

## EXERCICE II : SAUT SANS PARACHUTE (6 points)

Le 30 juillet 2016, le parachutiste Luke Aikins a accompli pour la première fois dans l'histoire un saut à partir d'une altitude de 7 620 m sans parachute ni combinaison en forme d'aile pour se diriger ou ralentir son vol. Il est récupéré par un filet de réception à 76 m d'altitude. Sous ce filet de réception se trouve un filet de sécurité dont le point le plus bas est situé 10 m au-dessus du sol.

Durant sa chute qui a duré environ deux minutes, il a rapidement atteint une vitesse limite de l'ordre de 200 km/h.

D'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Luke\\_Aikins](https://fr.wikipedia.org/wiki/Luke_Aikins)

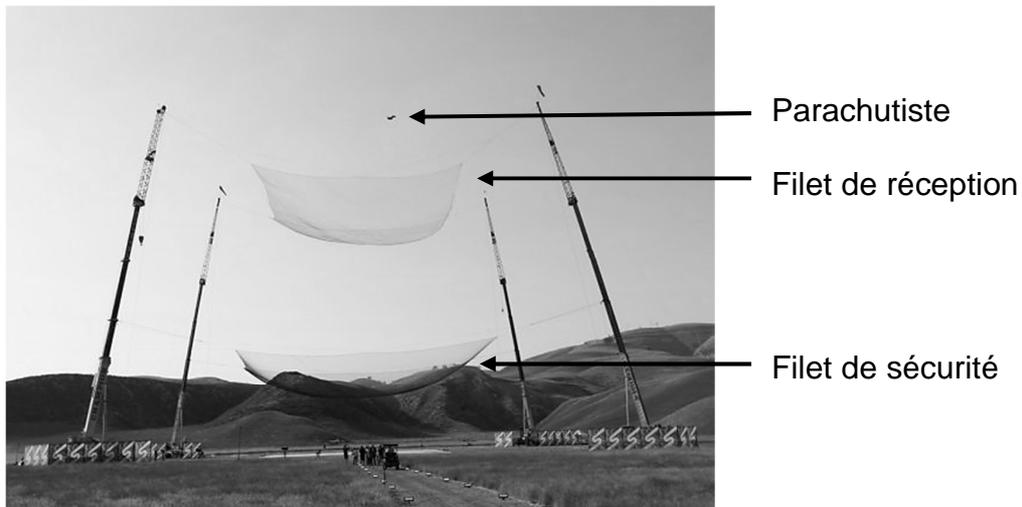


Photo EPA

**Photographie n°1**



Photo by Mark Davis/Getty Images for Stride Gum

**Photographie n°2**

**Données :**

- Intensité du champ de pesanteur terrestre considérée constante entre le niveau de la mer et l'altitude du saut :  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$  ;
- Masse du parachutiste et de son équipement :  $m = 80 \text{ kg}$ .

**1. Modèle de la chute libre**

Le mouvement du parachutiste en chute verticale est étudié dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. On choisit un axe vertical (Oz) **orienté vers le bas**, dont l'origine O est la position du parachutiste à la date  $t = 0 \text{ s}$ , date du début du saut. À cet instant, la vitesse du parachutiste dans le référentiel terrestre est nulle.



- 1.1. Indiquer la seule force qui est prise en compte lors d'une chute libre.
- 1.2. On assimile le parachutiste et son équipement à son centre de gravité G.
  - 1.2.1. En détaillant le raisonnement suivi et en précisant la loi utilisée, exprimer le vecteur accélération  $\vec{a}$  du point G.
  - 1.2.2. En déduire que l'équation horaire du mouvement s'écrit :
 
$$z(t) = \frac{1}{2} g t^2$$
- 1.3. Dans le cadre du modèle de la chute libre, déterminer :
  - la durée de la chute jusqu'au filet.
  - la valeur de la vitesse juste avant l'arrivée dans le filet.
- 1.4. Le modèle de la chute libre permet-il de rendre compte de la réalité du saut réalisé par Luke Aikins ? Justifier.

**2. Détermination de la vitesse limite**

En réalité, le parachutiste est soumis aux frottements de l'air : il atteint rapidement dans le référentiel terrestre une vitesse constante, appelée vitesse limite et notée  $v_{\text{lim}}$ .

