

EXERCICE 1 : PARKER SOLAR PROBE (10 points)

Partie 1 - Les caractéristiques orbitales de la sonde

1.

1.1

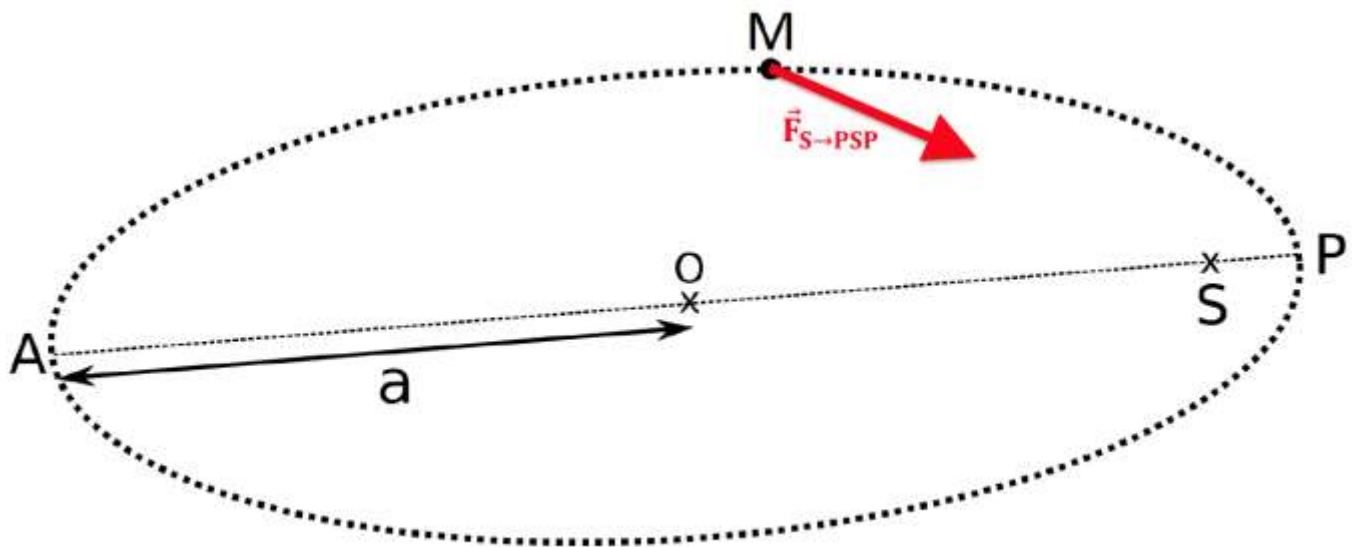


figure 7. Orbite elliptique de la sonde PSP en 2025

1.2

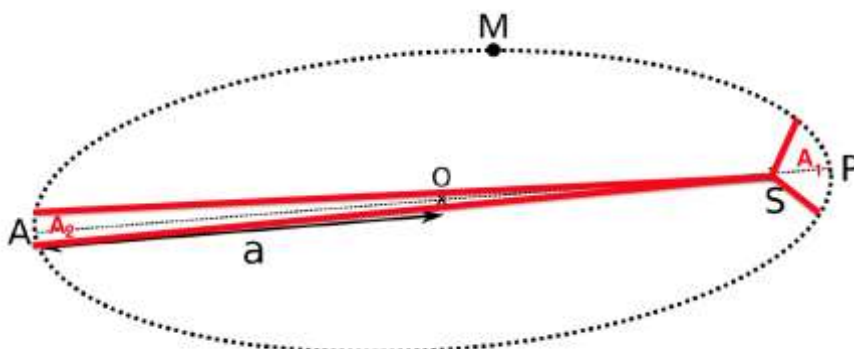
2^{ème} loi de Kepler : Le segment soleil planète balaie des aires égales au cours de durées égales

figure 7. Orbite elliptique de la sonde PSP en 2025

Pour que $A_1 = A_2$, il faut que

$$d_A < d_P$$

$$\frac{d_A}{\Delta t} < \frac{d_P}{\Delta t}$$

$$v_A < v_P$$

2.

