QCM

1 La proposition A n'est pas une bonne réponse car le mouvement est uniformément accéléré.
La proposition B est une bonne réponse car le mouvement est contenu dans le plan formé par les vecteurs vitesse initiale et champ de pesanteur $\vec{a} = \vec{g}$.
La proposition C est une bonne réponse car $\vec{a} = \vec{g}$.

2 La proposition A est une mauvaise réponse car $\vec{g}_0$ est orienté dans le sens opposé de l'axe (O*y*) ascendant.
La proposition B est une mauvaise réponse car les composantes v_x et v_y sont échangées.
La proposition C est une bonne réponse.

3 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car la trajectoire est parabolique.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car l'équation d'une trajectoire s'écrit $y = f(x)$ et non $y = f(t)$.

4 La proposition A n'est pas une bonne réponse car $V_A > V_B$, donc l'armature négative est B et le champ électrique devrait être orienté vers B.
La proposition B est une bonne réponse car, dans un condensateur plan, le champ E est proportionnel à la tension U_{AB}.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car la valeur du champ est inversement proportionnelle à *d*.

5 La proposition A n'est pas une bonne réponse car la particule est déviée vers l'armature négative, elle est chargée positivement.
La proposition B est une bonne réponse. On le justifie en établissant les équations horaires de la vitesse (voir cours p. 299).
La proposition C est une bonne réponse. On le justifie en établissant les équations horaires de la vitesse (voir cours p. 299).

6 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car $\vec{a} = \frac{e}{m} \cdot \vec{E}$.

7 La proposition A est une bonne réponse car en l'absence de forces non conservatives, l'énergie mécanique se conserve. Or, la force électrique est constante dans un champ uniforme donc elle est conservative.
La proposition B est une bonne réponse car la force électrique est conservative : on peut donc lui associer une énergie potentielle dite énergie potentielle électrique.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car si $E_m = c^{ste}$, alors $\Delta E_m = 0$ d'où $\Delta E_c = -\Delta E_p$.

8 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car le vecteur accélération est perpendiculaire aux armatures pour que le travail moteur de la force électrique soit maximal.
La proposition C est une bonne réponse.

---

10 **1.** On néglige l'action de l'air sur la balle. D'après la deuxième loi de Newton :
$m \cdot \vec{a} = m \cdot \vec{g_0}$, d'où $\vec{a} = \vec{g_0}$. Dans le repère orthonormé (O ; *x*, *y*, *z*), puisque $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, on a :

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = a_x = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = a_y = -g_0 \\ \frac{dv_z}{dt} = a_z = 0 \end{cases}$$

Par intégration, on en déduit un ensemble de primitives possibles : $\vec{v(t)} \begin{cases} v_x(t) = k_1 \\ v_y(t) = -g_0 \cdot t + k_2 \\ v_z(t) = k_3 \end{cases}$ où k_1, k_2 et k_3 sont des constantes.

La connaissance de la vitesse initiale (à *t* = 0 s) permet d'établir les valeurs de chacune des deux constantes par identification de deux termes égaux :
$\vec{v(0)} = \vec{v_0}$, d'où :

$$\begin{cases} v_x(0) = k_1 = v_0 \cdot \cos\theta \\ v_y(0) = -g_0 \times 0 + k_2 = v_0 \cdot \sin\theta \\ v_z(0) = k_3 = 0 \end{cases}$$

$$\vec{v(t)} \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cdot \cos\theta \\ v_y(t) = -g_0 \cdot t + v_0 \cdot \sin\theta \\ v_z(t) = 0 \end{cases}$$

De même, puisque $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$, après intégration et en connaissant la position initiale O à *t* = 0 s, les équations horaires de la position s'écrivent :

$$\overrightarrow{OG}(t)\begin{cases} x(t)=v_0\cdot\cos\theta\cdot t \\ y(t)=-\frac{1}{2}g_0\cdot t^2+v_0\cdot\sin\theta\cdot t \\ z(t)=0\end{cases}$$

2. $z(t)=0$, donc le mouvement s'effectue dans le plan (xOy).

