

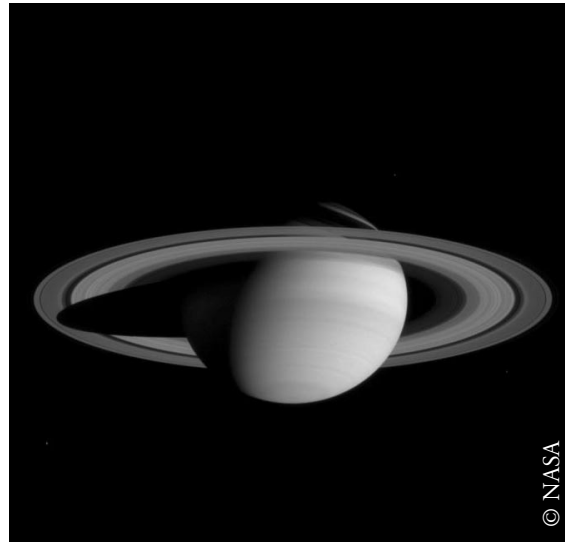
Document 1

Saturne

Saturne est la sixième planète du système solaire, et sans doute la plus célèbre du fait de ses brillants anneaux. Elle se trouve à environ 1,5 milliards de km du Soleil, soit dix fois plus loin que la Terre. Cet éloignement du brasier solaire explique le froid intense qui règne au sommet de ses nuages : -180°C . À cette distance, et même si elle se déplace à près de 10 km/s, il lui faut un peu moins de 30 ans pour boucler un tour complet autour du Soleil. Dix fois plus grande que notre planète bleue (120 000 km de diamètre sans les anneaux), elle est aussi presque cent fois plus lourde, ce qui en fait la deuxième plus grosse planète derrière Jupiter.

Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si les deux géantes sont voisines : elles sont nées dans une région du système solaire particulièrement riche en poussières et en gaz. Cette abondance de matériaux leur a permis de grandir très vite et de s'imposer comme les deux géantes de la famille planétaire.

En dépit de sa très grande masse, Saturne flotterait sur l'eau comme un ballon de plage s'il existait un océan assez grand pour l'y poser. Elle a en effet la plus faible densité des planètes du système solaire (0,7).



Saturne et ses célèbres anneaux.

Avec 31 satellites naturels connus au mois de juin 2004, Saturne est un véritable système solaire en réduction. Sa composition (94 % d'hydrogène et 6 % d'hélium) n'est pas très éloignée de celle du Soleil. Seulement, il aurait fallu qu'elle soit au moins 250 fois plus massive pour que s'enclenchent en son cœur les réactions de fusion nucléaire qui donnent naissance à une étoile.

Saturne est surtout célèbre pour ses anneaux. S'étendant sur près de 300 000 km de diamètre (les $\frac{4}{5}^{\text{e}}$ de la distance Terre-Lune !), ils sont aisément visibles dans un petit télescope car constitués de morceaux de glace très brillants.

Document 2

Objectif Titan pour la sonde Cassini-Huygens

Titan est le plus gros satellite de Saturne et le plus volumineux de tout le système solaire si l'on tient compte de son atmosphère. Avec un diamètre de 5 150 km, Titan est même plus grand que Mercure, la planète la plus proche du Soleil. Son épaisse atmosphère est essentiellement constituée d'azote (comme celle de la Terre) et de méthane. Elle est cinq fois plus dense que l'atmosphère terrestre et son étonnante couleur orange est sans doute due aux nombreux composés organiques qu'elle contient. On y a même découvert de l'acide cyanhydrique, preuve qu'une chimie organique complexe s'y déroule. Les exobiologistes (chercheurs qui enquêtent sur les conditions d'apparition de la vie dans l'Univers) pensent qu'elle peut nous fournir de précieux renseignements sur les conditions qui régnaient sur Terre peu de temps après sa formation. Pour schématiser, on pourrait dire que Titan est une Terre qui aurait été placée au congélateur. C'est donc le lieu idéal pour y observer les conditions initiales qui ont précédé l'apparition du vivant.

Du fait de ces conditions extrêmes (une pression 1,5 fois supérieure à celle qui règne sur notre planète et une température inférieure à -180°C), on s'attend à trouver

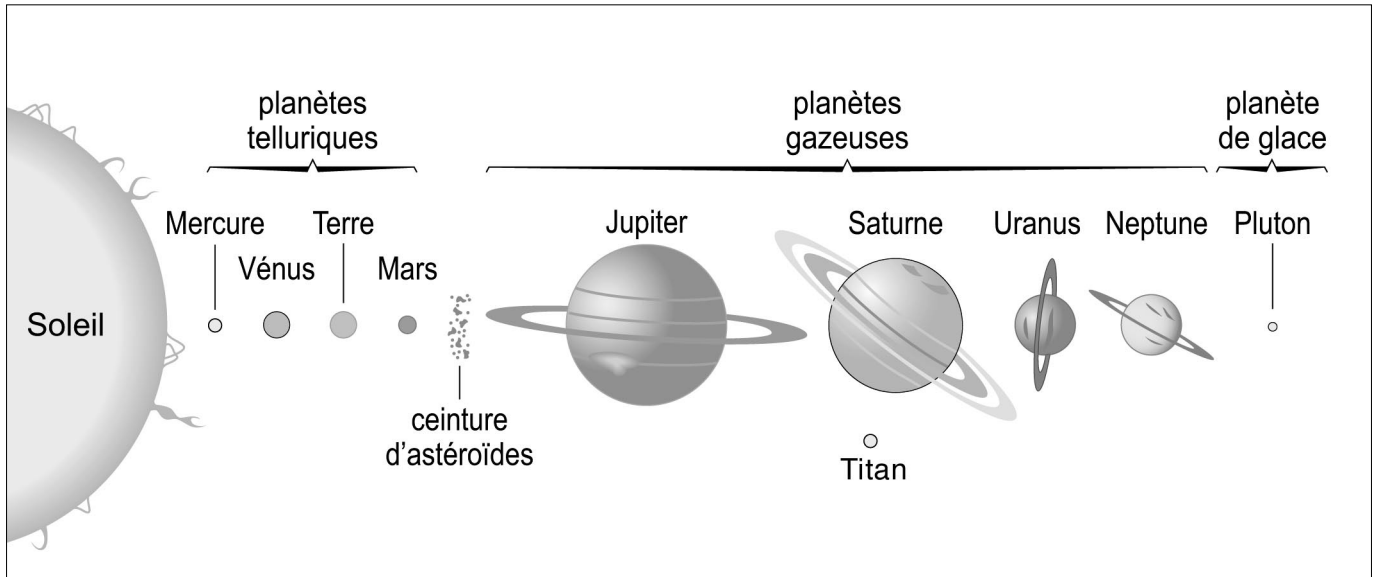


Paysage de Titan imaginé par Stan Richard avec de la brume s'échappant d'un lac de méthane.

