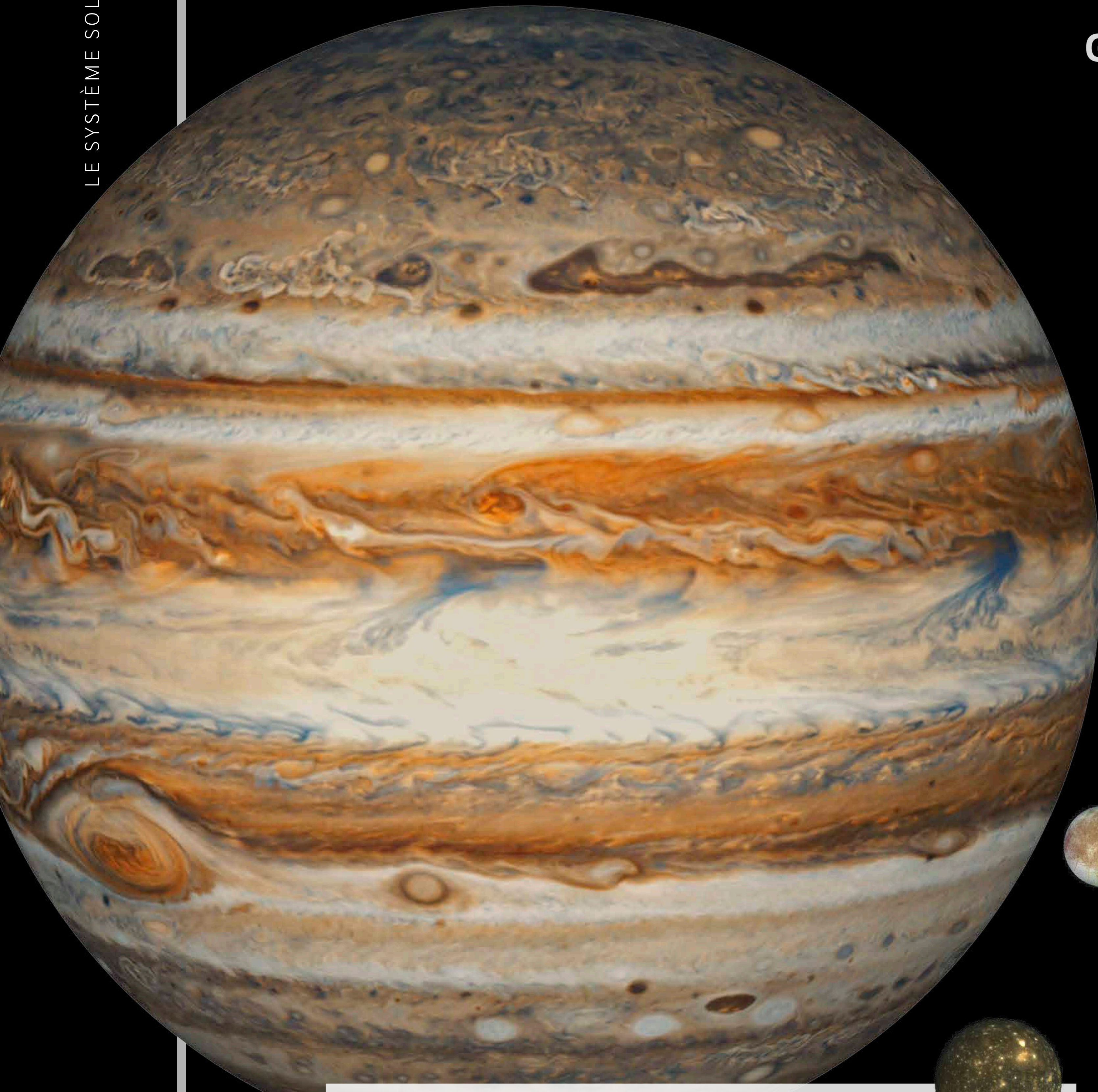
Elle est devenue un désert aride, balayé par des tempêtes de poussière.

Grâce aux nombreuses missions scientifiques, en orbite ou sur son sol, on sait que la planète rouge a été parcourue de réseaux d'eau liquide. Elle a donc peut-être accueillie une forme de vie.



JUPITER

GÉANTE PARMIS LES GÉANTES



1 QUELLE TACHE !

C'est le signe distinctif de Jupiter : un gros grain de beauté rouge, posé sur sa surface. Il s'agit d'un **anticyclone** géant avec des vents soufflant à environ 400 km/h. Cette tache rouge évolue en permanence. Grande comme 3 fois la Terre lors des premières observations, il y a plus de 350 ans, elle est aujourd'hui à peine plus grosse que la Terre et de couleur plus brunâtre.

2 UNE GUIRLANDE DE LUNES

Jupiter possède 79 satellites naturels connus. Les 4 plus grands sont appelés « lunes galiléennes » : **Io**, en éruption volcanique permanente ; **Europe**, la plus petite des quatre avec des geysers d'eau géants et des doses de radiation mortelles ; **Ganymède**, la plus grande lune du Système solaire et la seule possédant un champ magnétique et **Callisto**, à la surface ancienne et aux multiples cratères. Ces 3 trois dernières sont glacées et renferment probablement de très grandes quantités d'eau.



À elle seule, Jupiter est 2,5 fois plus massive que la totalité des autres planètes réunies !

1300 Terres

Jupiter pourrait contenir 1300 Terres.

PRINCIPALES MISSIONS

- **Pioneer 10** (NASA) a effectué le premier survol de Jupiter en 1973, suivi de **Pioneer 11** en 1974, puis des sondes **Voyager 1** et **Voyager 2** (NASA) en 1979.
- **Galileo** (NASA, 1989-2003) : son orbiteur a étudié Jupiter et les lunes galiléennes et il a envoyé une sonde de rentrée atmosphérique explorer l'atmosphère de Jupiter.
- **Juno** (NASA, depuis 2016) étudie l'évolution de la planète et de son atmosphère.

3 NUAGES TOXIQUES

Les bandes colorées qui marbrent Jupiter sont faites de nuages de **méthane**, d'**ammoniac** et de **vapeur d'eau**, flottant dans une atmosphère d'**hydrogène** et d'**hélium**. Un cocktail peu respirable ! Jupiter possède aussi plusieurs anneaux très fins, sombres et peu visibles, composés de poussières provenant de ses lunes les plus proches.

