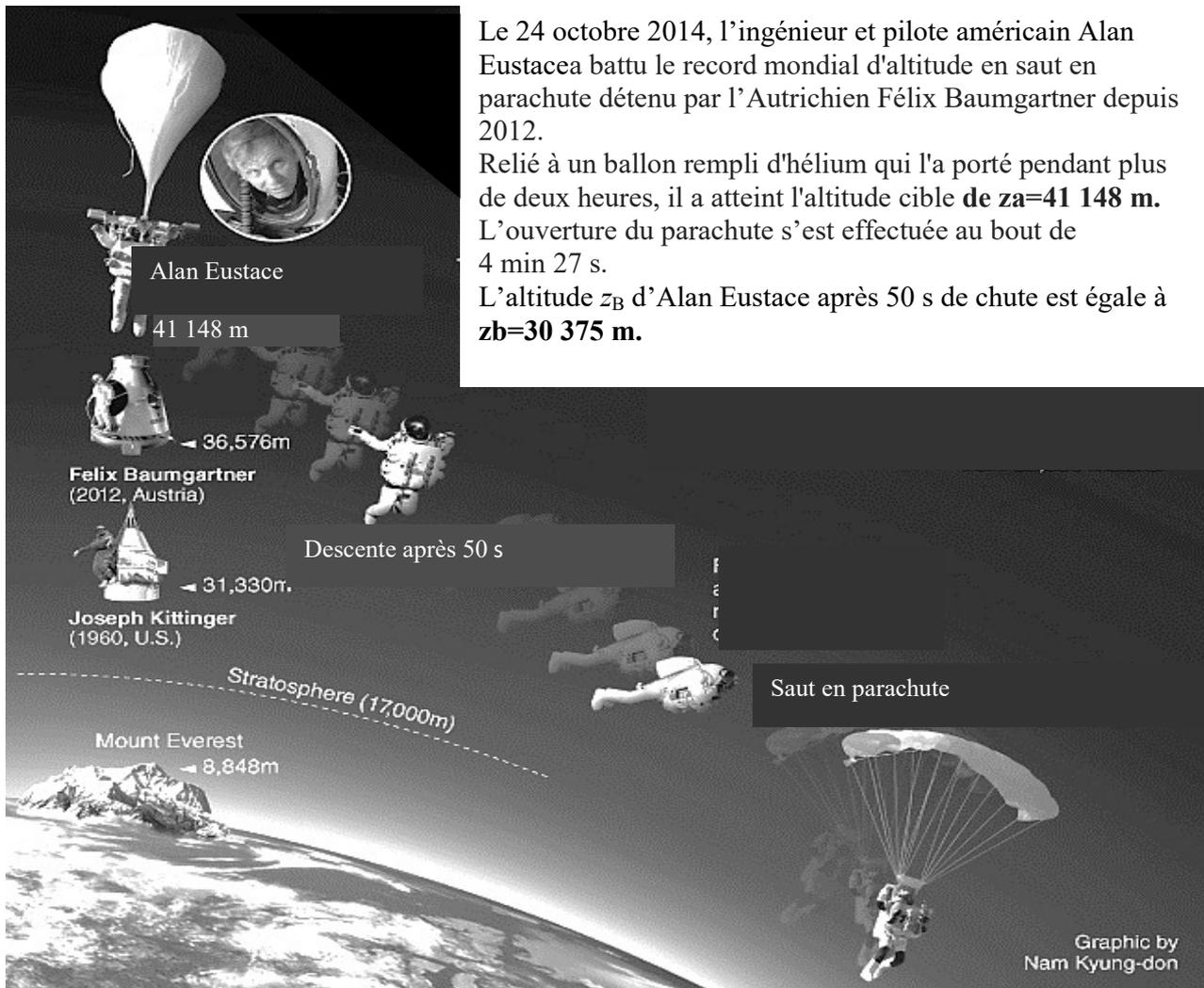


## L'exploit d'Alan Eustace (10 points)



<http://www.koreaherald.com>

**Données :**

- masse du système {Alan Eustace et son équipement} :  $m = 120\text{ kg}$  ;
- intensité de la pesanteur à la surface de la Terre :  $g = 9,8\text{ N/kg}$  ;
- on considère que le champ de pesanteur est uniforme entre 30 km et 42 km d'altitude, de norme :  $g_A = 9,7\text{ N/kg}$ .



## 2. Étude énergétique de la première phase du mouvement

On considère que la chute d'Alan Eustace durant les cinquante premières secondes est verticale.

