



LE GRAND SAUT : UNE CHUTE LIBRE ?

L'une des disciplines rattachées au parachutisme sportif est appelée « chute libre » par ses adeptes. Correspond-elle à la définition physique de la chute libre ? Pour le savoir, nous nous intéressons au cas où un sportif saute, par vent nul, d'un avion à 3 000 m d'altitude, et n'ouvre son parachute que 2 000 m plus bas, au terme d'une chute dite « libre ».

L'étude sera faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. On donne la valeur de l'accélération de la pesanteur dans la portion d'espace où se déroule le saut : $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$.



Document 1 : wikipédia.

L'expression **chute libre** est employée dans divers domaines :

- **chute libre** : en [physique](#), étude idéale du mouvement d'un corps soumis uniquement à son propre poids (voir aussi la [cinématique de la chute libre](#)) ;
- en [parachutisme](#), on appelle **chute libre** la phase du saut qui précède l'ouverture du parachute. Il s'agit en fait d'une chute avec résistance de l'air dont la vitesse se stabilise aux alentours de 50 m/s au bout de 300 m de chute effectués en 10 s. L'expression est souvent utilisée pour désigner cette activité de parachutisme ;
- dans le domaine des attractions de loisirs, [chute libre](#) (*Freefall ride*) ;

1. Recherche de la trajectoire d'une chute libre avec vitesse initiale.

Alors que l'avion vole en palier horizontal à l'altitude $h_0 = 3,0 \times 10^3 \text{ m}$, à la vitesse $v_0 = 130 \text{ km.h}^{-1}$, le sauteur quitte l'avion, en un point A, à un instant t pris comme origine des dates. On négligera à cet instant la vitesse du sauteur par rapport à l'avion devant la vitesse de l'avion par rapport au sol.

Nous supposons dans cette partie que la chute est libre au sens des physiciens et nous assimilons le sauteur à un point matériel.

Le mouvement ultérieur du sauteur est repéré par rapport à deux axes, comme l'indique la figure 1 :

- O origine du repère est placée au niveau du sol ;
- Ox est horizontal ;
- Oz est vertical vers le haut ;
- le point A est sur l'axe Oz, de sorte que ses coordonnées sont : $x_A = 0$; $z_A = h_0$.

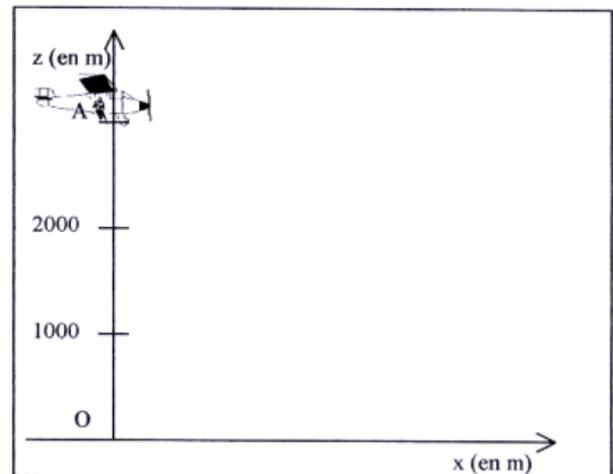


Figure 1

1.1. Au sens des physiciens, quand dit-on qu'une chute est libre ?

1.2. Déterminer la (les) force(s) appliquée(s) au système « parachutiste » en chute libre et la (les) représenter sur le schéma.

1.2. Donner les coordonnées (ou projections) du (des) vecteur(s) force(s) dans le repère donné.

1.4. Représenter sur le schéma le vecteur vitesse \vec{v}_0 .



1.5. Exprimer, dans le repère défini, les coordonnées (ou projections) v_{0x} et v_{0z} du vecteur vitesse initiale du sauteur.

1.6. Appliquer la deuxième loi de Newton.

1.7. Montrer que la projection de la relation vectorielle obtenue donne :

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = P_x \quad (1) \quad a_z = \frac{dv_z}{dt} = P_z \quad (2)$$

1.8. En déduire les coordonnées (ou projections) a_x et a_z du vecteur accélération du sauteur dans ce cas.

1.9. Parmi les solutions suivantes, lesquelles peuvent être solution de l'équation de (1) et (2) ?

	$v_x(t) = v_{0x}$		$v_z(t) = v_{0z}$
(1)	$v_x(t) = -g \times t$	(2)	$v_z(t) = -g \times t$
	$v_x(t) = -g \times t + v_{0x}$		$v_z(t) = -g \times t + v_{0z}$

1.10. En déduire les équations horaires de la vitesse du mouvement du sauteur.

1.11. Sachant que $\vec{V} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$ déterminer les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement du sauteur (on cherchera comme pour la question 1.9. les solutions qui en étant dérivée donnent les équations horaires de la vitesse obtenue).

2. La chute est-elle réellement libre ?

2.1. Si la chute est libre justifier, sans calcul, que l'énergie mécanique du sauteur se conserve entre l'altitude h_0 et l'altitude h_1 .

2.1. En déduire la valeur v_1 de la vitesse atteinte dans ce cas par le sauteur à l'altitude $h_1 = 1,0 \times 10^3$ m.

2.2. En réalité, après une phase d'accélération, la vitesse du sauteur se stabilise à la valeur $v'_1 = 55 \text{ m.s}^{-1}$. Comment expliquez-vous cet écart ? La chute est-elle réellement libre ?