sur Titan des paysages très étranges où le méthane se comporterait comme l'eau sur Terre. Les chercheurs envisagent donc d'y découvrir des océans de méthane, dont l'évaporation viendrait alimenter des nuages qui, à leur tour, déverseraient une pluie de méthane sur les reliefs. Certains chercheurs envisagent même la présence d'eau liquide, mélangée à de l'ammoniaque. La Terre et Titan pourraient donc être les deux seuls corps du système solaire à être partiellement recouverts de vastes étendues liquides, propices à l'assemblage des briques du vivant.

Comprendre

Schéma bilan du système solaire



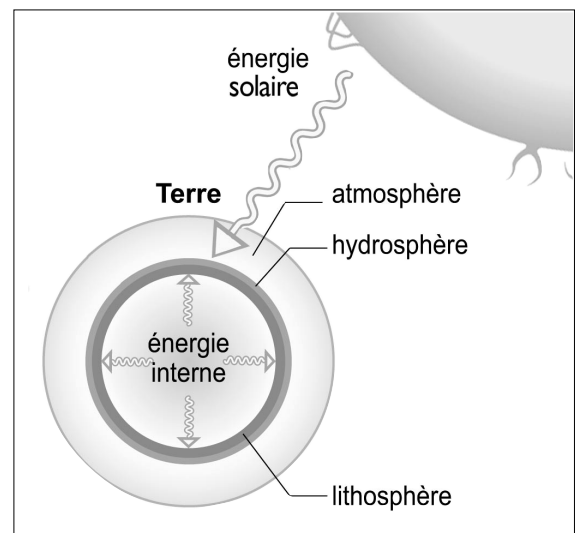
Le système solaire est constitué de neuf planètes qui gravitent autour d'une étoile particulière, source de chaleur et de lumière : le Soleil. Toutes ces planètes ont le même âge et la même origine.

Parmi ces planètes, on distingue :

1. Les planètes telluriques, proches du Soleil, dont la surface solide est essentiellement composée de silice : Mercure, Vénus, Terre et Mars ;
2. Les planètes gazeuses, essentiellement constituées d'hélium et d'hydrogène : Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune ;
3. Une planète de glace : Pluton.

Mis à part Mercure et Vénus, toutes les planètes possèdent des satellites. Titan est, par exemple, un satellite de Saturne. Une ceinture d'astéroïdes se trouve entre Mars et Jupiter.

La Terre est une des planètes les plus actives (formation et résorption de la croûte océanique, volcanisme, tremblements de terre). Elle est composée de différentes enveloppes : l'atmosphère, la lithosphère, l'hydrosphère et la biosphère qui interagissent et évoluent ensemble continuellement.



Le système solaire en chiffres

	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Titan	Uranus	Neptune	Pluton
diamètre (km)	4 878	12 100	12 800	6 794	143 000	120 500	5 150	51 000	49 500	2 300
distance au S.(UA) ⁽¹⁾	0,5	0,7	1	1,5	5,5	10	10	20	30	50
température (°C)	250°C	470°C	15°C	-53°C	-140°C	-180°C	-180°C	-193°C	-214°C	-230°C
masse (terrestre) ⁽²⁾	0,055	0,810	1	0,10	318	95	0,022	14,5	17	0,0022
densité	5,43	5,24	5,50	3,95	1,33	0,70	1,88	1,30	1,76	2,05
PA (millibar) ⁽³⁾	0	9 000	1 013	7	⁽⁴⁾	⁽⁴⁾	1 500	⁽⁴⁾	⁽⁴⁾	quasi nulle
atmosphère ⁽⁵⁾	--	CO ₂ (96 %)	N ₂ (78 %)	CO ₂ (95 %)	H (90 %)	H (94 %)	N ₂ (95 %)	H (83 %)	H (90 %)	N ₂ ?

(1) 1 UA (unité astronomique) = distance moyenne Terre / Soleil = 150 millions de km

(2) 1 masse terrestre = 6.10^{24} kg

(3) PA = pression atmosphérique

(4) planète gazeuse n'ayant pas de surface solide

(5) gaz : CO₂ (dioxyde de carbone), N₂ (diazote), H (hydrogène)

S'évaluer

- 1 Quelle relation existe-t-il entre la distance au Soleil de chaque planète et sa température moyenne ?
- 2 Quelles sont les différences et les ressemblances entre la Terre, Mars, Vénus et Titan ?
- 3 Quelles planètes possèdent des anneaux ?
- 4 Quelles planètes sont plus petites que Titan ? Lesquelles sont plus grandes ?
- 5 Titan est un satellite de Saturne. Qu'est-ce que cela signifie ? Si Titan tournait directement autour du Soleil, comment l'appellerait-on ?
- 6 Le 14 janvier 2005, la sonde Cassini relayera vers la Terre les signaux radio de la sonde Huygens qui se sera enfoncée dans l'atmosphère de Titan. En se déplaçant à la vitesse de la lumière (environ 300 000 km/s), les ondes radio mettront 67 minutes à parvenir sur la Terre. Déduisez-en la distance de Cassini à la Terre au moment du départ du signal radio.

Comprendre

Antiquité : la naissance de l'astronomie

600 avant J.C. : naissance de l'astronomie grecque.

Anaximandre, grec (– 610, – 546) : première intuition du fait que la Terre n'est pas plate (Anaximandre la voit cylindrique).



Aristote, grec (– 384, – 322) : affirmation que la Terre, comme la Lune, est sphérique. Il conçoit la Terre comme immobile au centre de l'Univers ; les autres astres tournent autour, fixés à des sphères de cristal. Il faudra attendre près de 2 000 ans avant que cette conception ne soit remise en question.

