

Séquence 3

Les conditions de la vie, une particularité de la Terre ?

Sommaire

1. La Terre dans le système solaire
2. La vie ailleurs
3. Synthèse de la séquence
4. Exercices

1

La Terre dans le système solaire

Activité 1 Mobiliser les acquis

Questions



① En vous appuyant sur vos connaissances acquises en classe de troisième, retrouvez l'âge des événements terrestres listés dans la colonne de droite du tableau ci-dessous.

Reliez par une flèche l'évènement et l'âge qui lui correspond.

À l'échelle des temps géologiques, l'unité de temps utilisée est le million d'années (Ma). 1 millions d'années = 1Ma = 10^6 années.

Âge réel	Évènements
7 Ma •	• Extinctions massives (dont les dinosaures) marquant le début de l'ère tertiaire ;
1000 Ma •	• Augmentation de la teneur en dioxygène de l'atmosphère ;
4600 Ma •	• Premières cellules à noyau ;
540 Ma •	• Explosion du nombre d'espèces du cambrien. Début de l'ère primaire ;
2700 Ma •	• Formation des planètes du système solaire dont la Terre ;
65 Ma •	• Premiers hommes modernes (homme de Cro-Magnon) ;
1800 Ma •	• Plus anciennes traces de vie fossile (stromatolithes) attestant la présence de cyanobactéries ;
100 000 ans •	• Plus ancien représentant de la lignée humaine (Toumaï).

② Appréhender des durées géologiques n'est pas aisé.

En prenant comme référence 365 jours = 4600 Ma, la représentation ainsi construite permet de mieux saisir les durées séparant les différents évènements.

Positionnez les évènements suivants sur le calendrier d'une année :

- ▶ Extinctions massives (dont les dinosaures) marquant le début de l'ère tertiaire ;
- ▶ Premiers hommes modernes (hommes de Cro-Magnon) ;
- ▶ Explosion du cambrien. Début de l'ère primaire ;
- ▶ Plus ancien représentant de la lignée humaine (Toumaï) ;
- ▶ Plus anciennes traces de vie fossile (stromatolithes) attestant la présence de cyanobactéries.

Aide à la réalisation

Le système solaire s'est formé le 1^{er} janvier et nous sommes le 31 décembre.

Une année représente donc 4600 Ma.

Chercher combien d'années (durée réelle) seront représentées par une journée de notre calendrier fictif.

Les dinosaures ont disparu depuis 65 Ma. Combien de journées de notre calendrier fictif, cette durée représente-t-elle ? Positionner l'évènement sur le calendrier.

Suivez la même démarche pour les 4 autres évènements.

Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
1 janvier 2009 0 heures Formation des planètes du système solaire					
Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
					31 décembre, 23 heures, 59 minutes, 59 secondes Maintenant



Le système solaire, un ensemble d'objets organisé

Activité 1 Extraire et organiser des informations

Document 1 Brève présentation des objets du système solaire

Le système solaire s'est formé il y a 4600 Ma à partir d'une nébuleuse, c'est-à-dire un amas de poussière et de gaz.

De nombreux objets en orbite autour du Soleil

Autour du soleil on trouve des planètes bien sûr, mais aussi des planètes naines, des comètes, des astéroïdes et de nombreux cailloux et poussières produits par les comètes et les collisions entre astéroïdes.

Cependant, malgré le nombre énorme de ces objets, du fait de son immensité, le système solaire peut sembler presque vide.

Une étoile, le Soleil.

Au sein de notre galaxie, la Voie lactée, le Soleil n'est qu'une étoile parmi des milliards d'autres étoiles. C'est plutôt une étoile petite et elle se situe dans un bras de la galaxie, donc pas du tout au centre de celle-ci !

Comme les millions d'autres étoiles de la galaxie, notre Soleil est formé de gaz dans lesquels se produisent des réactions thermonucléaires.

Ces réactions produisent lumière et chaleur qui éclairent et chauffent le système solaire, ou du moins, sa partie la plus centrale.

Le système solaire ne compte plus que 8 planètes

En 2006 l'union astronomique internationale a proposé de nouveaux critères pour définir une planète.

Une planète doit être en orbite autour du Soleil, être suffisamment massive pour que l'effet de sa propre gravité lui confère une forme sphérique et elle doit avoir éliminé tout corps se déplaçant sur une orbite proche.

Au cours de ce congrès, Pluton ne répondant pas au 3^{ème} critère s'est vu déchu de son statut de planète et fait partie d'une nouvelle catégorie d'objets célestes : les planètes naines.

Cela montre bien que les catégories dans lesquelles sont rangés les différents objets célestes peuvent subir des évolutions au gré des explorations et des découvertes qui continuent d'avoir lieu.

Les planètes du système solaire sont donc aujourd'hui : Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

Des planètes naines

Les trois premiers corps célestes de notre système solaire entrant dans cette nouvelle catégorie sont Cérès (auparavant classé dans la catégorie des astéroïdes), Pluton et Éris.

En orbite autour d'une planète : les satellites

On dénombre actuellement une centaine de satellites naturels dans le système solaire. Certains sont connus depuis plusieurs siècles et d'autres n'ont été découverts que récemment. Ils empruntent pour la plupart leur nom à la mythologie romaine. Outre la Lune, satellite bien connu de notre planète on peut citer Io, Europe, Ganymède, 3 des 16 satellites de Jupiter ou bien encore Titan qui gravite autour de Saturne.

Ces satellites suscitent l'intérêt des scientifiques.

Ainsi en 2005 après 7 années de voyage la sonde Huygens a plongé dans l'atmosphère de Titan. Les européens sont ainsi les premiers à explorer un astre aussi lointain. Les images radar ont révélé la présence d'enclaves remplies de méthane liquide autour du pôle nord de Titan. Plus récemment, des traces de sodium détectées dans des particules de glace à la surface d'Encelade, satellite de Saturne, pourraient témoigner de la présence probable d'un océan d'eau liquide...

Les petits corps du système solaire : des messagers du passé

Vestiges des éléments qui il y a 4,5 milliard d'années ont formé le système solaire, peu déformés, ces objets célestes peuvent apporter des informations sur la formation et les premières phases de l'évolution du système solaire et sont donc d'un intérêt majeur.

Les astéroïdes : de taille modeste (700 km de diamètre pour les plus importants) ces corps rocheux sont des milliers à graviter autour du Soleil sur des orbites situées entre Mars et Jupiter.

Certains voient leurs trajectoires modifiées et peuvent recouper l'orbite de la Terre : ce sont les géocroiseurs.

Longtemps interprétés comme les restes d'une planète qui aurait explosé, les astéroïdes sont le reste du matériau primitif non aggloméré en planète.

Les comètes : aux confins du système solaire, à des milliards de km du soleil, dans le froid cosmique gravitent des milliards de comètes. Elles sont rassemblées au sein d'un amas nommé le nuage d'Oort.

Quand leur orbite est perturbée ces corps de taille modeste, constitués de glace, de gaz gelés, peuvent entrer dans la partie interne du système solaire. C'est alors qu'elles se réchauffent et se vaporisent sous l'effet de la chaleur solaire, créant une « chevelure » et une « queue » visible depuis la Terre.

Tombées du ciel : les météorites.

De nombreux grains rocheux, de taille millimétrique, centimétrique ou décimétrique, produits par les comètes et les collisions entre astéroïdes « circulent » dans l'espace interplanétaire, surtout entre les orbites de Mars et de Jupiter.

Quand ces grains tombent à la surface d'une planète on les appelle météorites.

Chaque année des centaines de tonnes de cette matière extra-terrestre tombent sur la Terre...sans conséquence. En effet, les météorites sont souvent détruites en entrant dans l'atmosphère, elles sont alors transformées en poussières, ou alors elles tombent dans l'océan.

Il y a 65 Ma une météorite a cependant percuté la Terre dans ce qui allait devenir le Mexique, laissant un cratère de 200 km de diamètre.

En 1980 a été formulée l'hypothèse que cette collision pourrait être à l'origine de la crise biologique qui a considérablement réduit la diversité biologique à la fin de l'ère secondaire.

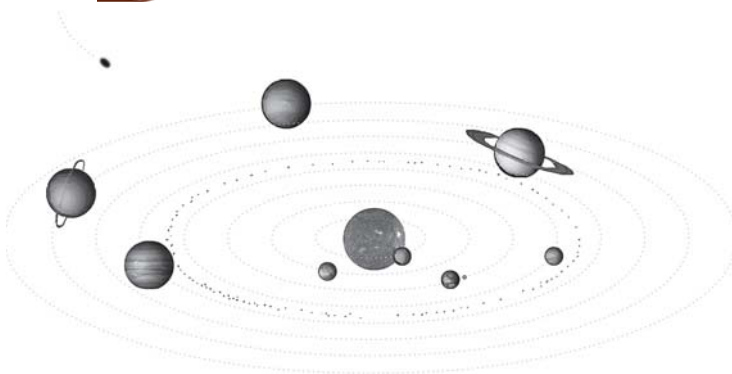
Une météorite de 1,3 kg nommée « Paris » a été acquise par le Muséum d'Histoire Naturelle et présentée à la télévision en février 2010.

Formée à partir des mêmes éléments que ceux à l'origine des planètes, elle pourrait apporter aux scientifiques de nombreuses informations nouvelles.

Questions



- 1 Après lecture des articles ci-dessus, positionnez sur le schéma ci-dessous les éléments suivants : Soleil, ceinture d'astéroïdes, comète, Terre, satellite, planète.



Document 2 : Schéma simplifié du système solaire

(les échelles de taille et de distance n'ont pas été respectées).

