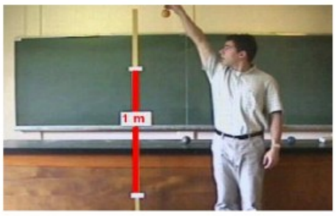
Formation - Réforme du Lycée	1ère spécialité Physique	Thème – L'énergie : conversions et transferts
	Chute libre et énergie mécanique	

Objectifs

- Utiliser l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur pour un système au voisinage de la surface de la Terre ;
- Utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel ;
- Identifier des situations de conservation et de non conservation de l'énergie mécanique ;
- Exploiter la conservation de l'énergie mécanique dans des cas simples : chute libre en l'absence de frottement ;
- ***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 ;***
- **Capacité numérique :** Utiliser un langage de programmation pour effectuer le bilan énergétique d'un système en mouvement .

Compétences engagées

S'approprier :	- Rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec la problématique
Réaliser :	- Utiliser un modèle
	- Tester et modifier un programme informatique
Valider :	- Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.)
	- Exploiter et interpréter des observations, des mesures
	- Confronter un modèle à des résultats expérimentaux



Dispositif expérimental

On dispose de l'enregistrement vidéo de la chute verticale d'une balle, de masse m = 30 g.

Le fichier vidéo se nomme *TP1Schutvert .avi* . On suppose que cette balle n'est soumise qu'à son propre poids et qu'elle est de forme sphérique.

Données
Accélération de la pesanteur : $g = 9,8$ m.s^{-2}
Masse volumique de l'air : $\rho_{air} = 1,225$ kg.m^{-3}
Viscosité de l'air : $\eta_{air} = 1,8 \times 10^{-5}$ N.m^{-2}.s
Coefficient de trainée pour une sphère lisse : $C_x = 0,45$
Diamètre de la balle : D = 7 cm

Partie 1 : Pointage des positions et visualisation des vitesses et accélérations

Réaliser et observer

Relever le pointage des positions successives de la balle lors de la chute. Vous étalonnerez la vidéo avec l'indication 1 m comme indiquée et vous placerez l'origine au niveau de la dernière position prise par la balle .

Afficher ensuite la fenêtre de visualisation des vecteurs et des accélérations.

Exploiter

1- **Que peut-on dire** du mouvement de la balle ?

2- **Que peut-on dire** de sa vitesse ? **Pourquoi** peut-on faire l'approximation $v_Y \approx v$, où v_Y est la composante verticale de la vitesse et v sa norme ?

3- **Que peut-on dire** de l'accélération de la balle ? **Estimer** son intensité, et la **comparer** à l'accélération de la pesanteur.

Partie 2 : Détermination des énergies

Réaliser et observer

Afficher la liste des courbes et **modifier** le nom « Mouvement Y » en « h ».

Créer la variable vitesse v : *Traitements → Calculs spécifiques → Dérivée*. **Faire glisser** la grandeur h, puis **calcul**

Renommer la grandeur « Dérivée de h » en « v » .

Ouvrir la feuille de calcul (F3), et **entrer** :

une ligne pour déclarer g : *g* =
une ligne pour déclarer m : *m* =
une ligne pour l'énergie cinétique Ec : *Ec* =
une ligne pour l'énergie potentielle de pesanteur Epp : *Epp* =
une ligne pour l'énergie mécanique Em : *Em* =

Calculer ces valeurs (F2) : s'il n'y a pas d'erreur, [13] s'affiche en face des énergies dans la colonne de droite .

Ouvrir une nouvelle fenêtre et **visualiser** les 3 courbes simultanément Ec(t), Epp(t) et Em(t).

Imprimer ces courbes après validation par votre professeur.

Exploiter

1- **Quelle est** l'évolution de l'énergie cinétique lors du mouvement ? de l'énergie potentielle ? de l'énergie mécanique ?

2- **Peut-on dire** qu'il y a conservation de l'énergie mécanique lors de ce mouvement ?

Partie 3 : Programmation en Python

<u>1) Analyse d'un programme</u>

Le programme ci-dessous permet de calculer et d'afficher sous forme graphique l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique dans le cas d'une chute libre.

Compléter le programme en utilisant les conditions initiales et les expressions mathématiques des énergies cinétique, potentielle et mécanique dans le cas d'un objet modélisé par un point matériel soumis uniquement à la gravitation terrestre, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

```
#CALCUL NUMERIQUE DES ENERGIES POTENTIELLE, CINETIQUE ET MECANIQUE D'UN OBJET EN CHUTE LIBRE
import matplotlib.pyplot as plt
#declaration des variables et de leur valeur initiale
g=        #m.s-2
v=          #m/s
m=          #kg
tau=0.0001
x=          #m
z0=         #m
z=z0     #m
t=          #s

#Expression littérale des énergies
Epp=
Ec=
```

```
Em= 

# Affichage à l'écran des valeurs initales
print ("hauteur initiale=",z,"m")
print ("Energie potentielle de pesanteur initiale= ",Epp,"J")
print ("Energie cinétique initiale= ",Ec,"J")
print ("Energie mécanique initiale=",Em,"J")



#t et z  sont des variables de type float, qu'il faut stocker dans
#des listes si on veut effectuer des tracers
zlist=[z]
tlist=[t]
EPPlist=[Epp]
EClist=[Ec]
EMlist=[Em]

#Calcul pas à pas des valeurs prises par t, z, vz, Ec, Epp et Em
while z>=0.05:
   z = z+v*tau
   t = t+tau
   v = v-g*tau

   Epp= 
   Ec= 
   Em= 
#... et stockage des valeurs calculees dans les listes creees

   zlist=zlist+[z]
   tlist=tlist+[t]
   EPPlist=EPPlist+[Epp]
   EClist=EClist+[Ec]
   EMlist=EMlist+[Em]

# Affichage à l'écran des valeurs finales

print ("hauteur finale =",z,"m")
print ("Energie potentielle de pesanteur finale= ",Epp,"J")
print ("Energie cinétique finale = ",Ec,"J")
print ("Energie mécanique finale =",Em,"J")

#Affichage des 3 courbes

plt.title('Variation énergétique d une balle en chute libre - tau='+str(tau)+' s')
plt.xlabel('temps (s)')
plt.ylabel('Energie (J)')
plt.plot(tlist, EPPlist, 'b.',label="énergie potentielle")
plt.plot(tlist, EClist, 'r.', label="énergie cinétique")
plt.plot(tlist, EMlist, 'y.', label="énergie mécanique")
plt.legend()
plt.show()
```

