Exercice II : La nouvelle façon de se poser sur Mars (6 points)

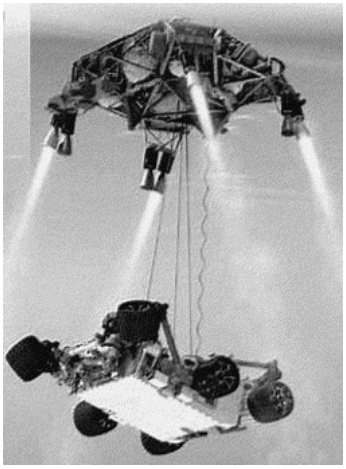
« *Arrivé sur Mars le 6 août 2012, Curiosity, robot mobile (rover) de la NASA n'a pour le moment pas révolutionné notre connaissance de cette planète. Pourtant, l'agence spatiale américaine considère déjà la mission comme un immense succès. Pourquoi ? Parce qu'elle a réussi à faire atterrir sans encombre le plus gros rover de l'histoire de l'exploration martienne : longueur = 3 m ; largeur = 2,7 m ; hauteur = 2,2 m ; masse = 900 kg. Et qu'elle a ainsi démontré l'efficacité d'une nouvelle technique d'atterrissage automatique extraterrestre. Cette technique audacieuse a mis en œuvre une « grue volante » pour déposer tout en douceur le robot au bout de trois filins. […]*

Faire atterrir une sonde sur Mars est un exercice périlleux, comme l'ont prouvé les échecs de plusieurs missions. La dernière en date fût Beagle 2, qui s'est écrasée au sol en 2003.

La principale difficulté vient du fait que l'atmosphère martienne est très ténue : moins de 1% de la pression de l'atmosphère terrestre. Résultat, l'utilisation d'un bouclier thermique, qui tire parti de la friction sur les couches atmosphériques, puis d'un parachute de très grande taille, comme on le fait pour le retour d'engins sur Terre, ne suffit pas pour freiner l'engin. Il faut faire appel à un autre dispositif pour le ralentir encore un peu plus et le poser sans danger. [...]

Dans la tête des ingénieurs de la NASA a émergé alors une [nouvelle] idée. Elle était inspirée par les hélicoptères de l'armée américaine baptisés « grue volante », capables de transporter et de déposer au sol des charges de plusieurs tonnes à l'extrémité d'un filin. Dans la version spatiale de cette grue volante, c'est un étage de descente propulsé par huit rétrofusées qui joue le rôle de l'hélicoptère ».

D'après *La recherche* n°471- Janvier 2013



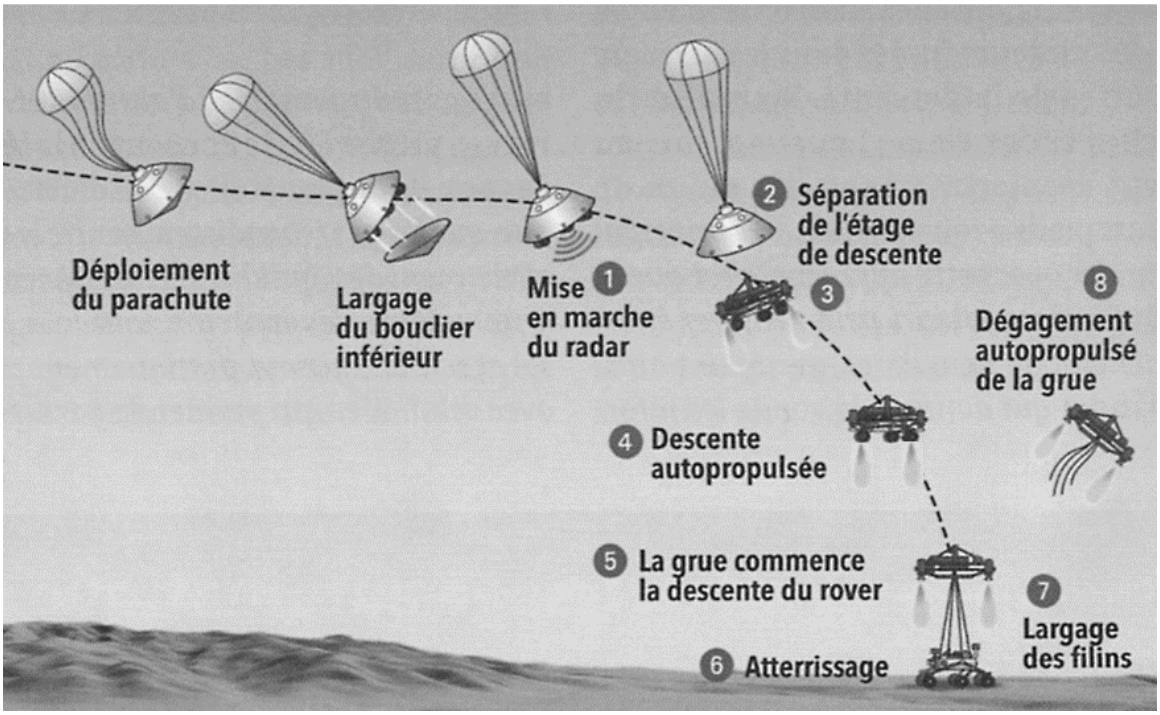
Les 3 parties de cet exercice sont indépendantes.

