

Exercice n°1 : Coloration capillaire		(9 points)
Q.1. Il s'agit de préparer 100,0 mL de solution oxydante diluée 20 fois. Le facteur de dilution étant de 20, il faut donc prélever un volume V_m de solution mère tel que $V_m = V_f/20 = 100,0 / 20 = 5,0$ mL. Le protocole de dilution est donc le suivant :		0,25
- introduire environ 25 mL de solution mère S dans un bécher. - rincer la pipette jaugée de 5,0 mL à l'aide de la solution S. - prélever 5,0 mL de solution S et les introduire dans une fiole jaugée de 100,0 mL. - rajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. - boucher et agiter pour homogénéiser. - verser dans un bécher propre et sec.		0,5
Q.2. D'après l'équation de la réaction de titrage, à l'équivalence du titrage, les réactifs étant dans les proportions stœchiométriques, on a : $\frac{n_1}{5} = \frac{n_{2E}}{2}$.		0,5
Q.3. On déduit de la relation précédente la relation avec les concentrations et les volumes sachant que $n = C.V$. On a donc :		0,5
$\frac{c_1 \cdot V_1}{5} = \frac{c_2 \cdot V_E}{2}$ soit $c_1 = \frac{5 \cdot c_2 \cdot V_E}{2 \cdot V_1} = \frac{5 \times 2,00 \cdot 10^{-2} \times 18,1 \cdot 10^{-3}}{2 \times 10,0 \cdot 10^{-3}}$ soit $c_1 = 9,05 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$		
Q.4. La solution oxydante S ayant été diluée 20 fois avant le titrage, on a $c = 20 \times c_1$ soit $c = 20 \times 9,05 \cdot 10^{-2}$ donc $c = 1,81 \text{ mol.L}^{-1}$.		0,25
Q.5. Calculons la concentration en quantité de matière de la solution oxydante n°2. On considère $V = 1\text{L}$ de cette solution. La masse de solution correspondante est $m = \rho_2 \cdot V$. En sachant que le pourcentage en masse est $w_2 = 6\%$, la masse de peroxyde d'hydrogène contenue dans 1L de solution n°2 est : $m_{H_2O_2,2} = m \cdot w_2 = \rho_2 \cdot V \cdot w_2$.		0,5
La quantité de matière correspondante est alors $n_{H_2O_2,2} = \frac{m_{H_2O_2,2}}{M_{H_2O_2}}$ Et la concentration de la solution n°2 est donc $c_{S2} = \frac{n_{H_2O_2,2}}{V} = \frac{\rho_2 \cdot V \cdot w_2}{V \cdot M_{H_2O_2}} = \frac{\rho_2 \cdot w_2}{M_{H_2O_2}} = \frac{1022 \times 0,06}{34}$ soit $c_{S2} = 1,8 \text{ mol.L}^{-1}$.		
La concentration de la solution titrée précédemment est donc très proche de la concentration de la solution n°2 de peroxyde d'hydrogène : la solution oxydante étudiée est donc bien la solution n°2.		0,25
Q.6. Il s'agit ici de calculer le volume de dioxygène $O_2(g)$ libéré par la décomposition d'un litre de peroxyde d'hydrogène à 6,0%. Précédemment, nous avons calculé la concentration de cette solution : $c_{S2} = 1,8 \text{ mol.L}^{-1}$: 1L de solution n°2 contient donc 1,8 mol de peroxyde d'hydrogène. D'après l'équation de décomposition du peroxyde d'hydrogène, la quantité de dioxygène libéré est $n_{O_2} = \frac{n_{H_2O_2}}{2}$ soit $n_{O_2} = \frac{1,8}{2} = 0,90 \text{ mol}$. Calculons alors le volume de dioxygène correspondant : $V = n_{O_2} \cdot V_m = 0,90 \times 22,4 = 20,16 \text{ L} \approx 20\text{L}$: ainsi, 1L de solution n°2 libère 20L de dioxygène : il s'agit donc d'une solution à 20 volumes.		0,5
Q.7. L'équation de la réaction modélisant l'action de l'eau sur l'ammoniac est la suivante : $H_2O(l) + NH_3(aq) = NH_4^+(aq) + HO^- (aq)$		0,5
Q.8. Les groupes caractéristiques du 2,4-diaminophénol sont les suivants :		0,5 (0,25 par groupe)
<p>Groupes caractéristiques du 2,4-diaminophénol :</p> <ul style="list-style-type: none"> Groupe phénol (ou alcool accepté) Groupe amino 		
Q.9. Les lignes du code Python à compléter sont les suivantes : Ligne 5 : epsilon = 1.00*10**-5 Ligne 6 : I = 1 Ligne 10 : A = epsilon*I*c		0,5
Q.10. D'après la simulation et le graphique, pour une absorbance $A = 1,20$, la concentration en espèce colorée dans le mélange dilué est $C_{100} = 12 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Dans le mélange initial, la concentration est donc $c = 100 \times C_{100}$ soit $c = 12 \cdot 10^{-6} \times 100 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. Or, d'après l'équation de la réaction de synthèse de l'espèce colorée, la concentration en molécule C initialement présente dans le mélange, avant la formation de l'espèce colorée, est égale à la concentration en espèce colorée en considérant la transformation comme totale.		0,5

