

Correction – Mission ISS2 – Groupe 1 : Mise en orbite du satellite

1. Vitesse de libération

A. Force gravitationnelle : $\vec{F} = -G \frac{M_T m}{R_T^2} \vec{e}_r$

B. $ma = \sum F = -\frac{GMm}{r^2}$

C. $E_p = -\frac{GMm}{r}$

D. Énergie mécanique à la surface : $E = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{M_T m}{R_T}$

E. En posant $E = 0$, on trouve : $\frac{1}{2}mv^2 = G \frac{M_T m}{R_T} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}}$

F. Avec $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ N m}^2\text{kg}^{-2}$, $M_T = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$ et $R_T = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$
 $\rightarrow v \approx 11.18 \text{ km/s}$

2. Vitesse orbitale à h=400 km

A. Mouvement circulaire uniforme. L'accélération est centripète, dirigée vers le centre de la Terre.

B. La seule force qui agit sur le satellite est la force gravitationnelle exercée par la Terre. Elle est dirigée vers le centre de la Terre et fournit l'accélération nécessaire au mouvement circulaire

C. $F_c = \frac{mv^2}{r}$

D. $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$

E. $v = \sqrt{G \frac{M_T}{r}}$ avec $r = R_T + h$ et $h = 400 \text{ km} \Rightarrow r = 6.77 \times 10^6 \text{ m} \Rightarrow v \approx 7.67 \text{ km/s}$

3. Période de révolution

A. $T = \frac{2\pi r}{v}$ donc $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

B. Avec $r = 6.8 \times 10^6 \text{ m}$ et $v \approx 7.67 \text{ km/s} \Rightarrow T = 5540 \text{ s} = 1 \text{ h } 32 \text{ min}$

4. Graphique T = f(h)

A. Lois de Kepler

B. On obtient une courbe conforme à la 3e loi de Kepler ($T^2 \propto r^3$). La pente donne $\frac{2\pi}{\sqrt{GM_T}}$ et on trouve M_T

5. Bonus

A. Trajectoire circulaire / elliptique (avec périégée = point du lancement) puis revient en orbite / parabolique

Correction – Mission ISS2 – Groupe 2 : Énergie et panneaux solaires

1. Puissance émise par le Soleil

A. $P_{\text{Soleil}} = 4\pi R_{\odot}^2 \sigma T_{\odot}^4$

B. Avec $R_{\odot} \approx 6,96 \times 10^8 \text{ m}$ et $T_{\odot} \approx 5778 \text{ K}$: $P_{\text{Soleil}} \approx 3,846 \times 10^{26} \text{ W}$

2. Flux reçu par la Terre

A. $\Phi = \frac{P_{\text{Soleil}}}{4\pi R^2}$

B. $\Phi_{\text{Terre}} = \frac{3,846 \times 10^{26}}{4\pi(1,496 \times 10^{11})^2} = 1361 \text{ W/m}^2$

3. Flux reçu à 400 km d'altitude

A. $R_{\text{sat}} = R_{\text{Terre-Soleil}} + h \approx 1,496 \times 10^{11} + 400 \times 10^3$

B. $\Phi_{\text{sat}} = \frac{P_{\text{Soleil}}}{4\pi(1,496 \times 10^{11} + 4 \times 10^5)^2} = 1360,85 \text{ W/m}^2$

C. La différence de flux entre 0 km et 400 km est inférieure à 0.01 % donc négligeable pour les calculs d'alimentation.

4. L'énergie solaire reçue par les panneaux

A. $P_{\text{utile}} = \eta \times \Phi = 0,20 \times 1361 \approx 272,2 \text{ W/m}^2$

B. $E = P_{\text{utile}} \times t = 272,2 \times 12 \times 3600 \approx 11,76 \times 10^6 \text{ J} = 11,76 \text{ MJ}$

5. Surface de panneaux solaires

A. $E_{\text{jour}} = P_{\text{conso}} \times t = 100,000 \text{ W} \times 24 \times 3600 \text{ s} = 8,64 \times 10^9 \text{ J} = 8,64 \text{ GJ}$

B. $S = \frac{E_{\text{jour}}}{E_{\text{panneaux/m}^2}} = \frac{8,64 \times 10^9}{11,76 \times 10^6} \approx 735 \text{ m}^2$

C. La surface peut être réduite si on améliore le rendement ou/et on oriente dynamiquement les panneaux vers le Soleil ou/et on intègre des batteries pour stocker l'énergie.