3. La portée est obtenue à l'instant t_p tel que $y(t_p)=0$ m, soit pour :

$$y\left(t_p\right)=-\frac{1}{2}g_0\cdot t_p^2+v_0\cdot\sin\theta\cdot t_p=0$$

D'où $t_p=\dfrac{2v_0\cdot\sin\theta}{g_0}$ et la portée vaut :

$$x_{max}=x\left(t_p\right)=v_0\cdot\cos\theta\cdot t_p$$

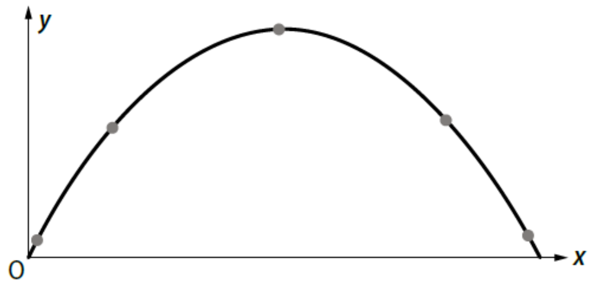
$$=\frac{2v_0^2\cdot\sin\theta\cdot\cos\theta}{g_0}$$

4. $x_{max}=\dfrac{2\times75{,}0^2\times\sin11°\times\cos11°}{9{,}81}=215$ m, ce qui est bien inférieur à la valeur limite annoncée.

12 **1.** $x(t)=v_0\cdot\cos\alpha\cdot t$, d'où $t=\dfrac{x}{v_0\cdot\cos\alpha}$ et, en reportant t dans $y(t)$, on obtient :

$$y(x)=\frac{-g_0}{2\,v_0^2\cdot\cos^2\alpha}x^2+x\cdot\tan\alpha$$

2.



3. La flèche est atteinte à l'instant t_s tel que $v_y(t_s)=0$, soit :

$v_y(t_s)=-g_0\cdot t_s+v_0\cdot\sin\alpha=0$, soit $t_s=\dfrac{v_0\cdot\sin\alpha}{g_0}$.

D'où :

$$y_{max}=y(t_s)=-\frac{g_0}{2}\cdot t_s^2+v_0\cdot\sin\alpha\cdot t_s$$

$$=-\frac{g_0}{2}\left(\frac{v_0\cdot\sin\alpha}{g_0}\right)^2+v_0\cdot\sin\alpha\frac{v_0\cdot\sin\alpha}{g_0}$$

$$=\frac{v_0^2\cdot\sin^2\alpha}{2g_0}$$

Soit $y_{max}=\dfrac{10{,}0^2\times\sin^2(60°)}{2\times9{,}81}=3{,}8$ m.

4. La portée est obtenue à l'instant t_p tel que $y(t_p)=0$ m soit pour :

$y(t_p)=-\dfrac{1}{2}g_0\cdot t_p^2+v_0\cdot\sin\alpha\cdot t_p=0$, d'où :

$$t_p=\frac{2v_0\cdot\sin\alpha}{g_0}$$

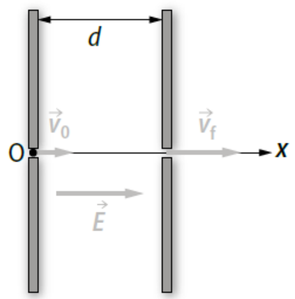
La portée vaut :

$$x_{max}=x(t_p)=v_0\cdot\cos\alpha\cdot t_p=\frac{2v_0^2\cdot\sin\alpha\cdot\cos\alpha}{g_0}$$

Soit :

$$x_{max}=\frac{2\times10{,}0^2\times\sin60°\times\cos60°}{9{,}81}=8{,}8\text{ m.}$$

14 **1.**



D'après le schéma de l'énoncé, $v_f>v_0$, donc l'armature de droite est chargée négativement pour accélérer le proton. Ainsi, le champ $\vec{E}$ est orthogonal aux plaques et orienté vers l'armature négative (x croissant).

2. a. L'action mécanique de la Terre est modélisée par le poids $P=m\cdot g$.
La force électrique a pour expression, en valeur, $F_e=e\cdot E$, d'où le rapport :

$\dfrac{F_e}{P}=\dfrac{e\cdot E}{m\cdot g}$ soit

$\dfrac{F_e}{P}=\dfrac{1{,}6\times10^{-19}\times2{,}0\times10^3}{1{,}7\times10^{-27}\times9{,}81}=1{,}9\times10^{10}$.

