

Étude expérimentale d'un mouvement vertical à l'aide du langage Python

Doc. 8,3

A Objectif

L'objectif de cette activité est l'étude expérimentale du mouvement vertical filmé d'une balle et l'établissement de l'évolution des différentes formes d'énergies.

B Partie expérimentale

- Charger la vidéo, nommée `BallTossUp.mov` et située sur classroom, dans le logiciel [Mecachrono](#).
- Sélectionner « Nombre d'images par seconde de la vidéo : 30 » et « Nombre d'images entre deux échantillonnages : 1 ».
- Placer l'origine et le repère à un endroit qui vous semblera opportun (on peut aussi ne pas modifier sa position).
- Définir l'échelle en utilisant la règle à l'écran : **chaque segment vertical jaune mesure 10 cm de long. En sélectionner 10.**
- Cliquer sur les différentes positions de la balle.
- Sélectionner l'onglet « Tableau de valeurs » et exporter les données sous une forme directement exploitable sous Python.

C Exploitation

C.1 Évolution de l'altitude au cours du temps

Q1. Insérer, dans le bloc Q1, les listes contenant les dates t et les valeurs des coordonnées x et y .

Solution :

```
t = [ 0, 0.0333333, 0.0666666, 0.0999999, 0.133333, 0.166667, 0.2, 0.233333,
0.266666, 0.3, 0.333333, 0.366666, 0.4, 0.433333, 0.466666, 0.5, 0.533333,
0.566666, 0.599999, 0.633333, 0.666666, 0.7, 0.733333, 0.766667, 0.8,
0.833333]
y = [0, 0.131579, 0.248684, 0.353947, 0.447368, 0.530263, 0.601316, 0.661842,
0.713158, 0.751316, 0.777632, 0.792105, 0.801316, 0.794737, 0.782895,
0.761842, 0.721053, 0.672368, 0.615789, 0.546053, 0.469737, 0.380263,
0.280263, 0.172368, 0.0513158, -0.0789474]
```

Q2. On cherche à tracer l'évolution de la coordonnée verticale y en fonction du temps t . Compléter le bloc Q2.

Solution :

```
plt.figure(figsize=(8, 6), dpi=100)
plt.plot(t, y, 'o')
```

```
plt.xlabel("$t$ (s)")
plt.ylabel("$y$ (m)")
plt.show()
```

Q3. Le mouvement vertical est-il : uniforme ? accéléré ? nul ? Justifier la réponse.

Solution : La balle ne parcourt pas toujours les mêmes distances pendant les mêmes durées et elle change de sens, son mouvement est non uniforme. Plus précisément, il est décéléré dans un premier temps et accéléré par la suite.

C.2 Modélisation de l'évolution de l'altitude au cours du temps

Dans la suite de ce document on va être amené à dériver la fonction $y(t)$ afin de déterminer la composante verticale du vecteur vitesse \vec{v} . Comme la dérivation numérique est une opération qui introduit du « bruit », il est préférable de **modéliser** au préalable cette fonction.

Q4. Compléter le code de la fonction `modele_y` suivante en fonction du comportement global de la fonction $y(t)$ constaté lors des questions précédentes.

Solution :

```
# Fonction modèle pour le comportement de y en fonction de t
def modele_y(x, a, b, c):
    return a * x**2 + b * x + c

# Détermination des paramètres optimaux pour y en fonction de t
popt, pcov = curve_fit(modele_y, t, y)
a_ymod = pop[0]
b_ymod = pop[1]
c_ymod = pop[2]

# Nouvelles dates pour l'affichage des grandeurs modélisées
t_mod = np.linspace(min(t), max(t), 101)

# Valeurs de y modélisées
y_mod = modele_y(t_mod, a_ymod, b_ymod, c_ymod)
```

Q5. Compléter le bloc `Q5`. L'objectif est d'afficher $y(t)$ et $y_{mod}(t_{mod})$ afin de vérifier la pertinence de la modélisation.

