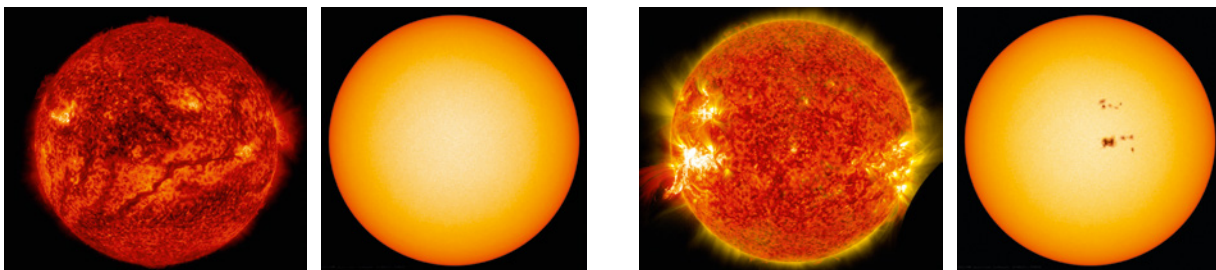


## 2 Bilan thermique Soleil/Terre/atmosphère

La présence de la vie sur Terre est tributaire du Soleil : le rayonnement solaire détermine la température du sol terrestre et par conséquent affecte aussi les principaux paramètres climatiques et météorologiques. Les équilibres sont complexes et font intervenir le Soleil, l'intérieur de la Terre, l'atmosphère et les océans.

### Doc. 1 Soleil

Les taches solaires observées en lumière visible lors de forte activité s'accompagnent dans l'ultraviolet d'une plus forte émission.



Ces images ont été prises simultanément en lumière ultraviolette (à gauche) et visible (à droite) par le satellite *Solar Dynamics Observatory*.

#### Données

- Rayon de la Terre :  $R_T = 6,4 \times 10^6$  m
  - Distance moyenne Soleil-Terre :  $D = 1,5 \times 10^{11}$  m
  - Masse de la Terre :  $M_T = 5,97 \times 10^{24}$  kg
  - Masse du Soleil :  $M_S = 1,99 \times 10^{30}$  kg
  - Surface d'une sphère de rayon  $R$  :  $S = 4 \pi \cdot R^2$
  - Expression de la loi de Stefan-Boltzmann :  $\varphi = \sigma \cdot T^4$
  - Constante de Stefan-Boltzmann :  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
  - Masse molaire de l'air :  $M_{\text{air}} = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
  - Expression de la loi de Wien :  $\lambda_{\text{max}} \cdot T_{\text{surface}} = b$
  - Constante de Wien :  $b = 2,90 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$
  - Rayon du Soleil :  $R_S = 6,96 \times 10^8$  m
  - Expression de la loi de Newton :  $\phi = h \cdot s \cdot (T - T_{\text{ext}})$
- $\phi$  : flux thermique échangé (W)  
 $h$  : coefficient de Newton ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ )  
 $s$  : surface d'échange ( $\text{m}^2$ )  
 $T$  et  $T_{\text{ext}}$  : température du système et extérieure (K)

#### Questions

##### 1. Absence d'atmosphère

Le Soleil émet un rayonnement électromagnétique à travers le vide interstellaire et la Terre en reçoit une partie.

- 1.1 Le Soleil est assimilé à un corps noir. Déterminer sa température de surface  $T_s$ , sachant qu'il émet un maximum d'intensité lumineuse pour  $\lambda_{\text{max}} = 0,503 \mu\text{m}$ .
- 1.2 Déterminer l'expression de la puissance électromagnétique totale  $P_t$  rayonnée par la surface du Soleil. Calculer sa valeur.

Soit  $\varphi_s$  la puissance surfacique moyenne reçue sur l'ensemble de la surface de la Terre. On estime que  $\varphi_s = 342 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . La Terre réfléchit une fraction  $\alpha = 0,34$  de l'énergie reçue du Soleil et absorbe le reste.

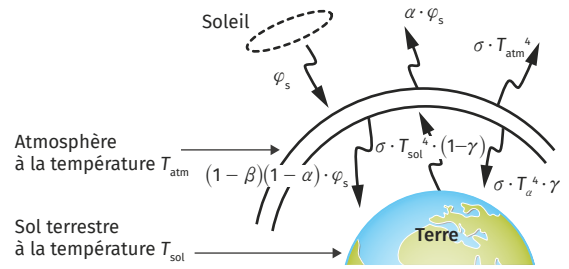
- 1.3 En supposant que la Terre se comporte comme un corps noir, calculer sa température  $T$ .

