

Союз (ракета-носитель)

Partie 1 : la barque de Tsiolkovski



1. On considère que la barque et son chargement est un système pseudo-isolé dans le référentiel terrestre. Montrer à l'aide de la seconde loi de NEWTON que la quantité de mouvement de ce système se conserve.

2eme loi de NEWTON $\vec{\text{Forces}}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ (avec $\vec{p} \equiv m \times \vec{v}$: quantité de mouvement)

Le système est pseudo-isolé $\implies \sum \vec{\text{Forces}}_{\text{ext}} = \vec{0}$

donc $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{0} \implies$ La quantité de mouvement ne varie pas, elle reste donc constante

2. Montrer par un raisonnement clair que $\Delta v_2 = m_1 \times v_1 / m_2$ (m_2 : masse de la barque et du chargement après le lancement de la pierre ; m_1 masse d'une pierre) et montrer qu'au 2^{eme} lancé, à $t=4$ s, la vitesse acquise v_2 de la barque est bien celle indiquée



État initial

Système immobile

$$\text{Donc } \vec{p}_i = m \cdot \vec{v} = \vec{0}$$



État final

$$\vec{p}_f = m1 \vec{v}_1 + m2 \vec{\Delta v}_2 = 0$$

Car $\vec{p}_i = \vec{p}_f$ (conservation de la quantité de mouvement)

Projection sur un axe dans le sens du mouvement de la barque : $-m1 \times v1 + m2 \times \Delta v2 = 0$

Donc $m1 \times v1 = m2 \times \Delta v2$

$$\Delta v2 = \frac{m1 \times v1}{m2}$$

2eme lancé : $m2 = 150 - 2 \times 10 = 130 \text{ kg}$ $\Delta v2 = \frac{m1 \times v1}{m2} = \frac{10 \times 4}{130} = 0.308 \text{ m/s}$

La vitesse après le premier lancé était de 0.29 m/s donc $V2 \text{ à } t=4s) = 0.286 + 0.308 = 0.593 \text{ m/s}$

3- Que peut-on dire de l'accélération du mouvement ?

t()	$\Delta v2(\text{m/s})$	$v2(\text{m/s})$	$a(\text{m/s}^2)$
0	0.00	0.00	
2	0.29	0.29	2.86E-01
4	0.31	0.59	4.51E-01
6	0.33	0.93	6.30E-01
8	0.36	1.29	8.27E-01
10	0.40	1.69	1.05E+00

Entre chaque jet de pierre le Δv ne fait qu'augmenter donc l'accélération $\Delta v / \Delta t$ augmente aussi

4-Montrer avec la formule précédente (question 2) que le moteur d'une fusée ne sert qu'à éjecter le plus de masse possible le plus vite possible.