4 LIQUIDE GLACÉ

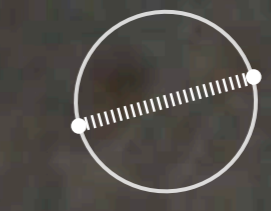
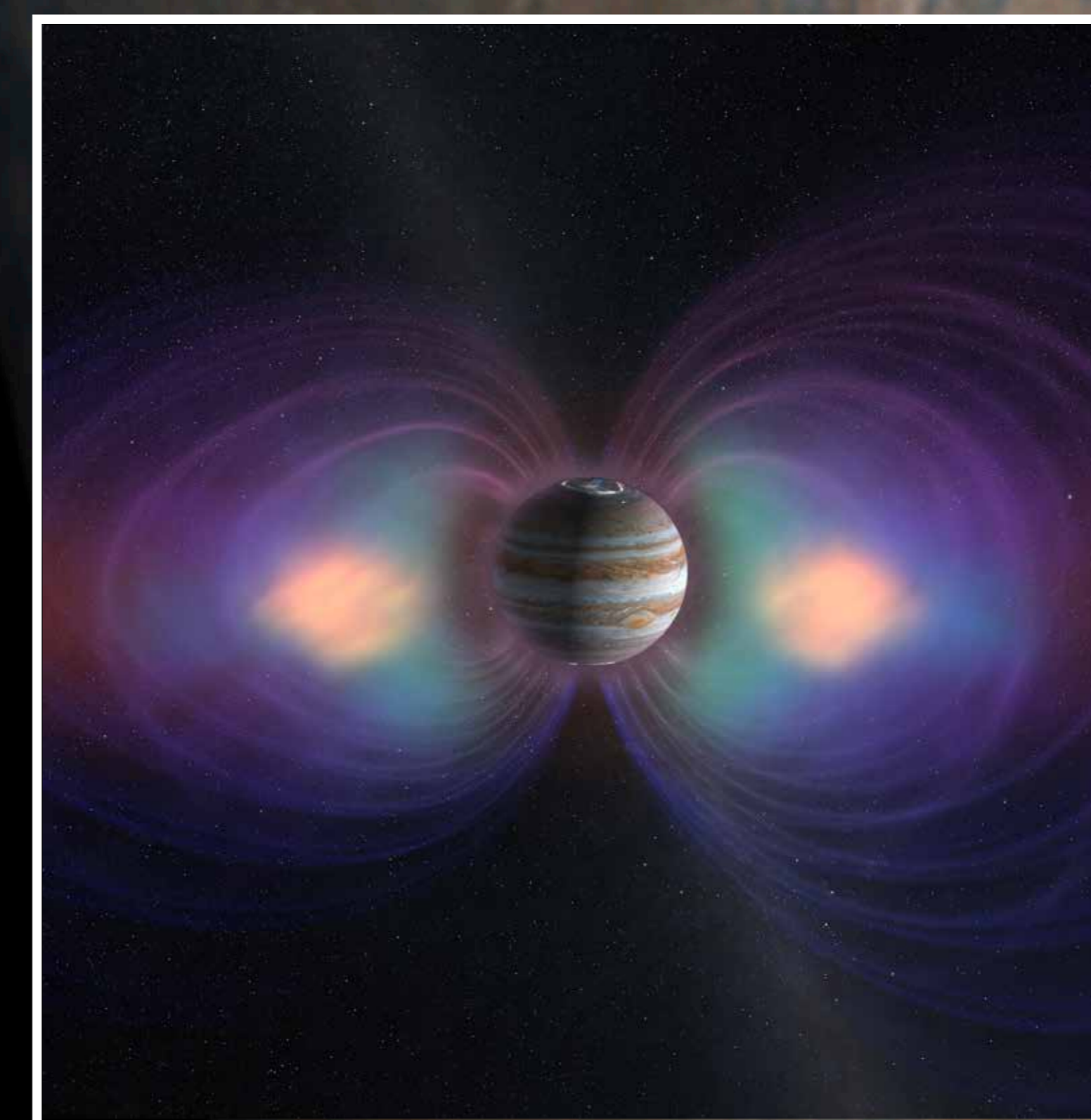
La surface de Jupiter n'est pas solide, c'est une grosse boule de gaz. Elle pourrait contenir un vaste océan d'hydrogène liquide recouvrant une épaisse couche d'hydrogène métallique, cela en ferait une planète gazeuse... **essentiellement liquide** ! Sur sa surface, la température moyenne est de -160 °C ; en son centre, elle atteindrait 15 000 à 20 000 °C !

5 UN MONDE DE TEMPÊTE

La planète est balayée par des vents soufflant souvent à 360 km/h. Faute de reliefs pour les arrêter, les tempêtes tourment sans relâche à sa surface et peuvent durer des années. Ses orages sont accompagnés d'éclairs 1000 fois plus puissants que sur Terre.

6 PLANÈTE ÉLECTRIQUE

Les mouvements internes de l'hydrogène métallique de Jupiter génèrent un champ magnétique 14 fois plus puissant que celui de la Terre. Sa **magnétosphère**, la plus vaste parmi celle des planètes du Système solaire, s'étend sur plus d'un milliard de kilomètres, au-delà de l'orbite de Saturne. Elle est à l'origine d'impressionnantes **aurores polaires** quasi-permanentes.



DIAMÈTRE
142 984 km

11 fois celui de la Terre.

MASSE
1 898,6 x 10²⁴ kg

318 fois celle de la Terre.

GRAVITÉ

Presque 2 fois et demi celle de la Terre



TEMPÉRATURE

-160 °C (en moyenne)

ATMOSPHÈRE

86 % de dihydrogène (H₂),
13 % d'hélium (He),
0,1 % de méthane (CH₄)...



DISTANCE AU SOLEIL

5,2 UA (778 millions de km)
en moyenne



RÉVOLUTION AUTOUR DU SOLEIL

Un peu moins de 12 années terrestres



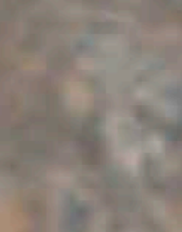
ROTATION SIDÉRALE (SUR ELLE-MÊME)

