

THEME 1 - La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant

TP4 - Mars, une planète habitable ?

Le 22 août 2012, le robot Curiosity a fait ses premiers « pas » sur la planète rouge, en laissant ses empreintes de roues sur les quelques mètres parcourus. Depuis, le robot échantillonne le sol martien en réalisant un certain nombre de forages peu profonds. Cette campagne scientifique vise à prouver que Mars a présenté des conditions favorables à la vie au cours de son histoire.

Problématique : Quels sont les éléments permettant la présence de la vie sur une planète ?

Représentation artistique du robot Curiosity sur le sol martien



Matériel (disponible dans les documents en consultation):

- documents à demander au professeur (en proposant une démarche construite)
- logiciel Planet 3D pour déterminer les caractéristiques de Mars

Aides (à demander au professeur si besoin) :

- connaissances : présentation des différents types de planètes (cours)
- démarche : rappel des critères de la démarche (je vois que, j'en déduis que, j'en conclus que ... Or je sais que ...)
- rédaction : fiche méthode « rédiger en SVT »

Activités et déroulement des activités	Capacités - critères de réussite
<p>Question : Vous êtes ingénieur à la NASA et devez réaliser un <u>rapport écrit d'une page environ</u> afin d'expliquer pourquoi la vie aurait pu être présente sur MARS dans le passé mais qu'elle n'est probablement plus présente aujourd'hui. Ce texte montrera notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quels sont les éléments indispensables permettant la présence de vie sur une planète. (NE PAS SE RESTREINDRE AUX HUMAINS !) ➤ Quelles sont les caractéristiques de Mars <u>favorables</u> ou <u>défavorables</u> à la vie <ul style="list-style-type: none"> ✓ Masse et composition chimique ✓ distance à l'étoile (zone habitable) ✓ présence et caractéristiques de l'atmosphère ✓ présence d'eau liquide ✓ présence de vie et comment l'identifier ➤ La conclusion de votre rapport devra permettre de mettre en lumière l'intérêt des missions actuelles sur Mars (Programme Curiosity). <p>Rangez le matériel utilisé et fermez la session informatique</p>	<p style="text-align: center;">Rechercher, extraire et organiser l'information utile <i>Utilisation correcte des ressources documentaires Utilisation correcte des ressources numériques (Logiciel Planet 3D, sites internet) Choix judicieux des éléments analysés</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Compréhension de la notion de zone d'habitabilité Compréhension des éléments nécessaires à la présence d'eau liquide Compréhension du maintien d'une atmosphère sur une planète</i></p> <p style="text-align: center;">Adopter une démarche explicative <i>Mise en relation des caractéristiques de Mars et des conditions nécessaires à la vie Rigueur et démarche scientifique du paragraphe (liens entre les idées, présentation des observations puis des conclusions, présence de valeurs et précision du vocabulaire)</i></p> <p style="text-align: center;">Gérer le poste de travail</p>

Document 1 : Les conditions d'habitabilité d'une planète

Pour présenter la vie, une planète doit se situer dans la **zone habitable** autour de son étoile :

- En astronomie, on définit la **zone habitable** comme une région de l'espace où les conditions sont favorables à l'apparition de la vie.
- Il ne s'agit pas d'une zone où l'on peut habiter, mais plutôt d'une **zone propice à la vie**.
- Pour espérer trouver de la vie ailleurs que sur Terre, il faut qu'on ait de l'**eau liquide** et de la **matière organique**. La vie peut difficilement s'imaginer sans **carbone**, et généralement en solution dans l'**eau liquide**.
- Pour les physiciens, la question ne se pose donc pas en où peut-on trouver la vie, mais plutôt où peut-on trouver de l'eau liquide.
- Dans le système solaire on trouve de l'eau (H₂O) un peu partout (sur Mars, sur des satellites de planètes géantes...). La molécule d'eau H₂O est très abondante dans l'Univers, mais généralement sous forme de glace ou de vapeur d'eau, très rarement à l'état liquide.
- Le problème n'est donc pas de déterminer où il y a de l'eau, mais où se trouvent **les conditions nécessaires de température et de pression pour avoir de l'eau liquide à la surface d'une planète avec une atmosphère**.

