

Ex N°1/ Seul sur Mars



En 2035, lors d'une expédition de la mission *Ares III* sur Mars, l'astronaute Mark Watney est laissé pour mort par ses coéquipiers, une tempête les ayant obligés à décoller de la planète en urgence.

Le lendemain, Mark Watney, qui n'est que blessé, se réveille et découvre qu'il est seul sur Mars.

Pour survivre, il décide de cultiver des pommes de terre sous le dôme de la base, en utilisant le sol martien fertilisé avec les excréments de l'équipage, de l'eau et l'énergie solaire.

Source : <http://www.allocine.fr/film/fichefilm-221524/dvd-blu-ray/?cproduct=443240>

Partie 1. Puissance rayonnée par le Soleil

Le Soleil, d'une masse totale de $2,0 \times 10^{30}$ kg, est l'étoile du système solaire. Il est composé majoritairement d'atomes d'hydrogène H et d'atomes d'hélium He. Autour de lui gravitent la Terre et d'autres planètes comme Mars. La puissance rayonnée par le Soleil est voisine de $3,9 \times 10^{26}$ W.

Document 1. Réaction nucléaire de synthèse de l'hélium à partir de l'hydrogène dans le Soleil

Sous l'effet de la température suffisamment élevée existant au cœur du Soleil, quatre atomes d'hydrogène peuvent réagir pour former un atome d'hélium et deux électrons selon l'équation de la réaction nucléaire simplifiée, dans laquelle ${}_{-1}^0\text{e}$ représente un électron :



Cette réaction s'accompagne d'une perte de masse et donc d'un dégagement d'énergie.

1- Indiquer en le justifiant, si la formation de l'hélium dans le Soleil est une réaction de fusion ou de fission nucléaire.

2- À l'aide de la relation d'Einstein précisant l'équivalence masse-énergie, calculer en kilogramme la masse solaire perdue par seconde.

Donnée : vitesse de la lumière $c = 3,0 \times 10^8$ m·s⁻¹

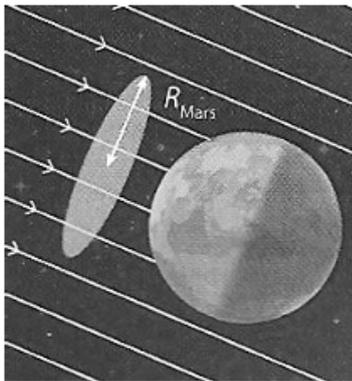
Partie 2. Puissance solaire reçue par Mars

La base martienne de la mission *Ares III* est alimentée en énergie par des panneaux solaires qui captent le rayonnement solaire arrivant sur le sol martien. On souhaite connaître la puissance reçue par ces panneaux solaires.

3- Sachant que la planète Mars est située à la distance $d_{M-S} = 2,3 \times 10^8$ km du Soleil, et à partir des données de la partie 1, calculer en $W \cdot m^{-2}$ la puissance par unité de surface traversant la sphère dont le centre est le Soleil et dont le rayon est d_{M-S} . Cette puissance par unité de surface appelée constante solaire de Mars et notée C_{Mars} .

Donnée : aire S d'une sphère de rayon d : $S = 4 \times \pi \times d^2$

Document 2. Schéma d'un disque recevant une puissance solaire égale à celle reçue par Mars



La puissance solaire reçue par Mars traverse un disque fictif de rayon R_{Mars} et se répartit ensuite sur toute la surface de la sphère martienne de rayon R_{Mars} . Celle-ci est en rotation sur elle-même.

On peut considérer que le disque fictif est situé à la même distance du Soleil que Mars.

Source : Daujean, C. D., & Guilleray, F. G. (2019). Le bilan radiatif terrestre. In Hatier (Éd.), Enseignement scientifique (p. 101). Paris, France: Hatier.

4- La puissance solaire moyenne reçue sur Mars par unité de surface est proche de $C_{Mars}/4$; sa valeur est voisine de $150 W \cdot m^{-2}$. Expliquer qualitativement pourquoi cette puissance moyenne par unité de surface est plus petite que C_{Mars} .

Ex N°2/ Energie solaire reçue par la Terre

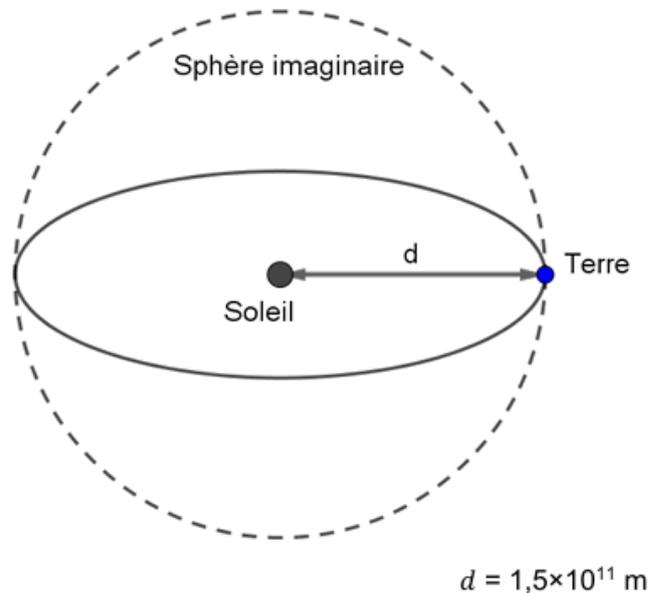
Document 2. Modélisation permettant le calcul de la puissance rayonnée.