Environ 10 heures



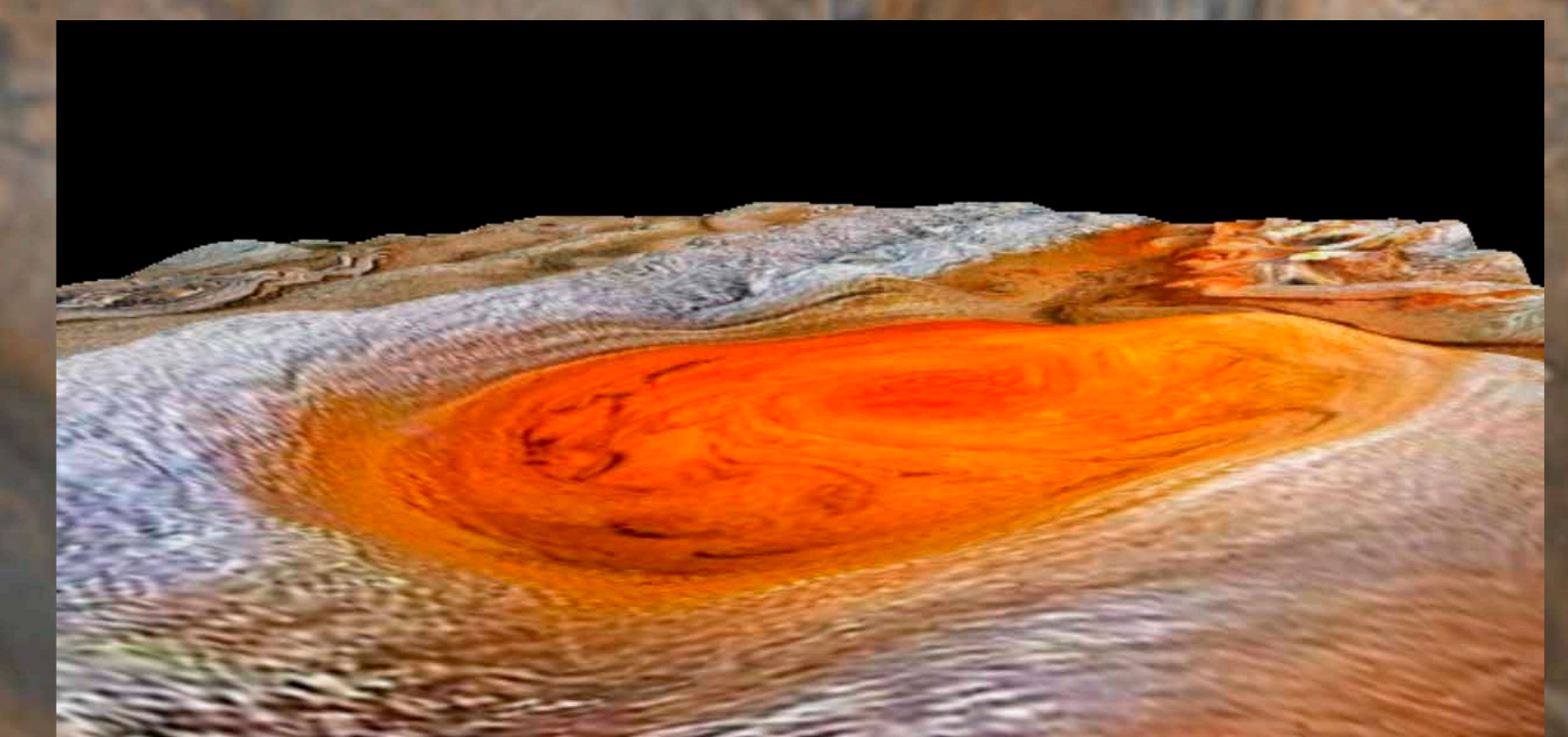
INCLINAISON DE L'AXE DE ROTATION

3,1°



NOMBRE DE LUNES CONNUES

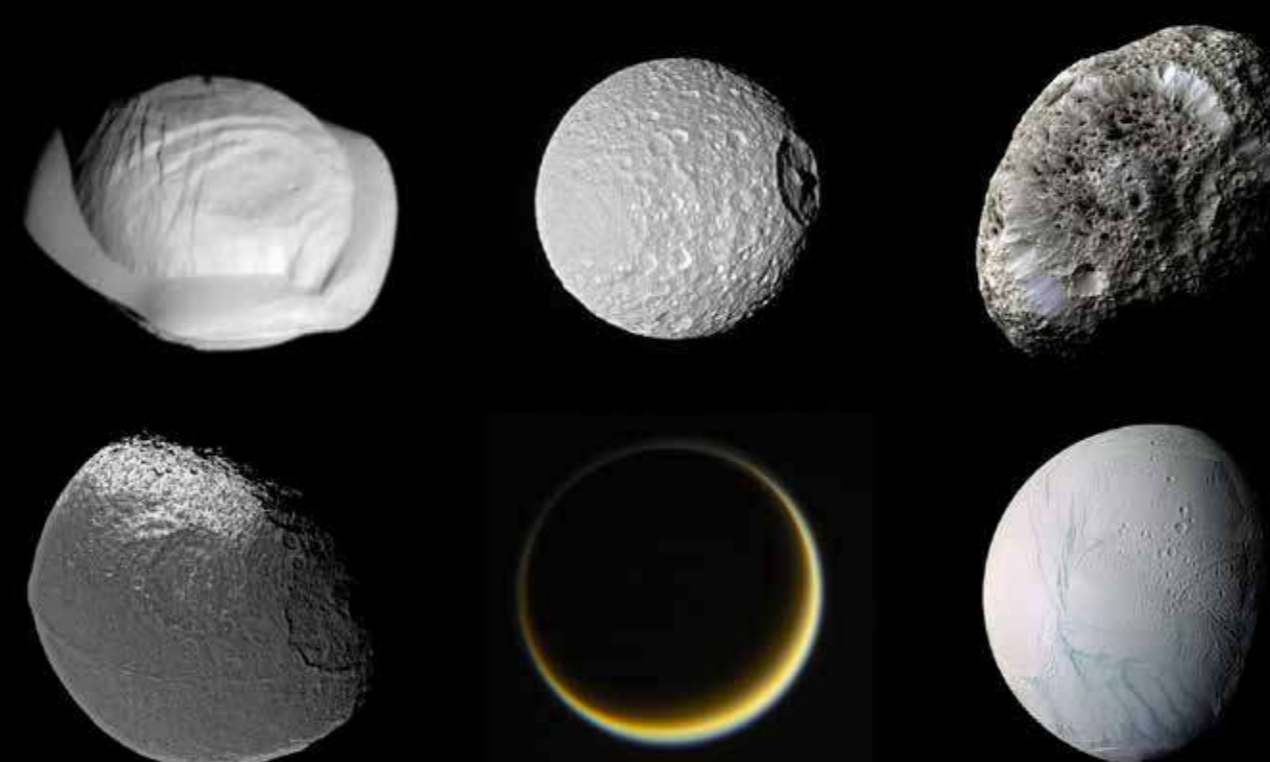
79



Elle est la plus grosse et la plus massive de toutes les planètes du Système solaire. Jupiter est le symbole de la catégorie des géantes gazeuses. D'une beauté froide et hypnotisante, agitée de vents très violents, elle est entourée d'une kyrielle de lunes offrant autant d'environnements particuliers. Plusieurs dissimulent des océans. Là où pourrait se cacher la vie ?

