

TEST PRATIQUE : LE SOLEIL, UNE SOURCE D'ÉNERGIE UNIQUE POUR LE SYSTÈME SOLAIRE

Dans l'éventualité d'une mission habitée sur Mars, le soleil apparaît comme la source d'énergie accessible de manière immédiate. La planète est plus éloignée du soleil que la terre et reçoit donc moins d'énergie. **Nous cherchons donc à déterminer la surface de panneaux solaires à déployer à la surface de Mars dans le cadre d'une mission de colonisation pérenne.**

PREMIÈRE PARTIE : Mesure de la constante solaire.

La constante solaire exprime la quantité d'énergie solaire que recevrait une surface de 1m^2 située à une distance de 1 unité astronomique (distance moyenne Terre-Soleil) et exposée perpendiculairement aux rayons du Soleil, en l'absence d'atmosphère. Pour la Terre c'est donc le flux énergétique au sommet de l'atmosphère. Il s'exprime en watt par mètre carré ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$).

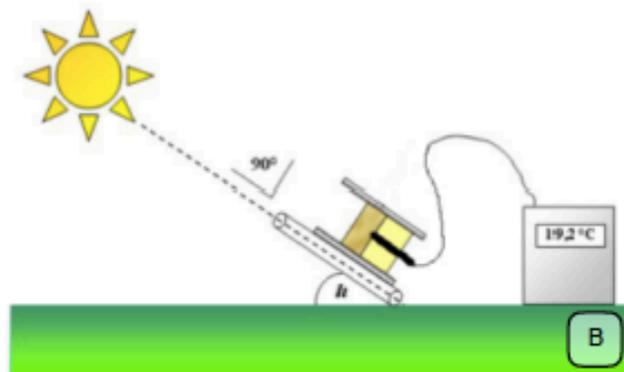


FIGURE 1: *Measuring of the solar constant.*

(A) *The measuring device. It consists of a set of supports (1) with a bracket, clamps and nuts; a calorimeter (2) - an assemblage of a PVC tube, insulating foam and a brass or steel mass (3) that can be heated by the sun; a digital thermometer (4) to measure the temperature during the experiment. Note : You will use your own IESO exam board as an inclinometer, a timer and a calculator (provided).*

(B) *Principle behind the measurement of solar constant. In order to orient the surface of an object perpendicularly to the sun's rays, it is sufficient to place a sheet behind the object and orient the object to minimize its shadow.*

FIGURE 1 : *Mesure de la constante solaire.*

(A) *Dispositif de mesure. Il se compose d'un ensemble de supports (1) avec potence, pinces et noix ; d'un calorimètre (2) obtenu par assemblage d'un tube en PVC, de mousse isolante et d'une masse en laiton ou acier (3) pouvant chauffer au soleil ; d'un thermomètre numérique (4) permettant de mesurer la température au cours de l'expérimentation. A noter : vous utiliserez comme inclinomètre votre planche IESO, un chronomètre et une calculatrice fournis.*

(B) *Principe de mesure de la constante solaire. Afin d'orienter la surface d'un objet perpendiculairement aux rayons du Soleil, il suffit de placer une feuille derrière l'objet et d'orienter ce dernier afin de minimiser son ombre.*

Question 1 : Pour évaluer la constante solaire, on expose le calorimètre de manière à ce que la masse en laiton reçoive le maximum d'énergie. Comment doit-on orienter le dispositif ? choisir la réponse correcte .(Une seule réponse possible)

1-



2-



3-



4-





DEUXIEME PARTIE : Mesurer la constante solaire terrestre.

Instructions :

- Prendre connaissance du matériel à votre disposition (celui de la partie 1).
- Orienter le dispositif de manière à ce que la surface de la masse soit perpendiculaire aux rayons du soleil.
- Prendre connaissance de tous les paramètres nécessaires à la détermination de la constante solaire. Ils sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous.
- Mesurer l'angle que fait l'axe du dispositif avec l'horizontale. C'est la hauteur du soleil sur l'horizon.
- Démarrer l'expérience. Noter la température initiale. Au bout de 10 minutes, noter la température finale.
- Replacer le dispositif à l'ombre.