- 2 Retrouvez les termes scientifiques correspondant aux définitions suivantes.
- a) Corps non lumineux par lui-même en orbite autour d'une étoile.
 - b) Matériau primitif qui ne s'est jamais aggloméré en planète gravitant autour du Soleil.
 - c) Fragments de matière pouvant percuter les planètes.
 - d) Corps céleste en orbite autour d'une planète.
 - e) Boule de gaz et de poussière dont l'orbite peut recouper celles des planètes du système solaire.
 - f) Ensemble de centaines de milliards d'étoiles.
 - g) Astre formé de gaz émettant de la lumière.
 - h) Terme général regroupant les corps céleste de forme déterminée
- 3 Citer les moyens présentés dans ces textes permettant d'acquérir des informations sur les objets du système solaire.

B

Les particularités de la planète Terre

Mieux comprendre la planète sur laquelle nous vivons implique de s'interroger sur son histoire qui s'inscrit dans celle de l'univers mais également d'en saisir les particularités en la comparant aux autres planètes du système solaire.

1. Comparer les planètes du système solaire

Activité 1 **Savoir communiquer. Représenter des données sous forme graphique. Utiliser un tableur.**
Raisonner. Trier et organiser les données

La distance Terre-Soleil = 150.10^6 km est la distance de référence dans le système solaire.

Cette distance a été nommée **unité astronomique**. Le symbole est **ua**.
1ua est donc égal à 150.10^6 km.

Pour s'interroger

Les scientifiques ont établi que les planètes, ainsi que les autres objets du système solaire, s'étaient formés il y a 4600 Ma à partir de matériaux issus d'une même nébuleuse primitive.
Ces planètes se ressemblent-elles ?

Document 3 Quelques caractéristiques physiques de 6 planètes du système solaire

	Distance au Soleil (km)	Distance au Soleil (millions km)	Distance au Soleil (ua)	Diamètre équatorial (en km)	Masse volumique moyenne (g.cm ⁻³)
Mercure	5,8.10 ⁷				
Vénus	1,08.10 ⁸			12104	5,24
Terre	1,50.10 ⁸			12796	5,52
Mars	2,28.10 ⁸			6794	3,94
Jupiter	7,78 .10 ⁸			142894	1,33
Saturne	1,42.10 ⁹			120536	0,69
Uranus	2,870.10 ⁹			51118	1,3
Neptune	4,49 .10 ⁹				

Questions 1 Exprimez les distances Soleil-planètes en millions de km.



- 2 a) Complétez le document 3 en indiquant les distances Soleil-planètes exprimées en ua ;
b) Quel est l'avantage de cette unité ?

Réaliser un graphique

- 3 Construisez un graphique, sur une feuille de papier millimétré, et positionnez-y 6 planètes du système solaire, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne et Uranus. En ordonnée, vous mettrez la masse volumique moyenne et en abscisse leur distance au Soleil en abscisse (en unités astronomiques).

Aide à la réalisation

- Choisissez une échelle appropriée aux valeurs à placer ;
- Pour cela regardez les valeurs minimales et maximales ;
- Tracez les axes au crayon à papier ;
- Terminez ces axes par des flèches ;
- Placez sur les axes les unités et indiquez ce qu'elles représentent (par exemple (an) ou (mn) pour un temps) ;
- Graduez les axes ;
- Indiquez au-dessus de chaque point, l'initiale de la planète qu'il représente ;
- Titrez votre graphique.

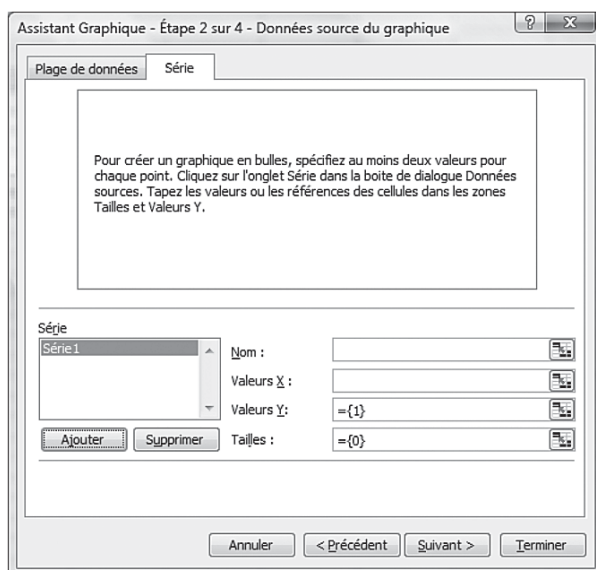
- 4 Réalisez la même représentation des 6 planètes Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus en utilisant le logiciel Excel et en tenant compte de 3 paramètres.
- ▶ La distance au Soleil en ua en abscisse ;
 - ▶ La densité en ordonnée ;
 - ▶ Le troisième paramètre, le diamètre à l'équateur, sera représenté par la taille de la bulle.

► Étape 1 : Saisir les données

- Ouvrir un fichier Excel.
- Entrer, dans les cellules, les données nécessaires.

► Étape 2 : Réaliser le graphique

- Ouvrir *l'assistant graphique*
 - Choisir *graphique bulle* puis cliquez sur *suivant* puis *série* puis *ajouter*.
- À l'écran, on obtient :



- Données sources du graphique

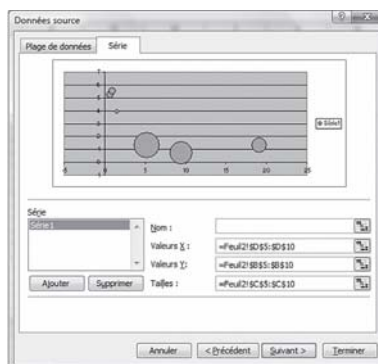
Cliquez sur l'icône de Valeurs X et sélectionnez les données à placer en abscisse.

Même démarche pour les valeurs que vous devez placer en ordonnées et la taille de la bulle.

A l'écran, on obtient :

puis *terminez*

- Cliquez sur *suivant*.



Aide à la réalisation

► Étape 3 : Améliorer la mise en forme

Les modifications que vous devez apporter :

- Faire commencer les axes à l'origine ;
- Indiquer ce que représente chaque axe ainsi que les unités retenues ;
- Titrer le graphique ;
- Supprimer le quadrillage principal ;
- Choisir une couleur par bulle et ajouter un effet 3D ;
- Indiquer à côté de chaque bulle le nom de la planète qu'elle représente.

Par un clic droit, vous accédez à des options qui permettent de modifier la mise en forme. Il faut d'abord sélectionner les objets que l'on souhaite modifier.

Quelques exemples d'applications.

Objet sélectionné (clic gauche)	Options (clic droit)	Applications
Axe	Format de l'axe	
Zone de traçage	Options du graphique	Titre/axe/quadrillage
Bulle		
• 1 clic gauche sélectionne toutes les bulles	Format de séries de données	• Étiquette de données • Options (réduire taille des bulles)
• 2 ^e clic gauche sur la bulle que vous souhaitez sélectionner.	Format de séries de données	Motifs

Exploiter les graphiques

- 5 A partir des résultats des questions 3 et 4, constituez deux groupes de planètes en précisant les critères retenus.

Point méthode. Classer

Pour classer et réaliser des groupes on utilise des critères. Les groupes réalisés dépendent donc des critères retenus. Tous les critères ne sont pas pertinents d'un point de vue scientifique.

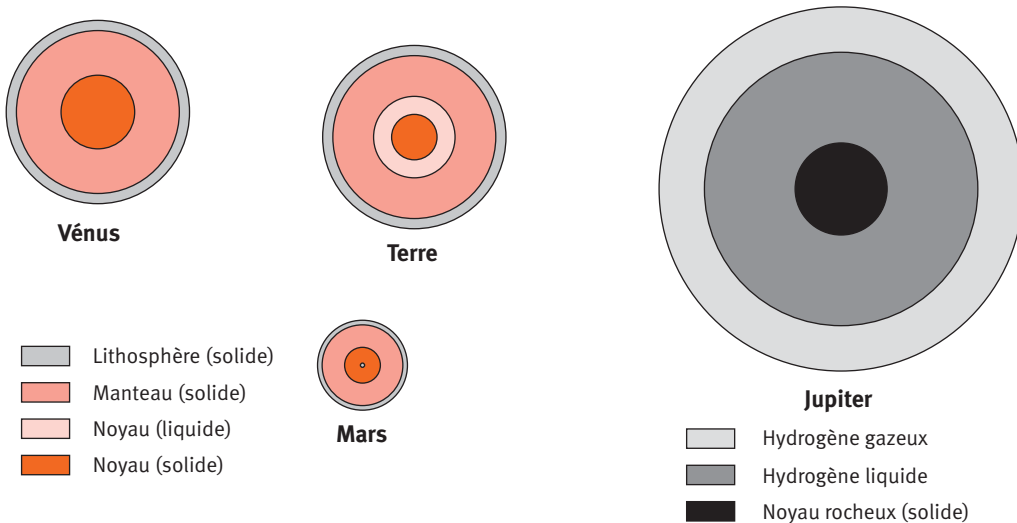
- 6 Les données suivantes (document 4) confirment-elles les groupes constitués au cours de la question précédente ? Argumenter votre réponse.

Document 4 Composition chimique de 6 planètes du système solaire

	Composition chimique Seuls les atomes les plus abondants sont donnés
Mercure	
Vénus	Silicium (Si) Oxygène (O) Fer (Fe) Nickel (Ni)
Terre	Silicium (Si) Oxygène (O) Fer (Fe) Nickel (Ni)
Mars	Silicium (Si) Oxygène (O) Fer (Fe) Soufre (S)
Jupiter	Hydrogène (H), Hélium (He)
Saturne	Hydrogène (H) Hélium (He)
Uranus	Hydrogène (H) Hélium (He), glace.
Neptune	

7 Sachant que Tellus était le nom donné à la divinité symbole de la Terre chez les romains, indiquer en exploitant les schémas ci-dessous et vos connaissances pourquoi Mars et Vénus sont qualifiées de **planètes telluriques**.