SATURNE

SA MAJESTÉ AUX ANNEAUX



1 LA DANSE DES ANNEAUX

Autour de Saturne, gravite un **système complexe d'anneaux** constitués de **grains de glace** gros de quelques centimètres jusqu'à quelques mètres. Ces anneaux s'étendent sur plus de 400 000 km, sur une épaisseur d'une dizaine de mètres à peine. Tous tournent **dans un même plan**, celui de l'équateur de la planète. Les forces de marée de Saturne les maintiennent sur leur orbite et les empêchent de s'agglomérer pour former des lunes.

2 DES LUNES À FOISON

82 satellites naturels connus gravitent autour de Saturne. Certaines de ces lunes se nichent **dans les divisions des anneaux** et les retiennent séparés. Les plus grosses lunes se trouvent à l'extérieur des anneaux : **Mimas, Encelade, Théthys, Rhéa, Japet, Dioné et Titan**. Cette dernière, seconde plus grosse des lunes du Système solaire, abrite de curieux lacs de méthane entourés par un sol gelé.

3 UN PRINTEMPS TOUS LES 30 ANS

Les journées sur Saturne sont parmi les plus courtes du Système solaire : il faut **moins de 11 heures** à la planète pour effectuer une rotation complète sur elle-même. Par contre, son orbite autour du Soleil est très lente, elle met **plus de 10 754 jours** pour la parcourir. Une année saturnienne dure plus de **29 années terrestres**. Il faut donc attendre presque 30 ans pour revoir le printemps !

4 LÉGÈRE COMME UN BALLON

Son volume est 620 fois plus gros que celui de la Terre, et pourtant, Saturne ne pèse que 95 fois plus lourd que notre planète. Son noyau, probablement constitué de roches et de glaces, doit être grand comme presque 2 Terres et entouré d'hydrogène métallique liquide. Un environnement électriquement conducteur, à l'origine de son **champ magnétique**. Viennent ensuite une couche d'hydrogène liquide, puis l'atmosphère, parcourue par **des vents ultra-rapides**, pouvant souffler à 1 800 km/h.



Saturne est la moins dense des planètes. Si on la posait sur l'eau, elle flotterait.

7 anneaux

Saturne est entourée de **7 anneaux principaux**, dont l'intérieur est séparé en subdivisions.



PRINCIPALES MISSIONS

- **Pioneer 11 (NASA), Voyager 1 et Voyager 2 (NASA)** ont survolé Saturne en 1979, 1980 et 1981.
- La mission **Cassini-Huygens (NASA/ESA, 1997-2017)** est la seule à avoir mené une mission longue dédiée à Saturne. L'orbiteur américain Cassini a étudié son atmosphère, sa magnétosphère et ses anneaux, avant de plonger dans son atmosphère pour d'ultimes mesures. Et la sonde européenne Huygens a été envoyée dans l'atmosphère de Titan.

DIAMÈTRE
116 500 km

9 fois celui de la Terre.

MASSE
568,4 x 10²⁴ kg

95 fois celle de la Terre.

GRAVITÉ
1,06 fois la gravité de la Terre

TEMPÉRATURE
- 190 °C (au sommet des nuages)

ATMOSPHÈRE
Dihydrogène (H₂), hélium (He)

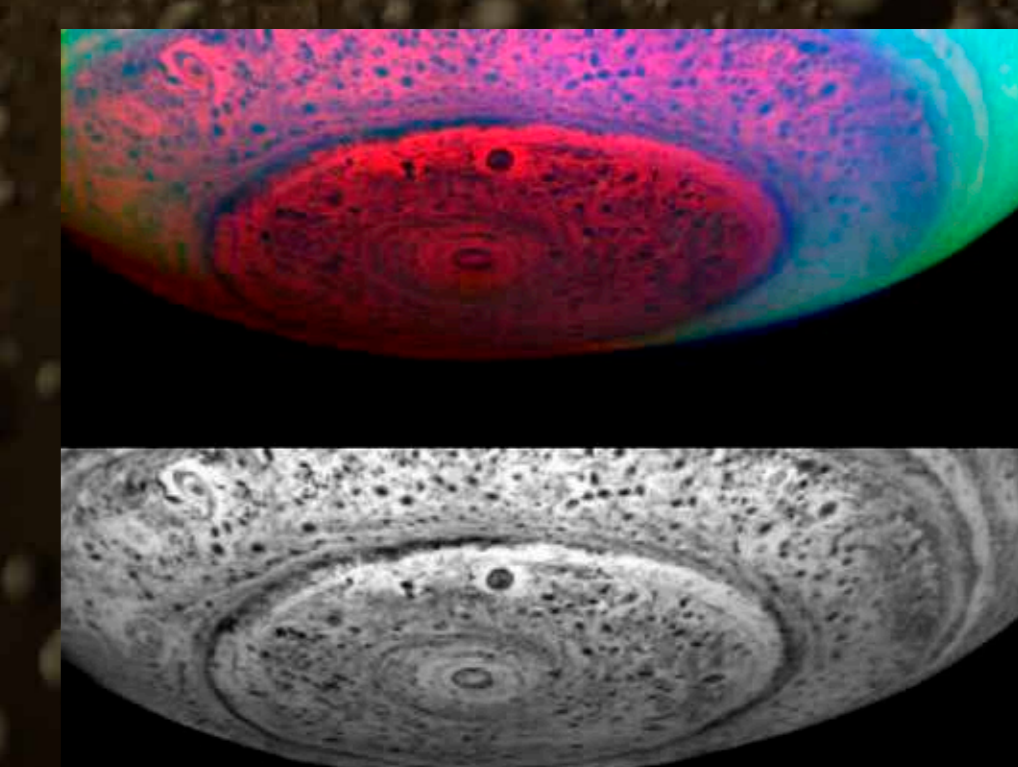
DISTANCE AU SOLEIL
9,5 UA (1,430 milliards de km)

RÉVOLUTION AUTOUR DU SOLEIL
29,4 années terrestres

ROTATION SIDÉRALE (SUR ELLE-MÊME)
10,6 heures

INCLINAISON DE L'AXE DE ROTATION
26,7°

NOMBRE DE LUNES CONNUES
82



Deuxième plus grosse planète du Système solaire après Jupiter, Saturne est elle aussi une énorme boule de gaz.

Elle se distingue par ses anneaux majestueux, visibles depuis la Terre. Elle n'est pas la seule à en posséder, mais ce sont les seuls à être aussi importants et complexes.

Saturne est également entourée de nombreuses lunes très différentes. Le système saturnien recèle de curieux mondes à explorer !

