

ÉVALUATION CORRECTION MLH, AB et Yohan Atlan © www.vecteurbac.fr	
CLASSE : Première VOIE : ☒ Générale DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1h12 Sujet 2024 avec maths n°ENSSCIMAT123 et n°ENSSCIMAT133	ENSEIGNEMENT : Enseignement scientifique avec enseignement de mathématiques spécifique CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui ☐ Non DICTIONNAIRE AUTORISÉ : ☐ Oui ☒ Non

Le paradoxe du Soleil pâle

Exercice au choix sur 12 points

Thème « *Le Soleil, notre source d'énergie* »

Partie 1 – Caractérisation du Soleil jeune

1-

Le Soleil ne brillait qu'à 70 % de son intensité actuelle. Actuellement, la puissance surfacique moyenne du rayonnement solaire arrivant à la surface de l'atmosphère terrestre est de $340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

$$P_{S,4m} = \frac{70}{100} \times P_{S,actu}$$

$$P_{S,4m} = \frac{70}{100} \times 340$$

$$P_{S,4m} = 238 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Ainsi, la puissance surfacique moyenne solaire qui atteignait la surface de l'atmosphère terrestre il y a 4 milliards d'années était d'environ $240 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

2-

$$P = \sigma \times T^4$$

$$\sigma \times T^4 = P$$

$$T^4 = \frac{P}{\sigma}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma}}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{240}{5,67 \times 10^{-8}}}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{240}{5,67 \times 10^{-8}}}$$

$$T = 255 \text{ K}$$

Or

$$T = \theta + 273$$

$$\theta + 273 = T$$

$$\theta = T - 273$$

$$\theta = 255 - 273$$

$$\theta = -18^\circ \text{C}$$

Ainsi, en première approximation, la température de la Terre aurait dû être d'environ -18°C il y a 4 milliards d'années.

3-

D'après l'énoncé, Il y a 4 milliards d'années, le Soleil ne brillait qu'à 70 % de son intensité actuelle.

La température de l'étoile était alors de 5500 kelvins (K).

Rapport de la luminosité d'une étoile sur la luminosité actuelle du Soleil	Température de l'étoile en kelvins (K)
1,7	6000
1	5800
0,7	5500
0,07	4000

A l'aide de la loi de Wien, calculons la longueur d'onde d'intensité maximale du Soleil il y a 4 milliards d'années :

$$\lambda_{\max,4m} = \frac{k}{T_{4m}}$$

$$\lambda_{\max,4m} = \frac{2,99 \times 10^{-3}}{5500}$$

$$\lambda_{\max,4m} = 5,44 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_{\max,4m} = 544 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda_{\max,4m} = 544 \text{ nm}$$

Il y a 4 milliards d'années, la longueur d'onde d'intensité maximale du Soleil était $\lambda_{\max} = 544 \text{ nm}$.

4-

Calculons la longueur d'onde d'intensité maximale du Soleil actuellement

$$\lambda_{\max,ac} = \frac{k}{T_{ac}}$$

$$\lambda_{\max,ac} = \frac{2,99 \times 10^{-3}}{5800}$$

$$\lambda_{\max,ac} = 5,16 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_{\max,ac} = 516 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda_{\max,ac} = 516 \text{ nm}$$

Rapport de la luminosité d'une étoile sur la luminosité actuelle du Soleil	Température de l'étoile en kelvins (K)
1,7	6000
1	5800
0,7	5500
0,07	4000

$$\lambda_{\max,ac} < \lambda_{\max,4m}$$

Ainsi, la longueur d'onde d'intensité maximale du Soleil actuellement est inférieure à la longueur d'onde d'intensité maximale du Soleil il y a 4 milliards d'années.