Aristarque, grec (– 270) : tentatives de mesure des distances Terre / Lune et Terre / Soleil. Il comprend que le Soleil est plus grand que la Terre, et que c'est autour de lui que tourne la Terre et non l'inverse. En dépit de la rigueur de ses observations, il ne parvient pas à convaincre ses confrères qui continuent de défendre le modèle d'Aristote.

Hipparque, grec (– 130) : obtention des positions exactes de 850 étoiles, classement selon leur luminosité et fondation de la trigonométrie.



Ptolémée, grec (+ 140) : reprise pour l'essentiel des conceptions d'Aristote, « perfectionnées » avec l'invention des épicycles, qui permettent de masquer les imperfections de la théorie. Ce système sera considéré comme parfait pendant 1 400 ans.

Renaissance : la révolution copernicienne



Copernic, polonais (1473, 1543) : contestation en 1543 du modèle de Ptolémée, proposition d'un modèle d'Univers où le Soleil tiendrait la place centrale (modèle héliocentrique).



Tycho Brahe, danois (1546, 1601) : observation d'une supernova en 1572. Si le phénomène contredit le modèle de Ptolémée et de ses sphères de cristal immuables, Brahe se refuse pourtant à l'abandonner.



Kepler, allemand (1571, 1630) : héritier des observations de Tycho Brahe. Énoncé en 1609 de la première « loi » : les planètes se déplacent autour du Soleil en dessinant une ellipse.



Galilée, italien (1564, 1642) : observation en 1610 de Jupiter et de la Voie lactée avec une des toutes premières lunettes astronomiques. Découverte des satellites de Jupiter qui permet de valider une des hypothèses du modèle de Copernic : une planète peut avoir des satellites et tourner elle-même autour du Soleil.



Huygens, néerlandais (1629, 1695) : compréhension du fait que Saturne est entourée d'un anneau en 1654. Découverte de Titan, le plus gros satellite de Saturne, en 1655.



Cassini, italien naturalisé français (1625, 1712) : estimation en 1675 de la distance de la Terre au Soleil, 7 % inférieure à la bonne valeur. Découverte dans les anneaux de Saturne d'une division qui porte aujourd'hui son nom.



Newton, anglais (1642, 1727) : publication en 1687 des « Principes Mathématiques » qui décrivent la loi de la gravité.

1781 : découverte d'Uranus par **Herschel**, allemand naturalisé anglais (1738, 1822).

1846 : découverte de Neptune grâce aux calculs de **Le Verrier**, français (1811, 1877).

Époque contemporaine : vers l'astrophysique
1859 : interprétation par **Kirchhoff**, allemand (1824, 1887) du spectre lumineux du Soleil.

— 1865 : naissance du terme astrophysique, désignant la science qui marie spectroscopie, photométrie et photographie des astres.

— 1905 : introduction du concept d'espace-temps par **Einstein**, allemand naturalisé américain (1879, 1955), qui révolutionne la façon d'envisager la gravité. Ce n'est plus une force agissant à distance, mais un simple effet de la courbure de l'espace-temps.

— 1918 : détermination par **Harlow Shapley**, américain (1885, 1972) de la position du Soleil dans le plan galactique.



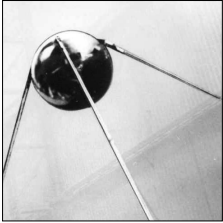
— 1923 : découverte par **Edwin Hubble**, américain (1898, 1953) du fait que la nébuleuse d'Andromède est une autre galaxie. Cette découverte marque le point de départ de l'astronomie extragalactique.

— 1930 : découverte de Pluton par **Clyde Tombaugh**, américain (1906, 1997).

S'évaluer

- 1 À quelle période historique correspond l'intervalle de 1 400 ans qui sépare Ptolémée de Copernic ?
- 2 La sonde interplanétaire Cassini-Huygens est actuellement en orbite autour de Saturne. Justifier le nom donné à cette mission spatiale.
- 3 Combien de temps a prévalu l'hypothèse d'une Terre au centre de l'Univers ?
- 4 Expliquer les termes : *astrophysique* et *extragalactique*.
- 5 Établir les biographies de : Copernic, Galilée, Kepler, Cassini, Huygens et Newton.

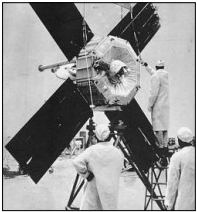
Comprendre



1957 : Spoutnik (URSS),
premier satellite
artificiel en orbite
terrestre.



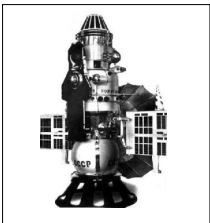
1962 : Mariner 2
(États-Unis), premier
survol de Vénus.



1965 : Mariner 4
(États-Unis), premier
survol de Mars.



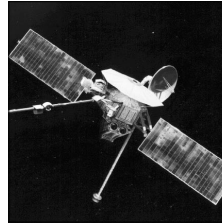
1969 : Apollo 11
(États-Unis), premier
homme sur la Lune.



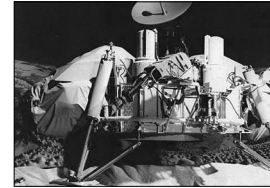
1970 : Venera 7 (URSS),
premier atterrissage en
douceur sur Vénus.



1973 : Pioneer 10
(États-Unis),
survol de Jupiter.

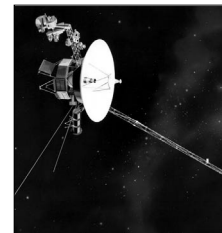


1974 : Mariner 10
(États-Unis), survol
de Mercure.



1976 : sondes Viking
(États-Unis) sur Mars.

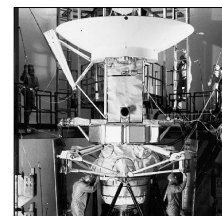
1979 : Pioneer 11 (États-Unis), survol de Saturne.



1980 : Voyager 1 (États-Unis) sur-
vole Titan et révèle la présence
de différents composés organiques
dans son atmosphère. C'est cette
découverte qui va susciter la mis-
sion Huygens.