À une distance donnée du Soleil, la totalité de la puissance émise par le Soleil se trouve uniformément répartie sur une sphère de rayon égal à cette distance.

Sur le schéma ci-contre, la Terre et le Soleil ne sont pas représentés à l'échelle.

On rappelle que :

l'aire d'une sphère de rayon d est $S = 4\pi d^2$ et que l'aire d'un disque de rayon R est $S_{\text{disque}} = \pi R^2$.



2- Le rayonnement solaire met en moyenne 500 s à nous parvenir depuis le Soleil. Montrer que la distance moyenne Soleil-Terre est $d = 1,5 \times 10^{11}$ m.

3- La constante solaire exprime la puissance émise par le Soleil que recevrait un mètre carré de la surface terrestre exposé directement aux rayons du Soleil si l'atmosphère terrestre n'existait pas, la surface étant perpendiculaire aux rayons solaires. Elle varie au cours de l'année. Sa moyenne annuelle est de $1\,370 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

En s'appuyant sur le document 2 et la valeur de la constante solaire, calculer la puissance totale rayonnée par le Soleil.

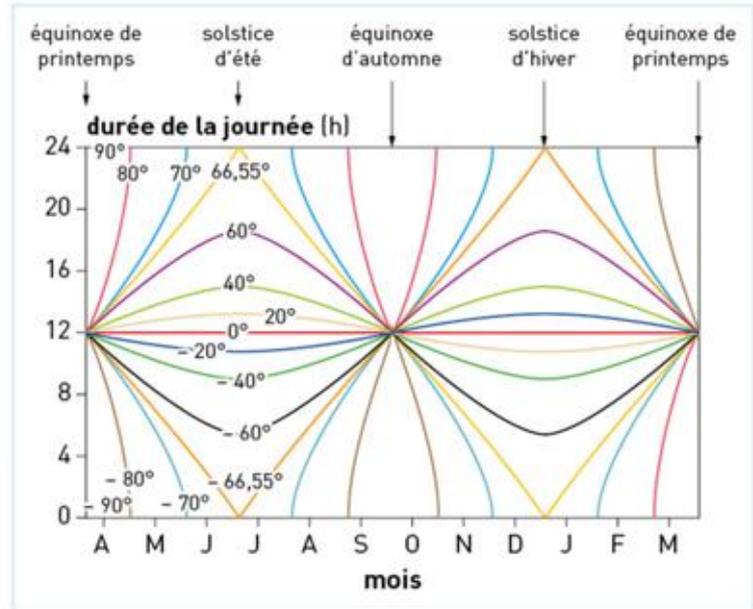
4 - La Terre intercepte le rayonnement solaire sur une surface correspondant à un disque de rayon $R = 6\,400$ km. Calculer l'aire de cette surface, exprimée en m^2 .

5 - Montrer par le calcul que la puissance solaire reçue par la Terre (en dehors de l'atmosphère) d'après ce modèle est voisine de $1,77 \times 10^{17}$ W.

6- Expliquer pourquoi la puissance solaire reçue par unité de surface terrestre n'est pas uniforme à la surface de la Terre. Il est recommandé de s'appuyer sur un schéma.

Ex N°3/ Soleil de minuit

Le graphique ci-dessus représente la variation de la durée de la journée entre le lever et le coucher du Soleil sur une année pour différentes latitudes sur le globe.



1/ Les villes de Pékin, Madrid et Denver ont une latitude de 40°.

- Comment varie la durée de la journée dans ces villes au cours de l'année ?
- À quelle date ces villes connaissent-elles leur journée la plus longue ? la plus courte ?
- Proposer une définition des mots équinoxe et solstice.

2/ Quelle zone du globe a la particularité de présenter des journées et des nuits d'égales durées ?

3/ Le cercle arctique se trouve à la latitude 66,55°. Quelles sont les particularités des durées des journées d'été et d'hiver à partir de cette limite ?

Ex N°4/ Vénus, Mars et la Terre

Vénus, Mars et la Terre sont des planètes telluriques assez proches les unes des autres dans le système solaire.

Les documents donnent, pour chaque planète, l'angle d'inclinaison de son axe de rotation par rapport à l'écliptique et les moyennes mensuelles des températures de surface en degré (°C), relevées dans des conditions proches.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vénus	462	460	463	462	464	461	462	460	465	462	465	463
Terre	5	8	11	14	16	22	25	24	20	16	11	6
Mars	-49	-41	-40	-38	-36	-35	-36	-36	-42	-49	-54	-57



1/ Que peut-on dire de la température de surface de Vénus ?

2/

- Sur un graphique, représenter les variations annuelles de la température de Mars et de la Terre.
- Calculer la moyenne des températures sur une année pour chaque planète.

3/

- Rappeler la cause de l'existence des saisons sur Terre.
- En analysant le graphique précédent et le schéma dessus, prévoir si des saisons existent aussi sur Vénus et sur Mars.