Ainsi, la concentration C_C de la molécule C dans le mélange est $C_C = 1,2 \cdot 10^{-3}$ mol.L ⁻¹ .	0,25
Q.11. D'après la question précédente, la concentration en molécule C du mélange est $C_C = 1,2 \cdot 10^{-3}$ mol.L ⁻¹ . Considérons 1L de cette solution. La masse de molécule C contenue dans ce volume est $m_C = n_C \times M_C = C_C \times V \times M_C$. La masse d'1L de solution est $m_{sol} = \rho \times V$. On en déduit le pourcentage en masse de molécule C dans le mélange : $w_C = \frac{m_C}{m_{solution}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \times 1 \times 169}{1000 \times 1}$ Soit $w_C = 2,0 \cdot 10^{-4} = 0,02\%$. Cette valeur est très inférieure à la valeur limite de 1,5% donc la crème colorante respecte bien la législation.	0,5
Q.12. Le mélange absorbe principalement les radiations entre 420 et 520 nm c'est-à-dire les radiations bleues/cyan. La couleur complémentaire est la couleur observée. Le mélange prêt à l'emploi est donc de couleur jaune/rouge, soir orangé. On peut accepter toute couleur comprise entre jaune, orange et rouge.	0,5
Q.13. Par définition la vitesse d'apparition est $v_{produit} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dn_{produit}}{dt} = \frac{d[produit]}{dt}$.	0,25
Q.14. On sait que $A = \epsilon \cdot \ell \cdot [produit]$ donc $[produit] = \frac{A}{\epsilon \cdot \ell}$ et on a $v_{produit} = \frac{d(\frac{A}{\epsilon \cdot \ell})}{dt}$. $\epsilon \cdot \ell$ étant constant, on a donc $v_{produit} = \frac{1}{\epsilon \cdot \ell} \cdot \frac{dA}{dt}$.	0,5
Q.15. Pour déterminer la vitesse d'apparition du produit à 1500s, il faut tracer la tangente à la courbe et déterminer son coefficient directeur. En effet, le coefficient directeur de la tangente à la courbe $A = f(t)$ correspond à la dérivée de l'absorbance par rapport au temps : $(\frac{dA}{dt})_{1500}$ = coefficient directeur de la tangente à la courbe à $t = 1500$ s.	0,5
En plaçant 2 points éloignés sur la tangente, on obtient pour le coefficient directeur : $(\frac{dA}{dt})_{1500} = \frac{1,28 - 0}{2250 - 500}$ soit $(\frac{dA}{dt})_{1500} = 7,3 \cdot 10^{-4}$ s ⁻¹ . Ainsi, on a $v_{1500} = \frac{1}{\epsilon \cdot \ell} \cdot (\frac{dA}{dt})_{1500} = \frac{1}{1,00 \cdot 10^5 \times 1,0} \times 7,3 \cdot 10^{-4}$. On obtient ainsi $v_{1500} = 7,3 \cdot 10^{-9}$ mol.L ⁻¹ .s ⁻¹ .	0,5
Exercice n°2 : Le fer à cheval	5 points
1. Chauffage du fer	
Q1. Par définition de la masse volumique : $\rho_{Fer} = \frac{m_{Fer}}{V_{Fer}} \Leftrightarrow m_{Fer} = \rho_{Fer} \cdot V_{Fer}$	0,5
$m_{Fer} = 7,87 \times 104 = 818$ g	
Q2. $\Delta U = m_{fer} \times c_{fer} \times \Delta \theta = m_{fer} \times c_{fer} \times (\theta_f - \theta_i)$ $\Delta U = 818,48 \cdot 10^{-3} \times 440 \times (900 - 15) = 3,19 \cdot 10^5$ J = 319 kJ Remarque : une différence de température en °C est égale à la même différence de température en K.	0,25 formule 0,25 valeur
Q3. Au niveau microscopique, l'augmentation de l'énergie interne du fer à cheval correspond à une augmentation de l'énergie cinétique microscopique des atomes de fer (agitation thermique).	0,25
2. Refroidissement du fer	
2.1. Refroidissement à l'air libre	
Q4. Considérons que le système {fer à cheval} est au repos alors son énergie mécanique ne varie pas ; le 1er principe de la thermodynamique donne $\Delta U = W + Q$ On va considérer que le système n'échange pas de travail avec l'extérieur malgré les coups de marteaux du maréchal-ferrant..., ainsi $W = 0$ et donc $\Delta U = Q$. Or par définition du flux thermique : $\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$ soit $Q = \Phi \cdot \Delta t$ Or la loi de Newton dans l'air donne : $\Phi = h_{air} \cdot S \cdot (\theta_{EXT} - \theta)$ En égalant les deux expressions on a : $\Delta U = h_{air} \cdot S \cdot (\theta_{EXT} - \theta) \cdot \Delta t$	0,25 pour $\Delta U = Q$ justifié 0,25 pour Q et ΔU en fonction de Φ
Q.5. La variation d'énergie interne du système fer à cheval est $\Delta U = m_{fer} \cdot c_{fer} \cdot \Delta \theta$ avec $\Delta \theta = \theta(t + \Delta t) - \theta(t)$	0,25
Q.6. D'après les deux expressions de ΔU établie précédemment, on a :	

