Corrigé et barème – Chute libre et mouvement dans un champ de pesanteur

Étude cinématique et dynamique des mouvements en chute libre et en projection — programme de 1re Spécialité

Durée : 120 min – Calculatrice interdite – Sur 20 points · Spécialité Physique-Chimie 1re

Exercice 1 – Chute d'une pierre depuis un pont *(4 pts)*

a) Système {la pierre}, référentiel terrestre supposé galiléen. L'air étant négligé, le poids est la seule force extérieure : chute libre. Deuxième loi de Newton : $m\vec{g} = m\vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$, vertical, vers le bas, de valeur 9,81 m·s^{-2}, constant pendant toute la chute. (1)

b) $a_y = -9{,}81$, $v_y(0) = 0$, $y(0) = 33{,}0$ m donnent $v_y(t) = -9{,}81\,t$ puis $y(t) = -4{,}905\,t^2 + 33{,}0$. $y = 0$: $t_c = \sqrt{33{,}0/4{,}905} = \sqrt{6{,}728} = 2{,}59$ s. (1)

c) $v = g\,t_c = 9{,}81 \times 2{,}594 = 25{,}4$ m·s^{-1}, soit $25{,}4 \times 3{,}6 = 91{,}6$ km·h^{-1}. (Contrôle : $\sqrt{2gh} = \sqrt{647{,}5} = 25{,}4$ m·s^{-1}.) (1)

d) $y(1{,}50) = -4{,}905 \times 2{,}25 + 33{,}0 = -11{,}0 + 33{,}0 = 22{,}0$ m au-dessus de l'eau : la pierre n'a parcouru que 11,0 m sur 33,0 m alors qu'elle a déjà fait 58 % du temps de chute. (1)

Repère — La hauteur croît comme le carré du temps : la moitié de la durée de chute ne correspond qu'au quart de la hauteur.

Exercice 2 – Tester la chute libre sur un enregistrement *(4 pts)*

a) On encadre M_2 par M_1 et M_3, séparés de $2\Delta t = 0{,}100$ s : $v_2 = \frac{d_3 - d_1}{2\Delta t} = \frac{0{,}110 - 0{,}012}{0{,}100} = 0{,}98$ m·s^{-1}, vecteur vertical vers le bas. (1)

b) De même avec M_3 et M_5 : $v_4 = \frac{d_5 - d_3}{2\Delta t} = \frac{0{,}307 - 0{,}110}{0{,}100} = 1{,}97$ m·s^{-1}, vecteur vertical vers le bas. (1)

c) Les deux vecteurs étant verticaux vers le bas et la valeur augmentant, $\Delta\vec{v}$ est vertical, dirigé vers le bas, de valeur $1{,}97 - 0{,}98 = 0{,}99$ m·s^{-1}. Les dates de M_2 et M_4 sont séparées de $\Delta t' = 0{,}100$ s, donc $a = \frac{0{,}99}{0{,}100} = 9{,}9$ m·s^{-2}, vecteur vertical vers le bas. (1)

d) Écart relatif : $\frac{|9{,}9 - 9{,}81|}{9{,}81} = 0{,}9$ %. L'accélération mesurée est égale à $\vec{g}$ aux incertitudes près : le modèle de la chute libre est validé. L'écart provient des arrondis sur les positions (lues au millimètre) et de l'approximation de la dérivée par un taux de variation. (1)

Erreur fréquente — On divise par $2\Delta t$ pour une vitesse, mais par l'écart réel entre les deux dates pour l'accélération : c'est là que se perd le facteur 2.

