

Thème 3 : La Terre, un astre singulier

Classe : Première ES

Durée envisagée : 2 semaines

Nombre d'activités : 1

En rouge : Bilans à faire noter aux élèves

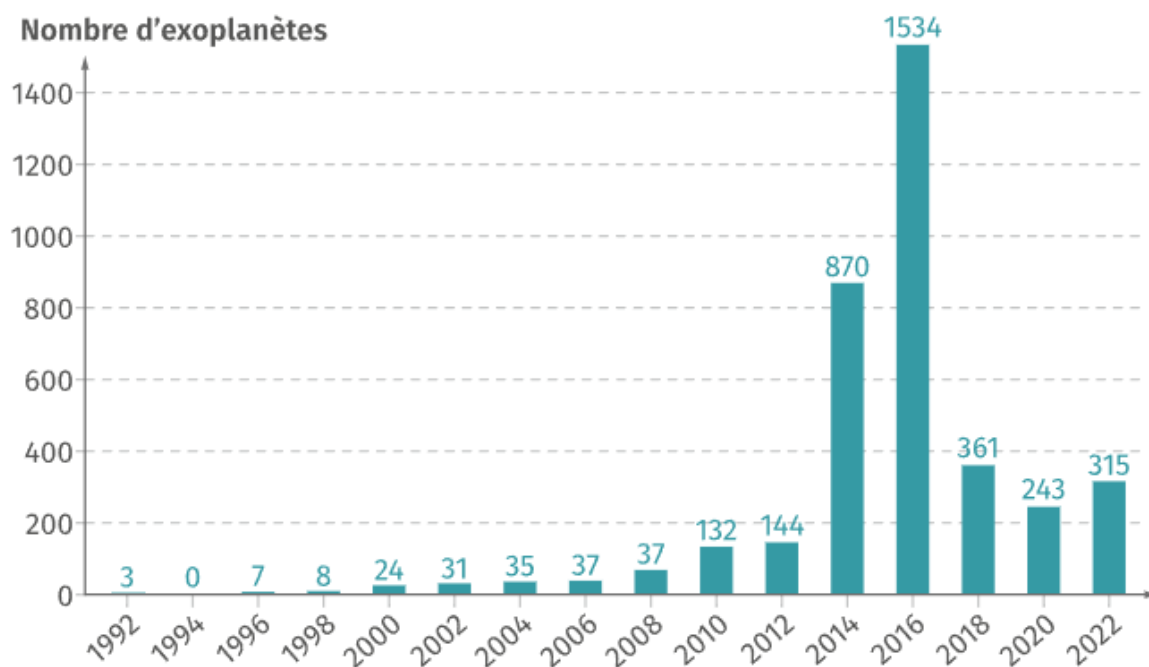
En bleu : Activités pratiques

En vert : Problématique et hypothèses



Chapitre 1 Les exoplanètes et les conditions de la vie

Intro : Actuellement, le développement de télescopes puissants, tels que Kepler ou James Webb, permettent l'identification de nombreuses planètes en dehors du système solaire. Ce sont les exoplanètes. Certaines de ces planètes pourraient contenir de l'eau liquide voire même abriter la vie : ce sont les exoplanètes habitables.



Graphique recensant le nombre de découvertes d'exoplanètes par année
Source : Le Livre Scolaire

Problématique : Quelles sont les conditions pour qu'une exoplanète soit habitable ?

Activité 1 - Les exoplanètes habitables

I- Les conditions de la vie et de l'existence d'eau liquide

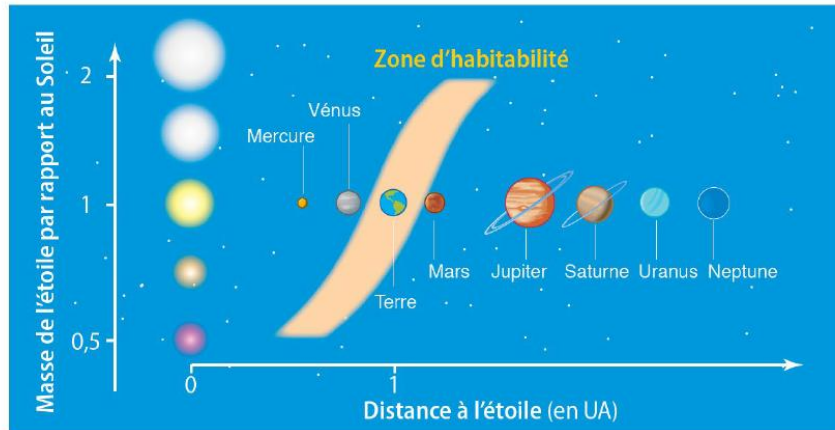
1- Les paramètres physiques et astronomiques