<u>Données</u> :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}0 \times 10^{8}$ m·s^{-1}

Champ de pesanteur au voisinage de la surface de Mars : $g = 3{,}7$ m·s^{-2}

Document 1 : Les principales étapes de l'atterrissage de Curiosity sur Mars.



Après sa descente sous un parachute, la capsule allume son radar pour contrôler sa vitesse et son altitude (1). À 2 kilomètres d'altitude et à une vitesse de 100 mètres par seconde, l'étage de descente, auquel est rattaché le rover, se sépare de la capsule (2) et allume ses 8 moteurs fusées (3) pour ralentir jusqu'à faire du « quasi-surplace » (4). À 20 mètres du sol, l'étage de descente a une vitesse de 75 centimètres par seconde seulement, il commence alors à descendre le robot au bout de trois filins de 7,50 mètres (5). L'engin dépose Curiosity en douceur (6). Les filins sont coupés, ainsi que le « cordon ombilical » qui permettait à l'ordinateur de bord du rover de contrôler la manœuvre (7). L'étage de descente augmente alors la poussée de ses moteurs pour aller s'écraser à 150 mètres du lieu d'atterrissage (8).

D'après *La recherche* n°471- Janvier 2013

1. **La descente autopropulsée.**

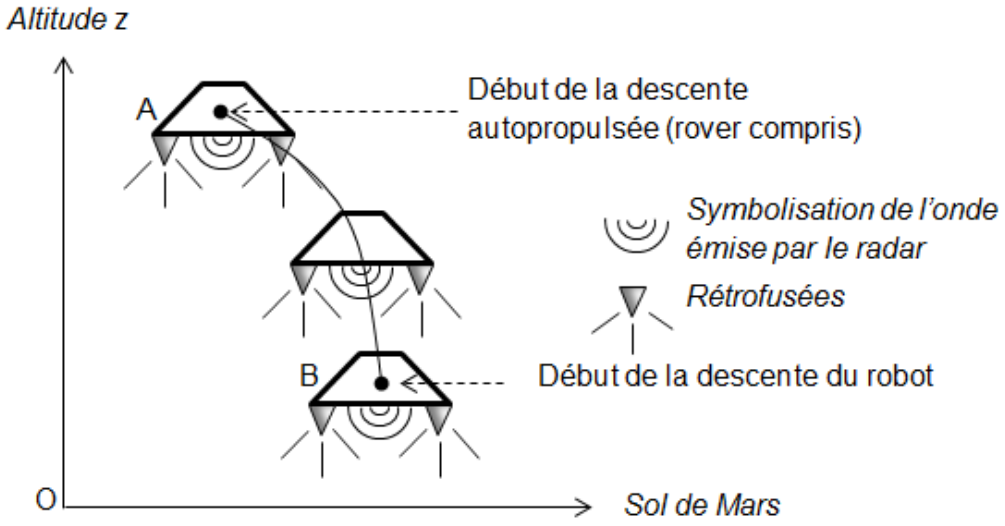


Figure 1

On admet que la masse m de l'étage de descente (rover compris) reste à peu près constante lors de la descente et vaut environ $2{,}0 \times 10^3$ kg, et que le champ de pesanteur martien $\vec{g}$ est uniforme durant cette phase.