Document 5 Organisation interne de quelques planètes du système solaire



8 On a oublié sur les documents 3 et 4, les caractéristiques de Mercure et de Neptune.

Quelles sont les caractéristiques physiques (taille, densité) attendues pour ces deux planètes. On n’attend pas des chiffres précis mais un ordre de grandeur (exemple : grande taille, densité faible...).

Même travail pour la composition chimique.

Argumentez vos réponses.

Vérifiez votre réponse en recherchant des informations dans une base de données sur Internet. Complétez les documents 3 et 4.

À retenir

On peut distinguer deux groupes de planètes

Les planètes rocheuses sur lesquelles on peut marcher (surface solide) et des planètes gazeuses.

Les planètes rocheuses encore qualifiées de telluriques sont de taille modeste et de densité élevée. Elles occupent la partie interne du système solaire.

Les planètes gazeuses occupant la partie externe du système solaire sont de faible densité et de grande taille.

2. L'atmosphère des planètes telluriques

a) L'atmosphère terrestre est essentielle à la vie

Activité 4 Mobiliser les acquis

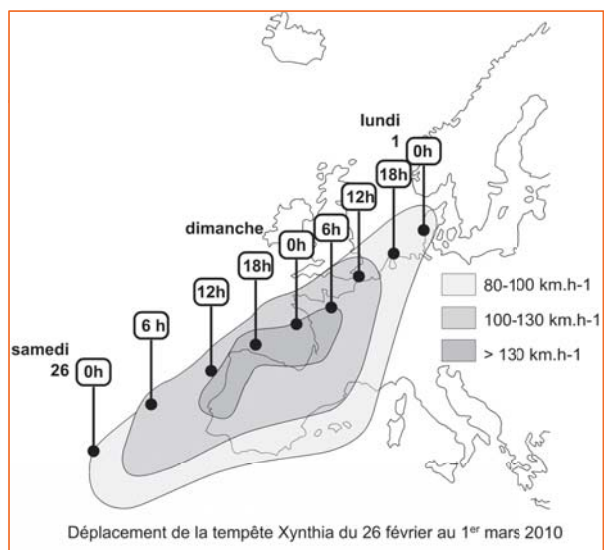
Définition

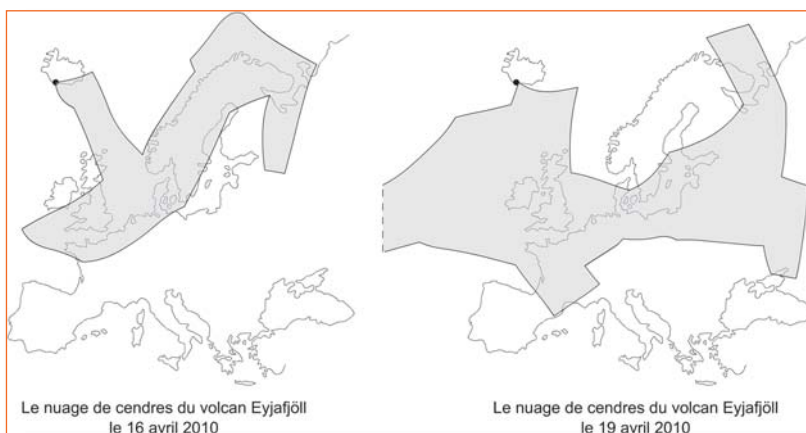
L'atmosphère est une couche gazeuse qui entoure certains corps célestes, planètes ou satellites de planètes. Elle est maintenue par gravité autour de ces corps. L'atmosphère des planètes internes du système solaire s'est formée par dégazage des masses rocheuses, après leur agrégation en planètes et durant leur refroidissement.

Document 6 Les manifestations de l'atmosphère sur la planète Terre

En février 2010, la tempête Xynthia a durement touché la France. Des rafales de vent de 160 km/h ont été enregistrées sur le littoral vendéen et charentais.

L'éruption du volcan islandais Eyjafjöll, a projeté en avril 2010 des tonnes de microparticules de silicates dans l'atmosphère. Poussées par les vents ces microparticules ont touché l'Europe du nord, paralysant le trafic aérien.





Document 7 Quelques gaz (et leurs formules chimiques) présents dans l'atmosphère terrestre

- ▶ Dioxyde de carbone : CO_2
- ▶ Dioxygène : O_2
- ▶ Diazote : N_2
- ▶ Méthane : CH_4
- ▶ Vapeur d'eau : H_2O
- ▶ Ozone : O_3
- ▶ Chlorofluorocarbures ou CFC

- Questions**
- 1 Montrez que l'atmosphère terrestre est animée de mouvements.
 - 2 Recherchez le rôle de l'ozone.
 - 3 Montrez que la vie sur Terre est dépendante de la composition de l'atmosphère.
 - 4 Recherchez le sens du mot «anthropique».
 - 5 Recherchez quelques exemples qui illustrent l'affirmation «les activités anthropiques peuvent modifier la composition atmosphérique ». Vous soulignerez également la fragilité de l'atmosphère.

À retenir

L'atmosphère terrestre se manifeste à nous par les mouvements qui l'animent, les vents.

L'apparition de la vie ainsi que son évolution est liée à l'atmosphère. Pas de vie possible sans atmosphère.

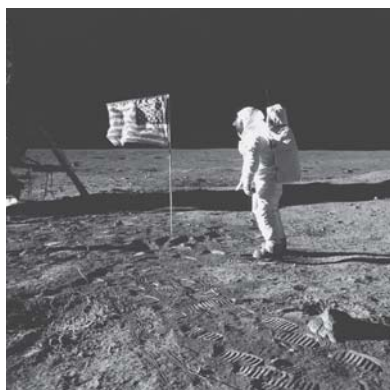
La vie a également modifié l'atmosphère terrestre.

- ▶ Toutes les planètes du système solaire possèdent-elles une atmosphère ?
- ▶ Quels sont les paramètres qui déterminent la présence éventuelle d'une atmosphère ?

b) La présence d'une atmosphère dépend de deux paramètres

Activité 5 Pratiquer une démarche scientifique

Document 8 Un article controversé



Cette photo, extraite d'un journal de 1969 était accompagnée de l'article suivant :

« Le 20 juillet 1969, les astronautes Neil Armstrong et Edwin Aldrin après être descendus de leur module pour explorer la région de la Lune connue sous le nom de « Mer de la tranquillité » plantent dans le sol lunaire, foulé pour la première fois, un drapeau. **Celui-ci flotte dans la brise lunaire qui s'est levée comme pour saluer cet événement** ».

Le problème à résoudre

La partie de cet article écrite en gras, a généré de nombreux commentaires, certains avançant que ce n'était pas possible.

Qu'en est-il exactement ?

À l'aide des documents ci-dessous, vous devez trouver des données scientifiques vous permettant de comprendre pourquoi l'auteur de l'article n'était pas très rigoureux.

► Étape 1 Exploiter les données d'un tableau pour formuler un constat

Document 9 Caractéristiques physiques de quelques planètes et satellites du système solaire

	Mercure	Vénus	Terre	Lune	Mars	Titan ¹
Distance au Soleil (en ua)	0,38	0,72	1	1	1,52	9,55
Diamètre à l'équateur (en km)	4878	12104	12796	3476	6794	5120
Masse (en masse terrestre)	0,055	0,82	1	0,012	0,10	0,02
Atmosphère + : présence - : absence	-	+++	++	?	Très ténue +	++

1. Titan est un satellite de Saturne

Questions



- 1 Utilisez les données du tableau pour montrer que la masse d'un objet céleste est un paramètre déterminant pour le maintien de son atmosphère.
- 2 Utilisez les données du tableau pour montrer que ce paramètre de masse n'est pas le seul à agir.

► Étape 2 Établir des relations logiques

Information n° 1

La vitesse de libération est la vitesse nécessaire que doit posséder un objet, quelle que soit sa masse, pour se soustraire à l'attraction de l'astre d'où il part. Cela s'applique aux engins que l'on envoie dans l'espace mais également aux molécules de gaz.

À la surface d'un astre, la vitesse de libération ou d'évasion est donnée par la formule suivante :

$$VL^2 = 2GM/R.$$

G est la constante gravitationnelle. Sa valeur est de $6,6742 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

M la masse de l'astre en kg et R son rayon en m.

Information n° 2

Un corps céleste ne peut maintenir une atmosphère que si la vitesse de déplacement des molécules qui la composent est plus faible que la vitesse de libération de l'astre en question.

Or les gaz (CO_2 , O_2 ...) sont soumis à une agitation perpétuelle qui dépend de la température. Leur agitation est faible à basse température et forte à température élevée.

Information n° 3

Sur le graphique ci-dessous on a représenté par une droite la variation de la vitesse d'agitation de différents gaz en fonction de la température. On y a ensuite positionné quelques planètes et satellites du système solaire en tenant compte de la température régnant à sa surface et la vitesse de libération calculée avec la formule précédente.

● Position des planètes

Lu : Lune

Ma : Mars

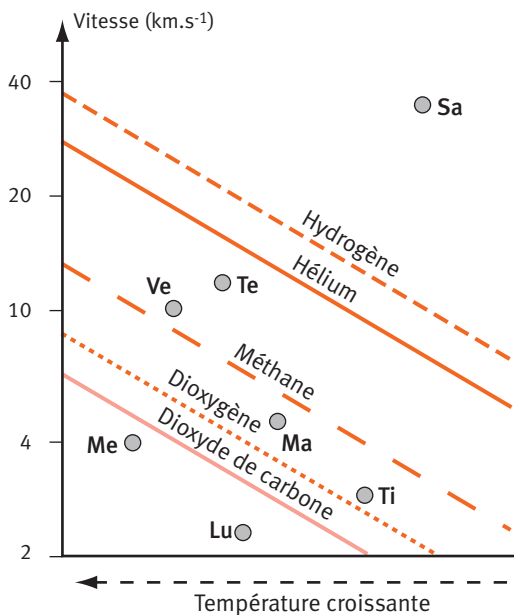
Me : Mercure

Sa : Saturne

Ti : Titan

Te : Terre

Ve : Vénus



- 3 En utilisant l'information n° 1, calculez les vitesses de libération des différentes planètes et complétez le tableau.