1986 : Pioneer 11 (États-Unis), survol d'Uranus.

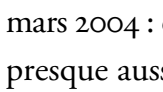
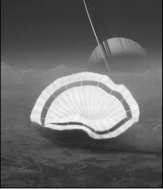
1989 : Pioneer 11 (États-Unis), survol de
Neptune.



1990 : Magellan (États-Unis),
cartographie radar de Vénus.



1995 : Galileo (États-Unis) en
orbite autour de Jupiter et de
ses lunes.

	1997 : lancement de Cassini-Huygens (États-Unis, Europe).	—		mars 2004 : lancement de la sonde Rosetta (Europe) qui atteindra une comète en 2014.
	2001 : atterrissage de la sonde NEAR (États-Unis) sur l'astéroïde Eros 433.	—		mars 2004 : découverte d'un planétoïde massif, Sedna, presque aussi grand que Pluton (États-Unis).
	2003 : arrivée de Mars Express (Europe) en orbite martienne	—		juillet 2004 : mise en orbite de Cassini-Huygens (États-Unis, Europe) autour de Saturne.
	janvier 2004 : atterrissage de deux robots automobiles (États-Unis) sur Mars.	—		14 janvier 2005 : entrée de Huygens (Europe) dans l'atmosphère de Titan.

S'évaluer

- 1 À quelle période historique correspond l'essor de l'exploration du système solaire par des sondes spatiales ?
- 2 Représenter sur une carte du système solaire les différentes missions d'exploration et leurs dates. Que peut-on constater ?
- 3 Quels sont les corps du système solaire sur lesquels des engins spatiaux (habités ou non) se sont posés ?

Document 1

Les comètes



La comète Hyakutake peu de temps avant son passage au plus près de la Terre, en 1996.

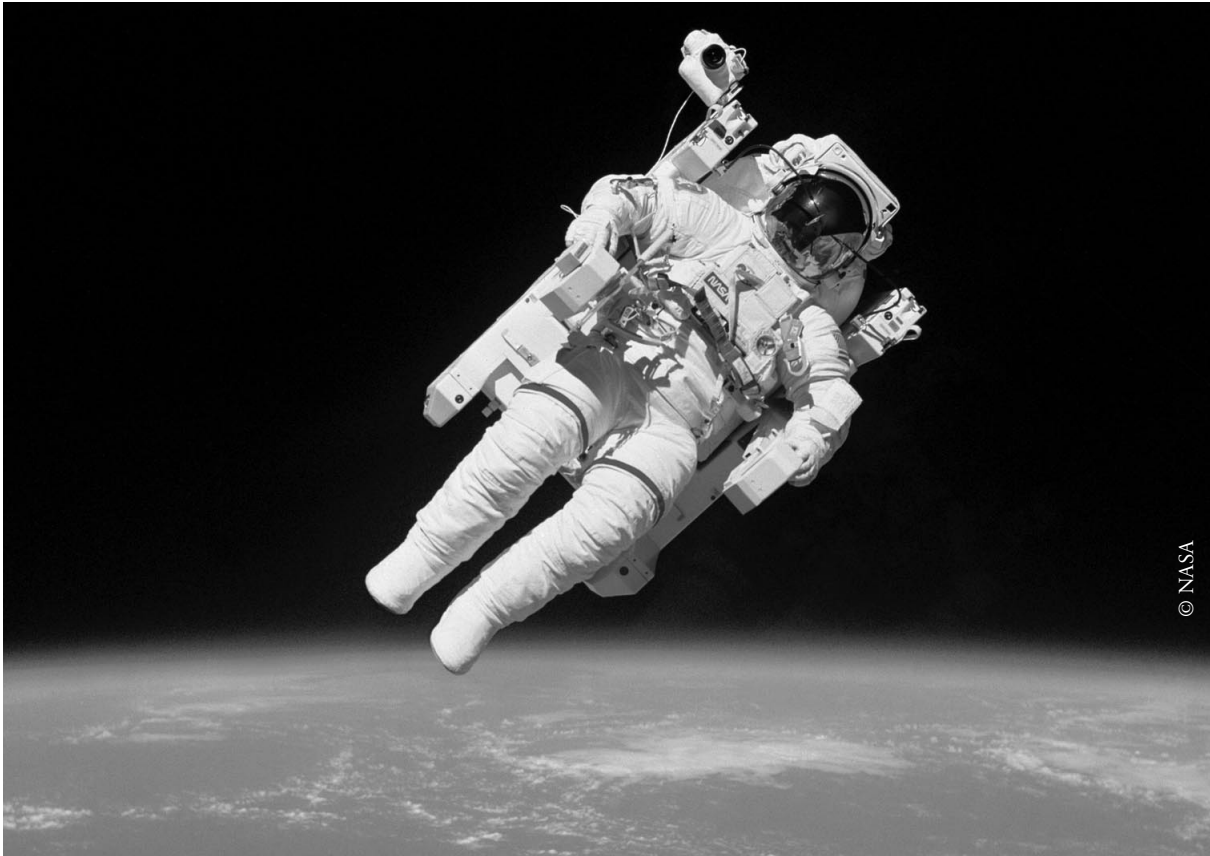
Les comètes sont des « boules de neige sale » : de la glace d'eau mêlée de poussières. Elles mesurent en général quelques kilomètres de diamètre. Lorsqu'une comète se rapproche du Soleil, la température de ce dernier vaporise la surface de la comète. Elle libère alors des poussières et de la vapeur d'eau, ce qui produit la chevelure.

En analysant la lumière du Soleil renvoyée par cette chevelure, on parvient à en déduire sa composition : principalement de l'eau (80 %), du monoxyde de carbone, et quelques molécules organiques.

Les comètes sont donc un des principaux réservoirs d'eau du système solaire.

Document 2

L'eau terrestre vient-elle des comètes ?



L'astronaute Bruce Mc Candless survolant l'océan dans un « fauteuil volant ».

Aux tous premiers âges du système solaire, les planètes ont subi pendant plusieurs centaines de millions d'années un intense bombardement, notamment de comètes. Certains chercheurs pensent que ces « boules de neige sale » auraient pu fournir à la Terre l'essentiel de son eau.