L'action mécanique exercée par l'air sur Alan Eustace et son équipement est modélisée par une force de frottement fluide  $\vec{f}$  supposée constante.

L'altitude  $z_B$  d'Alan Eustace après 50 s de chute est égale à 30 375 m et à une vitesse maximale de 1 322 km/h

**2.1.** Calcul de la valeur de la force de frottement fluide  $f$  dans le cadre de ce modèle.

**2.1.1.** Calculer la différence d'énergie mécanique entre les altitudes  $z_a$  et  $z_b$ .

En déduire la valeur du travail des forces de frottements.

**2.1.2.** Exploiter le résultat précédent pour calculer la valeur de la force de frottement.

On sait que le travail d'une force est égal au produit de la distance parcourue par la force.

**2.1.3.** Comparer la valeur obtenue au poids du système et conclure quant à la pertinence du modèle de la chute libre.

- 2.2. L'extrait de programme donné ci-dessous et rédigé en langage Python, permet de visualiser les énergies cinétique, potentielle et mécanique du système {Alan Eustace + son équipement} durant la première phase du mouvement.

```
05. to, dt, tmax = 0, 1, 50
06. vo = 0
07. zo = 0    # ordonnée à t = 0 s, axe vertical orienté vers le haut
08.
09. z=zo
10. t=to
11. Eco=0    #énergie cinétique à to
12. Eppo=0   #énergie potentielle de pesanteur à to
13. Emo=0    #énergie mécanique à to
14.
15. g=9,7    #intensité de pesanteur en N/kg
16. m=120   #masse en kg
17.
18. ##### Création des listes #####
19. tps=[0]
20. zlist= [z]
21. v=[0]
22. Eclist=[Eco]
23. Epplist=[Eppo]
24. Emllist=[Emo]
25.
26. while t<tmax :
27.     t = t + dt
28.     tps.append(t)
29.
30.     v1 = vo + (-0.000044*vo*vo+9,7)*dt
31.     vo=v1
32.
33. ##### Calculs de #####
34.     z=z-vo*dt    #ordonnée à la date t
35.     Ec=0.5*m*vo**2 #énergie cinétique à la date t
36.     Epp=mgz      #énergie potentielle de pesanteur à la date t
37.                 #Epp = 0 à t = 0 s
38.     Em=Ec+Epp    #énergie mécanique à la date t
```

- 2.2.1. À quelle ligne peut-on lire le choix de l'origine de l'axe vertical ici utilisée ?  
À quelle position d'Alan Eustace correspond cette origine ?

- 2.2.2. En déduire que l'ordonnée d'Alan Eustace au cours du saut est négative pour ce choix d'origine.

- 2.2.3. Montrer que l'expression donnée à la ligne 36 est cohérente avec le commentaire de la ligne 37. Comment varie l'énergie potentielle de pesanteur au cours du saut ? Quel est son signe ?

1. Étude énergétique de la première phase du mouvement

1.1. Proposer les relations littérales qui vont permettre d'exprimer puis de calculer les différentes formes d'énergie de la balle.

1,5

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_{pp} = m g z_B$$

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

1.2. On considère dans cette question qu'il n'y a pas de frottement.

Énoncer le théorème de l'énergie mécanique appliqué entre l'altitude cible et l'altitude atteinte au bout de 50s.

Exprimer (en fonction de  $z_A$   $z_B$   $g$ ) la vitesse atteinte par Alan Eustacea au bout de 50s.

1.3. Calculer cette vitesse en  $m \cdot s^{-1}$  et en  $km \cdot h^{-1}$

1.3. Dans le référentiel Terre Galiléen, l'énergie mécanique se conserve  $E_m(A) = E_m(B)$    
 A : départ à vitesse nulle   
 B : arrivée au bout de 50s

3

$$\frac{1}{2} m v_A^2 + m g z_{BA} = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g z_{BB}$$

$$v_B = \sqrt{2g(z_{BA} - z_{BB})}$$

1,5

$$1.3 \quad v_B = \sqrt{2 \cdot 9,7 \cdot (41148 - 30375)} = 4,6 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$= 1,6 \cdot 10^3 \text{ km/h} \quad \times 3,6$$

1.4. Après 50 s de chute, l'américain a atteint une vitesse maximale de 1 322 km/h. Peut-on considérer effectivement qu'Alan Eustacea effectue un saut assimilable à une chute libre ? Expliquer.