	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Lune	Titan
Masse en kg	$3,27 \cdot 10^{23}$	$4,87 \cdot 10^{24}$	$5,98 \cdot 10^{24}$	$6,4 \cdot 10^{23}$	$7,35 \cdot 10^{22}$	$1,3 \cdot 10^{23}$
Rayon en m	243900	6052000	6398000	3397000	1738000	2560000
Vitesse de libération en $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$						

- 4 En utilisant les informations n° 2 et n° 3, expliquez pourquoi Titan possède une atmosphère alors que le maintien d'une atmosphère n'a pas été possible sur Mercure.
- 5 Expliquez l'absence d'hydrogène dans l'atmosphère terrestre.

► **Étape 2 Répondre au problème initial**

- 6 En utilisant les connaissances acquises au cours de cette activité, rédigez un texte argumenté répondant au problème initial

Aide à la réalisation

- Relire le problème initial
- Formuler la question scientifique posée par cet article.

À retenir

Après leur formation, les planètes internes du système solaire et les satellites ont expulsé des gaz qui, à l'origine, se trouvaient à l'intérieur des roches. Pour former une atmosphère ces gaz doivent cependant pouvoir être retenus par la planète ou le satellite.

Deux paramètres sont importants pour le maintien d'une atmosphère : la masse de l'objet céleste et sa distance au Soleil qui influence sa température.

La planète Terre a une masse suffisamment élevée pour conserver une atmosphère épaisse ; par contre Mercure est trop petite et trop proche du Soleil pour en posséder une.

La Lune est à la même distance du Soleil que la Terre mais sa masse trop faible ne lui permet pas de posséder une atmosphère.

3. L'eau liquide, une condition nécessaire à l'apparition et au maintien de la vie

a) De l'eau tombée du ciel

Activité 6 Extraire des informations

Document 10 Histoires d'eau

Dans le système solaire

On trouve de l'eau partout dans le système solaire. On rencontre cette molécule (H_2O) sur certaines planètes et astéroïdes mais également dans les comètes. On la rencontre surtout sous forme de glace, emprisonnée dans les roches, ou sous forme gazeuse.

Et sur Terre ?

La planète Terre possède de l'eau sous ses trois états. On la trouve sous forme vapeur dans l'atmosphère, sous forme liquide à la surface de la terre ou au sein des organismes vivants et sous forme de glace aux pôles ou au sommet des montagnes.

La planète Terre est surnommée la planète bleue en raison de ses vastes étendues liquides ; pourtant l'eau ne représente que 0,025 % de la masse terrestre. L'eau représente 50 % de la masse des comètes et 10 % de la masse de certains astéroïdes...

Des pluies diluviennes

Après sa formation, progressivement, la Terre s'est refroidie. La vapeur d'eau présente dans l'atmosphère primitive a fini par se condenser en nuages donnant des pluies diluviennes. Ces pluies qui durèrent des millions d'années ont progressivement rempli les parties les plus basses du globe donnant naissance aux océans.

Comment l'eau est-elle apparue sur Terre ?

Les scientifiques ont longtemps pensé que l'eau avait une origine volcanique. Peu de temps après sa formation, la terre aurait subi un dégazage intense par volcanisme. Ce dégazage aurait libéré une grande quantité de vapeur d'eau.

De nouvelles données sont venues infirmer ce scénario et actuellement les scientifiques penchent plutôt en faveur d'une origine extraterrestre de l'eau.

Lors de sa formation, la Terre a été soumise à un intense bombardement météoritique comme l'atteste la présence de nombreux cratères sur la Lune ou Mercure dont la surface n'a pas été remaniée.

Au cours de ces bombardements, météorites et comètes auraient apporté leur matière, principalement de l'eau, sur Terre.

L'eau liquide et la vie

Eau, milieu chimique

L'eau liquide a été nécessaire à l'apparition de la vie car les propriétés de la molécule d'eau permettent de nombreuses réactions chimiques et ont favorisé l'assemblage des premières molécules.

Eau, écran protecteur

Le rayonnement UV émis par le soleil est nocif pour le vivant et l'atmosphère primitive ne possédait pas l'ozone qu'elle possède aujourd'hui et qui nous protège des UV.

Or l'eau absorbe les rayons ultra-violet ; les premières formes de vie qui se sont développées dans les océans ont donc été protégées.

La zone autour d'un astre où l'eau est liquide est la **zone d'habitabilité** de cet astre.

- 1 Recherchez dans les textes ci-dessus, les deux hypothèses avancées par les chercheurs pour expliquer l'origine de l'eau sur Terre.
- 2 Sachant qu'un corps humain contient environ 65 % d'eau, calculez votre poids en eau.
- 3 Citez 3 raisons qui font de la molécule d'eau, une molécule essentielle pour l'apparition et le maintien de la vie.

À retenir

Bien que l'eau soit très répandue dans le système solaire, sa présence sous forme liquide est manifestement rare.

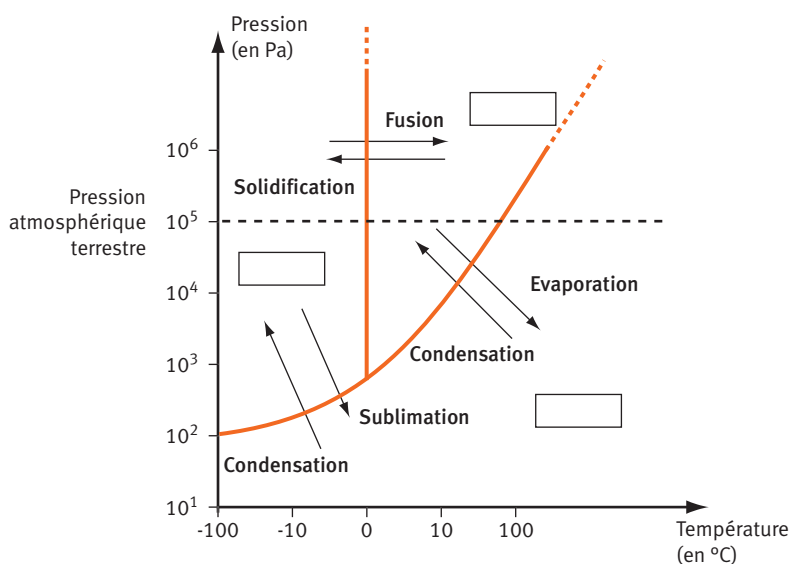
Or les chercheurs affirment qu'on ne peut, actuellement, concevoir la vie sans la présence d'eau liquide.

- ▶ **Qu'est-ce qui permet à la Terre de posséder de l'eau sous forme liquide ?**
- ▶ **Qu'en est-il sur les autres planètes du système solaire ?**

b) La présence ou l'absence d'eau liquide est déterminée par des paramètres physiques

Activité 7 Raisonner. Extraire des informations

Document 11 Diagramme présentant les différents états de l'eau en fonction de la température et de la pression.



Questions



- Sur le document ci-dessus, indiquer dans les rectangles les termes suivants : liquide, solide et gaz
- a) Positionner sur le graphique ci-dessus les conditions de pression et température que l'on trouve à la surface de Vénus, de la Terre et Mars.
b) Compléter la 3^e ligne du tableau.

Document 12 Pression et température de 3 planètes internes

	Vénus	Terre	Mars
Pression au sol (Pa)	95.10^5	10^5	6.10^2
Température en °C			
Extrême	450°C	-80°C / 50°C	-70°C / 0°C
Moyenne	450°C	14°C	- 50°C
États de l'eau			

- 3 Comparez les planètes et dégagez la particularité de la planète Terre.

À retenir

Les propriétés de la molécule d'eau en font une molécule essentielle pour l'apparition et le maintien de la vie

Les conditions de pression et température régnant à la surface de la Terre rendent possible la présence d'eau sous forme liquide, solide et gazeuse.

Ces conditions ne sont pas actuellement réunies sur Mars et Vénus. Cela ne signifie pas qu'elles ne l'aient pas été à un moment donné de l'histoire de ces planètes.

Se pose également la question de la présence d'eau liquide ailleurs dans le système solaire voire sur une planète en orbite autour d'une autre étoile que le Soleil.

4. La température, une donnée essentielle contrôlée par plusieurs paramètres

La présence d'une atmosphère épaisse et une température clémente permet à la Terre de posséder de l'eau liquide.

Nous avons démontré que la masse de la planète lui permettait de conserver une atmosphère épaisse

Quels sont le(s) paramètre(s) qui détermine(nt) la température régnant sur une planète ?

a) La distance au Soleil

Activité 8 **Raisonner. Éprouver une hypothèse. Exploiter un modèle. Communiquer. Exprimer des résultats sous forme graphique**

Rappel Le Soleil, constitué d'hydrogène et d'hélium est le siège de réactions thermonucléaires à l'origine de l'énergie solaire.

Il chauffe et éclaire tout le système solaire.

1 Les planètes ne reçoivent pas la même quantité d'énergie solaire

Pour répondre au problème, un groupe d'élèves a formulé une hypothèse.
« Le Soleil est l'étoile qui chauffe le système solaire. On peut donc poser comme hypothèse que plus la planète est loin du Soleil et plus la température est basse car elle reçoit moins d'énergie. »

Un groupe d'élève a ajouté « qu'il y avait certainement proportionnalité entre la distance planète-Soleil entre la planète et sa température ».

Afin d'apporter des éléments de réponse on cherche à établir expérimentalement comment varie l'énergie reçue en fonction de la distance à la source d'énergie.

Pour cela, a été élaboré un dispositif que l'on qualifie d'analogique.