Partie 2 – Première proposition d'explication du paradoxe

5-

La température calculée dans la partie 1 ne tient compte que du rayonnement reçu par la Terre en provenance du Soleil. Dans le document 5, présentant le bilan radiatif de la Terre, nous observons que la partie solide de la Terre et l'atmosphère jouent un rôle différencié. En effet, une partie du rayonnement solaire absorbé par la Terre est réémise par celle-ci sous forme d'infrarouges (IR) vers l'espace, mais aussi par la basse atmosphère qui l'absorbe.

Le document 4 nous indique que l'atmosphère terrestre, il y a 4 milliards d'années, contenait beaucoup plus de CO_2 (la pression partielle était 1000 à 2000 fois plus grande). Nous savons que le CO_2 est un gaz à effet de serre qui piège la chaleur émise par la Terre dans l'atmosphère, favorisant ainsi un réchauffement global. La présence importante de CO_2 permet donc à l'atmosphère de ne pas avoir une température trop faible, ce qui peut permettre la présence d'eau liquide.

Partie 3 – Seconde proposition d'explication du paradoxe

6-

L'albédo est une grandeur physique sans unité. Compris entre 0 et 1, il caractérise l'aptitude d'une surface à réfléchir le rayonnement qui lui parvient.

On le calcule en faisant le rapport entre la puissance réfléchie et la puissance incidente.

7-

Surface	Océan	Forêt	Nuages	Sable	Neige
Albédo	0,05 – 0,10	0,05 – 0,10	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3	0,8 – 0,9

Albédo moyen terrestre actuel : $\alpha = 0,3$

Albédo moyen terrestre estimé à l'époque du Soleil jeune (4 milliards d'années) :

$$\alpha = 0,05$$

Le document 6 nous indique que l'albédo de l'océan est compris entre 0,05 et 0,1. Comme on considère que la Terre est quasiment intégralement recouverte par un océan, il est normal que l'albédo soit compris entre les valeurs habituelles pour l'océan, et il s'avère qu'il est estimé à la valeur basse.

Cela suppose que le rayonnement solaire arrive jusqu'à la surface de l'océan et ne soit pas intercepté par la couverture nuageuse. Il a donc été fait l'hypothèse qu'il n'y a pas beaucoup de nuages. Moins il y a de nuages, plus l'albédo est faible, d'où le choix de la valeur basse.

8-

L'albédo de la Terre était très faible, c'est-à-dire que la puissance réfléchie était faible et que la chaleur emmagasinée sur la Terre était importante, ce qui faisait monter la température globale et permettait d'avoir de l'eau liquide. En fait, l'albédo faible compensait la puissance solaire incidente plus faible.

9-

La démarche scientifique est la suite d'étapes qu'utilisent les chercheurs pour trouver la solution à une problématique posée. Ici, la problématique est, d'une part, l'évidence de preuves indiquant la présence de vie sur Terre il y a 4 milliards d'années, ce qui suppose l'existence d'eau liquide et donc une température de plus de 0°C, une information venant des paléontologues. D'autre part, il y a l'information venant des astronomes indiquant que le Soleil était plus faible. Ces deux informations sont apparemment « contradictoires », il faut donc trouver « le chaînon » manquant pour résoudre le paradoxe. Nous avons une problématique à résoudre.

Il faut donc commencer par émettre des hypothèses, c'est-à-dire ici des conditions favorables à la présence d'eau liquide. Soit :

- La composition de l'atmosphère (GES favorable au réchauffement)
- La composition de la surface terrestre (ici, on suppose qu'il y a des océans et donc de l'eau liquide)

Pour chacune de ces hypothèses, il est nécessaire, avec les connaissances que nous avons actuellement, de vérifier comment elles solutionnent le paradoxe (c'est ce qui est fait dans cet énoncé), puis de les valider en cherchant des informations dans les diverses branches de la science.

Comme nous le voyons, résoudre les paradoxes permet de valider par plusieurs moyens les connaissances que nous avons actuellement, quitte à les infirmer et à les modifier si elles ne s'avèrent pas justes. Cela fait donc partie intégrante de la démarche scientifique.