Après avoir réalisé l'expérience, remplir le tableau suivant (tableau 1)

Tableau 1: Paramètres expérimentaux nécessaires à la détermination de la constante solaire.

Paramètres	Symbole et unité	Valeur
Masse	M (kg)	
Diamètre de la masse	D (m)	
Capacité thermique massique	C_p (J.K⁻¹.kg⁻¹)	
Hauteur du soleil sur l'horizon	h (°)	
Température initiale	T_i (°C)	
Température finale	T_f (°C)	
Durée de l'acquisition	Δt (s)	

Nous avons réalisé nos mesures à la surface de la Terre. Or, la constante solaire est une valeur calculée en s'affranchissant de l'influence de l'atmosphère. Il faut donc appliquer un facteur de correction.

Autrement dit, pour toute valeur de puissance notée **P_d**, elle dépend de la valeur de la constante solaire **F** corrigée d'un terme correctif **cor** dépendant de l'épaisseur de l'atmosphère traversée et de ses propriétés de transparence. La relation s'écrit alors :

$$F = P_d \times cor \quad (a)$$

Hauteur du soleil h (°)	20	30	40	50	60	65
Ciel pur bleu	2,5	2	1,7	1,5	1,35	1,3
Ciel moyen	4,2	3,5	2,6	2,1	1,8	1,5
Ciel nuageux	5,3	4,3	3,2	2,5	2,2	2

TABLEAU 2 : Données pour la détermination du facteur **cor** en fonction de l'épaisseur de la couche d'atmosphère traversée et de sa transparence.

Question 2 : La constante solaire F est : (une seule réponse possible)

- 1- plus faible que ce qui est mesuré au sol et dépend des conditions météo.
- 2- plus faible que ce qui est mesuré au sol et ne dépend pas des conditions météo.
- 3- identique à ce qui est mesuré au sol et dépend des conditions météo.
- 4- plus grande que ce qui est mesuré au sol et ne dépend pas des conditions météo.
- 5- plus grande que ce qui est mesuré au sol et dépend des conditions météo.

Nous allons considérer notre montage comme sans défaut, ce qui n'est pas le cas. Les problèmes d'isolation sont par exemple un effet limitant la précision de nos données. Les valeurs qui seront obtenues seront en réalité inférieures aux valeurs obtenues à partir d'un dispositif plus précis.

Considérons donc que notre dispositif fonctionne ainsi :

$$E_{solaire} = M \times C_p \times \Delta \text{Température} \quad (b)$$

Rappelons la relation entre puissance et énergie :

$$E_{solaire} = P_{solaire} \times \Delta t \quad (c)$$

La puissance reçue par unité de surface **S** au niveau du sol **P_d** est liée à la puissance reçue **P_{solaire}** par la relation :

$$P_{solaire} = P_d \times S \quad (d)$$

Question 3 : La constante solaire F peut se calculer par la relation déduite des formules (a), (b), (c) et (d). Choisir la formule correcte parmi celles proposées ci-dessous: (une seule réponse possible).

- 1- $F = \frac{S \times \Delta t \times cor}{M \times C_p \times \Delta \text{Temperature}}$ car F augmente lorsque S augmente.
- 2- $F = \frac{S \times \Delta t}{M \times C_p \times \Delta \text{Temperature} \times cor}$ car lorsque S augmente, on capte plus d'énergie.
- 3- $F = \frac{M \times C_p \times \Delta \text{Temperature} \times cor}{S \times \Delta t}$, car F est proportionnel à la variation de température.
- 4- $F = \frac{M \times C_p \times \Delta \text{Temperature}}{S \times \Delta t \times cor}$, car F est inversement proportionnel au facteur correctif.

