

Exercices 2 Mouvement dans un champ uniforme

Application : tirs, jets d'eau, relevés vidéo, déviation électrique, énergies

7 exercices · niveau ●●○ · durée conseillée : 1 h 45 · calculatrice autorisée



R. RINGUET · 2026 – 2027

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

- Exploiter les équations horaires et l'équation de la trajectoire pour répondre à une question concrète (passer au-dessus d'un obstacle, atteindre une cible, franchir un fossé).
- Exploiter un relevé vidéo : vitesses par la méthode des différences, accélération, comparaison au modèle de la chute libre ; suivre l'évolution des énergies avec un programme Python.
- Traiter la déviation d'une particule chargée dans le champ uniforme d'un condensateur plan.

Exercice 1 Un tir à trois points

●●○

Un joueur de basket tire depuis la ligne à trois points, située à $D = 6,75$ m du centre du panier. Le ballon quitte ses mains à l'altitude $z_0 = 2,00$ m, avec une vitesse de valeur $v_0 = 8,9$ m·s⁻¹ faisant un angle $\alpha = 45^\circ$ avec l'horizontale. L'origine du repère est prise au sol, à la verticale du point de lancer, l'axe (Ox) étant dirigé vers le panier.

■ DONNÉES $g = 9,81$ m·s⁻² • résistance de l'air négligée

- 1.1 Établir les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement du centre de masse du ballon.
- 1.2 Montrer que l'équation de la trajectoire s'écrit $z(x) = -0,124x^2 + x + 2,00$ (avec x et z en mètres).
- 1.3 Le cercle du panier est à l'altitude 3,05 m. Calculer l'altitude du ballon lorsqu'il arrive à la verticale du panier et conclure sur la réussite du tir.
- 1.4 Déterminer l'abscisse du sommet de la trajectoire. Le ballon est-il montant ou descendant lorsqu'il atteint le panier ? Pourquoi est-ce important pour marquer ?
- 1.5 Le joueur tire maintenant avec le même angle mais une vitesse initiale plus faible. Sans calcul, expliquer si le ballon passera au-dessus ou au-dessous du cercle.

Exercice 2 Le grand jet d'eau

●●○

Un jet d'eau touristique projette l'eau verticalement vers le haut avec une vitesse d'éjection de valeur $v_0 = 200$ km·h⁻¹. Le panneau d'information du site annonce une hauteur de 140 m. Chaque goutte est supposée en chute libre dès sa sortie de la buse.

■ DONNÉES $g = 9,81$ m·s⁻²

- 2.1 Convertir v_0 en m·s⁻¹. Établir l'expression de la hauteur maximale h atteinte par une goutte en fonction de v_0 et g , puis calculer h .
- 2.2 Calculer l'écart relatif entre la valeur obtenue et la hauteur annoncée. Citer deux phénomènes, négligés dans le modèle, qui expliquent que le jet réel monte moins haut.
- 2.3 Calculer la durée totale du trajet d'une goutte, de la buse jusqu'à son retour au niveau de la buse.
- 2.4 Par grand vent, la buse est inclinée de 20° par rapport à la verticale. Calculer, toujours dans le modèle de la chute libre, la hauteur maximale du jet et la distance horizontale à laquelle l'eau retombe.

Exercice 3 Relevé vidéo d'un lancer

●●○

Une balle est lancée depuis le sol ; une caméra filme le mouvement à 50 images par seconde. Un logiciel de pointage fournit les coordonnées du centre de masse G toutes les $\Delta t = 0,100$ s (tableau ci-dessous). L'axe (Oz) est vertical ascendant.

t (s)	0	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700
x (m)	0,00	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80
z (m)	0,00	0,45	0,80	1,06	1,22	1,28	1,24	1,10

On utilisera la méthode des différences centrées : $v_x(t_n) \approx \frac{x_{n+1} - x_{n-1}}{2\Delta t}$ et $v_z(t_n) \approx \frac{z_{n+1} - z_{n-1}}{2\Delta t}$.

■ **DONNÉES** $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

- 3.1 Calculer v_x aux dates 0,200 s et 0,500 s. Que peut-on en conclure sur la composante horizontale du mouvement ? Justifier à l'aide de la deuxième loi de Newton.
- 3.2 Calculer v_z à ces deux mêmes dates.
- 3.3 En déduire la valeur de la composante verticale a_z du vecteur accélération entre ces deux dates. Comparer à $-g$ et conclure sur la validité du modèle de la chute libre.
- 3.4 En utilisant les valeurs du tableau, déterminer la valeur v_0 de la vitesse initiale et l'angle de tir α . (On pourra d'abord calculer v_z à la date 0,100 s, puis remonter à $t = 0$.)
- 3.5 Prévoir, à l'aide du modèle, la date à laquelle la balle retombe au sol et la portée du tir.

Exercice 4 L'imprimante à jet d'encre



Dans une imprimante à jet d'encre continu, des gouttes d'encre de masse $m = 6,0 \times 10^{-11} \text{ kg}$ sont émises à la vitesse horizontale $v_0 = 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et électrisées avec une charge $q = -7,0 \times 10^{-13} \text{ C}$. Elles pénètrent en O , à mi-distance, entre deux plaques horizontales de longueur $L = 1,5 \text{ cm}$, distantes de $d = 1,0 \text{ cm}$ et soumises à la tension $U = 3,0 \text{ kV}$ (plaque supérieure au potentiel le plus élevé). Le papier défile à la distance $D = 8,0 \text{ mm}$ de la sortie des plaques.