1.1. Établir l'expression du travail du poids $W(\vec{P})$ de l'étage de descente, lors de son déplacement du point A au point B définis sur la figure 1 de la page précédente, en fonction de m, g, AB et de l'angle $\left(\vec{P}, \overrightarrow{AB}\right)$ noté θ.

1.2. En s'appuyant sur un schéma, établir l'expression du travail du poids $W(\vec{P})$ en fonction notamment des altitudes z_A et z_B, respectivement du point A et du point B.

1.3. Déterminer la valeur du travail du poids entre A et B et commenter son signe.

1.4. Évolution de l'énergie mécanique de l'étage de descente.

1.4.1. Déterminer la valeur de l'énergie mécanique E_m de l'étage de descente au point A et au point B.

1.4.2. L'énergie mécanique de l'étage de descente évolue-t-elle au cours du mouvement entre les points A et B ? Interpréter qualitativement ce résultat.

2. Les secondes les plus longues de la mission.

À partir des données du document 1 et en faisant différentes hypothèses, estimer la durée Δt de la phase de descente du robot entre le moment où la grue commence à le descendre et son atterrissage sur le sol martien.

Toute initiative prise pour résoudre cette question, ainsi que la qualité de la rédaction explicitant la démarche suivie seront valorisées.

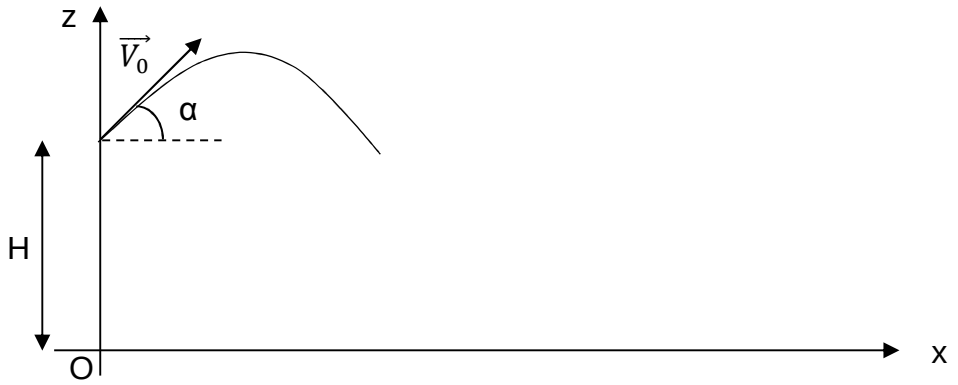
3. Dégagement autopropulsé de l'étage de descente désolidarisé du rover.

Une fois le rover déposé, la poussée des moteurs augmente et propulse verticalement l'étage de descente jusqu'à une altitude de 50 m au-dessus du sol martien. L'étage s'incline alors d'un angle de 45° par rapport à l'horizontal et les moteurs se coupent.

3.1. À partir du moment où les moteurs se coupent, l'étage de descente a un mouvement de chute libre. Justifier.

3.2. A l'aide des informations données sur l'équation de la trajectoire d'un mouvement de chute libre, déterminer la valeur de la vitesse initiale V_0 minimale permettant d'écarter l'étage de descente d'au moins 150 m du lieu d'atterrissage du rover.

<u>Donnée</u> :

Dans un champ de pesanteur uniforme, l'équation de la trajectoire d'un mouvement de chute libre avec vitesse et altitude initiales s'écrit :

$$z(x) = -\frac{g\,x^2}{2\,V_0^2\cos^2\alpha} + x\tan\alpha + H$$