La surface d'un disque peut se calculer grâce à $S = \pi \times r^2$ avec S la surface en m^2 et r le rayon de la masse M. On rappelle que l'ordre de grandeur d'une valeur est la puissance de 10 la plus proche de la valeur. Par exemple 32, plus proche de 10 que de 100, a un ordre de grandeur de 10^1 , tandis que 74, plus proche de 100 que de 10, a un ordre de grandeur de 10^2 .

Question 4 : D'après vos mesures, la valeur de la constante solaire terrestre a donc un ordre de grandeur de :

- 1- 10^1 W.m^{-2} .
- 2- 10^2 W.m^{-2} .
- 3- 10^3 W.m^{-2} .
- 4- 10^4 W.m^{-2} .



TROISIEME PARTIE : Mesurer la constante solaire dans le système solaire.

Mesurer la constante solaire dans le système solaire revient à comprendre comment évolue ce paramètre en fonction de la distance au Soleil.

Instructions :

- Prendre connaissance du matériel à disposition.
- Le luxmètre peut se déplacer à l'intérieur du tube, vous pouvez lire la distance entre le luxmètre et la source lumineuse directement au niveau de l'indicateur de niveau.
- Mesurer l'intensité lumineuse pour différentes distances afin de pouvoir répondre à la question 5.

Question 5 : La constante solaire est ...: (une seule réponse possible)

- 1- proportionnelle à la distance au Soleil.
- 2- proportionnelle à la distance au Soleil au carré.
- 3- inversement proportionnelle à la racine carrée de la distance au Soleil.
- 4- inversement proportionnelle à la distance au Soleil.
- 5- inversement proportionnelle au carré de la distance au soleil.

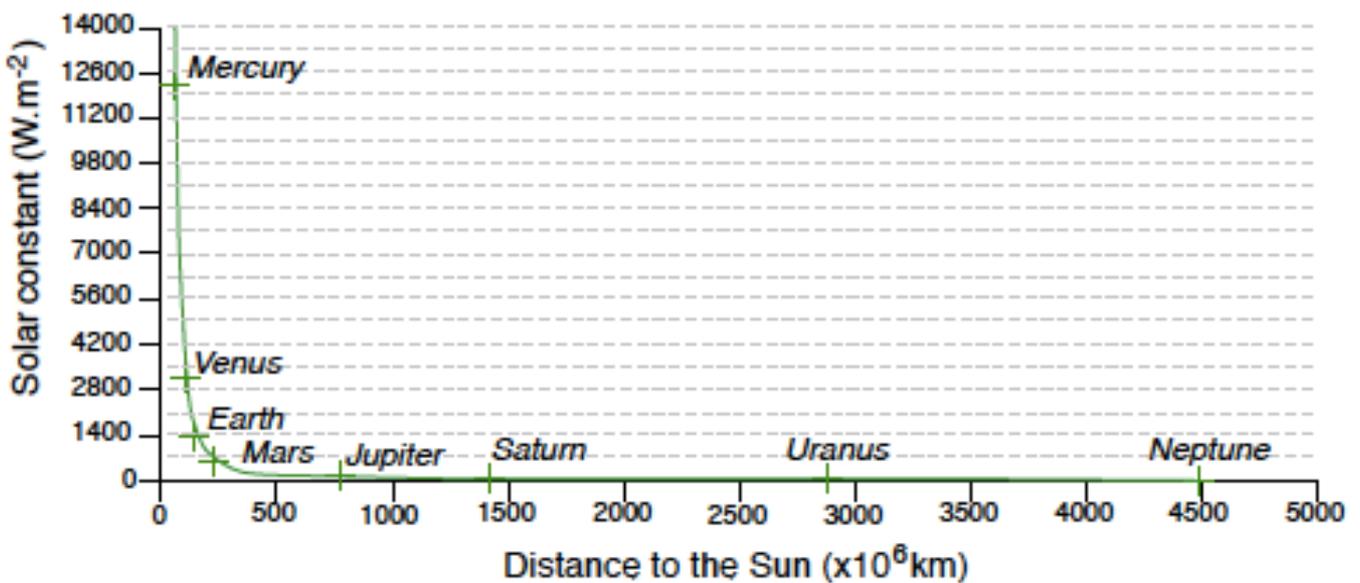


FIGURE 2 : Constante solaire en fonction de la distance au Soleil pour 8 planètes du système solaire.