<p>$\Delta U = h_{air} \cdot S (\theta_{EXT} - \theta)$ et $\Delta U = m_{fer} \cdot c_{fer} \cdot \Delta \theta$</p> <p>Soit $m_{fer} \cdot c_{fer} \cdot \Delta \theta = h_{air} \cdot S (\theta_{EXT} - \theta) \cdot \Delta t$</p> <p>Ce qui donne $\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{h_{air} \cdot S}{m_{fer} \cdot c_{fer}} \cdot (\theta_{EXT} - \theta) \Leftrightarrow \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{h_{air} \cdot S}{m_{fer} \cdot c_{fer}} \cdot \theta_{EXT} - \frac{h_{air} \cdot S}{m_{fer} \cdot c_{fer}} \cdot \theta$</p> $\Leftrightarrow \frac{\Delta \theta}{\Delta t} + \frac{h_{air} \cdot S}{m_{fer} \cdot c_{fer}} \cdot \theta = \frac{h_{air} \cdot S}{m_{fer} \cdot c_{fer}} \cdot \theta_{EXT}$ <p>En faisant tendre Δt vers 0, $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$ et avec $\tau = \frac{m_{fer} \cdot c_{fer}}{h_{air} \cdot S}$ on obtient $\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{ext}}{\tau}$</p>	0,25 0,25 pour limite $\Delta t \rightarrow 0$
<p>Q.7. Vérifions que $\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{ext}) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{ext}$ est solution de l'équation différentielle précédente.</p> $\frac{d\theta}{dt} = \frac{d((\theta_0 - \theta_{ext}) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{ext})}{dt} = (\theta_0 - \theta_{ext}) \times \left(-\frac{1}{\tau}\right) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + 0$ <p>Injectons les expressions de θ et $\frac{d\theta}{dt}$ dans l'équation différentielle $\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{ext}}{\tau}$:</p> $\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = (\theta_0 - \theta_{ext}) \times \left(-\frac{1}{\tau}\right) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{1}{\tau} \times (\theta_0 - \theta_{ext}) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{\theta_{ext}}{\tau}$ $\Leftrightarrow \frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = -\frac{1}{\tau}(\theta_0 - \theta_{ext}) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{1}{\tau} \times (\theta_0 - \theta_{ext}) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{\theta_{ext}}{\tau} = \frac{\theta_{ext}}{\tau} \quad \text{après simplification}$ <p>Donc on a bien montré que $\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{ext}}{\tau}$</p>	0,5
<p>Q.8. D'après l'énoncé, le maréchal-ferrant pose le fer à cheval au bout de deux minutes soit 120 s (τ est donnée en s) : $\theta(t=120s) = (900 - 15) \times e^{-\frac{120}{880}} + 15 = 787^\circ\text{C}$</p> <p>Le fer est donc encore très chaud quand il est posé sur le sabot ; on comprend bien pourquoi cela brûle la corne.</p>	0,5
<p>2.2. Refroidissement dans l'eau avant la pose.</p>	
<p>Q.9. En adaptant le modèle dans l'eau froide : $\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{EXT}) \times e^{-\frac{t}{\tau_{eau}}} + \theta_{EXT}$ avec $\theta_0 = 600^\circ\text{C}$ et</p> $\tau_{eau} = \frac{m_{fer} \cdot c_{fer}}{h_{eau} \cdot S} \quad \text{ATTENTION ici, il faut prendre en compte le facteur } \tau \text{ dans l'eau !!}$ $\tau_{eau} = \frac{818.10^{-3} \times 440}{360 \times 293.10^{-4}} = 34,1 \text{ s cohérent car très inférieure à } 880 \text{ s obtenue dans l'air}$ <p>Il faut donc trouver t_f qui vérifie : $\theta_{finale} = (\theta_0 - \theta_{EXT}) \times e^{-\frac{t_f}{\tau_{eau}}} + \theta_{EXT}$</p> $\theta_{finale} - \theta_{EXT} = (\theta_0 - \theta_{EXT}) \cdot e^{-\frac{t_f}{\tau_{eau}}}$ $e^{-\frac{t_f}{\tau_{eau}}} = \frac{\theta_{finale} - \theta_{EXT}}{\theta_0 - \theta_{EXT}}$ $-\frac{t_f}{\tau_{eau}} = \ln\left(\frac{\theta_{finale} - \theta_{EXT}}{\theta_0 - \theta_{EXT}}\right)$ $t_f = -\tau_{eau} \cdot \ln\left(\frac{\theta_{finale} - \theta_{EXT}}{\theta_0 - \theta_{EXT}}\right)$ <p>Finalement : $t_f = -34,1 \times \ln\left(\frac{40 - 15}{600 - 15}\right) = 108 \text{ s}$</p>	0,5
<p>Q.10. On peut imaginer que si seulement 20 secondes suffisent, c'est que le modèle choisi n'est pas</p>	