URANUS

LA GRANDE BLEUE



1 UNE BOULE DE GLACE

Comme Neptune, Uranus est une géante glacée. Son noyau, de la taille de la Terre, est composé de roches silicatées riches en fer et nickel. Il est entouré d'un manteau de **glace**, d'**ammoniac** et de **méthane** et d'une atmosphère principalement constituée d'**hydrogène**, d'**hélium** et de **méthane**. Mais ici, il fait presque deux fois plus froid que sur Jupiter ou Saturne.

2 COUCHÉE SUR LE CÔTÉ

Uranus tourne quasiment **incliné à angle droit** par rapport au plan de son orbite. L'inclinaison de son axe est de **97,77 degrés**. Couchée sur le flanc, contrairement aux autres planètes, elle présente tour à tour ses pôles face au Soleil. Ils sont successivement plongés dans le noir ou baignés dans la lumière et la chaleur de notre étoile, pour des étés ou des hivers longs de 21 ans.

Comme Vénus, Uranus tourne à l'**envers des autres planètes** du Système solaire : d'ouest en est, c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre.



Uranus sent l'œuf pourri ! C'est la conclusion d'un groupe de scientifiques qui ont décelé dans les nuages au-dessus de la planète des traces de sulfure d'hydrogène (H_2S), un gaz dégageant cette odeur caractéristique.



13 anneaux

Uranus possède **13 anneaux**. Les anneaux internes sont sombres, les anneaux externes brillants et colorés.

3 BLIZZARD

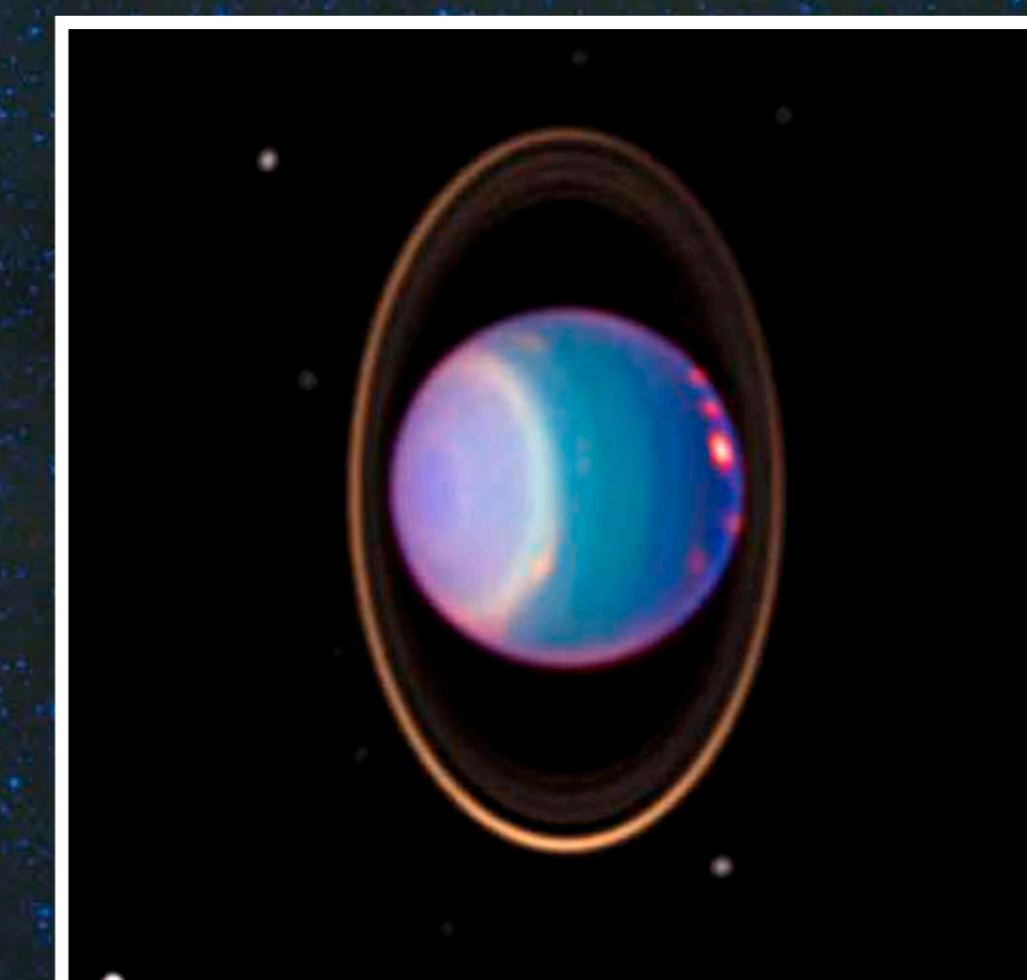
Pas de vie possible sur Uranus. Son atmosphère est balayée par des vents pouvant atteindre une vitesse de **900 km/h**. Sa composition **gazeuse**, les **températures glacées** et la **pression extrême** sont incompatibles avec le développement de la vie telle que nous la connaissons.

4 BIEN ENTOURÉE

Uranus possède un cortège de **13 anneaux** constitués de roches et de poussières. Elle est entourée de **27 petits satellites** sans doute composés de roches et de glace. Certains sont vraisemblablement des petits corps capturés par la planète. Les plus connues sont **Puck**, **Miranda**, **Ariel**, **Umbriel**, **Titania** et **Obéron**.

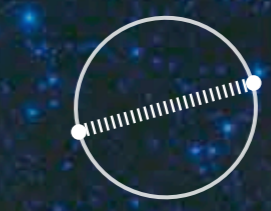
5 SANS SE PRESSER

Loin du Soleil, inutile de s'élancer à pleine vitesse pour échapper à l'attraction de notre astre. Uranus parcourt son orbite autour du Soleil en 84 années terrestres. En revanche, ses journées sont très courtes : elles ne durent que 17 heures.



PRINCIPALES MISSIONS

● **VOYAGER 2** (NASA, 1977) est le seul engin à avoir survolé Uranus en 1986. Ses données sont les seules informations d'observation directe dont nous disposons.



DIAMÈTRE
50 720 km

environ 4 fois plus grande que la Terre.

MASSE

86 800 x 10²¹ kg

14,5 fois celle de la Terre.