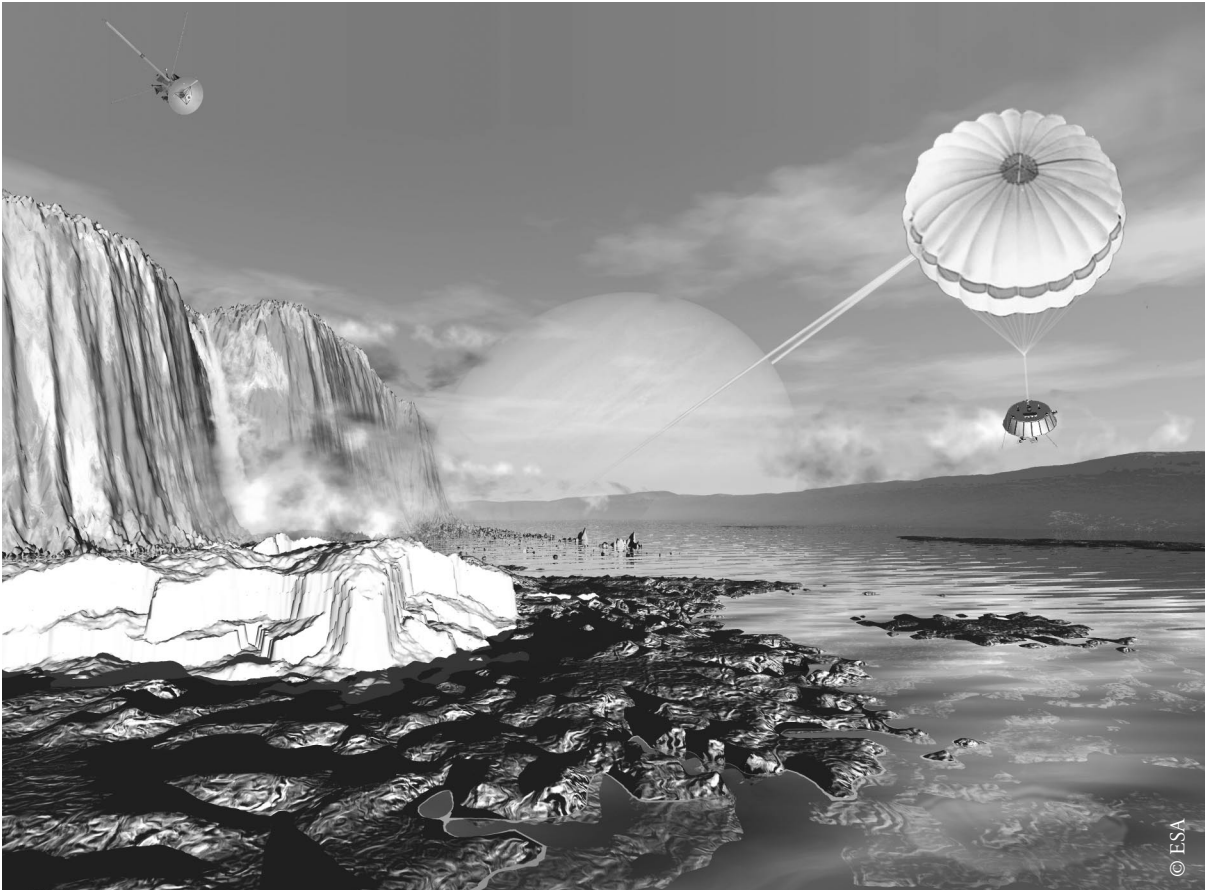
Pour savoir si c'est bien aux comètes que nous devons l'eau présente sur Terre, il faudrait pouvoir comparer directement l'eau

terrestre et l'eau cométaire. La mission européenne Rosetta, qui se posera sur l'une d'elles en 2014, apportera certainement des informations cruciales sur cette question.

Toutes les planètes du système solaire ont un jour ou l'autre possédé de l'eau, dans des proportions variables. Mais suivant leur distance au Soleil et leur taille, le destin de cette manne aquatique a été très différent.

Document 3

L'eau sur Titan



Représentation de Titan et de son épaisse atmosphère. Que nous révélera la sonde Huygens ? Rendez-vous le 14 janvier 2005 pour le savoir.

Titan, le plus gros satellite de Saturne, contient de la glace d'eau. Mais la température moyenne à la surface de Titan est de -180°C . L'eau se solidifiant à 0°C , il est donc théoriquement impossible de trouver de l'eau liquide sur Titan. Cependant, certains chercheurs imaginent que l'eau, redevenue liquide à la faveur d'une éruption volcanique, pourrait rester durablement dans cet état en se mélangeant

à l'ammoniaque présent sur Titan. Une perspective fascinante que la sonde européenne Huygens vérifiera lors de son atterrissage sur Titan le 14 janvier 2005. Fascinante car les composés organiques découverts dans l'atmosphère du satellite de Saturne disposeraient alors d'un milieu dans lequel se dissoudre et se recomposer, et éventuellement évoluer vers le vivant.

Document 4

L'eau sur Europe



La couche de glace qui recouvre Europe dissimule probablement un gigantesque océan d'eau liquide. Les taches visibles sur cette image pourraient être provoquées par des remontées d'eau chaude en provenance de cet océan souterrain.

L'endroit du système solaire le plus prometteur en terme de présence d'eau liquide est un satellite de Jupiter, Europe.

De nombreux indices semblent indiquer la présence, sous une couche de glace épaisse de plusieurs kilomètres, d'un immense océan liquide et salé.

