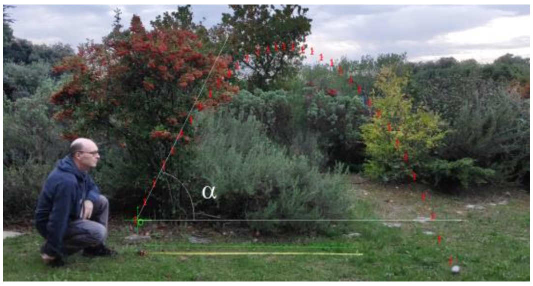
Thème : Mouvement dans un champ uniforme
TP C8 : Mouvement d’une bille sur un plan incliné
Aspects énergétiques
(version professeur)

Représenter, à partir de données expérimentales variées, l’évolution des grandeurs énergétiques d’un système en mouvement dans un champ uniforme à l’aide d’un langage de programmation ou d’un tableur.

On reprend la vidéo utilisée lors du TP sur la cinématique.

Partie A : Etude de l’évolution des grandeurs énergétiques d’un système en mouvement dans un champ uniforme à l’aide d’un tableur.

La vidéo représente une personne lançant une boule de pétanque de masse m = 700 g.
Une toise de longueur 2,00 m est posée au sol (mètre ruban jaune)



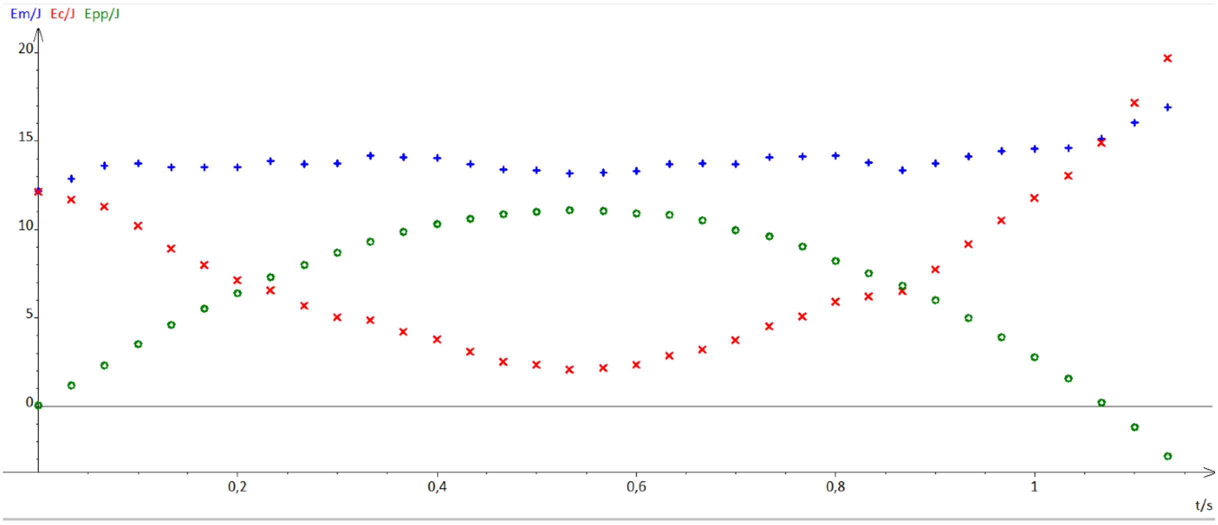
Utiliser un logiciel de pointage pymécavidéo afin de noter la position de la boule entre le moment ou la personne lâche la boule et le moment où elle touche le sol.
Vous étalonnerez la vidéo (Choix de l’origine et orientation des axes – utilisation de la toise de 2,00 m).
Avancer la vidéo image par image jusqu’au moment du lâcher (image 65).
Effectuer le pointage.
Copier les données dans le presse-papier, puis récupérer-les dans Regressi (Fichier-Nouveau-Presse Papier).

