

DM 5 - VOL PARABOLIQUE

Problématique **Quelles sont les valeurs des grandeurs cinématiques lors d'un vol parabolique ?**

Contexte

Apesanteur ou impesanteur ?

Ces deux termes ont pratiquement le même sens, mais dans le langage parlé il y a confusion phonétique possible entre la « pesanteur » et l'« apesanteur » d'où l'utilisation du mot « impesanteur » lorsqu'il y a absence apparente de pesanteur.

- Un objet est en apesanteur lorsqu'il y a absence totale de pesanteur (concept théorique).
- Un objet est en impesanteur lorsque le sol ou le support n'exerce aucune action sur lui. C'est le cas lors d'une chute libre sous la seule action du poids. L'impesanteur est donc l'absence relative de pesanteur.

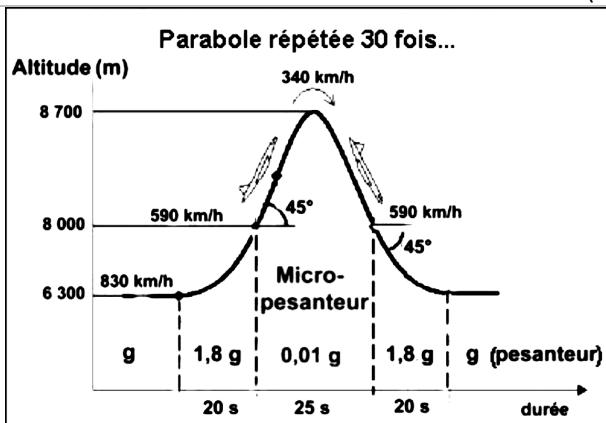


Supposons par exemple un objet placé dans une cabine en chute libre :

- dans le référentiel terrestre, cabine et objet sont tous deux en chute libre et la cabine n'exerce aucune action sur l'objet lui-même et celui-ci « flotte » dans l'air de la cabine.
- dans un référentiel lié à la cabine, l'objet ne semble pas soumis à la pesanteur, il est en état d'impesanteur.

On peut réaliser l'état d'impesanteur de différentes façons :

- dans une **tour de chute libre** (durée d'impesanteur de 2 à 10 secondes, selon la hauteur)
- dans des **avions en vol parabolique** (durée d'impesanteur de l'ordre de 20 à 25 secondes)
- dans des **fusées sondes** (durée d'impesanteur d'environ 6 minutes)
- dans une **station orbitale** tournant autour de la Terre (impesanteur permanente).



Vol paraboliques :

Le schéma ci-contre présente les différentes phases d'une parabole - type, la phase de chute libre parabolique décrite par l'avion créant la situation d'impesanteur recherchée pour la charge utile de l'appareil (passagers...).

Cette opération est répétée 30 fois au cours d'un vol parabolique.

L'impesanteur n'est pas tout à fait réalisée dans le vol parabolique, il faudrait plutôt parler de **micropesanteur**.

Paramètres d'un vol parabolique effectué par l'Airbus "Zéro G"

Pourquoi un vol parabolique ?

Lorsqu'on lance un objet en l'air, hormis le cas où il a été lancé rigoureusement à la verticale vers le haut, sa trajectoire est une parabole. Il s'agit d'une chute libre avec vitesse initiale. Un objet placé à l'intérieur est donc en impesanteur.

Si un avion arrive à effectuer une trajectoire parabolique, passagers et matériel embarqué seront en impesanteur. A noter que dans un "grand huit", le profil de la piste est conçu pour procurer cette sensation aux amateurs, en certains points du circuit...



1. L'Airbus « Zéro G » (*) qui est en vol horizontal à 6300 mètres d'altitude monte en se cabrant à 45°. Il est alors en hyper pesanteur à 1,8 g ($1\text{ g} \approx 9.8\text{ m/s}^2$ correspond à l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre).
2. Le pilote diminue ensuite la poussée des réacteurs de façon à juste compenser le frottement de l'air et l'avion entre en phase de chute libre dès 8000 mètres. Son contenu est en impesanteur. Son élan lui permet d'atteindre 8700 mètres puis il retombe (phase descendante de la parabole).
3. Après avoir remis les gaz à 8000 mètres et retrouvé une phase d'hyper pesanteur l'avion reprend son vol horizontal à 6300 mètres.
4. L'opération dure environ une minute pour obtenir 25 secondes d'impesanteur ou micropesanteur intercalées entre deux périodes d'hyper pesanteur.

ETUDE

On se propose d'étudier le mouvement du centre de gravité **A** de l'avion S pendant la phase de vol parabolique.

Le repère $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ lié à la Terre est installé de la façon suivante :

- L'axe \vec{x} est horizontal (on choisit $X_A=0$ à $t=0$, l'instant du début de vol parabolique)
- L'axe \vec{z} est l'axe des altitudes (à $t=0$, $Z_A=8000m$).
- L'axe \vec{y} est pris tel que le trièdre $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ soit DIRECT.

