

## TP 18 : Bilan énergétique d'un système en mouvement



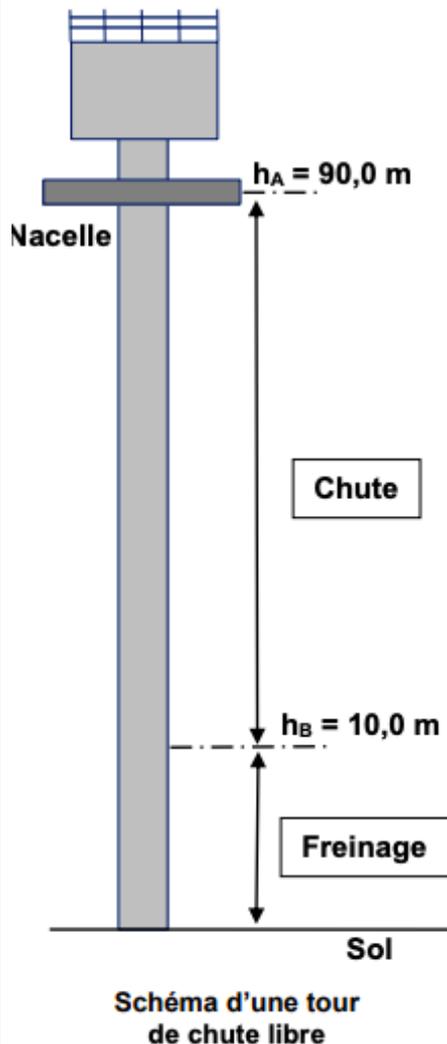
### Objectifs :

- Utiliser un dispositif (smartphone, logiciel de traitement d'images, etc.) pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un système dans différentes situations : chute d'un corps, rebond sur un support, oscillations d'un pendule, etc.

Le but de cette séquence est de s'approprier la notion d'énergie mécanique en utilisant un programme en langage PYTHON

### Étude énergétique d'une chute libre à l'aide d'une simulation PYTHON :

#### Document : Tour de chute libre



■ Une tour de chute libre est une attraction foraine composée d'une nacelle se déplaçant verticalement sur une tour centrale servant de mât. La nacelle est hissée le long de la tour presque jusqu'au sommet s'arrête puis est lâchée subitement, produisant une un «airtime» en apesanteur de quelques secondes. Le sommet de la tour accueille la machinerie. Un système de frein magnétique ralentit la chute permettant aux passagers de revenir lentement au sol. Ce type de tours varient en hauteur, capacité, types d'élévateur et de frein.

Extrait d'un article  
Wikipedia



Photo: Freefalltower MoviePark Germany  
(Source : Wikimedia Commons)

Vidéo : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heideparksoltaufreefallscream.oggv>

- La nacelle est en chute libre si la seule force extérieure qui s'exerce sur elle est son poids.
- Caractéristiques techniques d'une tour de chute libre :
  - Nombre de passagers maximums : 16
  - Masse totale de la nacelle passagers compris : 3000 kg
  - Hauteur effective de chute : 80,0 m
  - Vitesse maximale de chute annoncée : 135 km.h<sup>-1</sup>.
- Données : champ de pesanteur terrestre  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ .

Cette attraction fait intervenir des transferts d'énergie que l'on se propose d'étudier dans cette activité.  
HYPOTHESE : on négligera les forces de frottements dans les calculs et on choisira l'énergie potentielle de pesanteur comme étant nulle au niveau du sol.

- 1- Rappeler l'expression de l'énergie cinétique  $E_c$ .
- 2- Rappeler l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$ .
- 3- Rappeler l'expression de l'énergie mécanique  $E_m$ .
- 4- En l'absence de frottements, quelle énergie se conserve ?
- 5- Montrer que la formule littérale permettant d'exprimer la vitesse  $v_B$  au point B en fonction de celle  $v_A$  au point A est :

$$v_B = \sqrt{v_A^2 + 2gH} \text{ avec } H = h_A - h_B \text{ (hauteur de chute)}$$

On souhaite représenter sur un même graphique l'évolution temporelle des différentes énergies liées au mouvement de la nacelle.

- 6- Prendre connaissance du programme PYTHON avec le lien suivant : <https://capitale2ac-paris.fr/web/c/8060-3155815>
- 7- Que permettent de faire ces lignes du programme :  
# `t.append(sqrt(2*h/g))`  
# `vB.append(sqrt(vA**2+2*g*h))`  
# `EcB.append(0.5*m*(sqrt(vA**2+2*g*h))**2)`  
# `EppB.append(EppA-m*g*h)`  
# `EmB.append(0.5*m*(sqrt(vA**2+2*g*h))**2 + EppA-m*g*h)`

### Données :

- $h_A = 90 \text{ m}$
- dans l'hypothèse d'une chute libre, la durée de chute peut se calculer grâce à la formule suivante :

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \text{ avec } H = h_A - h_B \text{ (hauteur de chute)}$$

- 8- Compléter les données manquantes du programme.
- 9- Expliquer sous la forme de transferts d'énergie ce qui se passe lors de la chute de la nacelle.
- 10- A l'aide du graphique et du programme PYTHON, pour quelle altitude atteinte par la nacelle observe-t-on une équipartition de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur ?
- 11- La vitesse maximale de chute annoncée par le constructeur du manège est-elle la même que celle calculée ? Si tel n'est pas le cas, expliquer la raison.
- 12- Peut-on qualifier la chute de la nacelle comme étant une chute libre ? Expliquer.

## Programme Python permettant l'étude énergétique :

```

# Programme permettant d'afficher l'évolution temporelle
# des énergies d'une nacelle
# Hypothèse d'une chute libre
# Auteur David LATOUCHE (Académie de Versailles)

# Importation des bibliothèques nécessaires
from matplotlib import pyplot as plt
from math import *

# ----- Variables globales -----
m=          # Masse de la nacelle (en kg)
g=          # Champ de pesanteur terrestre (en m/s^2)
hA=        # Hauteur initiale (en m)
vA=        # Vitesse initiale (en m / s)
EppA=      # Energie potentielle de pesanteur initiale (en J)

# ----- Initialisation des listes vides -----
H=[]
t=[]
vB=[]
EcB=[]
EppB=[]
EmB=[]

# ----- Construction des listes -----
# La méthode .append ajoute des éléments à une liste
# Dans la boucle for, la variable h varie de 0 à 80 par pas de 10
for h in range (0,80,10):
    H.append(h)
    t.append(sqrt(2*h/g))
    vB.append(sqrt(vA**2+2*g*h))
    EcB.append(0.5*m*(sqrt(vA**2+2*g*h))**2)
    EppB.append(EppA-m*g*h)
    EmB.append(0.5*m*(sqrt(vA**2+2*g*h))**2 + EppA-m*g*h)

# ----- Graphiques -----
plt.plot(t,EppB,"bo--",label="EppB")
plt.plot(t,EcB,"ro--",label="EcB")
plt.plot(t,EmB,"go--",label="EmB")
plt.title("Evolution temporelle des énergies de la nacelle")
plt.xlabel('Durée de la chute (en s)')
plt.ylabel('Energies (en J)')
plt.grid()
plt.legend()
plt.show()

```