L'action de la Terre est négligeable devant celle modélisée par la force électrique.

b. D'après la deuxième loi de Newton :

$m\cdot\vec{a}=\vec{F}_e=e\cdot\vec{E}$, d'où $\vec{a}=\dfrac{e}{m}\cdot\vec{E}$.

3. a. Par projection, on obtient $a_x=\dfrac{e\cdot E}{m}$.

b. Puisque $\vec{a}=\dfrac{d\vec{v}}{dt}$, on obtient après intégration :

$v_x(t)=\dfrac{e\cdot E}{m}\cdot t+k_1$, où k_1 est une constante à déterminer.
Or, à $t=0$ s, $\vec{v}(0)=v_0\cdot\vec{i}$, d'où $k_1=v_0$ et

$v_x(t)=\dfrac{e\cdot E}{m}t+v_0$.

De même, on obtient $x(t)$ après une deuxième intégration :

$x(t) = \frac{e \cdot E}{2m} t^2 + v_0 \cdot t$ car, à $t = 0$ s, le système est en O, d'abscisse 0.

c. L'accélérateur est linéaire car le mouvement de la particule s'effectue selon l'axe (Ox).

4. a. Le proton sort de l'accélérateur à l'instant t_s tel que $x(t_s) = d$.

t_s est donc la racine positive de l'équation du second degré en t suivante :

$$\frac{e \cdot E}{2m} t^2 + v_0 \cdot t - d = 0$$

Le discriminant de l'équation s'écrit :

$$\Delta = v_0^2 + 4d\frac{e \cdot E}{2m} = v_0^2 + \frac{2e \cdot E \cdot d}{m},$$

Soit

$$\Delta = (2{,}0 \times 10^3)^2 + \frac{2 \times 1{,}6 \times 10^{-19} \times 2{,}0 \times 10^3 \times 18{,}0 \times 10^{-2}}{1{,}7 \times 10^{-27}}$$

$$= 6{,}8 \times 10^{10} \text{ SI.}$$

La racine positive est : $t_s = \frac{-v_0 + \sqrt{\Delta}}{2\frac{e \cdot E}{2m}} = \frac{\left(-v_0 + \sqrt{\Delta}\right) \cdot m}{e \cdot E}$

Soit $t_s = \frac{\left(-2{,}0 \times 10^3 + \sqrt{6{,}8 \times 10^{10}}\right) \times 1{,}7 \times 10^{-27}}{1{,}6 \times 10^{-19} \times 2{,}0 \times 10^3}$

$= 1{,}4 \times 10^{-6}$ s

b. $v_f = v_x\left(t_s\right) = \frac{e \cdot E}{m} \cdot t_s + v_0$ soit :

$$v_f = \frac{1{,}6 \times 10^{-19} \times 2{,}0 \times 10^3}{1{,}7 \times 10^{-27}} \times 1{,}4 \times 10^{-6} + 2{,}0 \times 10^3$$

$$= 2{,}6 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

On vérifie que ce condensateur plan joue le rôle d'accélérateur de particules.

---

15 **1. a.** D'après la deuxième loi de Newton :

$m \cdot \vec{a} = \vec{F_e} = -e \cdot \vec{E}$,

d'où $\vec{a} = \frac{-e}{m} \cdot \vec{E}$

b. Dans le repère orthonormé (O ; x, y, z), puisque $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, on a :

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = a_x = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = a_y = -\frac{e \cdot E}{m} \\ \frac{dv_z}{dt} = a_z = 0 \end{cases}$$

Par intégration, on en déduit un ensemble de primitives possibles : $\vec{v(t)} \begin{cases} v_x(t) = k_1 \\ v_y(t) = -\frac{e \cdot E}{m} t + k_2 \\ v_z(t) = k_3 \end{cases}$ où k_1

k_2 et k_3 sont des constantes.

La connaissance de la vitesse initiale (à $t = 0$ s) permet d'établir les valeurs de chacune des constantes par identification de deux termes égaux : $\vec{v(0)} = \vec{v_0}$, d'où :

$$\begin{cases} v_x(0) = k_1 = v_0 \cdot \cos\alpha \\ v_y(0) = -\frac{e \cdot E}{m} \times 0 + k_2 = v_0 \cdot \sin\alpha \\ v_z(0) = k_3 = 0 \end{cases}$$

D'où : $v_x(t) = v_0 \cdot \cos\alpha$;

$v_y(t) = -\frac{e \cdot E}{m} t + v_0 \cdot \sin\alpha.$

c. De même, on obtient les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ après une deuxième intégration :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot t \\ y(t) = \frac{1}{2} \times \frac{-e \cdot E}{m} t^2 + v_0 \cdot \sin\alpha \cdot t \end{cases}$$ car, à $t = 0$ s,

le système est en O de coordonnées (0 ; 0).

d. $z(t) = 0$, donc le mouvement s'effectue dans le plan (xOy).