GRAVITÉ

0,9 fois la gravité de la Terre



TEMPÉRATURE

- 220 °C en moyenne au sommet des nuages

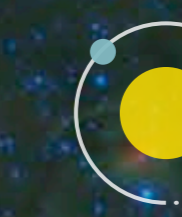
ATMOSPHÈRE

83 % de dihydrogène (H_2), 15 % d'hélium (He), 2 % de méthane (CH_4) et 0,01 % d'ammoniac (NH_3)



DISTANCE AU SOLEIL

19,1 UA (2,9 milliards de km)



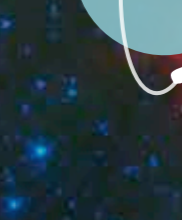
RÉVOLUTION AUTOUR DU SOLEIL

84 années terrestres



ROTATION SIDÉRALE (SUR ELLE-MÊME)

17 heures



INCLINAISON DE L'AXE DE ROTATION

97,8°

NOMBRE DE LUNES CONNUES

27

En 1781, l'astronome William Herschel l'a d'abord prise pour une étoile ou une comète. Peut-être parce qu'elle est si loin du Soleil et de nous, et donc plus difficilement visible. Uranus est pourtant la 3^e plus grosse planète du Système solaire. Sa composition froide et gazeuse lui vaut une jolie couleur bleutée. Nous disposons de peu d'informations sur cette planète lointaine. Elle se démarque pourtant en tournant couchée sur son axe qui a basculé dans le plan de son orbite.

NEPTUNE

LA PLUS LOINTAINE

1 UN BLEU MYSTÉRIEUX

Le gaz **méthane** présent à sa surface réfléchit le bleu et le vert, d'où la couleur bleutée de Neptune. Bien qu'elle soit d'une composition voisine de celle d'Uranus, Neptune est d'un bleu bien plus profond. Probablement à cause d'un composant de son atmosphère encore **méconnu**.

2 UNE PLANÈTE DE POIDS

Neptune est une énorme masse d'eau, de gaz méthane et d'ammoniac gelés concentrés autour d'un cœur rocheux d'une masse identique à la Terre. Elle est la **plus dense** des planètes gazeuses.

3 GARE AUX TEMPÊTES

Les tempêtes de Neptune sont redoutables. Avec des **vents** pouvant dépasser les **2 000 km/h**, ce sont les plus violentes du Système solaire. Son atmosphère apparaît parfois traversée de nuages blancs et de **cyclones géants**.



L'astronome Urbain Le Verrier a découvert Neptune il y a 2 siècles. Il a déduit son existence en observant les variations de la vitesse et de la trajectoire d'orbite... d'Uranus.

5 anneaux

Cinq anneaux de poussière tournent autour de Neptune. L'un d'entre eux est constitué d'arcs nommés Fraternité, Égalité, Liberté et Courage. Ils sont très fins et très sombres.

4 PLUS D'UNE VIE

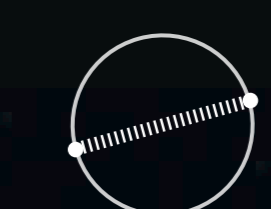
Neptune met **165 années terrestres pour faire le tour du Soleil**, bien plus qu'une vie de terrien ! Elle est si éloignée de notre étoile qu'en pleine journée, la lumière est équivalente à celle d'un crépuscule sur Terre.

5 AU RYTHME DES SAISONS

L'axe de rotation de la planète est incliné de 28 degrés, quasiment comme ceux de la Terre ou de Mars. Comme ces planètes, Neptune vit elle aussi au rythme de **quatre saisons**. Mais ici, chaque saison dure plus de 40 ans !

6 UNE LUNE GÉANTE

14 lunes gravitent autour de Neptune. Le plus gros de ces satellites, **Triton**, tourne dans le sens contraire de rotation de sa planète, en **orbite rétrograde**. Une curiosité pour un objet de cette taille. On suppose que Triton devait être un petits corps échappé de la ceinture de Kuiper, puis capturé par la gravité de Neptune.



DIAMÈTRE
49 244 km

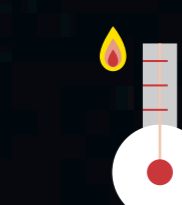
environ 3,9 fois plus grande que la Terre.

MASSE
102 x 10²⁴ kg

17 fois moins que la Terre.

GRAVITÉ

1,1 fois la gravité de la Terre



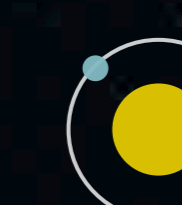
TEMPÉRATURE
- 210 °C

ATMOSPHÈRE

80 % de dihydrogène (H₂), 19 % d'hélium (He), 1,5 % de méthane (CH₄) et 0,01 % d'ammoniac (NH₃)

DISTANCE AU SOLEIL

29,9 UA (4,5 milliards de km)

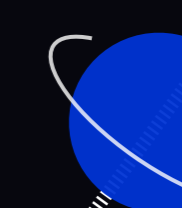


RÉVOLUTION AUTOUR DU SOLEIL

165 années terrestres

ROTATION SIDÉRALE

(SUR ELLE-MÊME)
16 heures



INCLINAISON DE L'AXE DE ROTATION

28,32°

NOMBRE DE LUNES CONNUES

14

PRINCIPALES MISSIONS

● **VOYAGER 2** (NASA, 1977) est le seul engin à avoir survolé Neptune en 1989. Ses données sont les seules informations d'observation directe dont nous disposons.

Neptune est composée des mêmes éléments qu'Uranus. Comme sa sœur glacée, elle doit sa couleur bleue au gaz méthane contenu dans son atmosphère. Planète la plus éloignée du Soleil, Neptune est l'une des moins visitées par les missions spatiales. Neptune et Uranus sont aussi les seules planètes du Système solaire inobservables à l'œil nu.

PLANÈTES NAINES & PETITS CORPS CÉLESTES

UN MONDE FOISSONNANT

PRINCIPALES MISSIONS

- **Deep Impact** (NASA, 2005-2013) a impacté la comète Tempel 1 en juillet 2005 pour analyser les débris éjectés et observer le cratère formé.
- **New Horizons** (NASA, 2006) a survolé le système de Pluton le 14 juillet 2015 puis l'astéroïde KBO Arrokoth le 1^{er} janvier 2019.
- **Dawn** (NASA, 2007-2018) a étudié les astéroïdes Vesta (2011-2012) et Cérès (2015-2018).
- **Rosetta** (ESA, 2004-2016) est le seul engin à avoir orbité autour d'une comète, « Chury », et à avoir posé un atterrisseur sur surface, le robot Philae.
- **Hayabusa 2** (JAXA, 2014) a visité l'astéroïde Ryugu et posé sur sa surface l'atterrisseur franco-allemand Mascot (CNES/DLR). Le retour d'échantillons sur Terre est prévu fin 2020.
- **Osiris-Rex** (NASA, 2016) : le retour d'échantillons de l'astéroïde Bennu est prévu en 2023.