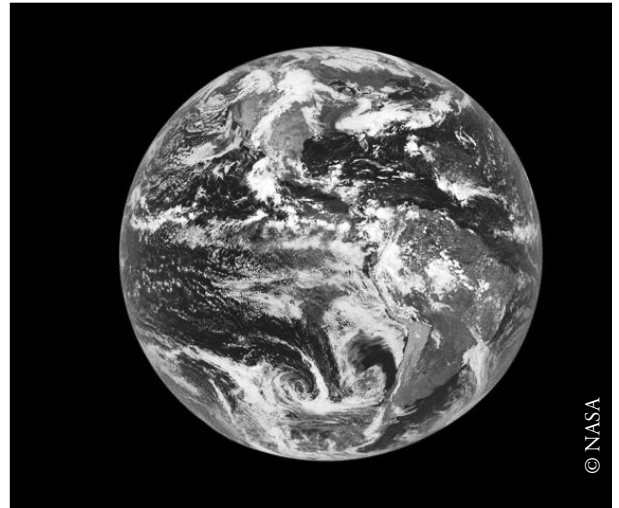
Europe serait donc le deuxième endroit du

système solaire où persisteraient de vastes quantités d'eau liquide, aujourd'hui. Malheureusement, le coût d'une mission spatiale susceptible de se poser à la surface d'Europe et de percer l'épaisse couche de glace renvoie à un très lointain futur notre capacité à découvrir ce qui se cache éventuellement dans cet océan.

Comprendre

De l'eau ailleurs que sur la Terre

Si elle couvre plus de 71 % de la surface de la Terre, l'eau n'est pas pour autant une exclusivité de la planète bleue. On la trouve dans presque tout le système solaire, le plus souvent sous forme de glace ou de vapeur d'eau. Le Soleil lui-même en contient sous forme de vapeur, notamment au-dessus des taches solaires. Les anneaux de Saturne contiennent quant à eux beaucoup d'eau sous forme de glace. Ces anneaux pourraient être les débris d'une lune glacée qui se serait brisée sous l'effet du tiraillement gravitationnel exercé par Saturne, il y a 200 millions d'années. En revanche, il semble y avoir moins d'eau sur Jupiter que les chercheurs ne le pensaient initialement. La vie telle que nous la connaissons ne peut s'imaginer sans eau liquide. C'est pourquoi suivre la trace de l'eau liquide dans le système solaire permet de rechercher des endroits où la vie a pu s'épanouir. Lors de la formation du système solaire il y a 4,6 milliards d'années, toutes les poussières de la nébuleuse primitive et les glaces d'eau qui les recouvraient ont commencé par se vaporiser. Puis, à distance respectable du Soleil, poussière et glace se seraient à nouveau condensées et auraient donné naissance aux neuf planètes. La vapeur d'eau aurait gelé sur des poussières interstellaires à partir desquelles se seraient formées les comètes.



« La planète bleue »

Mercure

Mercure est la planète la plus proche du Soleil. De ce fait, la très forte température régnant à sa surface a conduit à la vaporisation de son eau. Cependant, il pourrait encore rester de la glace d'eau au fond des cratères situés au niveau de ses pôles, qui ne voient jamais le Soleil.

Vénus

Vénus est une vraie sœur jumelle de la Terre. Taille, masse, densité, tout les rapproche. Mais la proximité du Soleil, associée à une atmosphère riche en gaz à effet de serre, a transformé Vénus en enfer. L'eau liquide qu'elle contenait sans doute à l'origine s'est vaporisée puisqu'il y règne aujourd'hui une température largement suffisante pour faire fondre du plomb (470°C).

Mars

Proportionnellement, Mars contenait sans doute plus d'eau que la Terre lors de sa formation. En témoignent les traces d'écoulement révélées par les sondes envoyées vers la planète rouge, dont l'europpéenne Mars Express. Cependant, Mars a rapidement vu disparaître l'essentiel de son atmosphère, ce qui a entraîné une baisse de la pression atmosphérique et de la température. Une partie de l'eau s'est alors probablement évaporée dans l'espace, une autre s'est infiltrée dans le sol où elle est restée piégée sous forme de glace.



Reull Vallis, sur Mars, vaste chenal d'inondation sans doute creusé par d'abondants flots d'eau liquide, il y a plusieurs milliards d'années.

La sonde européenne Mars Express a par ailleurs récemment obtenu la preuve de la présence de glace d'eau dans la calotte polaire sud de Mars.

Titan

Titan, le plus gros satellite de Saturne, contient de la glace d'eau. La température moyenne à la surface de Titan étant de -180°C , il n'y a en théorie aucune possibilité pour que l'on y trouve de l'eau liquide. Cependant, certains chercheurs imaginent que l'eau, redevenue liquide lors d'une éruption volcanique, pourrait rester durablement dans cet état en se mélangeant à l'ammoniaque présent sur Titan.

Europe

Europe, satellite de Jupiter, est l'endroit du système solaire le plus prometteur en terme de présence d'eau liquide. De nombreux indices semblent indiquer l'existence, sous une couche de glace épaisse de plusieurs kilomètres, d'un immense océan liquide et salé.

S'évaluer

- 1 Sous quelles formes peut-on trouver de l'eau dans le système solaire ? Citer des exemples.
- 2 Quel pourcentage de la surface terrestre est recouvert par de l'eau ?
- 3 Sur Terre, à quelle température l'eau est-elle gazeuse, liquide et solide ?
- 4 Y a-t-il de l'eau sur le Soleil ?
- 5 Y a-t-il eu de l'eau liquide sur Mars ? Qu'en est-il aujourd'hui ?
- 6 Où les chercheurs pensent-ils avoir les meilleures chances de trouver de l'eau à l'état liquide dans le système solaire ?