2. a. Par substitution de la variable $t = \frac{x}{v_0 \cdot \cos\alpha}$ dans l'expression de $y(t)$, on obtient l'équation de la trajectoire de la particule :

$$y(x) = \frac{-e \cdot E}{2m \cdot v_0^2 \cdot \cos^2\alpha} x^2 + x \cdot \tan\alpha$$

b. Il s'agit d'une portion de parabole.

3. a. Les coordonnées du point C sont $x_C = \ell$ et $y_C = 0$. En utilisant ces coordonnées, l'équation de la trajectoire devient :

$\frac{-e \cdot E}{2m \cdot v_0^2 \cdot \cos^2\alpha} \ell^2 + \ell \cdot \tan\alpha = 0$ d'où :

$\frac{e \cdot E}{2m \cdot v_0^2 \cdot \cos^2\alpha} \ell^2 = \ell \cdot \tan\alpha.$

Puis :

$$e \cdot E \cdot \ell = 2m \cdot v_0^2 \cdot \cos^2\alpha \cdot \tan\alpha$$
$$= 2m \cdot v_0^2 \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha$$
$$= m \cdot v_0^2 \cdot \sin 2\alpha$$

Soit $\sin 2\alpha = \frac{e \cdot E \cdot \ell}{m \cdot v_0^2}$

b. $\sin 2\alpha = \frac{1{,}6 \times 10^{-19} \times 850 \times 20 \times 10^{-2}}{9{,}1 \times 10^{-31} \times (1{,}0 \times 10^7)^2}$

D'où $\alpha = 8{,}7°$.

16 **1.** $E_m(0) = E_c(0) + E_{pp}(0) = \frac{1}{2}m \cdot v_0^2 + m \cdot g \cdot h$

2. a. La conservation s'applique en l'absence de force non conservative comme les forces de frottement. Ici, on peut raisonnablement négliger l'action de l'air sur le système car la boule de pétanque est dense.

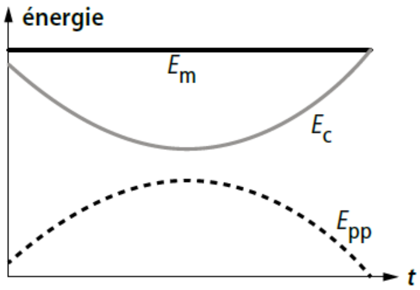
b. D'après la conservation de l'énergie mécanique, $E_m(0) = E_m(F)$.

$\frac{1}{2}m \cdot v_0^2 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2}m \cdot v_F^2$, d'où :

$v_F = \sqrt{v_0^2 + 2g \cdot h}$

$v_F = \sqrt{6{,}0^2 + 2 \times 9{,}81 \times 1{,}35} = 7{,}9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3.



17 *Cet exercice est en bleu sur le manuel élève et corrigé pour les élèves sur le site ressources.*

1. $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB} = m \cdot \vec{g} \cdot \overrightarrow{AB} = m \cdot g(z_A - z_B)$

2. La variation d'énergie cinétique d'un système qui se déplace d'un point A à un point B est égale à la somme des travaux des forces qui modélisent les actions mécaniques qui s'appliquent sur le solide lors de son déplacement. Ici, seule l'action mécanique modélisée par le poids agit, d'où :

$\Delta E_c = E_{c_B} - E_{c_A} = W_{AB}(\vec{P})$.

Soit $\frac{1}{2}m \cdot v_B^2 - \frac{1}{2}m \cdot v_A^2 = m \cdot g(z_A - z_B) = m \cdot g \cdot h$

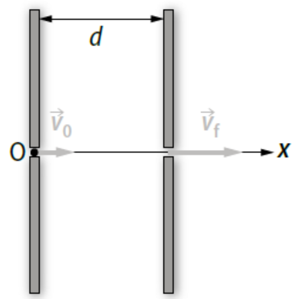
Ce qui donne :

$v_B = \sqrt{v_A^2 + 2g \cdot h}$

$v_B = \sqrt{6{,}0^2 + 2 \times 9{,}81 \times 1{,}35} = 7{,}9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

On aboutit pour v_B et pour v_F dans l'exercice précédent à la même expression, car $h = z_A - z_B$.