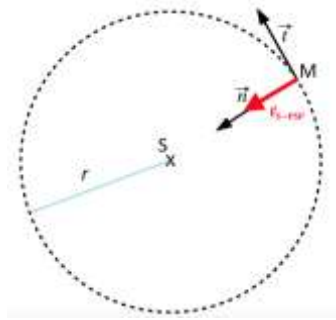
2.1

Système : sonde PSP

Référentiel : Héliocentrique galiléen

$$\begin{aligned}\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} &= m_{\text{PSP}} \times \vec{a} \\ \vec{F}_{S \rightarrow \text{PSP}} &= m_{\text{PSP}} \times \vec{a} \\ G \cdot \frac{m_{\text{PSP}} \times M_s}{r^2} \vec{n} &= m_{\text{PSP}} \times \vec{a}\end{aligned}$$

$$\vec{a} = G \cdot \frac{M_s}{r^2} \vec{n}$$



Pour un mouvement circulaire, dans la base de Frenet, le vecteur accélération est de la forme:

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{N} + \frac{dv}{dt} \vec{T}$$

L'accélération étant unique, par identification :

$$\frac{v^2}{r} = G \cdot \frac{M_s}{r^2} \text{ donc } v = \sqrt{G \cdot \frac{M_s}{r}}$$

2.2

$$\begin{aligned}v &= \sqrt{\frac{G \times M_s}{r}} \\ v &= \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 2,0 \times 10^{30}}{6,9 \times 10^9}} \\ v &= 1,4 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ v &= 1,4 \times 10^2 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}\end{aligned}$$

2.3

$v \neq v_{\text{modèle}}$

Donc la vitesse a été déterminée à l'aide d'un autre modèle.

3.

3^{ème} loi de Kepler :

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{constante}$$

D'après la modélisation du programme Python, l'équation est de la forme $T^2 = ka^3$

$$\begin{aligned}T &= \sqrt{ka^3} \\ T &= \sqrt{3,983462498345611 \times 10^{-20} (58210 \times 10^3)^3} \\ T &= 88,6 \text{ Jours}\end{aligned}$$

Partie 2 - Les panneaux photovoltaïques

4.

« La puissance thermique P_{th} à évacuer sera 13 fois supérieure à la puissance électrique utile.

Une erreur d'inclinaison du bouclier thermique de 1° entrainera une puissance thermique supplémentaire à dissiper de 35%.... on se place dans le cas critique d'une erreur de 1° d'inclinaison du bouclier thermique »

$$P_{Th} = 13 \times P_{el} \times 1,35$$

$$P_{Th} = 13 \times 340 \times 1,35$$

$$P_{Th} = 5967 \text{ W}$$

$$P_{Th} < P_{d,max} = 6000 \text{ W}$$

Ces radiateurs peuvent effectivement dissiper la puissance thermique cédée par les panneaux photovoltaïques à l'eau sous pression.

5.

$$Q_R = P_{th,max} \times \Delta t$$

6.

$$\Delta U = Q_R$$

$$m \times C_{eau} \times (T_{max} - T_{min}) = P_{th,max} \times \Delta t$$

$$T_{max} - T_{min} = \frac{P_{th,max} \times \Delta t}{m \times C_{eau}}$$

$$T_{max} = \frac{P_{th,max} \times \Delta t}{m \times C_{eau}} + T_{min}$$

$$T_{max} = \frac{P_{th,max} \times \Delta t}{\rho_{eau} \times V \times C_{eau}} + T_{min}$$

$$T_{max} = \frac{6000 \times 110 \times 3600}{0,958 \times 7570 \times 4185} + 50$$

$$T_{max} = 128^\circ\text{C}$$

Le système de refroidissement risque l'explosion si l'eau se transforme en vapeur.

La température d'ébullition de l'eau dans ces conditions est de 150°C . $T_{max} < 150^\circ\text{C}$, le système ne risque pas d'exploser.

Partie 3 - Le bouclier thermique

7.

Rayonnement

8.

On cherche à avoir une grande résistance thermique.

λ de la mousse de carbone est très petit.

Or

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

Donc sa résistance thermique est très grande.

9.

$$\Phi_{\text{ar}} = \varphi_{\text{ar}} \times S$$

$$\Phi_{\text{ar}} = 1,55 \times 10^3 \times 16,6$$

$$\Phi_{\text{ar}} = 2,57 \times 10^4 \text{W}$$

10.

$$\Delta T = \Phi_{\text{ar}} \times R_{\text{th}}^{\text{e}}$$

$$\Delta T = \Phi_{\text{ar}} \times \frac{e}{\lambda \times S}$$

$$\Delta T = 2,57 \times 10^4 \times \frac{11,4 \times 10^{-2}}{0,140 \times 16,6}$$

$$\Delta T = 1260^\circ\text{K}$$

$$\Delta T = T_{\text{av}} - T_{\text{ar}}$$

$$T_{\text{ar}} = T_{\text{av}} - \Delta T$$

$$T_{\text{ar}} = 1700 - 1260$$

$$T_{\text{ar}} = 440^\circ\text{K}$$

$$T_{\text{ar}} = 440 - 273$$

$$T_{\text{ar}} = 167^\circ\text{C}$$

Les instruments de mesure à protéger ne sont pas exposés à une température trop élevée. Le bouclier thermique remplit son rôle.