A l’aide du tableur Regressi, calculer les grandeurs suivantes : V_x , V_y , V , E_c , E_{pp} et E_m

Double-clic dans l'en-tête pour modifier unité ; incertitude - [Grandeurs]
Fichier Edition Fenêtre Pages Options Aide
Grandeurs Graphe Fourier Statistique
Paramètres Tableau Expressions MathPlayer
Trier Ajouter Sup. colonne Sup. ligne Incertitudes Ajouter page Imprimer Copier

i	t	X1	Y1	vx	vy	v	Ec	Epp	Em
	s	m	m	m/s	m/s	m/s	J	J	J
0	0,000	-0,01887	0,009434	3,112	5,000	5,889	12,14	0,06478	12,20
1	0,03333	0,08491	0,1698	2,910	5,000	5,785	11,71	1,166	12,88
2	0,06667	0,1792	0,3365	2,708	5,000	5,686	11,32	2,311	13,63
3	0,1000	0,2579	0,5157	2,500	4,792	5,405	10,23	3,541	13,77
4	0,1333	0,3459	0,6698	2,443	4,425	5,054	8,941	4,600	13,54
5	0,1667	0,4182	0,8019	2,519	4,066	4,783	8,007	5,507	13,51
6	0,2000	0,5063	0,9308	2,500	3,764	4,519	7,147	6,392	13,54
7	0,2333	0,5975	1,063	2,557	3,500	4,334	6,575	7,299	13,87
8	0,2667	0,6730	1,167	2,509	3,160	4,035	5,700	8,011	13,71
9	0,3000	0,7610	1,267	2,547	2,811	3,794	5,037	8,703	13,74
10	0,3333	0,8428	1,355	2,755	2,509	3,726	4,860	9,307	14,17
11	0,3667	0,9371	1,437	2,774	2,094	3,475	4,228	9,869	14,10
12	0,4000	1,044	1,500	2,821	1,679	3,283	3,772	10,30	14,07
13	0,4333	1,123	1,544	2,698	1,245	2,972	3,091	10,60	13,69
14	0,4667	1,220	1,582	2,547	0,8585	2,688	2,529	10,86	13,39
15	0,5000	1,299	1,604	2,538	0,4717	2,581	2,332	11,01	13,34
16	0,5333	1,381	1,613	2,443	0,06604	2,444	2,091	11,08	13,17
17	0,5667	1,465	1,607	2,491	-0,2170	2,500	2,188	11,03	13,22
18	0,6000	1,544	1,591	2,538	-0,5755	2,602	2,370	10,93	13,30
19	0,6333	1,632	1,579	2,642	-1,104	2,863	2,869	10,84	13,71
20	0,6667	1,720	1,531	2,632	-1,528	3,044	3,242	10,52	13,76
21	0,7000	1,818	1,453	2,623	-1,943	3,264	3,729	9,977	13,71
22	0,7333	1,890	1,399	2,670	-2,396	3,587	4,504	9,609	14,11
23	0,7667	1,984	1,321	2,651	-2,736	3,810	5,079	9,070	14,15
24	0,8000	2,082	1,198	2,708	-3,104	4,119	5,937	8,227	14,16
25	0,8333	2,164	1,097	2,642	-3,292	4,221	6,236	7,536	13,77
26	0,8667	2,252	0,9937	2,528	-3,500	4,318	6,525	6,824	13,35

Tracer les graphiques montrant l’évolution de l’énergie cinétique, de l’énergie potentielle et de l’énergie mécanique au cours du temps.
Faire des captures d’écran



Conclusion

On constate que l'énergie mécanique est pratiquement constante. Elle se conserve.
Il n'y a donc pas ou très peu de frottement dans ce cas de figure.

Attribution des courbes :
La boule part d'une altitude égale à 0, donc la courbe commençant à 0 elle celle correspondant à l'énergie potentielle de pesanteur. (courbe verte)
La boule part avec une vitesse initiale élevée, donc la courbe correspondant à l'énergie cinétique est celle qui a une valeur élevée à *t* = 0. (courbe rouge).
La courbe dont les valeurs sont constantes, elle sert correspondant à l'énergie mécanique (courbe bleue).

Partie B : Utilisation d'un langage de programmation pour étudier l'évolution des grandeurs énergétiques d'un système en mouvement dans un champ uniforme à l'aide d'un langage de programmation.