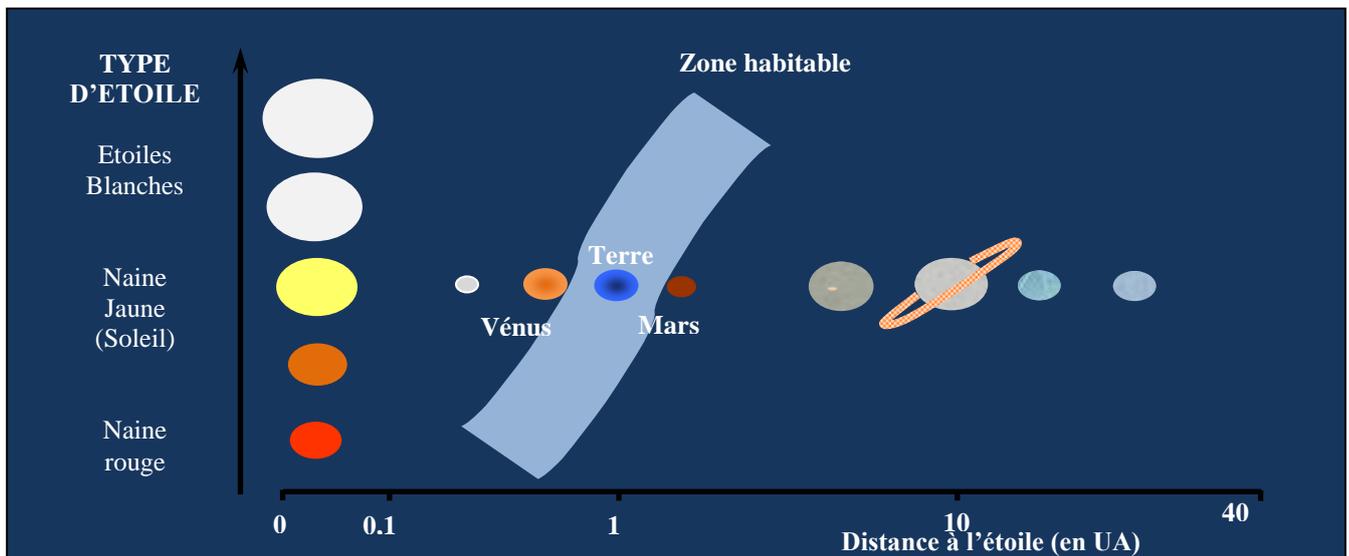
d'après <http://www.podcastscience.fm/dossiers/2011/11/02/les-planetes-habitable/>

Document 2 : La zone d'habitabilité dépend de l'étoile considérée

Le soleil est une étoile de type "naine jaune". Autour d'une telle étoile, on peut définir une zone d'habitabilité correspondant aux limites de températures compatibles avec la vie (avec la présence d'eau liquide).

Cependant toutes les étoiles n'ont pas la même luminosité et l'énergie qu'elles émettent augmente avec leur masse. La position de la zone d'habitabilité dépend donc de l'étoile considérée.

Par ailleurs, la température de surface n'est pas la seule à prendre en compte. Une température favorable peut exister dans le sous-sol d'une planète.