1 la valeur de  $v_A$  calculée est proche de 1322 km/h   
 la chute peut être considérée quasiment sans frottement.

## 2. Étude énergétique de la première phase du mouvement

On considère que la chute d'Alan Eustace durant les cinquante premières secondes est verticale. L'action mécanique exercée par l'air sur Alan Eustace et son équipement est modélisée par une force de frottement fluide  $f$  supposée constante.

L'altitude  $z_B$  d'Alan Eustace après 50 s de chute est égale à 30 375 m et à une vitesse maximale de 1 322 km/h

2.1. Calcul de la valeur de la force de frottement fluide  $f$  dans le cadre de ce modèle.

2.1.1. Calculer la différence d'énergie mécanique entre les altitudes  $z_A$  et  $z_B$ .

En déduire la valeur du travail des forces de frottements.

$$\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A) = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g z_B - \frac{1}{2} m v_A^2 - m g z_A$$

$$\Delta E_m = \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot \left(\frac{1322}{3,6}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot (0)^2 + 120 \cdot 9,7 (41148 + 30375)$$

$$\Delta E_m = -4,45 \cdot 10^6 \text{ J}$$

En présence de forces non-conservatives  $\Delta E_m = W(F_{nc})$

donc  $W(F_{nc}) = 4,45 \cdot 10^6 \text{ J}$

2.1.2. Exploiter le résultat précédent pour calculer la valeur de la force de frottement.

On sait que le travail d'une force est égal au produit de la distance parcourue par la force.

$$W(F_{nc}) = F_{nc} \cdot (z_A - z_B)$$

$$\text{donc } F_{nc} = \frac{W(F_{nc})}{z_A - z_B} = \frac{4,45 \cdot 10^6}{41148 - 30375} = 4,1 \cdot 10^2 \text{ N}$$

2.1.3. Comparer la valeur obtenue au poids du système et conclure quant à la pertinence du modèle de la chute libre.

$$P = m \cdot g = 120 \cdot 9,7 = 1,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{\Delta F}{P} = \left| \frac{1,9 \cdot 10^3 - 1,2 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 10^3} \right| = 58\%$$

les forces sont du même ordre de grandeur  
on ne peut donc pas considérer qu'il s'agit d'une chute libre

2.2. L'extrait de programme donné ci-dessous et rédigé en langage Python, permet de visualiser les énergies cinétique, potentielle et mécanique du système {Alan Eustace + son équipement} durant la première phase du mouvement.

```

05. to, dt, tmax = 0, 1, 50
06. vo = 0
07. zo = 0 # ordonnée à t = 0 s, axe vertical orienté vers le haut
08.
09. z=zo
10. t=to
11. Eco=0 #énergie cinétique à to
12. Eppo=0 #énergie potentielle de pesanteur à to
13. Emo=0 #énergie mécanique à to
14.
15. g=9,7 #intensité de pesanteur en N/kg
16. m=120 #masse en kg
17.
18. ##### Création des listes #####
19. tps=[0]
20. zlist=[z]
21. v=[0]
22. Eclist=[Eco]
23. Epplist=[Eppo]
24. Emllist=[Emo]
25.
26. while t<tmax :
27.     t = t + dt
28.     tps.append(t)
29.
30.     vl = vo + (-0.000044*vo*vo+9,7)*dt
31.     vo=vl
32.
33. ##### Calculs de #####
34.     z=z-vo*dt #ordonnée à la date t
35.     Ec=0.5*m*vo**2 #énergie cinétique à la date t
36.     Epp=mgz #énergie potentielle de pesanteur à la date t
37.     #Epp = 0 à t = 0 s
38.     Em=Ec+Epp #énergie mécanique à la date t

```

2.2.1. À quelle ligne peut-on lire le choix de l'origine de l'axe vertical ici utilisée ? 07  
 À quelle position d'Alan Eustace correspond cette origine ? 0 m

1

2.2.2. En déduire que l'ordonnée d'Alan Eustace au cours du saut est négative pour ce choix d'origine.

axe orienté vers le haut, l'origine en haut du mouvement.  
 il descend, donc l'ordonnée est négative

1

2.2.3. Montrer que l'expression donnée à la ligne 36 est cohérente avec le commentaire de la ligne 37. Comment varie l'énergie potentielle de pesanteur au cours du saut ? Quel est son signe ?

2

$E_{pp} = mgz$  axe orientée vers le haut : cohérent.  
 $E_{pp}$  diminue car  $g$  est négative et sautoit diminue  
 $E_{pp} < 0$