$$\Delta v_2 = \frac{m_1 \times v_1}{m_2}$$

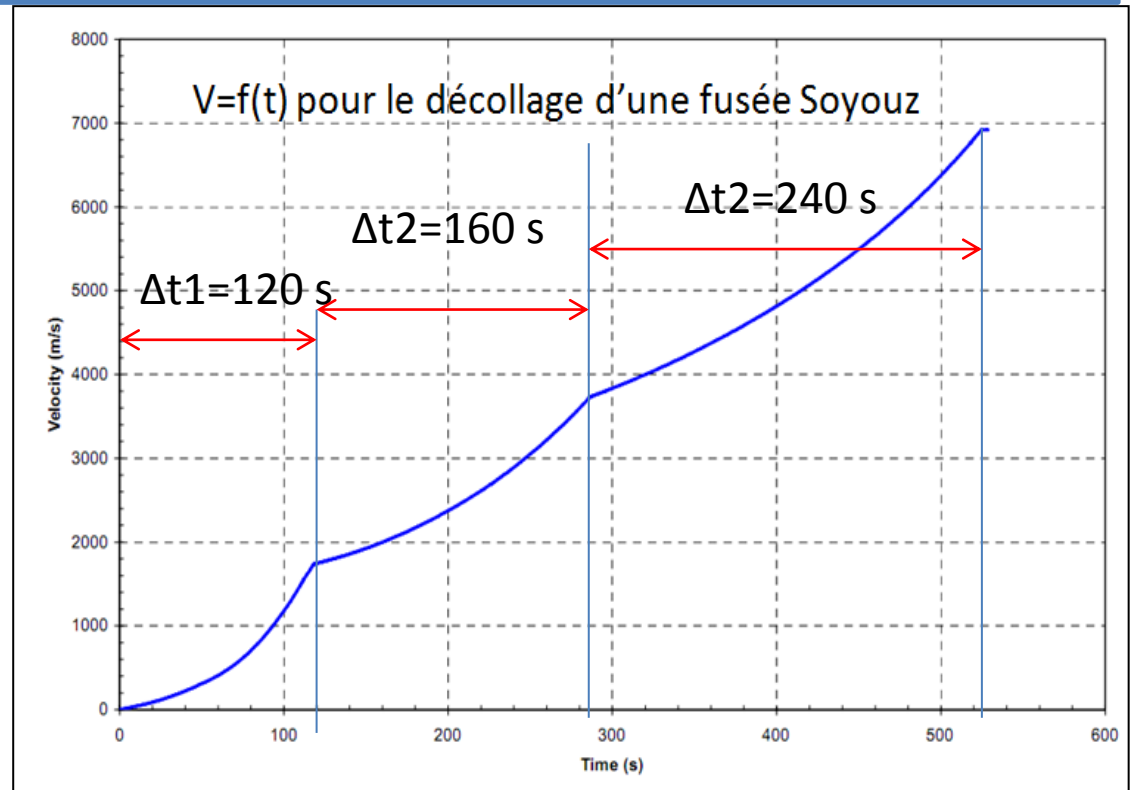
← Gaz éjectés
← fusée

Plus m_1 et v_1 seront grand plus Δv_2 sera grand

Plus les gaz seront éjectés vite plus $a = \Delta v / \Delta t$ augmentera

5-Cette expérience a permis à Tsiolkovski d'inventer le système de propulsion des fusées à 3 étages de combustion. Le graphe suivant de la vitesse en fonction du temps du décollage d'une fusée Soyouz permet-il de vérifier la réponse à la question 3. Quelles est la durée de combustion de chaque étage de cette fusée Soyouz

V augmente de plus en plus vite ce qui montre bien que l'accélération augmente. Si l'accélération était constante $v = f(t)$ serait une droite du type $v = a.t$

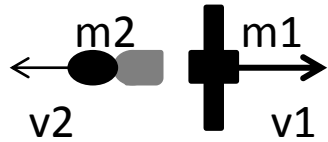


Partie 2 : Retour sur Terre du train spatial SOYOUZ en provenance de la station spatiale

1- Séparation

1.1 Trouver la valeur de la vitesse v_2 , puis la valeur de la vitesse v_4 .

Comme dans le problème précédent on peut utiliser la conservation de la quantité de mouvement et donc :