2) Utilisation du programme

Après validation par le professeur, exécuter le programme. Décrire les courbes observées et en expliquer pourquoi on peut parler de transfert d'énergie ?

Tester le programme pour les valeurs de tau suivantes : 10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3} ; 10^{-4} ; 10^{-5} ; 10^{-6}

Qu'observez-vous ? Quelle valeur vous semble la plus judicieuse ?

Partie 4 : Étude plus approfondie du système

Dans la première nous avons considéré que l'objet n'était soumis qu'à une seule force, son poids, lors de la chute. Deux autres forces s'exercent sur la balle, la poussée d'Archimède et la force de frottement de l'air.

Estimer la valeur de ces deux forces et la comparer à celle du poids. Laquelle des deux est négligeable ?

La force de frottements de l'air peut prendre deux formes :

Frottements linéaires

Dans le cas d'une vitesse faible, la force de frottement est proportionnelle à la vitesse :

$$\vec{f} = -k\,\vec{v} \qquad (1)$$

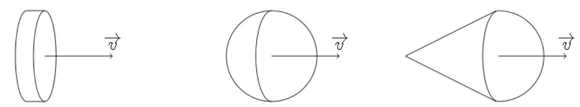
On parle de **frottements linéaires**. k est une constante qui dépend de la nature du fluide et des caractéristiques de l'objet.
Par exemple pour une sphère de rayon r, on a $k = 6\,\pi\,\eta\,r$ où η est la viscosité du fluide.

Frottements quadratiques

Dans le cas d'une vitesse importante, la force de frottement est proportionnelle au carré de la vitesse :

$$\vec{f} = -k'\,v\,\vec{v} \qquad (2)$$

On parle de **frottements quadratiques**. k' est aussi une constante qui dépend du fluide et des caractéristiques de l'objet mais elle prend une autre forme que k :
Son expression est du type $k' = \frac{1}{2}\,\eta\,C_x\,S$ avec η la viscosité du fluide, S la surface frontale de l'objet et C_x le coefficient de trainée (appelé dans le langage courant coefficient de pénétration dans l'air) qui dépend de la géométrie du corps. Par exemple, voici trois géométries et trois valeurs de C_x :



$C_x = 1.32$ $\qquad$ $C_x = 0.45$ $\qquad$ $C_x = 0.04$

***Doc.1** : les forces de frottements*

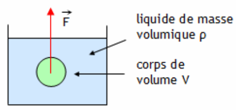
Poussée d'Archimède

Tout corps plongé dans un liquide est soumis de la part de celui-ci à une force notée $\vec{F}$:

- de direction verticale ;
- dirigée vers le haut ;
- de valeur égale au poids du volume de liquide déplacé.

On plonge un corps plein ou creux dans un liquide.

Le corps peut ensuite rester immobile dans le liquide, remonter à la surface et flotter, ou couler.



Volume du corps	V	
Volume de liquide déplacé	V	
Masse volumique du liquide	ρ	
Masse de liquide déplacé	m = ρ × V	
Poids du volume de liquide déplacé	m × g	
F : poussée d'Archimède	F = m × g F = ρ × V × g	

***Doc.2**: la poussée d'Archimède*

Peut-on, à l'aide des résultats expérimentaux, déterminer le travail des forces de frottements entre le début et la fin de la chute de la balle ?

Sources :

-Poussée d'archimède (https://www.editions-petiteelisabeth.fr/calculs_poussee_archimede_1.php)

-Forces de frottements (http://www.physagreg.fr/mecanique-12-chute-frottements.php)

Prolongements

Cette activité pourra se prolonger, a priori, en terminale avec l'ajout des forces de frottements dans la modélisation, ce qui va conduire à l'utilisation de calculs différentiels, ce qui peut se traiter numériquement en programmation Python par la méthode d'Euler. On pourra d'ailleurs distinguer deux phases puisqu'en fonction de la vitesse l'expression des forces de frottements change puisqu'à basse vitesse, on est dans le cas de frottement linéaire, et lorsque la vitesse atteint une valeur d'environ 5 $m.s^{-1}$ (à déterminer en fonction du système étudié) , on va être dans le cas de frottements quadratiques. Grâce à une boucle « while »on pourra facilement séparer les deux calculs.