Solution :

```
plt.figure(figsize=(8, 6), dpi=100)
plt.plot(t, y, 'o', label="$y$", color="green")
plt.plot(t_mod, y_mod, '-', label="$y_{mod}$", color="green")
plt.xlabel("$t$ (s)")
plt.legend()
plt.show()
```

Q6. Le mouvement de la balle est-il une chute libre ?

Solution : Puisque l'évolution dans le temps de l'altitude est modélisable par une parabole, le mouvement correspond bien à une chute libre.

Dans la suite de ce document, on effectuera le calcul de toutes les grandeurs à partir des fonctions $y_{mod}(t_{mod})$.

C.3 Construction de la composante verticale de la vitesse

Q7. Compléter le bloc `Q7` et répondre aux questions, l'objectif étant de construire la composante v_y du vecteur vitesse \vec{v} .

Solution :

```
vy = [0] * len(t_mod) # Liste de 0 (autant que de valeurs de t_mod)

for i in range(1, len(t_mod) - 1): # Pourquoi cet intervalle ?
    vy[i] = (y_mod[i + 1] - y_mod[i - 1]) / (t_mod[i + 1] - t_mod[i - 1])
```

Q8. Compléter le bloc Q8. L'objectif est de tracer l'évolution au cours du temps de la composante v_y du vecteur vitesse.

Solution :

```
plt.figure(figsize=(8, 6), dpi=100)
plt.plot(t_mod[1: -1], vy, '-', label="$v_y$")
plt.xlabel("$t$ (s)")
plt.legend()
plt.show()
```

C.4 Construction des différentes formes d'énergies

Q9. Compléter le bloc Q9. L'objectif est de construire la grandeur énergie cinétique massique (puisque on n'a pas la masse de la balle).

Solution :

```
Ec = [0] * len(t_mod) # Liste de 0 (autant que de valeurs de t_mod)

for i in range(1, len(t_mod) - 1): # Pourquoi cet intervalle ?
    Ec[i] = 0.5 * vy[i] * vy[i]
```

Q10. Compléter le bloc Q10, l'objectif est de construire la grandeur énergie potentielle de pesanteur massique (puisque on n'a pas la masse de la balle). L'énergie potentielle de pesanteur est considérée nulle lorsque $y = 0$.

Solution :

```
Epp = [0] * len(t_mod) # Liste de 0 (autant que de valeurs de t_mod)
g = 10 # N/kg

for i in range(1, len(t_mod) - 1): # Pourquoi cet intervalle ?
    Epp[i] = g * y_mod[i]
```

Q11. Compléter le bloc Q11, l'objectif est de construire la grandeur énergie mécanique massique (puisque on n'a pas la masse de la balle).

Solution :

```
Em = [0] * len(t_mod) # Liste de 0 (autant que de valeurs de t_mod)

for i in range(1, len(t_mod) - 1): # Pourquoi cet intervalle ?
    Em[i] = Ec[i] + Epp[i]
```

Q12. Compléter le bloc Q12. L'objectif est de tracer l'évolution au cours du temps de toutes les formes d'énergie.

Solution :

```
plt.figure(figsize=(8, 6), dpi=100)
plt.plot(t_mod[1: -1], Ec[1: -1], '-', label="$E_c$")
```

```
plt.plot(t_mod[1: -1], Epp[1: -1], '-', label="$E_{pp}$")
plt.plot(t_mod[1: -1], Em[1: -1], '-', label="$E_m$")
plt.xlabel("$t$ (s)")
plt.legend()
plt.show()
```

Q 13. Commenter l'évolution des différentes formes d'énergie.

Solution : L'énergie mécanique reste constante, ce qui confirme que le mouvement est une chute libre, puisqu'on peut négliger l'action de l'air.

L'énergie potentielle de pesanteur augmente au fur et à mesure que la balle monte, elle diminue par la suite.

L'énergie cinétique de la balle diminue lors de la montée, elle augmente par la suite.