Question 6 : La constante solaire... : (Une seule réponse possible)

- 1- vaut environ 700 W.m^{-2} sur Mars, soit entre 22% et 28% de la constante solaire sur Vénus.
- 2- est 2 fois plus importante sur Mars que sur la Terre.
- 3- est très faible pour les 4 planètes les plus éloignées.
- 4- est proportionnelle à la distance au Soleil.
- 5- est plus importante sur Saturne que sur Uranus car la première possède un volume plus important.

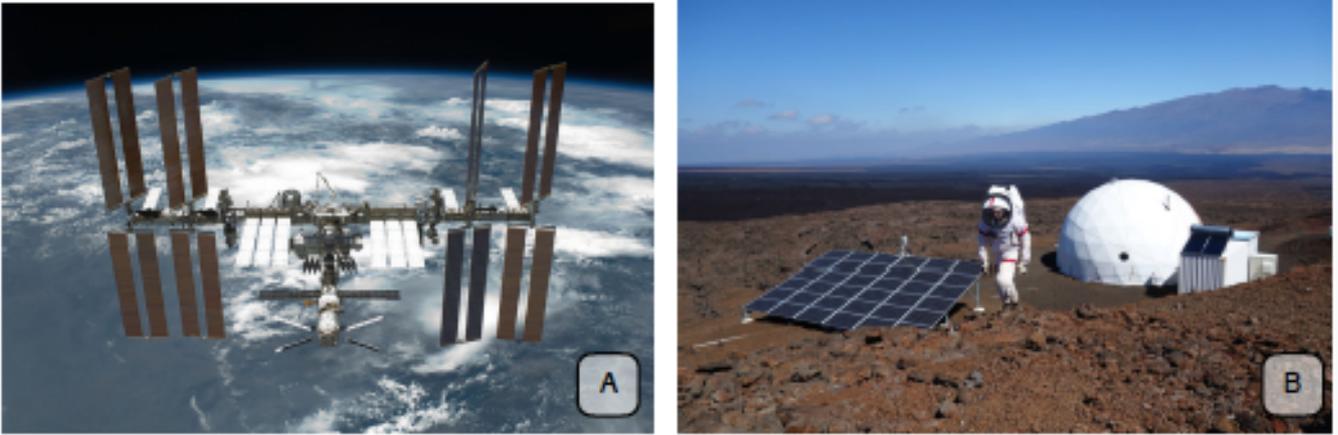


FIGURE 3 : (A) Photographie de la station spatiale internationale ISS placée en orbite terrestre. Pour des dimensions de $110 \times 74 \times 30$ (LxlxH en mètres) et une masse totale de 400 tonnes, son autonomie de fonctionnement est assurée par 8 générateurs solaires. Chacun se compose d'un mât entouré de deux surfaces de $32\text{m} \times 11\text{m}$ supportant les cellules photovoltaïques. (B) Dôme de simulation de vie sur Mars lors du programme HI-SEAS qui s'est déroulé sur les pentes du volcan Kilauea à Hawaii. Les conditions de vie et donc les besoins énergétiques pour la mise en autonomie (pressurisation et chauffage essentiellement) de ce module de colonisation de Mars sont similaires à ceux de la station ISS.

Question 7 : Au regard des informations des figures 2 et 3, combien de générateurs seraient nécessaires pour assurer l'autonomie d'une mission habitée sur Mars ?

- 1- environ 4.
- 2- environ 8.
- 3- environ 10.
- 4- environ 12.
- 5- environ 14.
- 6- environ 16.
- 7- environ 18.