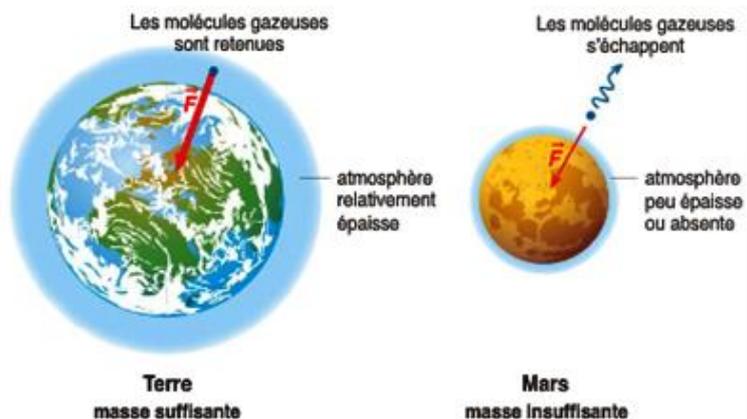


Document 3 : L'importance d'une atmosphère pour protéger les molécules organiques

Pour abriter la vie, une planète doit posséder une atmosphère assez épaisse permettant de protéger les êtres vivants et les molécules organiques du vivant des rayons UV envoyé par l'étoile (ici le Soleil). Sans atmosphère, la vie ne peut s'installer sur une planète. La présence d'une atmosphère va dépendre de la masse de la planète

Chaque planète exerce une **force d'attraction (F)** sur les objets situés à son voisinage. Pour une même molécule gazeuse (dont la masse est négligeable) cette force dépend avant tout de la masse de la planète.

On peut alors comprendre pourquoi certaines planètes ont une atmosphère et d'autres peu ou pas du tout.



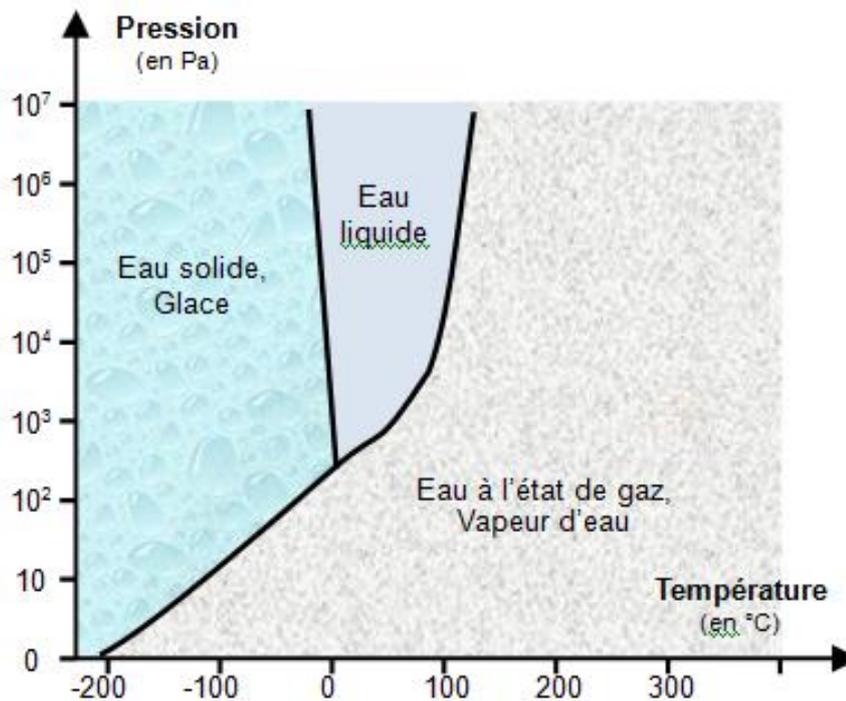
Document 4 : La présence d'eau sur les planètes n'est pas rare, mais ...

La présence d'eau dans l'Univers est extrêmement courante. Néanmoins, la plupart du temps, l'eau est présente sous forme solide. Or la vie est composée majoritairement d'eau liquide (de 50 à 95%). Sans eau liquide, aucune vie n'est donc possible. Les états (solide, liquide ou gazeux) de l'eau sur une planète dépendent de deux facteurs :

- ✓ la **température**
- ✓ la **pression atmosphérique**

La **température** de la planète est liée à sa distance à l'étoile et à la **présence d'une atmosphère** (plus ou moins épaisse et riche en **gaz à effet de serre**). De plus, pour présenter une atmosphère, la planète doit posséder une **masse suffisante** pour lui permettre de retenir les molécules de gaz (voir document 3). Ainsi, la température et la pression atmosphérique sont des paramètres spécifiques à une planète et qui contribuent à la présence d'eau liquide.