Point méthode : le modèle en sciences expérimentales

Le réel, objet d'étude des sciences expérimentales est complexe. Pour comprendre ce réel, des modèles sont élaborés. Le modèle n'est pas la réalité ; il simplifie cette réalité en fonction des hypothèses que l'expérimentateur souhaite éprouver, des objectifs visés. Le modèle est donc une construction.

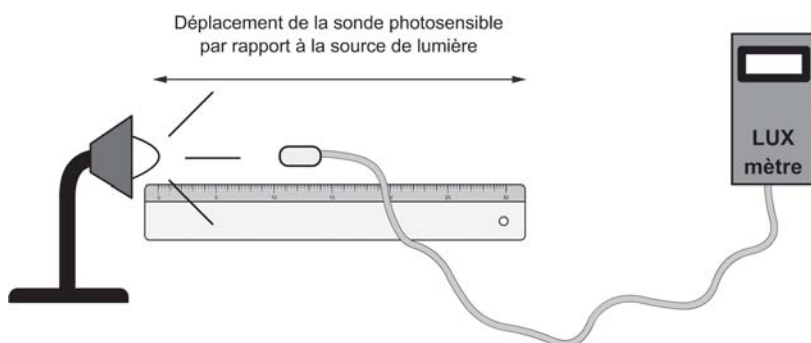
Chaque modèle a ses limites qu'il faut identifier et dont il faut tenir compte pour ne pas confondre modèle et réalité.

Le matériel

- ▶ Une lampe.
- ▶ Un luxmètre (que vous avez peut-être utilisé au collège) qui mesure l'intensité lumineuse reçue en Lux. Ce luxmètre est fixé sur un support mobile et gradué.

Le protocole expérimental Document 13

Schéma du dispositif expérimental



Questions



- 1 Avant de lancer une expérience il faut s'interroger sur les résultats attendus. Ces résultats attendus découlent de l'hypothèse formulée au départ.

Complétez la phrase suivante :

Si l'hypothèse des élèves est juste alors je dois observer sur mon graphique

Document 14 Mesure des variations de l'intensité lumineuse en fonction de la distance

Les résultats obtenus

Distance à la source (cm)	Intensité lumineuse reçue (Lux)
5	54000
10	30000
20	18000
30	12000
40	8400
50	6000
60	4800
70	3200
80	2300
90	1600
100	1200
110	800
120	580
130	410
140	390
150	380

Exploiter les résultats

- 2 Quel est le paramètre que l'on mesure ?
- 3 Quel est le paramètre que l'on fait varier au cours de cette expérience ?
- 4 Représentez, sur une feuille de papier millimétré, la variation de l'intensité lumineuse en fonction de la distance.
- 5 Décrivez le graphique obtenu.

Point méthode : décrire un graphique

► **Le travail de préparation.**

- Chercher sur le graphique les points qui sont significatifs.
- Repérer l'allure générale de la courbe obtenue.

► **La rédaction.**

- Indiquer ce qui est étudié au cours de cette expérience, ce qui est mesuré.
- On n'écrit pas «la courbe monte ou descend». En effet, c'est le paramètre mesuré qui augmente ou descend.
- Ponctuer la rédaction de données chiffrées significatives.

- 6 Rédigez une conclusion. Dans la conclusion, vous devez indiquer dans quelle mesure les résultats obtenus sont conformes aux résultats attendus.

2 Confronter le modèle à la réalité

Nous savons que la quantité d'énergie solaire reçue par une planète varie en fonction de l'inverse du carré de la distance au Soleil.

En tenant compte de cet élément, les scientifiques ont établi un modèle numérique qui permet de calculer la température prévisible sur une planète donnée.

On nomme **température théorique** la température ainsi **calculée**.

La température peut également être **mesurée**.

Document 15 Températures calculées et mesurées sur quelques planètes et satellites du système solaire

	Mercure	Vénus	Terre	Lune	Mars	Titan
Distance au Soleil (ua)	0,387	0,723	1	1	1,524	10
Température théorique (°C)	140	40	-17	-18	-60	-210
Température réelle moyenne à la surface (°C)	140	450	15	-18	-50	-180

- 1 En utilisant les données du tableau ci-dessus, montrez les limites du modèle numérique.
- 2 En vous appuyant sur les connaissances acquises au cours des activités précédentes, proposez une hypothèse pour expliquer les différences constatées entre les températures calculées suivant le modèle numérique et les températures mesurées.

Aide à la réalisation

Comparer les résultats attendus et les résultats obtenus.

b) L'atmosphère, un acteur essentiel de la température

Nous avons constaté que le modèle numérique fonctionnait bien pour les planètes sans atmosphère mais pas pour les planètes possédant une atmosphère.

- **Comment l'atmosphère pourrait-elle exercer une influence sur la température régnant à la surface d'une planète ?**

1 Une approche expérimentale

Activité 9 Afin d'apporter des éléments de réponse, on demande aux élèves de réaliser une expérience.

L'objectif de cette expérience est de comparer la température d'un papier noir au cours du temps, en présence ou en absence d'une enceinte de verre.

Remarque Le papier noir a un fort pouvoir d'absorption. Le support isolant évite les pertes thermiques.

Le matériel disponible est le suivant :

- L'expérience**
- Support isolant
 - Papier noir
 - Lampe halogène
 - Thermomètre
 - Enceinte de verre

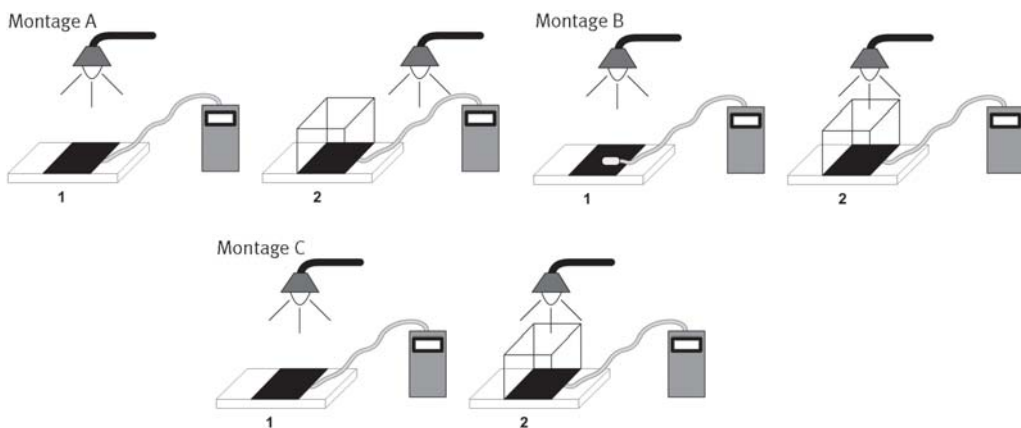
Point méthode : expérimenter

Lors de la mise en œuvre d'une expérience, on ne peut faire varier qu'un seul paramètre. Les autres paramètres doivent demeurer constants.

1 3 Groupes d'élèves ont réalisé les montages réalisés ci-dessous : montages A, B et C

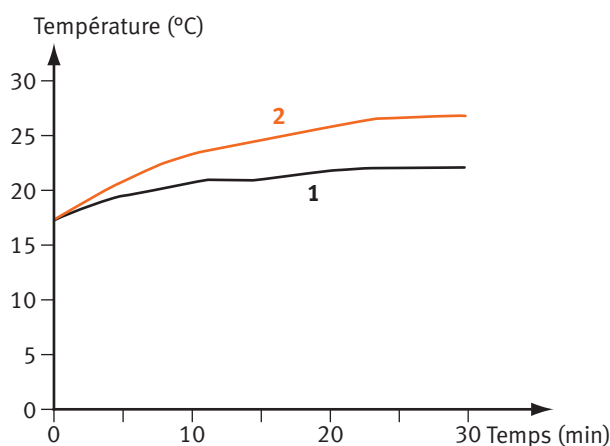
Quel est le montage correct ? Entourez sur les autres montages ce qui ne convient pas.

Document 16 Les montages des élèves



À l'issue de l'expérience de 30 minutes, on obtient les résultats suivants :

Document 17 Les résultats obtenus



2 Donnez un titre à ce graphique

3 Exploitez le graphique

- ▶ Étape 1 : Décrivez le graphique. (Voir point méthode précédent).
- ▶ Étape 2 : Interprétez le graphique en utilisant les informations scientifiques 1 et 2.

Point méthode : interpréter un graphique

- Vous devez établir des liens de causalité entre le facteur que l'on a fait varier et le phénomène étudié.
- Vous devez apporter une explication cohérente au phénomène étudié en utilisant vos connaissances ou des informations scientifiques mises à votre disposition.

Information 1

La vitre solaire est transparente au rayonnement visible mais est opaque au rayonnement infrarouge. Opaque signifiant qu'elle absorbe ce rayonnement et par conséquent s'échauffe.

Information 2

Tout corps qui s'échauffe émet un rayonnement électromagnétique. Le type de rayonnement émis dépend de la température atteinte.

Un corps à basse température émet dans le domaine de l'infrarouge.

Par exemple, un être humain dont la température est de 37°C émet des rayonnements infrarouges. Les infrarouges n'étant pas perceptibles par l'œil humain, les corps à basse température ne peuvent pas être vus la nuit sauf grâce à des caméras spéciales. Au contraire, le jour, éclairés par lumière du soleil ils deviennent visibles car ils réfléchissent celle-ci.

On ne peut pas «voir» si le four d'une gazinière est chaud, alors qu'on «voit» si le gaz brûle car une flamme est bien plus chaude (1000-1500°) qu'un four (100-300°).

② L'effet de serre, un phénomène naturel

Le modèle réalisé ci-dessus permet de comprendre comment les rayons infrarouge peuvent être absorbés par certains matériaux (le verre dans notre expérience) et entraîner une augmentation de température.

Ce phénomène d'effet de serre peut-être l'explication de la température anormalement élevée des planètes possédant une atmosphère.

Cependant, ce modèle a des limites.