#### Coups de pouce

- 1.1 Utiliser la relation de Wien fournie pour déterminer la température de surface du Soleil.
- 1.2 Exprimer la surface d'une sphère et utiliser la loi de Stefan-Boltzmann pour exprimer  $P_t$ .
- 1.3 Déterminer le flux surfacique thermique moyen reçu par la Terre en tenant compte de toute la surface et de l'albédo. En déduire sa température en utilisant la loi de Stefan-Boltzmann.

**Doc. 2** Prise en compte de l'atmosphère

L'ensemble {sol + atmosphère} réfléchit la fraction  $\alpha$  du rayonnement solaire. L'atmosphère qui entoure la Terre absorbe la fraction  $\beta$  du rayonnement solaire non réfléchi et absorbe complètement le rayonnement de la Terre (on prendra  $\beta = 0,30$ ). La Terre absorbe la fraction  $1 - \beta$  du rayonnement solaire non réfléchi et absorbe une part  $\gamma$  du rayonnement de l'atmosphère qui n'est pas perdu dans l'espace (on prendra  $\gamma = 55\%$ ).

**Questions****2. Effet de serre**

On affine le modèle en tenant compte de l'atmosphère. Le sol et l'atmosphère sont considérés comme des corps noirs de températures  $T_{sol}$  et  $T_{atm}$ .

- 2.1** Faire les deux bilans thermiques correspondant aux deux systèmes {sol terrestre} et {atmosphère}, l'atmosphère rayonnant de ses deux faces.
- 2.2** Déterminer les deux températures  $T_{sol}$  et  $T_{atm}$ . Commenter en utilisant le terme d'effet de serre. Les paramètres climatiques dépendent aussi des échanges avec l'atmosphère et les océans.
- 2.3** Préciser quels sont les principaux modes de transferts thermiques mis en jeu.

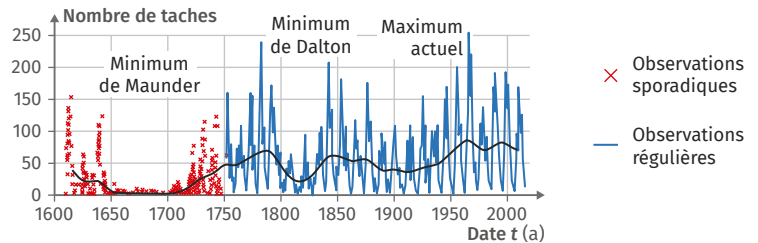
**Coups de pouce**

- 2.1** À partir du schéma, réaliser un bilan sur les flux surfaciques thermiques reçus et émis par les deux systèmes.
- 2.2** Isoler les températures  $T_{sol}$  et  $T_{atm}$  dans les deux bilans précédents pour les calculer. À l'aide des calculs et des résultats précédents de la question 3., justifier l'importance de l'effet de serre.
- 2.3** Rappeler les deux modes de transfert essentiels mis en jeu dans le bilan thermique de la surface de la Terre.

**Doc. 3** Minimum de Maunder

Le minimum de Maunder correspond à un déficit marqué du nombre de taches solaires [...]. Indépendamment de ces périodes de minimum apparaît très clairement une modulation du nombre de taches solaires, suivant le cycle solaire d'environ 11 ans.

D'après Wikipedia.org.

**Questions****3. Activité solaire**

Des considérations théoriques indiquent que toute variation de la puissance solaire  $\Delta P$  conduit à une variation de la température de surface  $\Delta T_{sol}$  telle que :

$$\frac{\Delta T_{sol}}{T_{sol}} = \frac{1}{4} \frac{\Delta P_t}{P_t}$$

On estime la variation maximale de l'activité solaire à environ 0,1 % de sa puissance totale.

- 3.1** Déterminer l'ordre de grandeur de la variation de température de surface de la Terre en raison de l'activité solaire. Commenter.

**Coups de pouce**

- 3.1** Utiliser la relation fournie en isolant  $\Delta T_{sol}$  et en estimant  $T_{sol}$  à partir des réponses précédentes.