

Exercices 2 Mouvement d'un système

Application : pétanque, volée au tennis, parachutiste, pointage vidéo en Python

4 exercices · niveau ●●○ · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Exploiter une chronophotographie ou un pointage vidéo (à la main ou en Python) : vecteurs $\vec{v}$ et $\Delta\vec{v}$.
- Utiliser $\sum \vec{F} \approx m \Delta\vec{v}/\Delta t$ pour déterminer une force inconnue ou prévoir l'évolution de la vitesse.

Exercice 1 Le tir de la boule de pétanque

●●○

Une boule de pétanque de masse $m = 700 \text{ g}$ est lancée par un joueur. La figure 1 reproduit la chronophotographie de son mouvement dans un plan vertical : l'intervalle de temps entre deux positions est $\tau = 0,10 \text{ s}$ et chaque carreau représente 10 cm dans la réalité (1 cm sur la figure pour 25 cm).

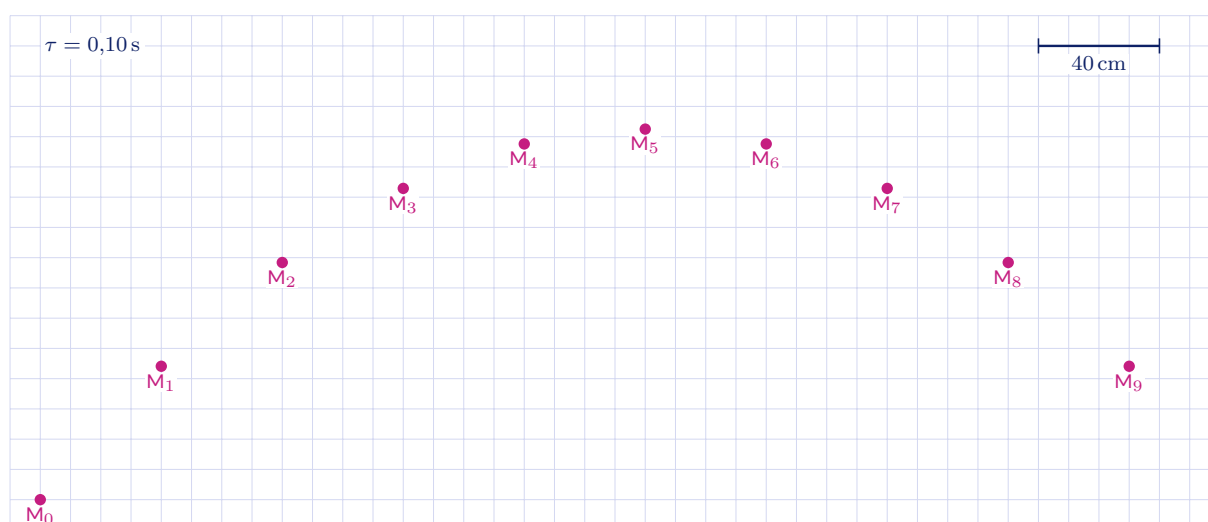


Figure 1 — Chronophotographie de la boule (à compléter et à rendre avec la copie)

- 1.1 Justifier, sans calcul, que la trajectoire n'est pas rectiligne et que le mouvement de la projection horizontale de la boule est uniforme.
- 1.2 Calculer les valeurs des vitesses v_2 , v_4 et v_6 (vitesses centrées). Représenter $\vec{v}_2$, $\vec{v}_4$ et $\vec{v}_6$ sur la figure avec l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 1.3 Reporter $\vec{v}_4$ et $\vec{v}_6$ à partir de M_5 et construire le vecteur $\Delta\vec{v}_5 = \vec{v}_6 - \vec{v}_4$ (ici $\Delta t = 2\tau$). Donner sa direction, son sens et sa valeur.
- 1.4 En déduire les caractéristiques de la somme des forces exercées sur la boule ($g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$). Les frottements de l'air sont-ils négligeables ? Justifier.
- 1.5 Sans nouvelle construction, prévoir la direction, le sens et la valeur de $\vec{v}_8 - \vec{v}_2$. Vérifier ce résultat en reportant $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_8$ à partir d'un même point, sur la copie.