18 **1.**



Une particule peut être accélérée linéairement si elle pénètre à l'intérieur du condensateur plan avec un vecteur vitesse perpendiculaire aux armatures. L'armature de sortie doit être de charge opposée à celle de la particule.

2. a. D'après la conservation de l'énergie mécanique :

$E_m = E_c + E_{pé}$ = constante, donc $E_m(O) = E_m(f)$.

b. $\frac{1}{2}m \cdot v_0^2 + q \cdot V_A = \frac{1}{2}m \cdot v_f^2 + q \cdot V_B$

D'où :

$v_f^2 = v_0^2 + \frac{2q(V_A - V_B)}{m} = v_0^2 - \frac{2e \cdot U_{AB}}{m}$ car $q = -e$.

Soit $v_f = \sqrt{v_0^2 - \frac{2e \cdot U_{AB}}{m}}$

$v_f = \sqrt{(1{,}0 \times 10^3)^2 - \frac{2 \times 1{,}6 \times 10^{-19} \times (-1{,}0 \times 10^3)}{9{,}1 \times 10^{-31}}}$

$= 1{,}9 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. a. $W_{AB}(\vec{F}_e) = \vec{F}_e \cdot \overrightarrow{AB} = -e \cdot U_{AB}$ avec $U_{AB} < 0$.

Le travail est moteur.

b. $\Delta E_c = E_{c_B} - E_{c_A} = W_{AB}(\vec{F})$

D'où $\frac{1}{2}m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2}m \cdot v_0^2 = -e \cdot U_{AB}$, soit :

$v_f = \sqrt{v_0^2 - \frac{2e \cdot U_{AB}}{m}}$

19 **Déviation dans un champ électrique**

1. On considère le système électron, seule l'action de la force électrique est à prendre en compte, donc d'après la seconde loi de Newton, $m \times \vec{a} = \vec{F}_e = -e \times \vec{E}$, d'où $\vec{a} = \frac{-e}{m} \times \vec{E}$. $\vec{E}$ est perpendiculaire aux armatures et orienté vers y positif.

Les composantes sont :

$$a_x(t) = a_z(t) = 0 \text{ et } a_y(t) = \frac{-e}{m} \times E.$$

2. a. Par deux intégrations successives, on obtient :

$$\overrightarrow{v(t)} \begin{cases} v_x(t) = v_0 \\ v_y(t) = \frac{-eE}{m} \times t \\ v_z(t) = 0 \end{cases} \text{ car } \overrightarrow{v(0)} = \vec{v}_0 \text{ puis } \overrightarrow{OG(t)} \begin{cases} x(t) = v_0 \times t \\ y(t) = \frac{-eE}{2m} \times t^2 + y_0 \\ z(t) = 0 \end{cases}$$

car $x(0) = z(0) = 0$ et $y(0) = y_0$.

b. En substituant t par $\frac{x}{v_0}$ dans l'expression de $y(t)$, il vient $y(x) = \frac{-eEx^2}{2mv_0^2} + y_0$.

Puisque $z(t) = 0$, le mouvement se produit dans le plan (xOy).

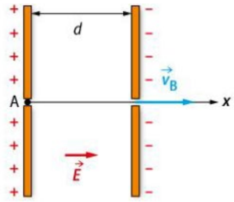
c. Pour $x_S = \ell$, on trouve $y(x_S) = \frac{-eE\ell^2}{2mv_0^2} + y_0$ soit :

$$y(x_S) = \frac{-1{,}6 \times 10^{-19} \times 5\,200 \times 0{,}10^2}{2 \times 9{,}11 \times 10^{-31} \times (1{,}0 \times 10^7)^2} + 0{,}05 = 4{,}3 \times 10^{-3} \text{ m}.$$

L'électron sortira au point S de coordonnées $(0{,}10 ; 4{,}3 \times 10^{-3} ; 0)$.