Exercice 3 – Une bille quitte le bord d'une table *(4 pts)*

a) Chute libre : $a_x = 0$ et $a_y = -9{,}81$ m·s^{-2}. Conditions initiales : $v_x(0) = 2{,}60$ m·s^{-1}, $v_y(0) = 0$, $x(0) = y(0) = 0$. D'où $v_x(t) = 2{,}60$, $v_y(t) = -9{,}81\,t$, puis $x(t) = 2{,}60\,t$ et $y(t) = -4{,}905\,t^2$. (1)

b) L'impact a lieu pour $y = -0{,}92$ m : $t_c = \sqrt{\frac{0{,}92}{4{,}905}} = \sqrt{0{,}1876} = 0{,}433$ s. Cette durée est la même que si la bille avait été simplement lâchée du bord de la table. (1)

c) $x = 2{,}60 \times 0{,}433 = 1{,}13$ m du pied de la table. (1)

d) $t = \frac{x}{2{,}60}$ reporté dans y : $y = -4{,}905 \times \frac{x^2}{6{,}76} = -0{,}726\,x^2$. C'est une fonction polynôme du second degré : la trajectoire est une portion de parabole de sommet le bord de la table, tournée vers le bas. (1)

Le point clé — Dans un tir horizontal, la durée de chute se calcule sur la seule équation verticale : elle ne dépend pas de la vitesse initiale.

Exercice 4 – Tir oblique depuis le sol *(4 pts)*

a) $v_{0x} = 16{,}0 \times \cos 38^\circ = 16{,}0 \times 0{,}788 = 12{,}6$ m·s⁻¹ et $v_{0y} = 16{,}0 \times \sin 38^\circ = 16{,}0 \times 0{,}616 = 9{,}85$ m·s⁻¹. (1)

b) Au sommet $v_y = 0$: $t_s = \frac{9{,}85}{9{,}81} = 1{,}00$ s. Flèche : $y_{max} = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{97{,}0}{19{,}62} = 4{,}95$ m. (1)

c) Par symétrie de la parabole, $T = 2\,t_s = 2{,}01$ s. Portée : $x_p = v_{0x} \times T = 12{,}6 \times 2{,}008 = 25{,}3$ m (contrôle : $\frac{v_0^2 \sin 76^\circ}{g} = \frac{256 \times 0{,}970}{9{,}81} = 25{,}3$ m). (1)

d) $v_x = 12{,}6$ m·s⁻¹ (inchangée) et $v_y = -9{,}81 \times 2{,}008 + 9{,}85 = -9{,}85$ m·s⁻¹ : la composante verticale est exactement l'opposée de sa valeur initiale. Donc $v = 16{,}0$ m·s⁻¹ et l'angle vaut 38° sous l'horizontale. Justification : le projectile revient à la même altitude, et la trajectoire est symétrique par rapport à la verticale du sommet. (1)

À retenir — Sur terrain horizontal, la parabole est symétrique : mêmes durées de montée et de descente, même valeur de vitesse au départ et à l'arrivée.

Exercice 5 – Deux billes et deux affirmations *(4 pts)*

a) Pour les deux billes, la projection verticale du mouvement s'écrit $y(t) = -4{,}905\,t^2 + 1{,}25$ avec $v_y(0) = 0$: $t_c = \sqrt{\frac{1{,}25}{4{,}905}} = \sqrt{0{,}2548} = 0{,}505$ s. Les deux billes touchent donc le sol au même instant, car les mouvements horizontal et vertical sont indépendants. (1)

b) $x = 4{,}50 \times 0{,}505 = 2{,}27$ m : la seconde bille touche le sol 2,27 m plus loin, mais pas plus tard. (1)

c) L'erreur consiste à relier la durée de chute à la longueur du chemin parcouru. Or seule la projection verticale détermine la durée, et elle est identique dans les deux cas puisque $\vec{g}$ n'a pas de composante horizontale : la vitesse horizontale n'intervient jamais dans $y(t)$. (1)

d) L'erreur consiste à déduire l'accélération de la vitesse. Le vecteur accélération est fixé par le bilan des forces, identique en tout point du vol (le poids seul) : $\vec{a} = \vec{g}$, de valeur 9,81 m·s⁻², vertical, dirigé vers le bas — y compris au sommet, où c'est précisément lui qui fait passer v_y de valeurs positives à des valeurs négatives. (1)

Attention — Vitesse nulle et accélération nulle sont deux choses distinctes : en chute libre, $\vec{a} = \vec{g}$ à chaque instant du mouvement.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).