1 RÉSIDUS DE PLANÈTE

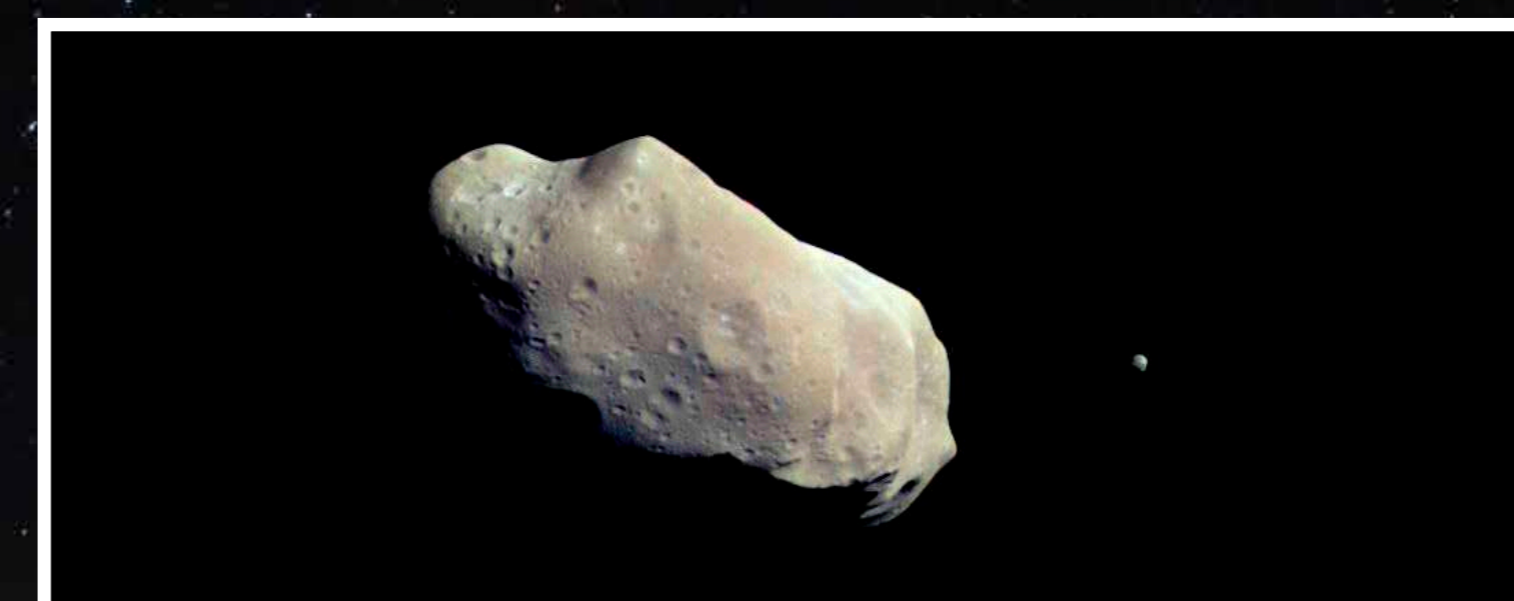
Entre Mars et Jupiter flottent des millions d'objets de tailles très variées, allant du centimètre à la centaine de kilomètres. Ces astéroïdes n'ont jamais réussi à former une planète, car l'attraction de Jupiter les empêche de s'agglomérer entre eux. Dans cette zone appelée la **ceinture d'astéroïdes**, c'est la bousculade permanente. Les corps présents s'entrechoquent et créent de nouveaux débris. Certains sont éjectés vers la Terre. Lorsqu'ils pénètrent dans notre atmosphère, ils se désintègrent et deviennent des **étoiles filantes** ou des **météorites**.

2 ATTENTION, CHUTE DE PIERRES

Parfois, des astéroïdes atteignent la surface de notre planète. Ce sont des **météorites**. Il y a **65 millions d'années**, la chute d'un astéroïde de quelques dizaines de kilomètres a provoqué des raz de marée, des tremblements de Terre et des incendies. Une épaisse couche de poussière a recouvert la planète, causant la **disparition de 90 % des espèces**, dont les dinosaures. On estime que l'impact d'une météorite de plus d'1 kilomètre peut se produire tous les 700 000 ans.

3 NID DE COMÈTES

Au-delà de l'orbite de Neptune, s'étend la Ceinture de Kuiper. Dans cette bande gravitent des objets faits principalement de gaz gelés. Certains de ces petits corps s'échappent parfois de la ceinture, attirés par le Soleil. Quand ils se rapprochent du Soleil, leur glace fond et se transforme en gaz s'échappant en une longue traînée : ils deviennent des **comètes**.



4 PLANÈTES NAINES

Elles orbitent autour du Soleil, mais elles ne sont pas les satellites d'autres corps célestes. Elles possèdent une masse suffisante pour former un corps presque sphérique, mais elles sont trop petites pour être considérées comme des planètes. Voici **les 5 planètes naines** : **Pluton**, **Eris**, **Makemake** et **Houmea**, des gazeuses, se trouvent dans la ceinture de Kuiper, entre 30 et 55 UA du Soleil (jusqu'à presque 10 milliards de kilomètres). **Cérès**, objet tellurique, orbite dans la ceinture d'astéroïdes, à 2,8 UA du Soleil (413 millions de kilomètres).

5 PLUTON JOUE AU YOYO

Pluton décrit une orbite très elliptique en 248 années. Au plus près de notre astre, elle se glisse entre le Soleil et Neptune, à 30 UA du Soleil (4 446 millions de kilomètres), au plus loin elle s'éloigne à 49,3 UA (7 381 millions de kilomètres).



Pluton a longtemps été considérée comme la 9^e planète du Système solaire. La découverte des autres planètes naines, entre 2004 et 2005, lui a fait perdre ce titre.

• Aux côtés des planètes fourmillent des milliards de corps célestes.

Grains de poussière, corps glacés, blocs de roche et de métal, mini-planètes, la plupart de ces objets sont des vestiges des éléments originels du Système solaire. Ils n'ont pas ou peu évolué depuis 4,5 milliards d'années et représentent une mine d'informations sur l'histoire de notre Système et de ses planètes. À condition de les atteindre ! Car si certains, faits de roches, orbitent à proximité du Soleil, entre Mars et Jupiter, d'autres, composés de glaces, voyagent au-delà de l'orbite de Neptune.

857 700 astéroïdes

Début 2020, étaient recensés **857 700 astéroïdes**
(dont plus de 90 % dans la ceinture principale)
et **4 140 comètes**.

LA FORMATION DU SYSTÈME SOLAIRE

Le Soleil et les planètes qui l'entourent sont nés du même nuage de gaz et de poussières. Tout a commencé avec la naissance du Soleil, autour duquel les éléments se sont organisés et ont formé un système planétaire.