En premier lieu, la vie nécessite un support solide pour se développer, ce qui est possible sur les planètes et satellites rocheux (telluriques). De plus, la masse de la planète doit être suffisante pour permettre l'existence d'une force d'attraction gravitationnelle (gravité) et le maintien d'une atmosphère. Enfin, la durée des jours (rotation de la planète) et des saisons (révolution autour de l'étoile) doivent être équilibrées.

2- La zone habitable et la température

La zone d'habitabilité (ou zone habitable) correspond à une zone autour d'une étoile précise dans laquelle les températures sont compatibles avec l'existence de la vie. Les distances encadrant cette zone dépendante de la taille et la masse de l'étoile Soleil.

Ex : La Terre est dans la zone habitable du Soleil alors que Mars se trouve à sa limite lointaine.



Schématisme de la zone d'habitabilité pour différents types d'étoiles.

(Les distances et diamètres des planètes et étoiles ne sont pas représentés à l'échelle.)

3- La présence d'une atmosphère protectrice

L'atmosphère est cruciale pour le développement de la vie grâce notamment aux gaz suivants :

- Le dioxygène (O_2), permettant la respiration (doc 1 p16)
- L'ozone (O_3) qui filtre les UV (UltraViolets) dangereux pour nos cellules (doc 2 p16)
- le dioxyde de carbone (CO_2) permet la photosynthèse (plantes)
- Le dioxyde de carbone et le méthane (CH_4) qui sont des gaz à effet de serre (doc 1 p16).

4- La présence d'eau liquide

La pression atmosphérique et la température permettent l'existence d'eau liquide (constituant principal des êtres vivants) mais cette dernière peut également exister dans le sous-sol (pression plus forte).

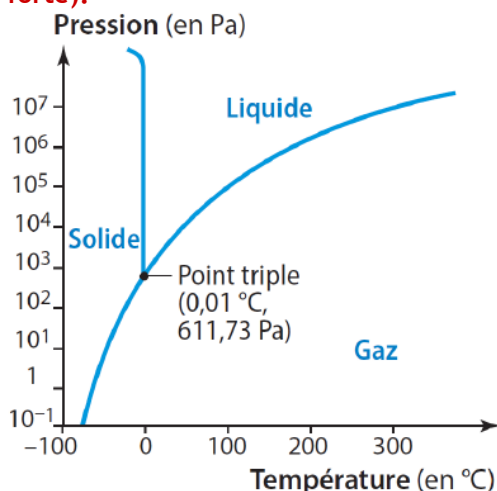


Diagramme d'état de l'eau.

Exercice : Les états de l'eau

A partir du document ci-contre, déterminez les états de l'eau pour les planètes suivantes :

- Terre :

Pression : $10^5 Pa$

Température : $-65^{\circ}C$ à $+120^{\circ}C$ (Moyenne $+18^{\circ}C$)

- Lune :

Pression : $0 Pa$

Température : $-223^{\circ}C$ à $+123^{\circ}C$ (Moyenne $-23^{\circ}C$)

- Mars :

Pression : $600 Pa$

Température : $-100^{\circ}C$ à $+20^{\circ}C$ (Moyenne $-65^{\circ}C$)

II- La vie sur d'autres planètes et satellites ?

1- Des exoplanètes habitables

Forts de ces observations, les exobiologistes recherchent des planètes situées dans d'autres systèmes stellaires qui se trouveraient dans la zone d'habitabilité. Grâce à des télescopes très performants, dont Kepler et James-Webb, plus de 5000 exoplanètes ont été découvertes. Parmi elles, un certain nombre sont très similaires à la Terre :