2.1. Écrire la relation vectorielle entre la force de frottement et le poids du parachutiste lorsque ce dernier a atteint sa vitesse limite. Justifier.

2.2. Les frottements de l'air peuvent être modélisés par une force  $\vec{f}$  de valeur :

$$f = \frac{1}{2} C_x \rho S v^2$$

où  $C_x$  est le coefficient de trainée :  $C_x = 0,50$  ;  
 $\rho$  la masse volumique de l'air :  $\rho = 1,0 \text{ kg.m}^{-3}$  ;  
 $S$  la surface frontale du parachutiste :  $S = 1,0 \text{ m}^2$ .

En utilisant l'axe (Oz) vertical orienté vers le bas, montrer que la vitesse limite

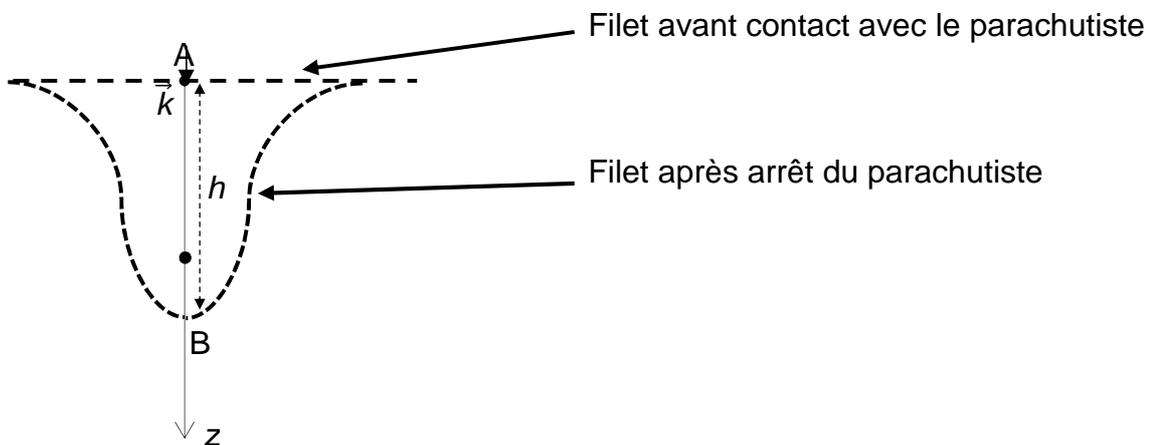
$$\text{est donnée par : } v_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho S C_x}}.$$

- 2.3. Calculer la valeur de cette vitesse limite, supposée atteinte par le parachutiste avant l'arrivée dans le filet. Cette valeur est-elle compatible avec celle donnée dans le texte introductif ?

### 3. Arrivée dans le filet

On cherche à estimer l'accélération lors de la réception du parachutiste dans le filet (photographie n°2).

On choisit un axe (Az) vertical, orienté vers le bas et de vecteur unitaire  $\vec{k}$ , on note  $h = AB$ , la hauteur à l'arrêt du parachutiste.



On considère qu'une personne entraînée peut supporter une accélération égale à 10 fois l'intensité du champ de pesanteur sans se blesser.

- 3.1. Exprimer puis calculer l'énergie cinétique du parachutiste au point A juste avant le contact avec le filet.

#### 3.2. Phase de réception dans le filet

Au cours de la phase de réception, l'ensemble des forces appliquées au parachutiste peut être modélisé par une force  $\vec{F}$  constante verticale, supposée constante et orientée vers le haut.

On montre que le travail de cette force sur le déplacement AB est égal à :

$$W_{AB}(\vec{F}) = -mah$$

où  $a$  est la valeur constante de l'accélération du parachutiste.

En admettant que la variation d'énergie cinétique entre le point A et le point B est égale à ce travail, déterminer la relation entre la hauteur  $h$  de la déformation du filet, l'accélération  $a$  et la vitesse  $v_{\text{lim}}$ .

- 3.3. En exploitant la photographie n°2, estimer la valeur de l'accélération subie par le parachutiste. Cette décélération est-elle supportable ?