

Le paradoxe du Soleil pâle

Partie1. Caractérisation du Soleil jeune

1/Puissance surfacique moyenne il y a 4 milliards d'années.

L'énoncé indique qu'il y a 4 milliards d'années l'intensité du soleil n'était que de 70% de l'intensité actuelle donc :

$$P_{4m} = P_a \times 70\%$$

$$P_{4m} = 340 \times \frac{70}{100} = 238 \text{ W.m}^{-2} \approx 240 \text{ W.m}^{-2}$$

La puissance surfacique moyenne solaire qui atteignait la surface de l'atmosphère terrestre il y a 4 milliards d'années était bien d'environ 240 W.m⁻²

2. Température de la terre il y a 4milliards d'années (première approximation)

En utilisant la loi de Stefan donnée par le document 1 nous avons

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

$$\Leftrightarrow T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma}} \text{ avec } T \text{ en Kelvin}$$

$$\Leftrightarrow \theta + 273 = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma}}$$

$$\Leftrightarrow \theta = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma}} - 273 \text{ avec } \theta \text{ en degré Celsius}$$

Application numérique :

$$\theta = \sqrt[4]{\frac{240}{5.67 \times 10^{-8}}} - 273$$

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

La température de la Terre il y a 4 milliards d'années aurait dû être d'environ -18°C

3/Longueur d'onde maximale du Soleil il y a 4 milliards d'années

En utilisant le tableau du document 2, nous savons que la température du Soleil était de 5500 K (puisque le rapport de luminosité était de 0.7 d'après l'énoncé)

En utilisant la loi de Wien nous pouvons faire le calcul :

$$\lambda_{\max} = \frac{k}{T} = \frac{2.99 \times 10^{-3}}{5500} = 544 \times 10^{-7} \text{ m} = 544 \text{ nm}$$

La longueur d'onde maximale était de 544nm

4/ Comparaison

Nous refaisons le calcul pour le Soleil actuel :

En utilisant le tableau du document 2, nous savons que la température du Soleil est de 5800 K (puisque le rapport de luminosité est de 1 par définition)

En utilisant la loi de Wien nous pouvons faire le calcul :

$$\lambda_{\max} = \frac{k}{T} = \frac{2.99 \times 10^{-3}}{5800} = 516 \times 10^{-7} \text{ m} = 516 \text{ nm} < 544 \text{ nm}$$

La longueur d'onde il y a 4 milliards d'années était plus grande (donc moins énergétique) qu'actuellement.

Partie2 Première proposition d'explication du paradoxe

5/Présence d'eau liquide

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 réémis par la Terre sous forme d'IR vers l'espace mais aussi par la basse l'atmosphère qui l'absorbe.

Le document 4 nous indique que l'atmosphère terrestre, il y a 4 milliards d'années contenait beaucoup plus de CO₂ (la pression partielle est 1000 à 2000 fois plus grande).

Nous savons que le CO₂ est un gaz à effet de serre qui piège la chaleur émise par la terre dans l'atmosphère favorisant un réchauffement global.

La présence importante de CO₂ permet donc à l'atmosphère de ne pas avoir une température trop faible, il peut donc y avoir de l'eau liquide.

Partie3. Seconde proposition d'explication du paradoxe.

6/ Définition de l'albédo

L'albédo est une grandeur physique sans unité. Compris entre 0 et 1, il caractérise l'aptitude d'une surface (solide, liquide ou gazeuse) à réfléchir le rayonnement qui lui parvient. On le calcule en faisant le rapport entre la puissance réfléchie et la puissance incidente.

7/valeur d'albédo.

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 habituelle pour l'océan, 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 nuage plus l'albédo est faible d'où le choix de la valeur basse.

8/ Présence d'eau liquide

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 importante faisant monter la température globale ce qui permet d'avoir de l'eau liquide. En fait l'albédo faible compense la puissance solaire incidente plus faible.

9/ La démarche scientifique

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'année, ce qui suppose l'existence d'eau liquide et donc une température de plus de 0°C information venant des paléontologues D'autre part, l'information venant des astronomes indiquant que le Soleil était plus faible. Les deux informations sont « contradictoires » en apparence, 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 d'entre elles, 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 il faut les **valider** en cherchant les informations dans les diverses branches de la science.

Comme nous le voyons résoudre les paradoxes permettent 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.**