Si on sait bien que la Terre n'est pas enfermée dans une énorme serre, peut-être pouvons nous trouver des analogies permettant de comprendre la température terrestre.

Nous savons maintenant qu'un corps qui s'échauffe émet, à basse température, des rayonnements infrarouges.

La Terre chauffée par le rayonnement du Soleil va donc émettre des rayonnements infrarouges. L'atmosphère terrestre est constituée de gaz. Reste à trouver l'analogie de la plaque de verre...

Ce que l'on cherche

► **Les gaz de l'atmosphère pourraient-ils « jouer le rôle » de la plaque de verre de l'expérience précédente ?**

Activité 11

Raisonner : saisir des données en relation avec le sujet. Adopter une démarche explicative

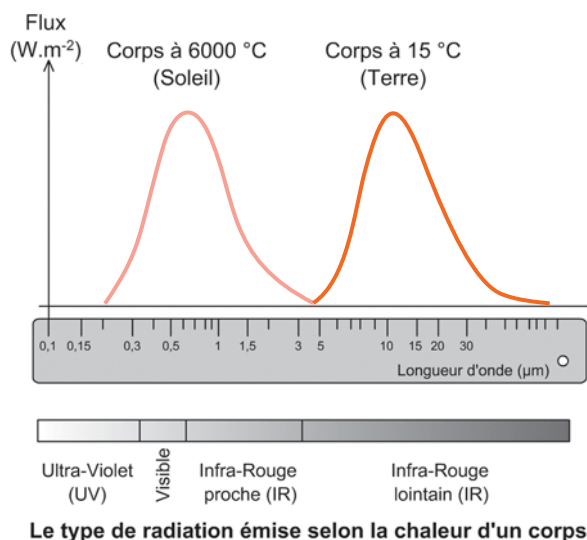
Information 1

L'énergie associée au rayonnement solaire arrivant à la surface d'une planète est nommée flux solaire. Il s'exprime en Watt.m^{-2}

Nous savons que le rayonnement émis par un corps dépend de sa température.

Ainsi le rayonnement qui nous parvient de la surface du soleil (6000°C) est principalement composé de rayonnements ultra-violet (UV), de lumière visible et de proches infrarouges soit des longueurs d'onde comprises entre $0,1$ et $4 \mu\text{m}$

Le rayonnement émis par la terre (15°C) est principalement de type infrarouge moyen et lointain (de 4 à $100 \mu\text{m}$).



Information 2

Chaque gaz peut être défini par son spectre d'absorption. Cela signifie que chaque type de gaz peut **absorber certains types de rayonnements, c'est-à-dire une certaine fourchette de longueurs d'ondes.**

Molécules	Bandes d'absorption entre 2 et 30 μm
O ₂ (dioxygène)	Pas de bande d'absorption dans l'intervalle considéré
CO ₂ (dioxyde carbone)	2 bandes d'absorption. L'une autour de 4,3 μm et l'autre autour de 15 μm
CH ₄ (méthane)	Trois bandes d'absorption dans l'intervalle considéré. L'une autour de 3,5 μm , une seconde autour de 4 μm et une troisième autour de 7 μm
H ₂ O (eau)	Deux bandes d'absorption. Une bande autour de 3 μm , une seconde autour de 6 μm .
N ₂ (diazote)	Pas de bande d'absorption dans l'intervalle considéré

Information 3

Composition de l'atmosphère terrestre.

La quantité de vapeur d'eau est variable. Elle peut atteindre 4%.

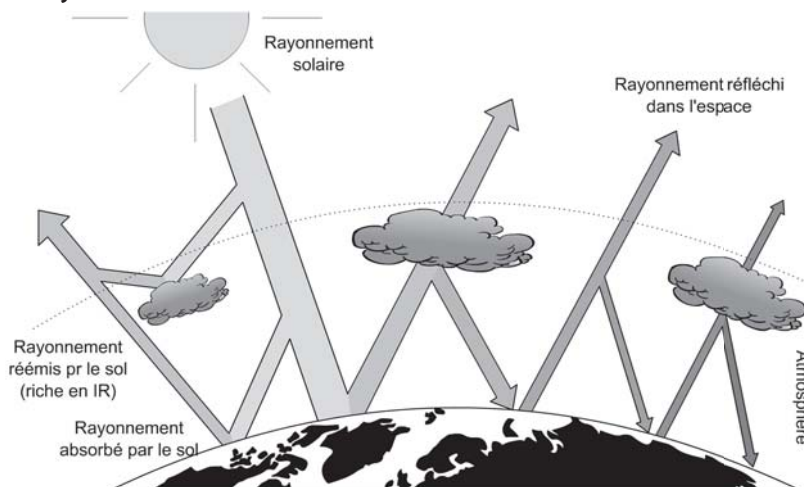
Pour cette raison, la composition est donnée pour de l'air sec.

Outre la vapeur d'eau, les principaux gaz constituant l'atmosphère sont:

- Diazote (N₂): 78,03 %
- Dioxygène (O₂): 20,94%
- Argon (Ar): 0,93 %
- Méthane (CH₄): 0,002%
- Dioxyde de carbone (CO₂): 0,03%

- 1 En utilisant les informations scientifiques 1 et 2, indiquez quels sont les gaz présents dans l'atmosphère terrestre qui n'absorbent pas les rayonnements infrarouges émis par la terre.
- 2 En utilisant les informations scientifiques 1 et 2, indiquez quels sont les gaz présents dans l'atmosphère terrestre qui peuvent absorber les rayonnements infrarouges émis par la terre
- 3 Mettez en relation vos conclusions et la composition de l'atmosphère. Que constatez-vous ?
- 4 En utilisant les connaissances acquises au cours de cette activité et le schéma ci-dessous, expliquez pourquoi l'effet de serre permet une température moyenne de 15°C

Document 18 Le rayonnement solaire et l'effet de serre



En piégeant les rayons solaires, l'atmosphère terrestre crée un effet de serre

l'intensité du gris indique la richesse en rayons infra-rouges
la largeur des flèches indique la quantité décroissante de rayons

À retenir

La distance au Soleil n'est pas le seul paramètre déterminant la température sur une planète. Cette dernière dépend également de la présence d'une atmosphère et de la composition de celle-ci.

Sur la planète Terre, des gaz minoritaires (vapeur d'eau, CO₂) absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre.

Ce phénomène est l'effet de serre.

Il permet une température moyenne positive à la surface du globe et la présence d'eau liquide.

L'effet de serre est donc un phénomène naturel mais l'homme, par ses activités, peut renforcer cet effet de serre.

Bilan du chapitre

Mercure ne possède pas d'atmosphère, Vénus est une véritable fournaise et Mars un désert glacé. Comparées à celles des autres planètes telluriques, les conditions sur la planète Terre semblent donc clémentes. Ces conditions doivent être mises en relation avec des facteurs physiques et chimiques.

La masse de la planète Terre lui permet d'exercer une attraction suffisante pour conserver une atmosphère contrairement à Mercure à la Lune ou même à Mars à la surface de laquelle la pression atmosphérique est 600 fois inférieure à celle régnant à la surface de la Terre.

La distance au Soleil et un effet de serre modéré permettent la présence d'eau liquide contrairement à ce que l'on peut observer sur Vénus où l'effet de serre s'est emballé.

Ces conditions spécifiques à la Terre y ont permis l'apparition et le maintien de la vie.

2

La vie ailleurs

Pour s'interroger

Nous avons vu précédemment que la vie sur Terre n'est possible que si certaines conditions sont remplies, conditions physiques, de température par exemple et conditions chimiques, présence d'eau par exemple. Connaissant ces conditions, on peut sélectionner les objets extra-terrestres susceptibles d'abriter ou d'avoir abrité la vie.

Si cet évènement qu'est l'apparition de la vie a eu lieu sur la planète Terre, il n'y a a-priori, aucune raison de penser que cela n'ait pas pu se reproduire ailleurs pour peu que les conditions y fussent favorables.

Cette recherche de vie extra-terrestre est l'objet d'une discipline, **l'exobiologie**.

Des questions

- ▶ Que chercher ?
- ▶ Où chercher ?

A

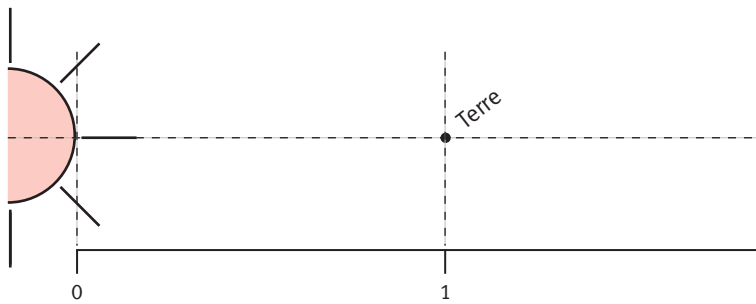
Dans le système solaire

1. Dans la partie interne du système solaire

Activité 1 Raisonner : adopter une démarche explicative

- 1 Rappelez la définition du terme suivant : *zone d'habitabilité*.
- 2 Positionnez, sur le document 1, les planètes suivantes : Mercure, Vénus et Mars. Vous devrez tenir compte de leur distance au Soleil en ua. (Utilisez les données de l'activité 3)
Représentez cette zone d'habitabilité sur le document 1.
- 3 Les chercheurs estiment que la zone d'habitabilité dans le système solaire se situe entre 0,95 ua et 1,5 ua.
Représentez cette zone d'habitabilité sur le document 1.

Document 1 Zone d'habitabilité dans la partie interne du système solaire

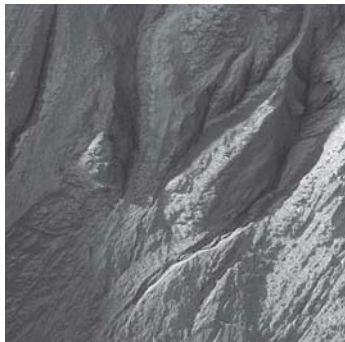


4 Au cours d'une conférence, un exobiologiste tenait les propos suivants « *il n'est pas impossible que nous découvriions sur Mars des traces d'une activité biologique passée* »

Rechercher dans l'ensemble des documents proposés, des arguments qui pourraient soutenir l'hypothèse de ce chercheur.

