



Conception et étude expérimentale d'un parachute

Wulfran Fortin, professeur agrégé de physique, lycée Jean Mermoz, Saint Louis, France

Objectif : Les élèves fabriquent un parachute à l'aide de feuilles de plastiques découpées dans du sac poubelle, puis testent leur dispositif en larguant depuis un balcon une masse de 100 g accrochée à leur parachute. Ils chronomètrent le temps de chute afin de calculer ensuite le coefficient de traînée du parachute. Ils estiment aussi la stabilité du vol et proposent des améliorations du design de la voile. Enfin, ils présentent leurs résultats sous forme d'un poster A3.

Préparatifs : Pour fabriquer nos parachutes, nous utiliserons du sac poubelle dans lequel nous pourrions découper la canopée. On collera les fils de suspension sur la feuille plastique en faisant un nœud qui sera bloqué sous un ruban adhésif (voir figure en annexe).

Notre sonde martienne sera modélisée par une petite masse de 100 g enveloppée dans une protection (papier, chiffon, plastique à bulle) et muni d'une petite boucle de fixation.

Déroulement :

Step 1 – Atterrir sur Mars

Pour atterrir sur Mars, la sonde doit perdre sa vitesse. Elle va d'abord utiliser son bouclier thermique lorsqu'elle percute l'atmosphère martienne à une vitesse de $5,6 \text{ km.s}^{-1}$. Une grande partie de l'énergie cinétique va être perdue sous forme de chaleur.

Ensuite, un parachute est éjecté, alors que la sonde chute encore à grande vitesse (1,65 Mach). Le frottement de l'air sera insuffisant pour ralentir la sonde à une vitesse inférieure à 56 m.s^{-1} , et à moins de 800 m du sol, elle se décroche de son parachute puis atterrit en douceur grâce à de petits moteurs fusées et un radar altimétrique ^[1].

Step 2 – Les parachutes supersoniques

Lors de l'atterrissage sur Mars, le parachute qui va ralentir la chute de la sonde va s'ouvrir alors qu'elle chute à grande vitesse, à plusieurs fois la vitesse du son (1,65 Mach) ^{[1], [2]}.

Le parachute doit pouvoir supporter l'ouverture, qui ne doit pas non plus être trop brutale sous peine de détruire la sonde à cause de la décélération. Il doit aussi survivre à un stockage de plusieurs mois dans le vide et le froid de l'espace et doit pouvoir s'ouvrir sans rester coincé.

1,65 Mach représente une vitesse de 1,65 fois la vitesse du son, soit environ 570 m.s^{-1} .

Physique du parachute

Un parachute subit à cause de l'air une force de traînée F_D (« Drag Force ») qui dépend de la masse volumique de l'air $\rho_{\text{air}} = 1,0 \text{ kg.m}^{-3}$, de l'aire de la surface perpendiculaire au mouvement A (en m^2), d'un coefficient de frottement qui dépend des propriétés aérodynamiques du parachute C_D , et de la vitesse de déplacement par rapport à l'air v en m.s^{-1} .

$$F_D = \frac{1}{2} \times C_D \times \rho \times A \times v^2$$

Lors de la descente, la vitesse est stable, et on a un équilibre entre la force de traînée F_D et le poids de

la sonde $P = m \times g$ et donc $m \times g = \frac{1}{2} \times C_D \times \rho \times A \times v^2$.



Stabilité d'un parachute

Le parachute doit permettre de descendre à vitesse constante. Mais on doit aussi éviter que l'objet accroché au parachute soit balancé de droite à gauche ou mis en rotation. De même, on souhaite également que la trajectoire du parachute soit assez prévisible pour réaliser un largage précis. Le parachute doit donc être stable lors de la chute. Les parachutes supersoniques sont ajourés (ou poreux) pour diminuer ces balancements, mais au détriment de leur capacité à diminuer la vitesse de chute.



Bibliographie :

[1] « The Phoenix Mars Landing, An Initial Look » M. R. Grover, International Planetary Probe Workshop 6, 25 June 2007.

[2] « Supersonic Parachutes », Steve Lingard, Vorticity Ltd , 3rd International Planetary Probe Workshop.

Step 3 – Fabrication du parachute

Voir préparatifs

Step 4 -Mesure expérimentale du coefficient de traînée du parachute C_D et de la précision du largage.

On lâchera le parachute depuis un balcon à une altitude H , mesurée à l'aide d'un télémètre laser (environ 8 m).

On chronomètre la durée ΔT de la chute pour calculer la vitesse de chute qui est constante :

$$v = \frac{H}{\Delta T}$$

Après avoir pesé la masse totale m (sonde et parachute), on calculera le coefficient de traînée C_D de notre parachute, à l'aide de la dernière formule de l'étape 2.

Pour améliorer la précision de mesure, on répète l'expérience plusieurs fois et on calculera la moyenne de C_D .

Pour chaque essai, on mesure la distance entre la cible et le point de chute.

Tous ces résultats seront résumés dans un tableau.

Présentation des travaux

Sur une grande feuille A3, présentation des travaux en indiquant

- un plan de fabrication du parachute
- un tableau de mesure des essais
- la valeur du coefficient de traînée du parachute
- une cible montrant la précision des atterrissages
- une photographie du parachute

Ce document peut être réalisé proprement à la main et en collant des images, des dessins et des graphiques.

Vidéos conseillées :

Atterrissage de la sonde Phoenix (même plateforme que Insight)

<https://www.jpl.nasa.gov/video/details.php?id=699>

Test du parachute et du radar de Phoenix

<https://www.jpl.nasa.gov/video/details.php?id=695>



FIGURES 1 :

Site d'atterrissage de Phoenix sur Mars

Phoenix on the Parachute - Spectacular!

- Image captured from orbit by Mars Reconnaissance Orbiter HiRISE camera
- Image shows EDL system 47 seconds after parachute deployment approx. 9.2 km above surface
- Phoenix is 20 km in front of Heimdall Crater

IPPW-6
25 June 2007

Grover -11

FIGURES 2 :

Spacecraft Overview

IPPW-6
25 June 2007

Grover -5

FIGURES 3 :

Fabrication des parachutes

Pour fabriquer nos parachutes, nous utiliserons du sac poubelle dans lequel nous pourrons découper la canopée.

On collera les fils de suspension sur la feuille plastique en faisant un nœud qui sera bloqué sous un ruban adhésif

Notre sonde martienne sera modélisée par une petite masse de 100 g enveloppée dans une protection (papier, chiffon, plastique à bulle) et muni d'une petite boucle de fixation.