Diagramme pression-température de l'eau



Document 5 : Température et pression atmosphérique relevées au sol (planètes telluriques)

Planète	Température mesurée (°C)		Pression atmosphérique de surface (en Pa)
	Min/max	Moyenne	
Mercure	- 170 / + 400	+ 180	0
Vénus	+ 460	+ 460	$90 \cdot 10^5$
Terre	- 60 / +60	+ 15	10^5
Mars	- 100 / + 20	- 50	10^2



Identifier les états de l'eau présents sur Terre et sur Mars en utilisant les données du tableau et le diagramme des états de l'eau (en fonction de la pression et de la température).

Document 6 : Des preuves d'eau liquide passée à la surface de Mars ?



a : vue satellite de la vallée « Green river »



b : observation de roches ovalisées (de type galet)

c : observation de roches ovalisées (de type galet)



DES ÉPISODES RÉCENTS D'ÉROSION OU DE DÉPÔT dans les ravines martiennes apparaissent en bleu sur cette image en fausses couleurs. Le givre de glace carbonique est probablement à l'œuvre plutôt que l'eau.

Pour la Science, Mars insolite (août 2013 n°430)

Document 7 : De la vie sans les plantes ?

Comme le souligne le film d'animation « Wall E », la vie sur une planète dépend de la **présence des plantes chlorophylliennes** (vertes). En effet, dans ce film, la Terre a été dévastée et épuisée par l'Humanité qui s'est réfugiée dans des stations orbitales. De très nombreux robots comme « Eve » sont envoyés sur Terre pour rechercher des formes végétales. La raison de cette recherche est la suivante.

Les végétaux sont à la base des écosystèmes terrestres. En effet, ils sont capables de convertir le **CO₂ de l'atmosphère** et la **lumière du Soleil** en matière organique grâce à la **photosynthèse**. Ainsi, les végétaux sont appelés des **productions primaires** : ils sont nécessaires à la production des composés organiques composant les êtres vivants. Les autres êtres vivants sont des **consommateurs**.

Ainsi, les végétaux sont à la base de la très grande majorité des écosystèmes terrestres. Néanmoins, il existe des exceptions qui permettent la vie malgré l'absence totale de lumière. C'est le cas dans les grands fonds océaniques : les **fumeurs noirs**. Dans ce cas, l'énergie solaire est remplacée par la chaleur des **volcans sous-marins** (vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=bbeyokkMK7Y>). Ceci pourrait représenter une possibilité de vie même dans des environnements très hostiles et éloignés du Soleil. (*ci-contre, des crustacés trouvés dans la fosse des Mariannes à - 10 000 m de profondeur*)