(En réalité, l'ISS est souvent dans l'ombre donc on augmente la surface des panneaux)

6. Graphique :

La pente correspond à l'énergie reçue par 1 m² en 12 h ($=\eta\Phi\Delta t = 3266.4 \text{ Wh/m}^2$)

7. Bonus – Solutions en cas d'ombre :

- Utiliser des batteries pour stocker l'énergie pendant l'exposition au Soleil.
- Doubler les panneaux sur des axes perpendiculaires pour maximiser l'exposition continue.

Correction – Mission ISS2 – Groupe 3 : Communication par ondes

1. Longueur d'onde

Par $c = 3 \times 10^8$ m/s et une fréquence de 2.4GHz, $\lambda = \frac{c}{\nu} = 12.5 \text{ cm}$.

Si la fréquence est trop faible (typiquement < 30 MHz), les ondes sont réfléchies par l'ionosphère et n'atteignent pas le sol.

2. Temps de transmission du signal

A. $t = \frac{d}{c} = 1.33 \text{ ms}$

B. pour 36 000 km c'est 120ms

3. Diamètre de l'antenne de réception (Terre)

A. $\theta = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D}$

B. $\theta = \frac{1,00 \times 10^3}{4,00 \times 10^5} = 2,50 \times 10^{-3} \text{ rad}$

C. $D = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{\theta} \approx 61 \text{ m}$

4. Rentrée du signal dans l'atmosphère

A. $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$

B. Lorsque l'angle d'incidence est nul, le rayon arrive perpendiculairement à la surface de séparation entre deux milieux. Donc il ne subit aucune déviation et il continue sa trajectoire en ligne droite.

C. L'angle de réfraction diminue pour compenser l'augmentation de l'indice. Cela signifie que le rayon se rapproche de la normale.

5. Bonus – Atténuation

- Atténuation atmosphérique : absorption (par l'eau, CO₂, ozone) ou en cas de conditions météorologiques défavorables.
- Affaiblissement par la distance
- Pertes liées au mauvais alignement des antennes.

Correction – Mission ISS2 – Groupe 4 : Propulsion et Spectroscopie

1. Réaction de propulsion :

a. Exemple : réaction entre le dihydrogène et le dioxygène : $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

b. Enthalpie de formation : $\Delta_r H^\circ = [2 \times \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [2 \times \Delta_f H^\circ(\text{H}_2) + 1 \times \Delta_f H^\circ(\text{O}_2)]$

$$\Delta_r H^\circ = [2 \times (-286)] - 0 = -572 \text{ kJ/mol}$$

c. L'énergie libérée est donc de 572 kJ pour 2 moles de H_2 et 1 mole de O_2 .

d. Si on a besoin de 1 GJ : $1 \text{ GJ} = 10^6 \text{ kJ} : n = \frac{10^6}{572} \approx 1748$ moles de mélange

2. Spectroscopie d'émission :

a. En fonctionnement normal, on observe des raies d'émission caractéristiques du xénon ionisé dans le visible (par ex. vers 467 nm, 484 nm, 541 nm...).

b. la raie d'absorption se trouve 589 nm et est caractéristique du sodium. On confirme que le xénon ne fonctionne plus correctement (raies d'émission absentes).

3. Bonus – Identification d'une panne :

- Si une raie correspond à un gaz non souhaité (ex. CO ou NO), cela peut indiquer une combustion incomplète ou un dysfonctionnement chimique du moteur.
- En identifiant cette raie, on peut émettre des hypothèses sur la cause de la panne (ex. ratio H_2/O_2 mal ajusté, impureté dans le carburant...).