Etude d'une attraction foraine

Source : https://phychim.ac-versailles.fr/IMG/pdf/energie_1ere_traam_2019_versailles.pdf

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

► **Document : Tour de chute libre**

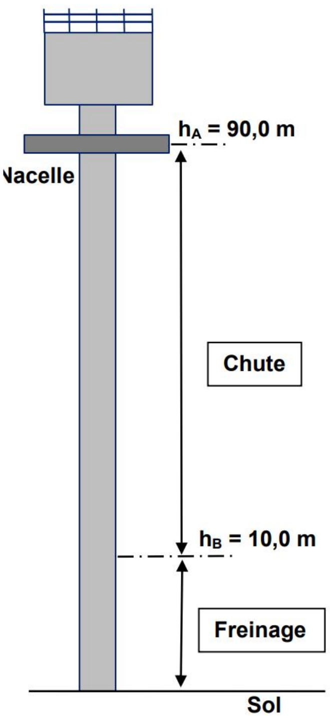


Schéma d'une tour de chute libre

■ 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.ogv

■ 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 maximum : **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^{-1}**.

h ■ **Données :** champ de pesanteur terrestre **g = 9,8 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.

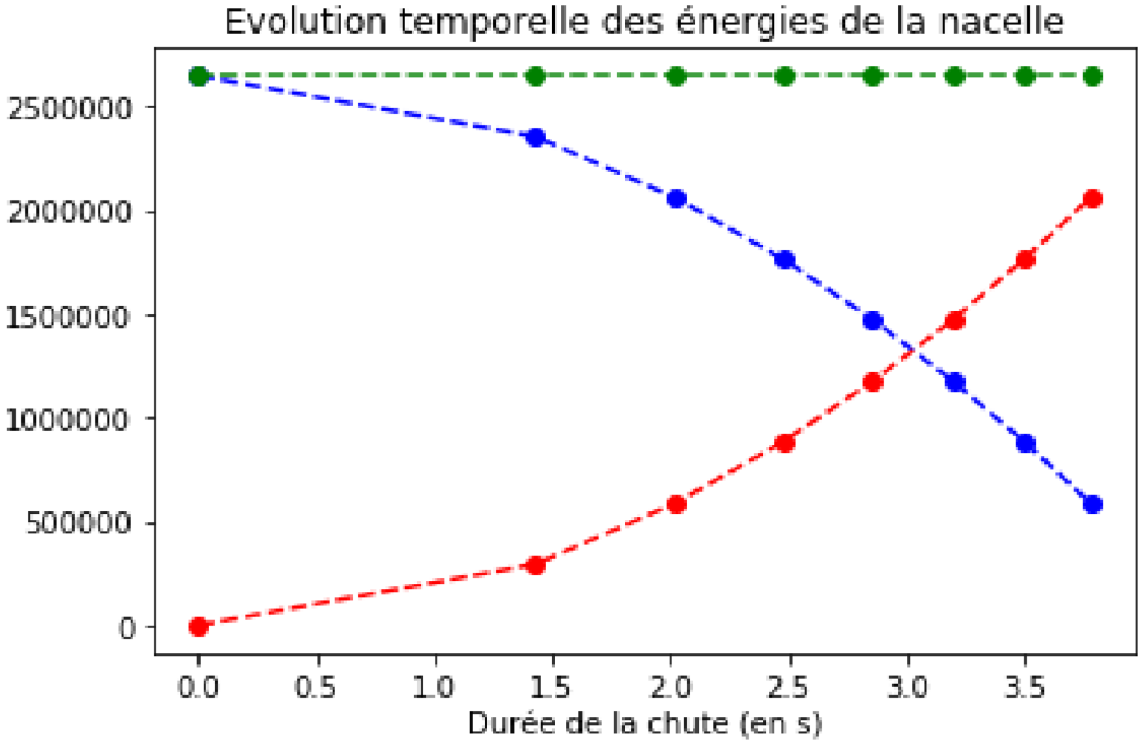
1. Dans le cas d'absence de frottement, en utilisant la relation $\Delta E_c = \Delta E_{pp}$, montrer que la formule littérale permettant d'exprimer la vitesse v_B au point B en fonction de celle v_A au point A est :
   $v_B = \sqrt{v_A^2 + 2 \cdot g \cdot h}$ avec $h = z_A - z_B$