Exercice 2 La volée au tennis

●●○

Une balle de tennis de masse $m = 58 \text{ g}$ arrive horizontalement sur la raquette d'une joueuse à la vitesse $v_1 = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Elle repart dans la même direction, en sens opposé, à la vitesse $v_2 = 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Le contact entre la balle et le cordage dure $\Delta t = 5,0 \text{ ms}$.

- 2.1** Représenter $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_2$ à partir d'un même point avec l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, puis construire $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$. Donner sa valeur : pourquoi n'est-elle pas égale à $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$?
- 2.2** Calculer la valeur de la force moyenne exercée par la raquette sur la balle pendant le contact. Justifier que l'on peut négliger le poids de la balle pendant cette durée ($g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$).
- 2.3** Avec un cordage moins tendu, le contact dure plus longtemps. Pour les mêmes vitesses, comment évolue la force exercée sur la balle ?

Exercice 3 Les phases d'un saut en parachute



Une parachutiste de masse $m = 80 \text{ kg}$ (équipement compris) saute d'un avion et descend verticalement. Elle est soumise à son poids $\vec{P}$ et à la force de frottement de l'air $\vec{f}$, verticale et vers le haut. On prend $g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$. Phase 1 : juste après le saut, sa vitesse est faible et les frottements sont négligeables. Phase 2 : quelques dizaines de secondes plus tard, elle chute à la vitesse constante de $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Phase 3 : après l'ouverture du parachute, sa vitesse passe de $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ à $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en $2,0 \text{ s}$. Phase 4 : elle descend à la vitesse constante de $5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ jusqu'à l'atterrissage.

- 3.1** Pour chaque phase, préciser si le mouvement est accéléré, uniforme ou ralenti, puis donner le sens de $\Delta\vec{v}$ et celui de la somme des forces. Comparer alors les valeurs P et f .
- 3.2** Phase 1 : calculer la valeur de Δv pendant $0,50 \text{ s}$.
- 3.3** Phases 2 et 4 : calculer la valeur de f .
- 3.4** Phase 3 : calculer la valeur moyenne de la somme des forces, puis celle de la force de frottement f .

Exercice 4 Pointage vidéo et Python : le palet attaché



Sur une table horizontale à coussin d'air, un palet de masse $m = 0,50 \text{ kg}$ est relié à un point fixe O par un fil tendu : il décrit un cercle de centre O. Un pointage vidéo fournit ses coordonnées (en mètres, origine en O) toutes les $\tau = 40 \text{ ms}$; elles sont exploitées par le programme ci-dessous.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 tau = 0.040 # durée entre deux images (s)
3 m = 0.50 # masse du palet (kg)
4 x = [0.250, 0.245, 0.228, 0.202, 0.167, 0.125, 0.077, 0.026, -0.026]
5 y = [0.000, 0.052, 0.102, 0.147, 0.186, 0.217, 0.238, 0.249, 0.249]
6 vx, vy = [], []
7 for i in range(1, len(x) - 1):
8     vx.append((x[i+1] - x[i-1]) / (2*tau))
9     vy.append(...)
10 dvx, dvy = [], []
11 for j in range(1, len(vx) - 1):
12     dvx.append(vx[j+1] - vx[j-1])
13     dvy.append(vy[j+1] - vy[j-1])
14 print(round(m * (dvx[-1]**2 + dvy[-1]**2)**0.5 / (2*tau), 2))
15 plt.plot(x, y, 'o')
16 plt.quiver(x[2:-2], y[2:-2], dvx, dvy)
17 plt.show()
```

- 4.1** Calculer le rayon R de la trajectoire à l'aide des coordonnées du premier point. Compléter la ligne 9.
- 4.2** Que contiennent les listes vx et vy ? Pourquoi la boucle de la ligne 7 commence-t-elle à $i = 1$ et s'arrête-t-elle à $i = \text{len}(x) - 2$? Calculer v_1 à la main et vérifier que le mouvement est uniforme.
- 4.3** Que représentent les listes dvx et dvy ? Quelle est la durée Δt correspondante ? En quels points les vecteurs tracés par la ligne 16 sont-ils représentés ?
- 4.4** Le graphique montre des vecteurs tous dirigés vers O, et le programme affiche des valeurs comprises entre 3,30 et 3,43. Quelle grandeur est ainsi calculée ? Interpréter ces résultats : quelle force est responsable de la variation de la vitesse ? Que dire des autres forces ?
- 4.5** Le fil casse lorsque le palet passe en M₈. Décrire son mouvement ultérieur.