adapté.

Les échanges entre le fer et l'eau n'obéissent probablement pas à la loi de Newton :

- les échanges entre le fer et l'eau ne sont pas principalement conducto-convectifs car le fer est très chaud et il perd de l'énergie par rayonnement ;
- la température de l'eau n'est pas constante alors qu'elle doit jouer le rôle de thermostat ;
- l'eau change d'état (ce qui demande beaucoup d'énergie).

0,5

Exercice n°3 : Accéléromètre d'un mobile multifonction

6 points

1. Modèle de la chute libre sans frottement

Q1. Système {smartphone} de masse m et de centre de masse G.

Référentiel terrestre supposé galiléen

Repère d'étude (O, \vec{k}) d'axe Oz vertical orienté vers le haut.

Dans le cas d'une chute libre, le smartphone n'est soumis qu'à son poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$

Deuxième loi de Newton : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{P} = m \cdot \vec{a}$ soit $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$.

En projection selon l'axe vertical Oz orienté vers le haut :

$$a_z = g_z = -g.$$

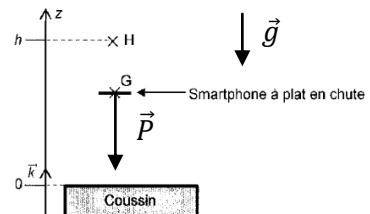


Figure 1. Modélisation de la chute du smartphone

0,25

Q2. On a : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ soit en projection selon l'axe Oz : $a_z = \frac{dv_z}{dt} = -g$.

0,25 (justif)

En primitivant : $v_z(t) = -g \cdot t + C_1$

0,25 pour
 $v_z(t)$

Le smartphone est lâché initialement sans vitesse initiale donc $v_z(0) = 0$ soit $-0 + C_1 = 0$.

Finalement : $v_z(t) = -g \cdot t$

On a : $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$ soit en projection selon l'axe Oz : $v_z = \frac{dz}{dt} = -g \cdot t$.

0,25 (justif)

En primitivant : $z(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + C_2$

0,25 pour
 $z(t)$

Le smartphone est lâché initialement d'une altitude $z(0) = h$ donc $-0 + C_2 = h$.

Finalement : $z(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + h$

Q3. Dans le cas d'une chute libre, il n'y a pas de frottements donc l'énergie mécanique se conserve au cours du mouvement. L'énergie mécanique est donc constante et s'écrit :

0,25 (E_M constante)

$$E_M = E_C + E_{PP}$$

$$E_M = \frac{1}{2} mv^2 + m \cdot g \cdot z$$

Pour $z = h$, la vitesse du smartphone est nulle ainsi :

0,25

$$E_M = m \cdot g \cdot h$$

Q4. Dans le modèle de la chute libre : $a_z = -g$. La coordonnée a_z de l'accélération est donc constante au cours du temps.

0,25

Or la figure 2 montre que la coordonnée a_z varie au cours du temps donc le modèle de la chute libre n'est compatible avec l'expérience.

Q5. La courbe A correspond à une énergie décroissante au cours du temps : elle correspond à l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} qui diminue car l'altitude du smartphone diminue au cours de la chute verticale.

0,25

La courbe B correspond à une énergie croissante au cours du temps : elle correspond à l'énergie cinétique E_C qui augmente car la valeur de la vitesse du smartphone augmente lors de la chute verticale.

0,25

Q6. Pour $t = 0,45$ s : $E_C \approx 2,1$ J et $E_C = \frac{1}{2}mv^2$ soit $v^2 = \frac{2E_C}{m}$ donc $v = \sqrt{\frac{2E_C}{m}}$.

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 2,1}{182 \times 10^{-3}}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 4,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ valeur proche de } 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

$$\boxed{\sqrt{\frac{2 \times 2,1}{182 \times 10^{-3}}}}$$

..... 4.803844614.

