

EXERCICE II – Vers l'ISS

Mots clés : mouvement, mouvement dans un champ de gravitation, mouvement rectiligne.

Le français Thomas Pesquet et ses trois camarades astronautes se sont envolés le 23 avril 2021 vers la Station Spatiale Internationale (ISS) pour une mission de 6 mois à bord de la capsule Crew Dragon.

Le décollage de la fusée Falcon 9 au sommet de laquelle se trouve le module Crew Dragon, suivi de la mise en orbite de la capsule ont eu lieu avec succès.

Décollage de la fusée

À l'instant initial et tout au long du décollage, le mouvement de la fusée, dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen, est à peu près rectiligne, vertical et vers le haut. On néglige toute action exercée par l'air devant le poids de la fusée ou devant la force de poussée.

Données :

- intensité du champ de pesanteur à la surface de la Terre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- vitesse du son dans l'air : $v_{\text{son}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Au décollage, la masse totale de la fusée est égale à $m = 595 \text{ t}$, avec $1 \text{ t} = 1\,000 \text{ kg}$. Dans la suite, on considèrera cette masse comme à peu près constante.

1. Exprimer puis calculer le poids P de la fusée au décollage.

Le premier étage de la fusée est équipé de 9 moteurs qui génèrent chacun une force de poussée égale à $f = 845 \text{ kN}$.

2. En déduire la force totale de poussée F au décollage.

3. Établir l'expression de l'accélération initiale a de la fusée. La calculer.

Une minute après le lancement, Falcon 9 atteint la vitesse du son. Les forces qui s'exercent sur la fusée sont variables au cours du mouvement.

4. Calculer l'accélération moyenne a_{moy} de la fusée entre le décollage et l'instant où la fusée atteint la vitesse du son.

Comparer les accélérations a et a_{moy} .

Mise en orbite

Après plusieurs heures, les éléments d'étage de la fusée ont été abandonnés et la capsule Crew Dragon finalise son approche vers la station ISS et s'y amarre automatiquement.

Données :

- rayon moyen de la Terre : $R_T = 6\,380$ km ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N·m²·kg⁻² ;
- masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg.

L'ISS décrit un mouvement circulaire uniforme autour de la Terre à une altitude moyenne égale à $h = 400$ km.

5. En appliquant la troisième loi de Kepler $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \times M_T}$, où r est le rayon de l'orbite de la station, exprimer puis calculer la période de révolution T de la station ISS.
6. Exprimer puis calculer la valeur de la vitesse de la station sur son orbite.
7. Préciser la vitesse de la capsule par rapport celle de la station pour rendre possible l'arrimage.