   Système : nacelle
   Référentiel : terrestre supposé galiléen
   Bilan des forces : le poids $\vec{P}$
   Application de la relation $\Delta E_c = \Delta E_{pp}$
   $\Delta E_c = \Delta E_{pp}$
   $\Leftrightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 = m \cdot g \cdot z_B - m \cdot g \cdot z_A$
   $\Leftrightarrow \frac{1}{2} \cdot v_B^2 - \frac{1}{2} \cdot v_A^2 = g \cdot z_B - g \cdot z_A$
   $\Leftrightarrow -v_A^2 = -v_B^2 + 2 \cdot g \cdot z_B - 2 \cdot g \cdot z_A$
   $\Leftrightarrow v_A^2 = v_B^2 - 2 \cdot g \cdot z_B + 2 \cdot g \cdot z_A$
   $\Leftrightarrow v_A^2 = v_B^2 + 2 \cdot g \cdot h$
   $\Leftrightarrow v_B = \sqrt{v_A^2 + 2 \cdot g \cdot h}$

2. On souhaite représenter sur un même graphique l'évolution temporelle des différentes énergies liées au mouvement de la nacelle. Utiliser le programme PYTHON fourni en annexe, permettant d'afficher les valeurs des différentes énergies en fonction de la durée de chute.
   Vous devrez introduire dans le programme, les données numériques fournies dans l'énoncé et écrire les formules manquantes dans le programme (EcB et EmB)
   *EcB.append(0.5*m*(sqrt(vA**2+2*g*h))**2)*
   *EmB.append(0.5*m*(sqrt(vA**2+2*g*h))**2+EppA-m*g*h)*
3. Expliquer les transferts d'énergie mis en jeu lors de la chute de la nacelle.
   L'énergie potentielle est transformée en énergie cinétique.
4. A l'aide du graphique obtenu avec le programme PYTHON, déterminer à quelle altitude par rapport au sol la nacelle possède autant d'énergie cinétique que d'énergie potentielle de pesanteur ?
   On donne la relation entre la durée de chute et la hauteur de chute : $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
   On observe qu'au bout de 3,00 s on a $E_c = E_{pp}$
   La hauteur parcourue est donc $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$
   Soit $h = \frac{1}{2} \times 9{,}81 \times \cdot 3{,}00^2 = 44{,}1$ m
   Il est donc à une altitude 45,9 + 10 = 55,9 m.
5. La vitesse maximale de chute annoncée par le constructeur (v = 135 km.h^{-1}) du manège est-elle la même que celle calculée ? Si tel n'est pas le cas, expliquer la raison.
   $v = \frac{135}{3{,}600} = 37{,}5$ m.s^{-1}
   On peut déterminer la vitesse maximale à partir de l'énergie cinétique maximale qui est égale à l'énergie mécanique.
   $E_{c\,max} = E_m$
   Par lecture du graphique (page suivante) obtenu à l'aide du programme, on a $E_{c\,max} = E_m = 2{,}50 \times 10^6$ J
   Soit une vitesse $v_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{c\,max}}{m}}$
   $v_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot \times 2{,}50 \times 10^6}{3000}}$
   $v_{max} = 40{,}8$ m.s^{-1}

   La différence de vitesse observée peut s'expliquer par l'existence de forces de frottement. Une partie de l'énergie potentielle de pesanteur est transformée en énergie thermique.

6. Peut-on qualifier la chute de la nacelle comme étant une chute libre ? Expliquer.
   Une chute libre est une chute durant laquelle seul le poids s'exerce sur le système.
   Dans ce cas, on a montré qu'il existait des forces de frottements alors la chute ne peut pas être considérée comme libre.


Evolution temporelle des énergies de la nacelle
2500000
2000000
1500000
1000000
500000
0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
Durée de la chute (en s)

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Éditeur de Spyder

Ceci est un script temporaire.
"""

# -*- coding : utf-8 -*-
#//////////////////////////////////
# Programme permettant d'afficher l'évolution temporelle
# des énergies d'une nacelle
# Hypothèse d'une chute libre
# TraAM 2018-2019
# Auteur David Latouche (Académie de Versailles)
#//////////////////////////////////


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

# ------------Variables globales ------------------
m=3000              # Masse de la nacelle (en kg)
g=9.8               # Champ de pesanteur terrestre (en m/s^2)
hA=90               # Hauteur initiale (en m)
vA=0                # Vitesse initiale (en m/s)
EppA=m*g*hA

 #  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()
```