0,25
lecture
graphique
0,25
Calcul de v

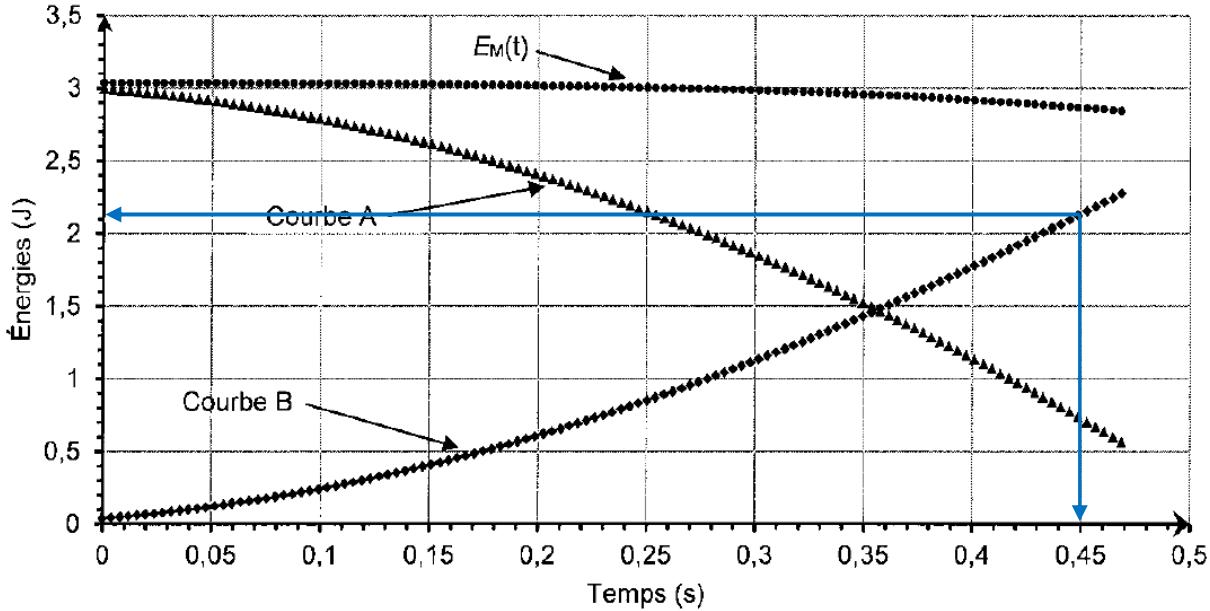


Figure 3. Représentations graphiques de $E_{PP}(t)$, $E_C(t)$ et $E_M(t)$ lors de la chute du smartphone

Q7. Système {smartphone} de masse m et de centre de masse G.

Référentiel terrestre supposé galiléen

Repère d'étude (O, \vec{k}) d'axe Oz vertical orienté vers le haut.

Bilan des forces :

$$\text{Poids } \vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

Force de frottement : $\vec{f} = f \cdot \vec{k}$ (verticale dirigée vers le haut).

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}$ soit $m \cdot \vec{g} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}$

En projection selon l'axe vertical Oz orienté vers le haut : $m \cdot g_z + f_z = m \cdot a_z$

Soit : $-m \cdot g + f = m \cdot a_z$ ($f_z = f > 0$)

$$f = m \cdot a_z + m \cdot g$$

$$f = m \cdot (a_z + g)$$

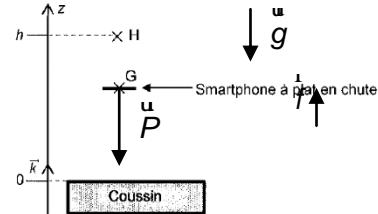


Figure 1. Modélisation de la chute du smartphone

0,25 (loi de Newton)

0,25
projection

Q8. Lorsque la vitesse du smartphone est nulle la valeur de la force de frottement est nulle et $a_z = -g$.

Or, d'après la modélisation : $a_z = 0,0555 \times v^2 - 9,80$

Donc pour une vitesse nulle : $a_z = -9,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = -g$

Ainsi : $g = 9,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