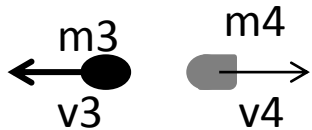
$$v_2 = \frac{m_1 \times v_1}{m_2}$$

Avec $m_1 = M_s = 2600 \text{ kg}$

et $m_2 = M_o + M_d = 2900 + 1300 = 4200 \text{ kg}$

$V_1 = 0.58 \text{ m/s}$

$$v_2 = \frac{2600 \times 0.58}{4200} = \mathbf{0.36 \text{ m/s}}$$



$$v_4 = \frac{m_3 \times v_3}{m_4}$$

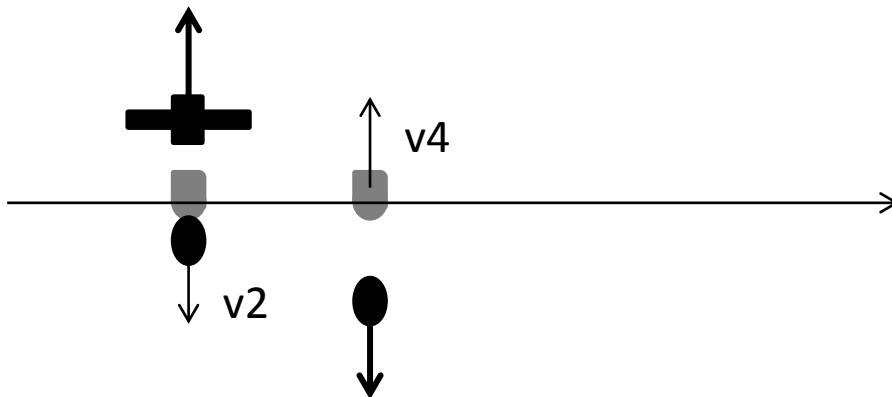
Avec $m_4 = M_d = 2900 \text{ kg}$

et $m_3 = M_o = 1300 \text{ kg}$

$V_3 = 0.82 \text{ m/s}$

$$v_4 = \frac{1300 \times 0.82}{2900} = \mathbf{0.37 \text{ m/s}}$$

1.2 La trajectoire de descente du module de descente est-elle modifiée par ces séparations ?



Les deux vitesses v_2 et v_4 étant égales et de sens contraires, elle n'affecteront pas la trajectoire du module de descente.

Atterrissage

2-1. Le mouvement de descente à 8 m/s est rectiligne uniforme. En utilisant une des 3 lois de NEWTON, calculer la force exercée par l'air sur le parachute. (donnée : $g = 9.81 \text{ m/s}^2$).

Deuxième loi

$$\Sigma \vec{\text{forces}} = m \cdot \vec{a} = \vec{0} \quad \text{Car } a = 0 : \text{ Mouvement rectiligne uniforme}$$

Ou première loi

$$\Sigma \vec{\text{forces}} = \vec{0}$$

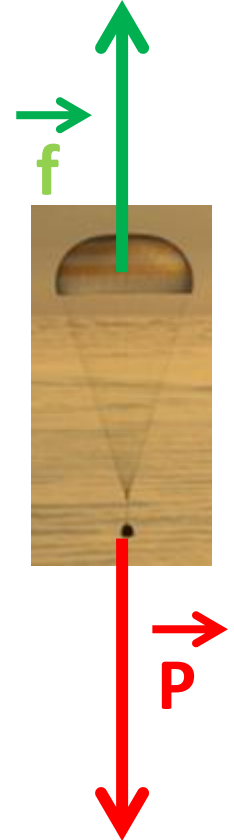
Quand un système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme

Forces appliquées : \vec{P} (action de la Terre) et \vec{f} (action de l'air)

$$\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$$



$$F = P = m \cdot g = 2900 \times 9.81 = \mathbf{28450 \text{ N}}$$



2-2. Les rétrofusées s'allument pendant 1s pour que la vitesse passe de 8 à 3 m/s. Quelle est l'accélération subie par le module de descente (direction, sens et valeur). En supposant que la force F exercée par les rétrofusées sur le module de descente soit alors la seule force appliquée, trouver ses caractéristiques (direction, sens et valeur).

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3-8}{1} = -5 \text{ m/s}^2$$

 \vec{a}

Direction : verticale
Sens vers le haut
Valeur : 5 m/s²

$$\Sigma \vec{\text{forces}} = m \cdot \vec{a} = \vec{F}$$

$$F = m \cdot a = 2900 \times 5 = 14500 \text{ N}$$

 \vec{F}

Direction : verticale
Sens vers le haut
Valeur : 14500 N