Document 2

Des ravines sur Mars photographiées par la caméra de Mars Reconnaissance Orbiter en orbite autour de Mars depuis 2006.



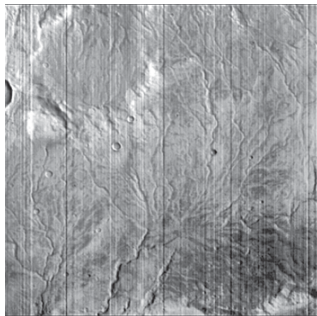
© NASA

Document 5

La surface de Mars est essentiellement constituée de roches volcaniques.

La présence d'argile a cependant été mise en évidence. Sur Terre, ces argiles se forment par altération du sol en présence d'eau.

Document 3



Région de la planète Mars «Warrego Valles» photographiée en 1997 par les satellite d'observation Mars Global Surveyor.

© NASA

Document 4

Comparaison de l'atmosphère de Mars et de la Terre

	Mars	Terre
Pression atmosphérique (en Pascals)	6.10^2	10^5
Composition de l'atmosphère (en %)	CO ₂ : 95 N ₂ : 2,7 Ar : 1,6 O ₂ : 0,15	N ₂ : 78,08 O ₂ : 20,9 Ar : 0,9 CO ₂ : 0,03

Remarque : L'air possède un poids, et la pression exercée par cet air est appelée pression atmosphérique.

- 5 En utilisant les connaissances acquises au chapitre précédent, et les documents proposés, montrez que les conditions régnant sur Mars devaient être différentes dans le passé de celles régnant actuellement.

À retenir

Les scientifiques estiment qu'à l'origine, Vénus, la Terre et Mars présentaient de nombreuses ressemblances. Ainsi leurs atmosphères devaient être composées des mêmes gaz.

Ces planètes ont cependant évolué différemment. Vénus est située près du Soleil. L'absence d'eau liquide n'a pas permis de recycler le CO₂ atmosphérique et l'effet de serre s'est emballé. La petite taille de Mars ne lui a pas permis de retenir une atmosphère épaisse et un taux de CO₂ suffisant pour permettre une température positive.. Au début l'effet de serre a certainement joué un rôle important permettant la présence d'eau liquide comme le montre la présence d'argile ou les traces évoquant des rivières asséchées. Ces conditions ont pu permettre le développement de la vie. Il serait intéressant de creuser le sol de Mars afin d'y chercher d'éventuelles traces d'activité biologique.

2. Dans la partie externe du système solaire

Les planètes gazeuses ne semblent pas être en mesure d'abriter la vie. Par contre, certains de leurs satellites intéressent les exobiologistes d'autant plus que les recherches de ces dernières années ont mis en évidence que la vie sur Terre avait colonisé tous les milieux même les plus inhospitaliers.

- **La vie est-elle possible dans la partie externe de notre système solaire ?**

Activité 2 Raisonner. Saisir des données en relation avec le sujet

Document 5 La vie sur Terre dans les milieux extrêmes

Les chercheurs ont mis en évidence, au niveau d'une source hydrothermale, une bactérie qui commence à se sentir « bien » à partir de 90°C.

Une vie qui ne manque pas de sel.

Des bactéries sont capables de vivre dans des milieux où la salinité est plus de 10 fois supérieure à la salinité de la mer. Ces conditions se rencontrent dans le Grand Lac Salé aux USA par exemple.

On trouve des organismes dans la fosse des Mariannes (11 000 m de profondeur) où la pression est 1000 fois supérieure à la pression au niveau de la mer (pression de 1000 atmosphères) D'autre part la température n'y dépasse pas les 2° C et la lumière est totalement absente.

La plupart des espèces se développent à un pH neutre (voisin de 7). Certaines bactéries ont cependant une croissance optimale à un pH de 0,7, une acidité qui nous brûlerait instantanément, alors que d'autres s'épanouissent dans des lacs de soude où le pH est proche de 10.

Au niveau des dorsales océaniques, par 3000 m de fond, l'eau pénètre en profondeur jusqu'au contact des roches brûlantes du plancher océanique et ressort de la roche sous forme de sources extrêmement chaudes pouvant atteindre 350° C.

Dans ces conditions extrêmes (pression élevée, absence de lumière, température élevée) une vie luxuriante s'est développée autour de structures particulières que l'on appelle les fumeurs noirs.

La bactérie, *Deinococcus radiodurans* résiste à des rayonnements ionisants, aux UV, à la sécheresse...

Le lac Vostok situé sous la calotte glaciaire de l'Antarctique n'est pas un lac comme les autres.

Isolé de l'extérieur par 4000 m de glaces dont la température n'a jamais dépassé les -50°C, les eaux du lac Vostok n'ont pas vu la lumière depuis des milliers d'années.

Des équipes de chercheurs ont foré la glace sur plus de 3000 mètres et pénétré la couche d'eau du lac qui a gelé.

L'étude de ces carottes de glace a livré quelques surprises.

En effet aucune trace de micro-organismes vivant dans les milieux froids mais des traces de bactérie thermophiles que l'on trouve habituellement dans les sources d'eau chaude comme dans le parc du Yellowstone aux USA.

L'eau du lac ne dépasse pas 2,5 °C. Comment expliquer la présence de bactéries de sources d'eau chaudes ?

Le fond du lac présenterait des failles dont la profondeur pourrait atteindre plusieurs km. Dans ces failles, la température de l'eau augmenterait rapidement.

Document 6 De la vie sur Europe ?

Europe, lune de Jupiter est situé à 5 UA du Soleil.

La mission Voyager a mis en évidence que ce satellite était entièrement recouvert de glaces soumises à une température de -160°C. Les photographies ont montré que la glace était parsemée de fractures.

L'absence de cratères incite les scientifiques à penser que la surface d'Europe est renouvelée en permanence.

Les modèles actuels penchent en faveur d'une couche de glace de 10 km d'épaisseur sous laquelle se trouverait un océan d'eau salée d'une centaine de km de profondeur en contact avec la roche.

La pression à cette profondeur (compte-tenu de la gravité plus faible sur Europe que sur Terre) serait de 1000 atmosphères.

La chaleur nécessaire pour maintenir de l'eau liquide serait apportée par de fortes marées liées à la proximité de Jupiter.

Cette forte énergie de marée est-elle suffisante pour faire fondre les silicates et obtenir un magma ?

Cette question a son importance car la présence d'un magma pourrait générer une activité hydrothermale.

La mission Europa-Explorer pourrait apporter des éléments de réponse. En effet, une sonde devrait être envoyée dans l'espace en 2015. Cette sonde se placerait en orbite autour d'Europe en 2023...D'ici là toutes les hypothèses sont permises.

Document 7 Les geysers d'Encelade.

La mission Cassini-Huygens a mis en évidence à la surface d'Encelade (un satellite de Saturne) l'existence de geysers de glace et de vapeur d'eau dont l'origine intrigue les scientifiques.

Ces panaches seraient dus à la présence en profondeur d'eau liquide. Cela supposerait également la présence d'une source de chaleur permettant le maintien de cet état liquide.

Par ailleurs, on a également détecté dans ces panaches, la présence d'éléments organiques.

- 5 Pourquoi la vie dans les milieux extrêmes intéresse-t-elle les exobiologistes ?
- 2 La recherche d'une éventuelle vie sur Europe vous semble-t-elle justifiée. Argumentez en utilisant l'ensemble des documents mis à votre disposition.
- 3 Une vie sur Encelade vous semble-t-elle possible ? Argumentez votre réponse.

À retenir

Les découvertes réalisées ces dernières années sur la planète Terre ouvrent de nouvelles perspectives. En effet le vivant a colonisé des zones extrêmes : fortes pressions, température très élevées ou très basses, absence de lumière, forte salinité. Des conditions que l'on peut retrouver ailleurs dans le système solaire. Ainsi les conditions régnant sur le satellite Europe ne sont pas sans rappeler celles du lac subglaciaire de Vostok. Si aucune trace de vie n'a été à ce jour détectée sur ces satellites, les éléments mis en évidence par les scientifiques sont suffisamment convaincants pour susciter des programmes de recherche.

B

À la recherche des exoplanètes

Notre galaxie est constituée de plus de 200 milliards d'étoiles. Autour de ces étoiles gravitent des planètes.

Il semble donc légitime de poursuivre la recherche d'une éventuelle vie en dehors du seul système solaire.

Les planètes géantes gazeuses ne semblant pas être en mesure d'abriter la vie, les recherches se limitent aux planètes rocheuses.

À ce jour, plus de 400 exoplanètes ont été recensées. Sur combien d'entre elles la vie a-t-elle élu domicile ?

Activité 3 Raisonner. Adopter une démarche explicative

En 2007, deux exoplanètes ont été découvertes autour de l'étoile Gliese 581 à 20,5 années lumières¹ du système solaire

L'une de ces exoplanètes a été nommée Gliese 581c et l'autre Gliese 581d.

La masse de Gliese 581c serait d'environ 5 fois celle de la terre et son diamètre est estimé à 19000 km.

Elle orbite à 10 millions de km de son étoile (en 13 jours environ).

Gliese 581d est plus massive (8 fois la masse terrestre) et orbite à 37 millions de km de son étoile en 67 jours. Son diamètre est estimé à 25000 km environ.

Gliese 581 est une étoile qui appartient à la catégorie des naines rouges.

Les naines rouges sont des étoiles moins massives que notre Soleil, et par conséquent moins lumineuses. Il s'agit également du type d'étoile le plus répandu dans notre environnement : sur les cent plus proches étoiles, 80 sont de type naine rouge.