0,25

Q9. On reporte l'expression de la modélisation de a_z dans celle de f :

$$f = m \cdot (a_z + g)$$

$$f = m \cdot (0,0555 \times v^2 - 9,80 + g)$$

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

$$f = 0,0555 \times m \cdot v^2 + 0,01$$

On néglige la valeur 0,01 et alors f est bien de la forme : $f = k \cdot v^2$ avec $k = 0,0555 \times m$.

0,5

Unités de k :

On a : $k = \frac{f}{v^2}$.

0,5

Une force s'exprime en newton $N = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ($F = m \cdot a$)

donc k s'exprime $\frac{N}{(m \cdot s^{-1})^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$.

Valeur de k :

$k = 0,0555 \times m = 0,0555 \times 182 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} = 1,01 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$.

Q10. En fin de chute, lorsque la vitesse est maximale, on a graphiquement, sur la figure 4

$v^2 = 25 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

$f = k \cdot v^2 = 1,01 \times 10^{-2} \times 25 \text{ N} \approx 0,25 \text{ N}$.

$P = m \cdot g = 182 \times 10^{-3} \times 9,80 \text{ N} \approx 1,78 \text{ N}$.

La force de frottement est nettement inférieure au poids du smartphone lors de la chute.

Elle n'est cependant pas négligeable face au poids.

0.0555*182e-3	0.010101
ReP*25	0.252525
182e-3*9.80	1.7836

0,5

0,25