

Arriverez-vous à poser le rover Perseverance sur Mars ?

Le rover Perseverance s'est posé avec succès sur la planète Mars le 18 février 2021 au fond du cratère Jezero. Lors de la dernière étape de son atterrissage, le rover Perseverance était soutenu par 3 câbles à l'étage de descente nommé "Sky Crane" (grue du ciel). L'étage de descente contrôlait sa trajectoire grâce à des rétrofusées.

Un programme Python a été écrit pour simuler cet atterrissage. Il permet de piloter l'étage de descente en allumant ou en éteignant ses rétrofusées. Cependant, il manque quelques lignes au programme pour qu'il soit complet...

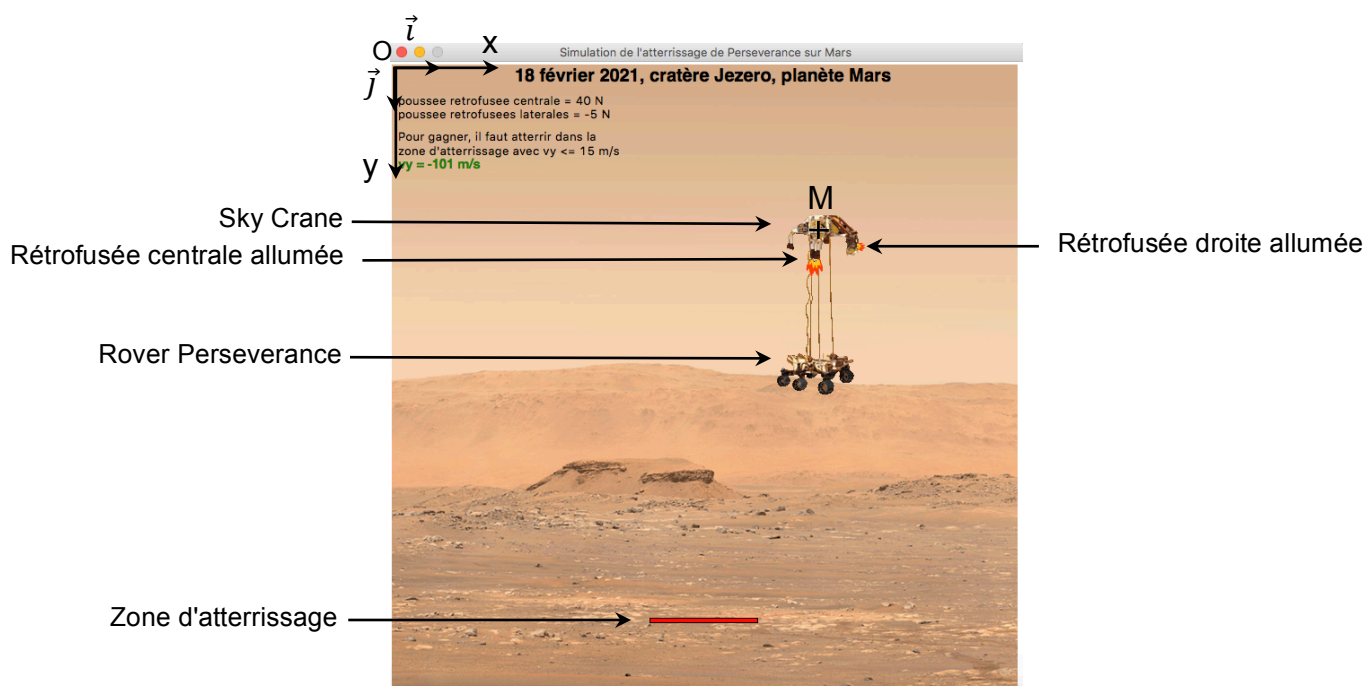
Votre objectif est de compléter le programme pour pouvoir poser en douceur Perseverance sur Mars !

On considère dans cette étude la dernière étape de l'atterrissage de Perseverance. Le système étudié, de masse m supposée constante, est le rover soutenu à l'étage de descente. Le mouvement du centre de masse du système, noté M, est étudié dans le repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$ (voir schéma ci-dessous).

L'étage de descente contrôle sa trajectoire grâce à 3 rétrofusées : gauche, centrale et droite. Les 3 rétrofusées peuvent être allumées en même temps. On notera \vec{F}_g , \vec{F}_c et \vec{F}_d les forces de poussée exercées respectivement par les rétrofusées gauche, centrale et droite.

Le vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 du système est vertical orienté vers le bas et a pour valeur 100 m.s^{-1} .

La position initiale du système a pour coordonnées $(500 ; 0)$.



1. Définir le référentiel d'étude.
2. Déterminer les forces exercées sur le système. Les représenter sur un schéma.
3. Un extrait du programme Python est donné ci-dessous. Identifier la valeur de l'intensité de la pesanteur martienne et de la force de poussée maximale des rétrofusées gauche, centrale et droite.

```
32 from tkinter import *
33 import time
34
35 gravity = 3.8
36 central_thrust_max = 73000.
37 lateral_thrust_max = 9000.
38 vmax = 15.
```

4. Exprimer les coordonnées du vecteur accélération du centre de masse M dans le repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$.

5. Déterminer les coordonnées dans le repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$ du vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ du centre de masse M pendant une durée très courte Δt en fonction du vecteur accélération \vec{a} .
6. On donne ci-dessous un deuxième extrait du programme. Repérer la ligne donnant le calcul de la coordonnée Δv_x . Donner la masse du système {rover + étage de descente}.

```

90     now = time.time()
91     delta_t = now - self.time
92     if central_rocket.allume == True:
93         self.central_thrust = central_thrust_max
94     if left_rocket.allume == True:
95         self.left_thrust = lateral_thrust_max
96     if right_rocket.allume == True:
97         self.right_thrust = lateral_thrust_max
98     if central_rocket.allume == False:
99         self.central_thrust = 0
100    if left_rocket.allume == False:
101        self.left_thrust = 0
102    if right_rocket.allume == False:
103        self.right_thrust = 0
104    delta_vx = delta_t * (self.left_thrust - self.right_thrust)/1825.
105    delta_vy = #A COMPLETER
106    self.vx = self.vx + delta_vx
107    self.vy = self.vy + delta_vy
108    delta_x = #A COMPLETER
109    delta_y = #A COMPLETER
110    self.x = self.x + delta_x
111    self.y = self.y + delta_y
112    jeu.canevas.move(self.widget_lander, delta_x, delta_y)

```

7. En vous inspirant de la syntaxe de la ligne donnant le calcul de la coordonnée Δv_x , compléter la ligne permettant de calculer la coordonnée Δv_y .
8. Déterminer les coordonnées dans le repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$ du vecteur variation de position $\Delta \vec{OM}$ du centre de masse M pendant une durée très courte Δt en fonction du vecteur vitesse \vec{v} .
9. Repérer dans le programme les lignes correspondant au calcul des coordonnées du vecteur vitesse \vec{v} puis compléter les lignes permettant de calculer les coordonnées Δx et Δy .

Vous avez complété le programme Python !
Votre objectif désormais : poser Perseverance en douceur ($v_y < 15$ m/s)
dans la zone d'atterrissage.

10. Pour aller plus loin : déterminer les équations horaires du mouvement du système dans le repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$. On supposera que les forces exercées sur le système sont constantes.