Les astronomes estiment que la zone habitable autour de Gliese 581 commencerait entre 0,08 et 0,11 ua et s'achèverait entre 0,2 et 0,3 ua.

① Dans le système solaire, les scientifiques estiment que la zone d'habitabilité est comprise entre 0,95 ua et 1,5 ua.

Pourquoi une telle différence entre la zone d'habitabilité dans le système solaire et autour de Gliese ?

② Un chercheur confie « *pour élaborer un modèle permettant de calculer la zone d'habitabilité autour d'une étoile, une inconnue persiste : l'influence des nuages* »

En utilisant les connaissances acquises au cours du chapitre précédent, expliquez les propos du chercheur.

③ Les deux exoplanètes découvertes sont-elles telluriques ou gazeuses ? Justifiez votre réponse.

④ Ces planètes pourraient-elles posséder de l'eau liquide ? Justifiez votre réponse.

À retenir

La proportion de planètes tellurique détectées en dehors du système solaire, indique d'ores et déjà que les planètes de type terrestre sont très nombreuses à graviter autour de leur étoile. La voie lactée étant constituée de milliards d'étoiles, on peut estimer qu'il y a des milliards de planètes ressemblant à la Terre. Comme on l'a compris au cours de ces deux chapitres, pour qu'il y ait de l'eau liquide et donc une présence de vie possible, plusieurs conditions doivent être remplies : la planète doit être située dans la zone d'habitabilité de l'étoile et posséder une atmosphère épaisse ; l'effet de serre ne doit cependant pas être trop fort (comme sur Vénus) ou trop faible (comme sur Mars).

1. Une année-lumière vaut 63 241,077 ua

Bilan du chapitre

Si à ce jour, aucune vie ou trace d'une vie passée n'a été mise en évidence dans le système solaire, Europe ou Encelade ou bien encore Titan pourraient présenter des conditions ayant permis le développement de la vie. Les années qui viennent devraient apporter des réponses à ces questions.

Quoiqu'il en soit, la vie diverse et variée tel que nous la connaissons sur Terre demeure une exception au sein du système solaire

La recherche de planètes telluriques à l'extérieur du système solaire ne fait que commencer et il est encore trop tôt pour indiquer si certaines de ces planètes sont susceptibles d'abriter la vie.

3

Synthèse de la séquence

Que retenir de ce bref voyage dans le système solaire ?

Chaque objet du système solaire est finalement singulier et possède des caractéristiques que l'on sait en partie expliquer.

Les objets du système solaire ne sont pas figés mais évoluent.

La vie s'est installée et diversifiée sur Terre occupant même les endroits les plus inhospitaliers. Cette présence étonne et interroge.

Nous savons maintenant que cette présence doit être reliée aux caractéristiques physiques et chimiques de la planète Terre : la distance au soleil, la masse de la planète, la présence d'une atmosphère épaisse et originale engendrant un effet de serre modéré.

Ces facteurs permettent l'existence d'eau liquide, condition nécessaire à la vie.

Il ne faut surtout pas en conclure que toutes ces conditions ont été réunies afin que la vie puisse se développer mais que ces conditions ont été favorables à l'apparition et au maintien de la vie.

Vie dont on cherche la présence ou la trace ailleurs dans le système solaire et que l'on cherchera bientôt sur des exoplanètes.

L'énergie du soleil provient des réactions thermonucléaires transformant l'hydrogène en hélium.

Les scientifiques nous apprennent que les étoiles également évoluent. La luminosité du soleil a ainsi augmenté de 27 % environ depuis 4,5 milliards d'années et celle-ci continuera à augmenter au même rythme.

Quelles seront alors dans un milliard d'années les conditions régnant à la surface de la terre ? Y aura-t-il toujours de l'eau liquide ?

Ultime argument situant la Terre dans un ensemble plus vaste qu'est le système solaire et montrant les relations complexes qu'entretiennent entre eux les différents facteurs.

4

Exercices

Exercice 1 Restituer des connaissances sous forme de schéma fonctionnel

Après avoir recopié les éléments figurant dans les rectangles, vous les relierez par des flèches (→). Ces flèches matérialisent une relation cause-conséquence.

Masse importante

Apparition et maintien de la vie

Distance Terre -soleil

Présence d'une atmosphère dense.

Effet de serre modéré

Température en moyenne positive

Présence d'eau liquide

Point-méthode : Réaliser un schéma fonctionnel.

Le schéma est une reconstruction qui permet de mettre en évidence des éléments essentiels et leurs relations : on peut utiliser des couleurs, des flèches. Le schéma est donc une représentation codée.

Exercice 2 Raisonner : saisir des données en relation avec le sujet. Adapter une démarche explicative.

► Le problème scientifique à résoudre.

Les scientifiques estiment qu'à l'origine, les atmosphères de Vénus, de la Terre et Mars se ressemblaient. Pourtant aujourd'hui, l'atmosphère terrestre est originale et très différente de celles de Vénus et Mars.

On se propose de comprendre quelques mécanismes à l'origine de cette évolution.

Document 1

Composition de l'atmosphère de Vénus, de Mars et de la Terre en %. (Seuls quelques gaz sont représentés).

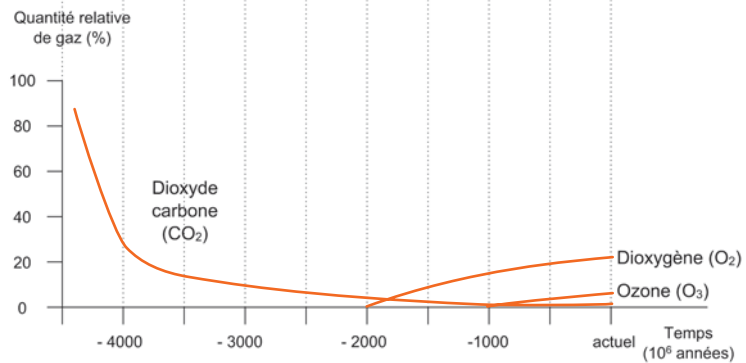
Gaz	Vénus	Mars	Terre
Dioxyde de carbone	96	95	0,03
Diazote	3,5	2,8	78
Dioxygène	0	0	21
Ozone	0	0	0,07

Document 2 Relation entre l'évolution de la composition de l'atmosphère et le vivant.

Évolution de la vie depuis la formation de la Terre



Évolution des gaz atmosphériques depuis la formation de la Terre



Document 3 L'ozone protège le vivant

L'ozone (O₃) est un gaz qui se forme dans la haute atmosphère par action des rayons UV sur le dioxygène.

L'ozone absorbe les rayons UV de très courte longueur d'onde émis par le soleil.

Or ces rayons UV ont un effet nocif sur le vivant. L'ozone protège donc la vie à la surface émergée des continents.

Document 4 L'eau liquide et le CO₂

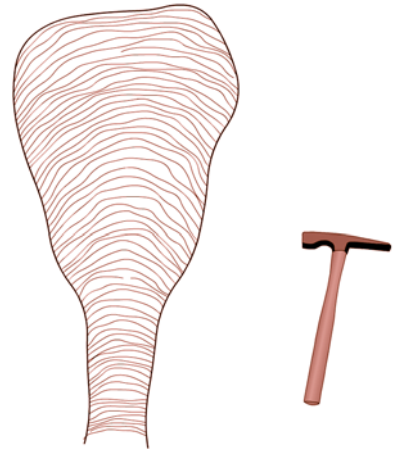
Le CO₂, très abondant dans la jeune atmosphère de la jeune planète, s'est peu à peu dissous dans la mer. En y réagissant avec le calcium des roches primitives il a formé du carbonate de calcium qui s'est déposé au fond des océans, formant une nouvelle roche, le calcaire.

Document 5 Les stromatolithes attestent de la présence de la vie il y a 3500 Ma

Les formations sédimentaires de North Pole dans l'ouest de l'Australie permettent de remonter le temps. On trouve dans ces roches sédimentaires marines des traces fossilisées d'une activité biologique, les stromatolithes. Les scientifiques estiment que ces stromatolithes sont âgés de 3500Ma.

De nos jours, dans les eaux peu profondes de la baie des requins (Shark Bay, Australie), il est possible d'observer des stromatolithes. Ce sont des dépôts calcaires réalisés par des bactéries photosynthétiques, les cyanobactéries.

Ces êtres vivants utilisent du CO_2 pour fabriquer leur matière organique. Ce phénomène nommé photosynthèse libère de l' O_2 .



Stromatolithe en coupe

Chaque ligne est une couche de bactéries dont l'activité photosynthétique s'est accompagnée de la production d'une couche de roche. Le marteau est là pour l'échelle.

Questions



- 1 Décrivez les variations de CO_2 , O_2 et O_3 depuis la formation de la planète Terre.
- 2 À partir de vos connaissances et des documents mis à votre disposition, expliquez l'évolution de la composition de l'atmosphère terrestre.
- 3 Comparez les dates d'apparition des végétaux et des animaux en milieu terrestre et marin. Que constatez-vous ? Proposez une explication.
- 4 En utilisant vos connaissances, indiquez l'évolution probable de la température sur Terre au cours des deux premiers milliards d'années. Justifier votre réponse.

Aide à la réalisation

- ▶ Expliquer l'évolution du taux de CO_2 , c'est-à-dire rechercher les facteurs à l'origine de cette évolution ;
- ▶ Expliquer l'évolution du taux d' O_2 et d' O_3 .
 - Pour cela, établir une relation entre ces gaz et l'apparition du vivant ;
 - Formuler un problème relatif à l'apparition de l' O_2 .

Point-méthode : Rédiger une conclusion

La conclusion doit répondre au problème posé au début de l'activité.

- 5 Rédigez une conclusion.

L'étude des différents documents vous a permis d'établir des relations vous permettant de comprendre l'évolution de l'atmosphère terrestre.

Ce sont ces relations qu'il faut décrire dans la conclusion. ■