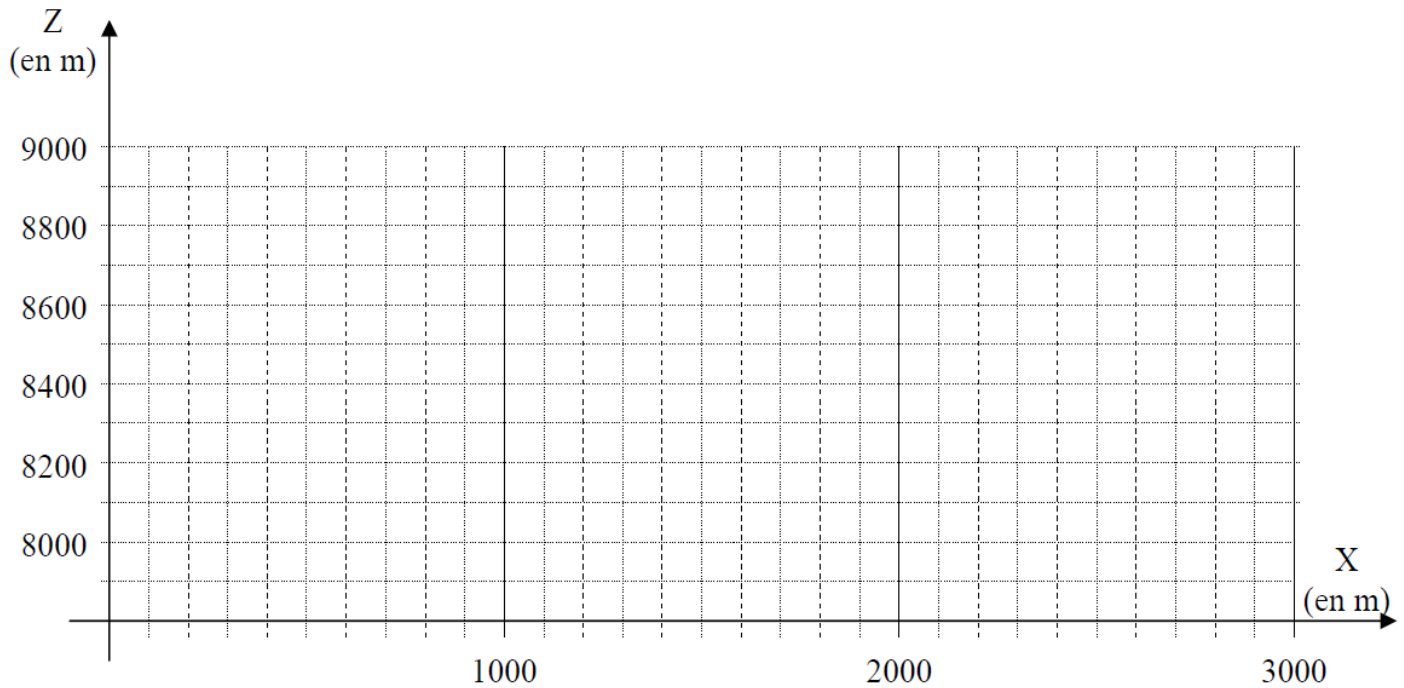
On donne le vecteur-position de l'avion dans le repère R en fonction du temps :

\vec{OA}	$X(t) = 115,9.t$ $Y(t) = 0$ $Z(t) = -4,9.t^2 + 115,9.t + 8000$
------------	--

Q1 Déterminer la position du point A dans le repère R aux instants suivants : $t=0$; $t=5s$; $t=10s$; $t=15s$; $t=20s$.

\vec{OA}	t=0	t=5s	t=10s	t=15s	t=20s
X_A					
Y_A					
Z_A					

Q2 Représenter ces points sur le graphe des positions .



GRAPHE DES POSITIONS DE L'AVION
 Échelle des vitesses : 1cm → 50m/s

Q3 À quel instant t_f l'avion retombe-t-il à l'altitude de 8000m ? (c'est l'instant de fin de phase parabolique)

Q4 Déterminer les coordonnées cartésiennes du vecteur-vitesse du point $A \in S$ dans le repère R lié à la Terre.

$\vec{V}_{A \in S/R} \left \begin{array}{l} v_x(t) = \\ v_y(t) = \\ v_z(t) = \end{array} \right.$
--

Q5 Déterminer la vitesse du point A dans le repère R aux instants suivants : $t=0$; $t=5s$; $t=10s$; $t=15s$; $t=20s$.

$\vec{V}_{A \in S/R}$	$t=0$	$t=5s$	$t=10s$	$t=15s$	$t=20s$
V_x					
V_y					
V_z					
$\ \vec{V}_{A \in S/R}\ \text{ m/s}$					
$\ \vec{V}_{A \in S/R}\ \text{ km/h}$					

Q6 Déterminer la norme du vecteur-vitesse de l'avion/sol à l'instant de fin de phase parabolique t_f .

Q7 Déterminer l'instant t_h où l'avion atteint l'altitude maximale.

Q8 En déduire l'altitude maximale Z_{MAXI} atteinte par l'avion et sa vitesse à son altitude maximale.

Q9 Déterminer l'équation cartésienne $Z=f(X)$ de la trajectoire (on exprimera d'abord t en fonction de X et on remplacera dans l'équation $Z(t)$ pour obtenir une fonction $Z(X)$). Tracer la trajectoire sur le graphe précédent.

Q10 Représenter sur le graphe des positions les vecteurs-vitesse $\vec{V}_{A \in S/R}$ aux instants $t=0$, $t=5$, $t=t_h$ et $t=20s$ (en respectant l'échelle indiquée).