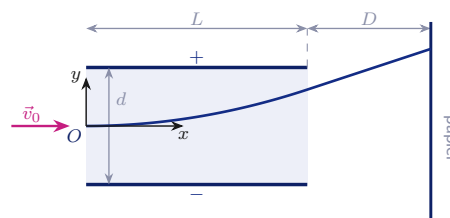


Figure 1 — Déviation d'une goutte d'encre (schéma sans souci d'échelle)

■ **DONNÉES** $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

- 4.1 Calculer la valeur du champ électrique $\vec{E}$ entre les plaques, puis celle de la force électrique subie par une goutte. Préciser le sens de cette force.
- 4.2 Comparer cette force au poids d'une goutte. Justifier que le poids soit négligé.
- 4.3 Établir les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement d'une goutte entre les plaques, puis l'équation de sa trajectoire.
- 4.4 Calculer la durée de la traversée des plaques, puis la déviation y_1 à la sortie. Vérifier que la goutte ne heurte pas la plaque.
- 4.5 Après les plaques, la goutte n'est plus soumise à aucune force : son mouvement est rectiligne uniforme. Calculer les coordonnées de son vecteur vitesse en sortie, puis la déviation totale Y sur le papier.

Exercice 5 Plongeon de haut vol



Un plongeur de masse $m = 62 \text{ kg}$ s'élance d'une plateforme située à $z_0 = 10,0 \text{ m}$ au-dessus de la surface de l'eau. Il quitte la plateforme avec une vitesse verticale, dirigée vers le haut, de valeur $v_0 = 3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. L'origine des altitudes est prise à la surface de l'eau et on étudie le mouvement de son centre de masse.

■ **DONNÉES** $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ • résistance de l'air négligée

- 5.1 Calculer l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique du plongeur au moment où il quitte la plateforme.

- 5.2** En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, déterminer l'altitude maximale atteinte par son centre de masse.
- 5.3** Toujours par une étude énergétique, calculer la valeur de sa vitesse au moment où il touche l'eau, en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- 5.4** Retrouver cette valeur en écrivant l'équation horaire $z(t)$ et en déterminant la durée du vol.
- 5.5** Pendant sa chute, le plongeur effectue plusieurs rotations sur lui-même. Cela modifie-t-il l'étude précédente ? Justifier.

Exercice 6 Python : l'évolution des énergies



Une balle de masse $m = 150 \text{ g}$ est lancée depuis une altitude de $1,00 \text{ m}$. Un logiciel de pointage fournit l'altitude z et la valeur v de la vitesse du centre de masse toutes les $0,20 \text{ s}$. Le programme ci-dessous calcule les énergies et les représente.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 m, g = 0.150, 9.81
3 t = [0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2]
4 z = [1.00, 2.95, 4.51, 5.67, 6.44, 6.82, 6.81]
5 v = [14.0, 12.6, 11.3, 10.2, 9.45, 9.05, 9.06]
6
7 Ec, Epp, Em = [], [], []
8 for i in range(len(t)):
9     Ec.append(0.5 * m * v[i]**2)
10    Epp.append(m * g * z[i])
11    Em.append(...)      # ligne à compléter
12
13 plt.plot(t, Ec, t, Epp, t, Em)
14 plt.show()
```

- 6.1** Compléter la ligne 11 du programme. Quelles grandeurs sont représentées en abscisse et en ordonnée sur le graphique obtenu ?
- 6.2** Calculer « à la main » E_c , E_{pp} et E_m aux dates 0 s et $0,60 \text{ s}$. Que constate-t-on ?
- 6.3** Décrire l'allure des trois courbes tracées par le programme : laquelle est croissante, décroissante, constante ? Justifier physiquement.
- 6.4** À quelle date l'énergie potentielle de pesanteur est-elle maximale ? Que vaut alors l'énergie cinétique ? Pourquoi n'est-elle pas nulle ?
- 6.5** Si la balle était une balle de ping-pong, la courbe $E_m(t)$ aurait-elle la même allure ? Justifier et indiquer ce que représenterait alors la variation de E_m .

Exercice 7 Franchir un fossé en VTT



Un vététiste veut franchir un fossé de largeur $\ell = 4,0 \text{ m}$. Il s'élance sur un petit tremplin qui lui donne une vitesse initiale faisant un angle $\alpha = 15^\circ$ avec l'horizontale ; le bord opposé du fossé est à la même altitude que le tremplin.

■ **DONNÉES** $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ • résistance de l'air négligée

- 7.1** Établir l'expression de la portée du saut en fonction de v_0 , α et g .
- 7.2** En déduire la valeur minimale de v_0 permettant de franchir le fossé, en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- 7.3** Pour garder une marge de sécurité, il souhaite retomber $2,0 \text{ m}$ au-delà du bord. Quelle vitesse doit-il alors atteindre ?
- 7.4** Avec un tremplin plus raide ($\alpha = 30^\circ$), la vitesse minimale nécessaire serait-elle plus grande ou plus petite ? Justifier par le calcul, puis citer un inconvénient pratique d'un tremplin trop raide.