Carnivores de 2^e ordre

Carnivores de 1^{er} ordre

Herbivores

Végétaux

Productivité primaire nette



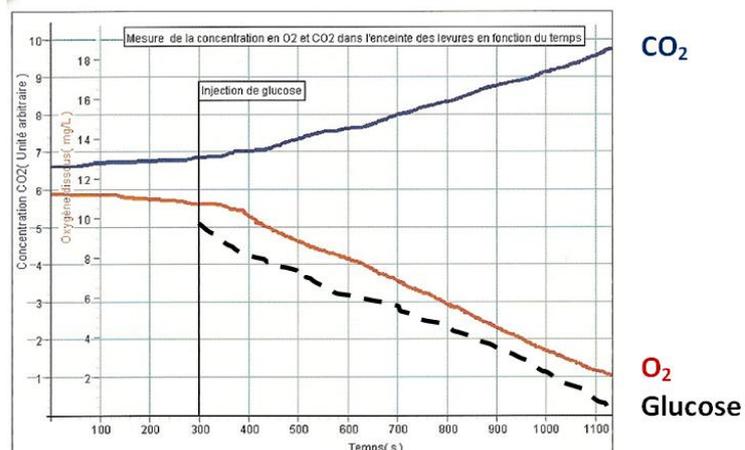
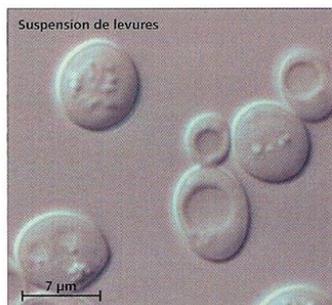
Document 8 : Caractéristiques de Mars

La planète Mars est la quatrième planète du système solaire et la deuxième plus petite, après Mercure. Mars possède deux satellites naturels : Déimos et Phobos. Mars a depuis toujours fasciné les hommes, son aspect rougeâtre dû à l'oxyde de fer Fe_2O_3 contenu dans les minéraux de sa surface.

	Terre	Mars
Distance au Soleil	150 millions de km	225 millions de km
Energie reçue par le Soleil	1500 W/m ² (Watts par mètre carré)	595 W/m ² (Watts par mètre carré)
Diamètre	12900 km env.	6800 km env.
Satellites naturels	Lune (3300 km de diamètre)	Phobos et Deimos (très petits < 25 km de diamètre)
Masse	6x10 ²⁴ kg	0,64x10 ²⁴ kg
Composition moyenne	Rocheuse (silicates, fer, nickel) Eau abondante	Rocheuse (silicates, fer et nickel) Eau présente en profondeur.
Densité moyenne	5,5	3,3
Durée du jour	24h	24,48h
Durée de l'année	364,25 jours	686 jours
Saisons	4 saisons de 90 jours	4 saisons de 167 jours
Inclinaison de l'axe de rotation	23,44° (saisons moyennement contrastées)	25°
Épaisseur de l'atmosphère	500 km	200 km
Gaz de l'atmosphère	N ₂ (78%)	CO ₂ (95%)
	O ₂ (20%)	N ₂ (2,7%)
	Argon (1%)	Argon (1,6%)
	Traces d'autres gaz (O ₃ : ozone)	O ₂ (0,13%)
		Traces d'autres gaz
Présence d'ozone	Oui (couche d'ozone)	Non
Humidité (eau) atmosphérique	5 à 95 %	0,13%
Calotte glaciaire	Oui, glace d'eau (H ₂ O)	Oui, glace carbonique (CO ₂) et traces d'eau
Volcans et séismes (activité interne)	Très importante	Peu importante mais encore active
Gravité	9,8 m/s ²	3,69 m/s ²

Document 9 : De la vie sans dioxygène (O₂) ?

Beaucoup d'êtres vivants ont besoin d'O₂ pour pouvoir respirer. Pourtant, de nombreux êtres vivants sont présents dans des **milieux anaérobies**, milieux où il n'y a pas présence d'oxygène sous forme de dioxygène (O₂). L'ensemble des conditions de vie des organismes vivants dans un milieu sans oxygène est appelé **anaérobiose**. C'est par exemple le cas des levures qui sont capables de vivre sans O₂ en réalisant des réactions de fermentation alcoolique (ce sont elles qui produisent l'alcool du vin ou de la bière).



a Résultats expérimentaux pour la suspension de levures.

Document 10 : Organigramme des conditions d'habitabilité d'une planète

La vie est caractérisée par la présence de **matière organique** (matière carbonée comme le glucose, les lipides, les protéines) mais aussi une part importante **d'eau liquide** (55 à 95%). Ainsi, la vie nécessite des conditions minimales pour se développer. Ces conditions sont résumées dans l'organigramme ci-dessous.