- Trappist-1d et 1e : Le système stellaire Trappist1 est situé à environ 40 années lumières de la Terre et contient 7 planètes de taille et de densité assez similaires à celles de la Terre. Ce serait donc des planètes telluriques dont certaines contiendraient de l'eau en assez grande quantité. Les planètes e, f et g sont localisées dans la zone habitable de leur étoile (naine rouge). La planète Trappist-1d possède indice de similarité à la Terre (IST) est de 0,9 contre 0,85 pour la planète Trappist-1e.
- Gliese 667-Cc : est une planète de type super Terre (au moins 2 fois la masse de la Terre) présente autour de la naine rouge Gliese 667, située à 22,7 années-lumière du Soleil. La planète Gliese 667-Cc a un IST de 0,84 et orbite autour de son étoile en 28,47 jours. Elle se situe à la bordure interne de la zone habitable, dans une zone où la température théorique serait d'environ 4°C (contre -18°C pour la Terre).
- Kepler-438b : est une exoplanète très similaire à la Terre (IST = 0,88) située dans un système bien plus éloigné du système solaire (475 années-lumière). Elle se trouve dans la zone habitable de son étoile et serait à peine plus grande que la Terre (env. 5 - 28%).

Remarque 1 : Gliese-581-d

Ce système stellaire basé sur une étoile de type naine rouge est présent à 20,5 années lumières dans la constellation de la Balance. Il a beaucoup attiré l'attention des scientifiques et du grand public en 2011 avec l'identification d'une exoplanète très similaire à la Terre (Gliese 581-d). Néanmoins, l'observation de cette exoplanète a été remise en question en 2014 comme un faux-positif lié à la rotation de l'étoile.

Remarque 2 : Pourquoi chercher dans la zone habitable ?

Il est certain que la vie pourrait exister en dehors de la zone habitable mais également que de nombreux corps présents dans la zone habitable n'abritent pas la vie. Néanmoins, au vu du grand nombre d'objets dans l'Univers, il est plus simple d'envisager de lister les corps dont l'habitabilité paraît la plus certaine.

Planète Paramètres	TRAPPIST- 1 b	TRAPPIST- 1 c	TRAPPIST- 1 d	TRAPPIST- 1 e	TRAPPIST- 1 f	TRAPPIST- 1 g	TRAPPIST- 1 h
Distance à l'étoile (en UA)	0,011	0,015	0,021	0,028	0,037	0,045	0,06
Rayon relatif (à la Terre)	1,09	1,06	0,77	0,92	1,04	1,13	0,76
Masse relative (à la Terre)	0,95	1,38	0,41	0,62	0,68	1,34	inconnu
IST	inconnu	inconnu	0,91	0,85	0,68	0,58	inconnu

Tableau à double entrée de quelques paramètres des planètes du système TRAPPIST-1.

(Sources : NASA, California Institute of Technology, University of Porto Rico)

Lien : <https://eyes.nasa.gov/apps/exo/#/system/TRAPPIST-1> (visualiser le système TRAPPIST-1)

A notre connaissance, la Terre est la seule planète abritant la vie car elle dispose de conditions idéales. Malgré tout, des formes de vie de petite taille ou moins nombreuses pourraient exister sur d'autres objets de l'Univers. C'est le cas de :

-

Le diagramme illustre les interactions complexes au sein de la biosphère terrestre. Au centre se trouve un cercle vert étiqueté « VIE ». À sa gauche, un grand cercle orange représente le « SOLEIL ». Des flèches orange relient le Soleil à des boîtes orange : « UV » (avec un pictogramme d'avertissement), « LUMIERE », et « TEMPERATURE ». Une boîte blanche « Distance au soleil (Zone habitable) » est reliée au Soleil et à la « TEMPERATURE ». Une flèche orange relie également la « TEMPERATURE » à la « VIE ». Au-dessus de la « VIE », une boîte blanche « Support pour la vie » est reliée à elle. À sa droite, une boîte blanche « Filtre les UV » est reliée à la « VIE » et à une boîte blanche « O₃ ». Une boîte blanche « Respiration » est reliée à la « VIE » et à une boîte blanche « O₂ ». En dessous de la « VIE », une boîte blanche « Photosynthèse » est reliée à elle et à une boîte blanche « Effet de serre ». Une boîte verte « Eau liquide » est reliée à la « Photosynthèse » et à la « TEMPERATURE ». À droite, une boîte bleue « ATMOSPHERE » est reliée à « O₃ », « O₂ », « CO₂ », « CH₄ », et « H₂O ». Une boîte grise « PRESSION » est reliée à « H₂O » et à la « TEMPERATURE ». En bas, une boîte grise « PLANETE TELLURIQUE (Rocheuse) » est reliée à « Paramètres orbitaux (ex: rotation et durée du jour) », « Volcanisme (activité interne) », « Profondeur », et « MASSE PLANETE ». Une flèche grise relie la « MASSE PLANETE » à l'« ATMOSPHERE ».

4