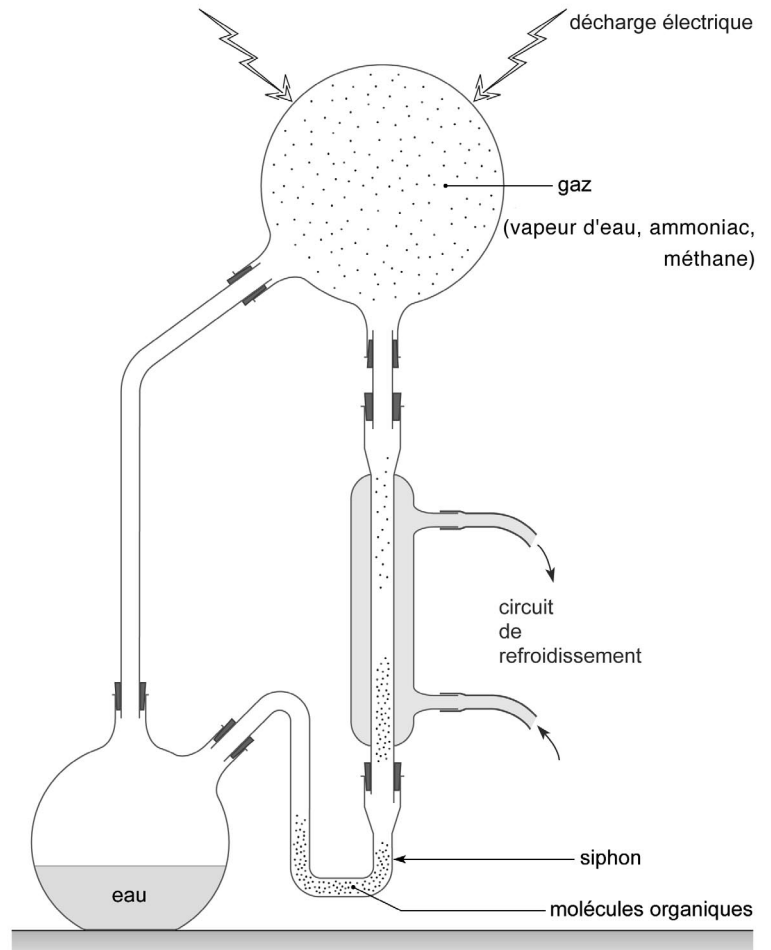
Document 1

L'expérience de Miller

Plusieurs hypothèses s'affrontent à propos de l'origine des premières molécules organiques. La plus ancienne suppose qu'elles proviennent d'une atmosphère dite « réductrice », c'est-à-dire riche en hydrogène ou en composés de l'hydrogène.

En 1953, deux chercheurs, Miller et Urey, ont démontré qu'il était possible de fabriquer de nombreuses molécules organiques en laboratoire, en soumettant un mélange de méthane, d'ammoniac, d'hydrogène et de vapeur d'eau à des décharges électriques de 60 000 volts. Ces molécules organiques se seraient ensuite accumulées dans l'eau des océans primitifs, où se seraient formés les premiers êtres vivants.

Cette théorie a cependant été remise en cause. En effet, on pense aujourd'hui que l'atmosphère de la Terre primitive, essentiellement issue du « dégazage » de la croûte terrestre par volcanisme, devait être constituée de dioxyde de carbone, de monoxyde de carbone, d'azote et d'hydrogène sulfureux. Et ce mélange ne peut pas donner naissance aux acides aminés trouvés par Miller et Urey.



Cette querelle pourrait finalement être tranchée par une dernière hypothèse, plus récente, qui s'appuie sur la détection d'acides aminés dans les comètes. Ces molécules seraient ainsi d'origine interstellaire. C'est pour tenter de vérifier cette théorie que la sonde Rosetta est partie en mars 2004 à la poursuite d'une comète, qu'elle atteindra en 2014.

Document 2

La mission Rosetta

La sonde Rosetta, lancée le 2 mars 2004, devrait se placer en orbite autour de la comète Churyumov – Gerasimenko en 2014. Ainsi placée en orbite, elle fournira de nombreuses données et larguera un module atterrisseur, Philae, qui viendra se poser à la surface de la comète permettant une étude *in situ*. Celle-ci nous renseignera sur la composition et la morphologie de la comète. C'est la première fois qu'un atterrissage à la surface d'une comète sera tenté. En raison de la faible gravité de la comète et des risques de rebond de la sonde, un système de harpons a été prévu afin d'arrimer solidement Philae.

Les activités scientifiques à la surface du noyau devraient se dérouler pendant au moins une semaine. L'atterrisseur analysera la composition de la comète jusqu'à 30 centimètres de profondeur, grâce à un système de forage.

Les comètes présentent un grand intérêt pour les scientifiques car ce sont des vestiges à peu près intacts des matériaux à partir desquels s'est constitué le système solaire, il y a quelque 4,6 milliards d'années. Rosetta devrait également permettre de trancher la question de la provenance de l'eau terrestre et celle de l'origine des acides aminés qui sont à la base de la chimie du vivant.

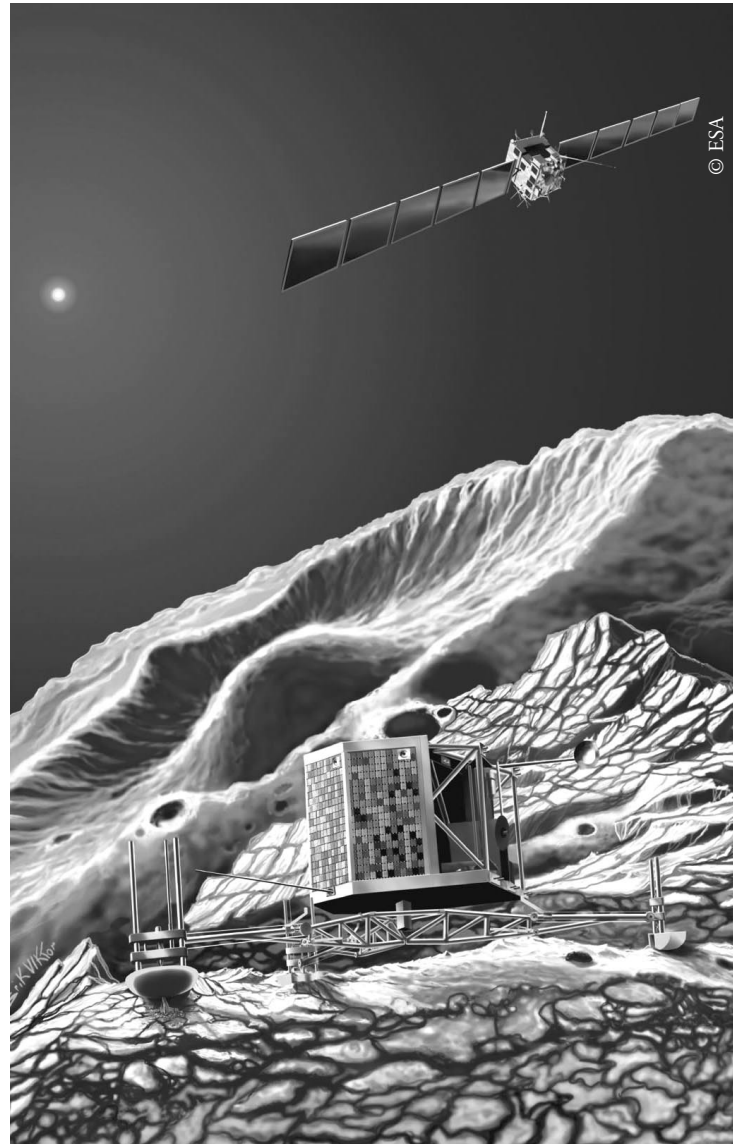


Illustration de l'arrimage du module atterrissage Philae sur une comète à plus 800 millions de kilomètres du Soleil en 2014.