1 UNE NÉBULEUSE S'EFFONDRE

Il y a 4,6 milliards d'années, l'onde de choc causée par une supernova (phénomène créé par l'implosion d'une étoile en fin de vie) ou par le passage à proximité d'une étoile voisine, fragmente une partie de l'un des gigantesques nuages de gaz et de poussières qui parsèment le milieu interstellaire. Il s'effondre sur lui-même dans un lent mouvement de rotation.

2 UN SOLEIL APPARAÎT

Peu à peu, la nébuleuse primitive se contracte formant en son centre une sphère de gaz qui se densifie. En son cœur, la température et la pression atteignent le seuil où les noyaux d'hydrogène fusionnent, dégageant une quantité phénoménale d'énergie : une étoile se forme, le Soleil.

3 DE LA MATIÈRE AUX EMBRYONS DE PLANÈTES

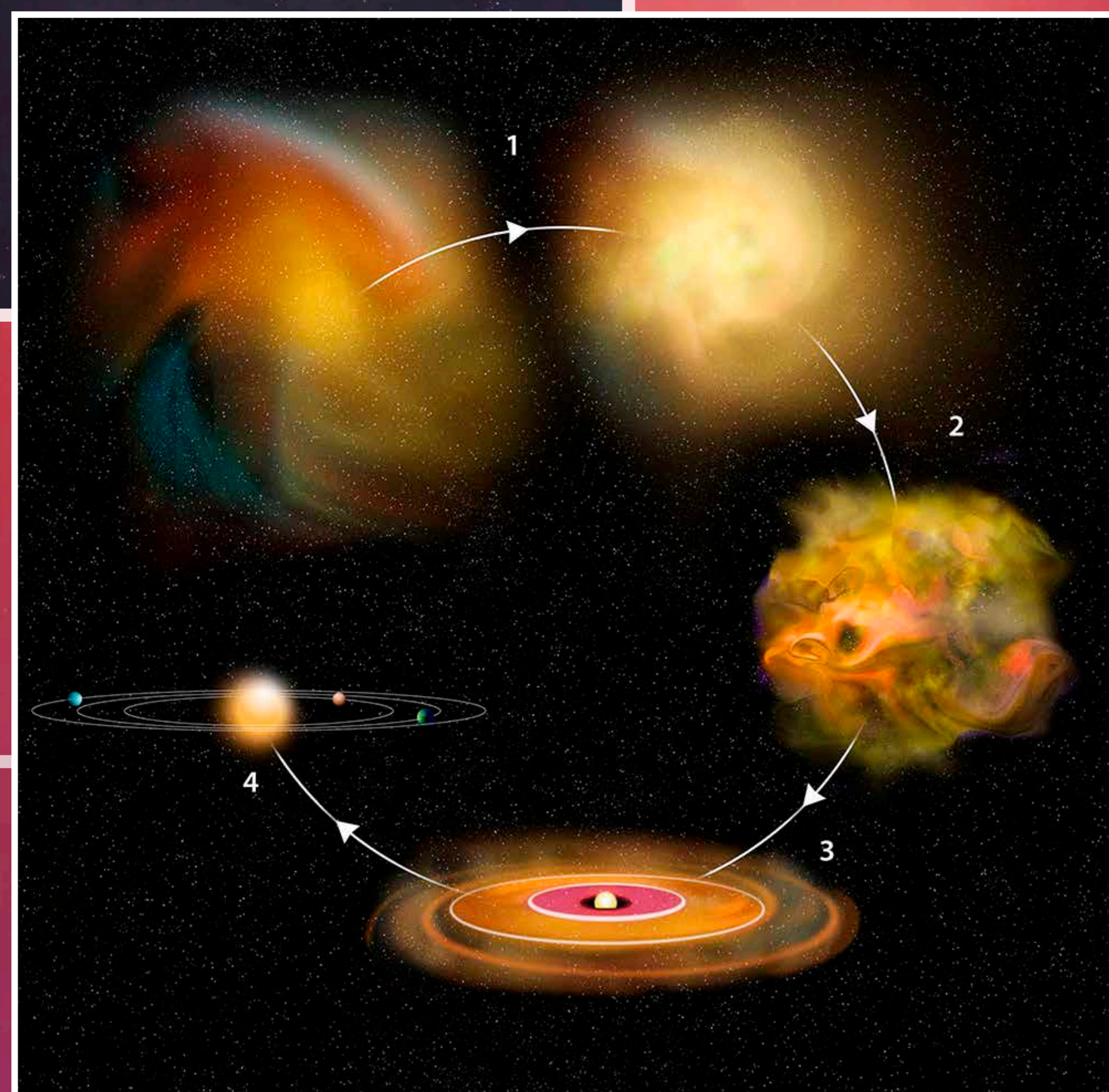
Autour de ce protosoleil, les gaz et les poussières restants vont former les planètes par accrétion de la matière solide : les poussières qui tournent dans le disque de gaz entourant le Soleil se heurtent et s'agrègent entre elles. Elles finissent par former des petits corps, ou planétésimaux, de quelques kilomètres, susceptibles de s'attirer gravitationnellement pour constituer des protoplanètes.

4 DES PLANÈTES GAZEUSES SE FORMENT

Quelque 100 000 ans après l'effondrement de la nébuleuse, à une certaine distance du Soleil, l'eau se condense en glace, la matière solide est la plus abondante. Celle-ci s'agglomère grain par grain jusqu'à constituer des protoplanètes suffisamment massives pour attirer gravitationnellement le gaz et donnent naissance aux planètes gazeuses : Jupiter, Saturne, puis aux géantes glacées : Uranus et Neptune.

5 DES PLANÈTES TELLURIQUES NAISSENT

Ensuite, en moins d'un million d'années, les grains rocheux s'agrègent plus près du protosoleil et donnent naissance aux planètes telluriques : Mercure, Vénus, la Terre et Mars. En 10 millions d'années, le Système solaire est formé. La protoétoile ayant fait le ménage en soufflant le gaz et les poussières interplanétaires, la croissance des planètes s'est interrompue, faute de matériau.



BILLARD COSMIQUE

Dès la naissance de Jupiter puis à nouveau 600 millions d'années plus tard, deux grands billards cosmiques se déclenchent. La migration des géantes gazeuses engendre des milliards de collisions, déclenchant en chaîne bombardement des planètes, destruction et éjection de petits corps. Un milliard d'années plus tard, le Système solaire est formé. Les planètes ont leur position actuelle, tournant toutes dans un même plan, celui du disque de matière originel, sur des orbites stables et à peu près circulaires.

99 %
Les quatre planètes géantes totalisent 99 % de la masse en orbite autour du Soleil.