21 Accélérateur de particule

1. a. $P = 4\,m_n g$ et $F_e = 2\,eE$ d'où $\frac{F_e}{P} = 5 \times 10^{13}$ donc F_e prédomine.



b. Les noyaux entrés en A dans le condensateur plan sont attirés par l'armature B chargée négativement.

2. a. $W_{AB}(\vec{F}_e) = \vec{F}_e \cdot \overrightarrow{AB} = q \times \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$
$= 2\,eE\ AB \times \cos 0 = 2\,eE \cdot AB = 2\,eU_{AB}$.

b. La variation d'énergie cinétique d'un système se déplaçant du point A au point B est égale à la somme des travaux des forces qui modélisent les actions mécaniques qui s'appliquent sur le système lors de son déplacement :

$\Delta E_c = W_{AB}(\vec{F}_e)$ d'où $\frac{1}{2} m v_B^2 = 2\,eU_{AB}$ et $v_B = \sqrt{\frac{4\,eE \times AB}{4\,m_n}}$

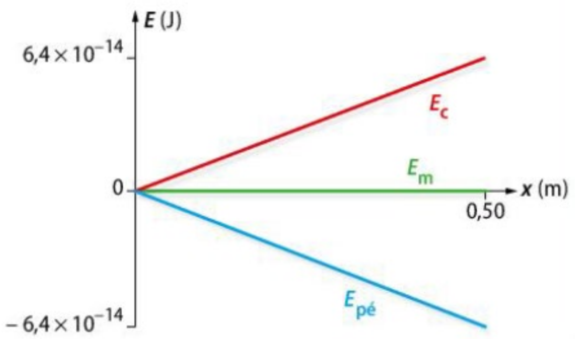
et $v_B = 4{,}3 \times 10^6\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

3. a. Soit un point X situé à la distance x sur AB, $U_{AX} = E \times x = V_A - V$ donc V est fonction affine de x et puisque $E_{p(\text{élec})} = q \times V + c^{te}$ alors $E_{p(\text{élec})}$ est fonction affine de x.

b. $E_c(A) = 0$ et si on choisit $E_{p(\text{élec})}(A) = 0$ alors $E_m(A) = 0$ à l'abscisse $x = 0$. En l'absence de force non conservative, $E_m(B) = E_m(A) = 0$

or $E_c(B) = \frac{1}{2} m v_B^2$ ou $E_c(B) = 6{,}4 \times 10^{-14}$ J

et $E_{p(\text{élec})}(B) = -E_c(B) = -6{,}4 \times 10^{-14}$ J pour $x = 0{,}50$ m.



27 **1.** $E_m(0) = E_c(0)$ car $E_p(0) = 0$ J.

$$E_c(0) = \frac{1}{2} \times 45 \times 10^{-3} \times 12{,}0^2 = 3{,}24\ \text{J}$$

$$u\big(E_m(0)\big) = u\big(E_c(0)\big) = E_c(0) \times \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + 4 \times \left(\frac{u(v)}{v}\right)^2}$$

d'où :

$$u\big(E_c(0)\big) = 3{,}24 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}5}{45}\right)^2 + 4 \times \left(\frac{0{,}1}{12{,}0}\right)^2} = 0{,}07\ \text{J}.$$

Par convention, on ne retient qu'un seul chiffre significatif arrondi au chiffre supérieur.
$E_m(0) = 3{,}24 \pm 0{,}07$ J

2. a. En l'absence de force non conservative comme les forces de frottement, d'après la conservation de l'énergie mécanique : $E_m(0) = E_m(F)$.

$\frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = m \cdot g_0 \cdot h$, car $v_F = 0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ au sommet de la trajectoire. On en déduit $h = \frac{v_0^2}{2g_0}$.

b. $h = \frac{12{,}0^2}{2 \times 9{,}81} = 7{,}33$ m et :

$$u(h) = h \times 2\left(\frac{U(v_0)}{v_0}\right) = 7{,}33 \times 2 \times \frac{0{,}1}{12{,}0} = 0{,}2\ \text{m}.$$

Par convention, on ne retient qu'un seul chiffre significatif arrondi au chiffre supérieur. Finalement, $h = 7{,}3 \pm 0{,}2$ m.

3. La mesure n'appartient pas à l'intervalle précédent, donc l'hypothèse de la question **2. a.** n'était pas valide. Il faut tenir compte des forces de frottement.