Comprendre

- 4,6 milliards d'années

Formation du système solaire

Le Soleil s'allume et notre système solaire apparaît, constitué de gaz et de poussières. Neuf planètes commencent à se former. La Terre est la 3^e en partant du Soleil. Cette position, ni trop proche ni trop éloignée, va lui permettre de conserver de l'eau liquide indispensable à la vie.



Une jeune étoile, AFGL 2591, vient de naître. Sa chaleur vaporise les poussières et la glace qui l'entourent, les repoussant au loin.

- 4,5 milliards d'années

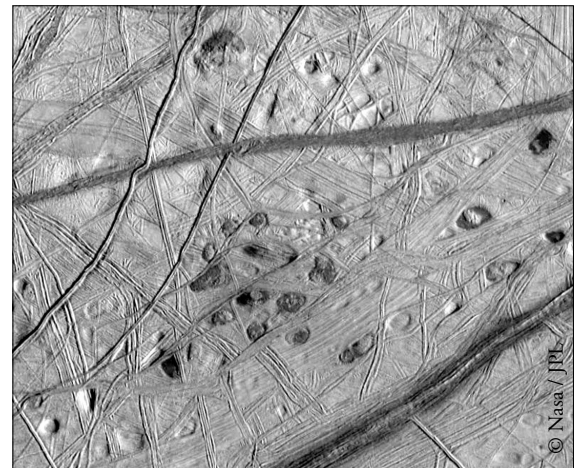
Premiers éléments fondamentaux, bases chimiques de la vie

À cette époque, la Terre est soumise à une pluie incessante de météorites et de comètes. Lors de ces impacts, les roches d'origines terrestre et extraterrestre vont fondre et libérer des gaz (CO₂, vapeur d'eau, etc.) à l'origine de l'atmosphère primitive de la Terre. On trouve déjà sur Terre les six éléments fondamentaux (carbone, hydrogène, oxygène, azote, phosphore et soufre), qui seront les bases chimiques de la vie.

- 4 milliards d'années

L'océan primitif

Parmi les gaz constituant l'atmosphère terrestre primitive, on trouve de la vapeur d'eau. Lorsque la température de la planète commence à diminuer, l'eau se condense et une pluie continue alimente le premier océan. Les comètes apportent également de l'eau à la Terre. C'est dans cette « soupe primitive » que sont réunies les conditions nécessaires à l'apparition de la vie.



La surface gelée de l'océan global qui recouvre Europe, un satellite de Jupiter.

- 3,5 milliards d'années

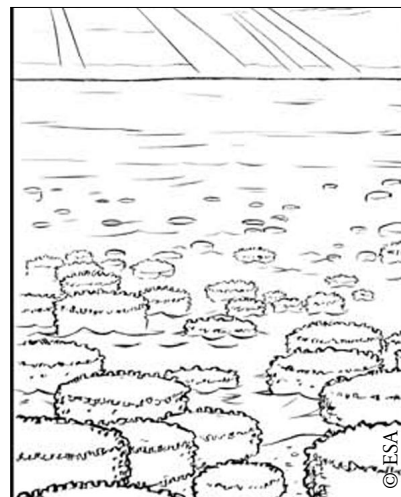
Le passage à la vie

Le passage de l'inanimé à l'animé, c'est-à-dire l'acquisition d'un métabolisme et la capacité à se reproduire, reste inexpliqué. L'ARN (acide ribonucléique), capable de se recopier tout seul, pourrait être la clé du mécanisme de reproduction.

– 3,5 milliards d'années

Les cyanobactéries

L'apparition des premières bactéries, appelées cyanobactéries (étymologiquement bactéries bleues) va permettre à la vie de quitter l'océan primitif pour la terre ferme. En effet, ces bactéries fabriquent leur nourriture par photosynthèse, à partir du rayonnement solaire et du dioxyde de carbone, et rejettent du dioxygène. Le dioxygène, sous l'action du rayonnement ultraviolet intense du Soleil, non filtré par l'atmosphère, va former l'ozone. L'ozone, en s'accumulant dans la haute atmosphère, va empêcher le passage des ultraviolets les plus nocifs pour la vie.



Une colonie de cyanobactéries.

– 2 milliards d'années

L'accumulation d'oxygène dans l'atmosphère

Le dioxygène commence à augmenter pour atteindre le taux actuel de 21 %. Toutes les bactéries existantes, vivant sans dioxygène jusque-là, sont décimées. D'autres micro-organismes inventeront des parades chimiques aux dérivés toxiques et, surtout, apprendront à employer cet oxygène pour vivre.

– 1,5 milliards d'années

La division procaryotes-eucaryotes

L'histoire du vivant fut longtemps l'exclusivité des bactéries, cellules sans noyau dites procaryotes. Les bactéries se distinguent des organismes composés d'une ou de plusieurs cellules à noyau dites eucaryotes (le noyau offrant une protection ADN). Cette division procaryote-eucaryote est l'une des plus importantes du monde vivant.

S'évaluer

- 1** Comment s'est formé le premier océan sur Terre ?
- 2** Pourquoi les premiers êtres vivants sont-ils apparus dans l'eau ?
Qu'est-ce qui empêchait la vie de se développer sur Terre ?
- 3** Quelle forme de vie a produit de l'oxygène ? Quelles conséquences l'apparition de ce gaz a-t-elle eues sur l'évolution du vivant ?
- 4** Représenter sur une échelle de temps les grandes étapes de l'apparition de la vie (prendre 1 cm pour 1 milliard d'années). Situer sur cette échelle l'apparition de l'homme (– 5 millions d'années) et la date de l'invention de l'écriture (– 5 000 ans).

| 4. L'apparition de la vie sur Terre