Mécanique du point matériel

PI1-MI/GC — CC2 — 2023/2024

Durée : 1h30' (2h en cas de tiers-temps)

Sont interdits :
- les documents ;
- tous les objets électroniques (calculatrice, téléphone, tablette, ordinateur...) de même que les montres connectées ;
- les déplacements et les échanges.

Consignes :
Seules les dernières feuilles doivent être rendues :
1. la feuille-réponse du QCM :
   (a) y indiquer vos nom, prénom et groupe dès le début officiel de l'épreuve ;
   (b) remplir complètement au stylo noir la case correspondant à la bonne réponse (une case simplement cochée ne sera pas comptabilisée) ;
   (c) chaque question ne comporte qu'une seule réponse correcte ;
   (d) il n'y a pas de point négatif pour une réponse incorrecte ;
2. le cas échéant, les feuilles de réponses aux questions ouvertes (icône ♣).

Le cas échéant, vos réponses doivent être justifiées.
Une attention particulière sera portée à la qualité et au soin de la rédaction.

Vérifier que ce document comporte 8 pages et 16 questions.

Le barème est donné à titre indicatif et est susceptible d'être modifié.

Considérations générales *(4 points)*

Question 1 [`CgTEC`] ♣ *(1 point)*
Énoncer le théorème de l'énergie cinétique.

Question 2 [`CgDimP`] *(1 point)*
La dimension physique d'une puissance est :

- ■ $\mathrm{M\,L^2\,T^{-3}}$
- B $\mathrm{M\,L^2\,T^{-1}}$
- C $\mathrm{M\,L^{-2}\,T^{-3}}$
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Question 3 [`CgdW`] *(1 point)*
Le travail élémentaire δW d'une force $\vec{F}$ sur un déplacement $\mathrm{d}\overrightarrow{OM}$ est égal à :

- ■ $\vec{F} \cdot \mathrm{d}\overrightarrow{OM}$
- B $\vec{F} \wedge \mathrm{d}\overrightarrow{OM}$
- C $\vec{F} \,/\, \mathrm{d}\overrightarrow{OM}$
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

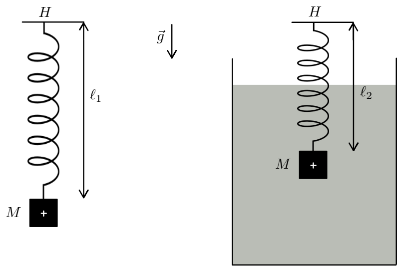
Question 4 [`CgW`] *(1 point)*
Le travail $W_{A\to B}$ d'une force conservative $\vec{F}$ entre deux points A et B est tel que :

- ■ $W_{A\to B} = -W_{B\to A}$
- B $W_{A\to B} = W_{B\to A}$
- C $W_{A\to B} = 0 \quad \forall$ A et B
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Poussée d'Archimède *(5 points)*

Dans le référentiel terrestre $\mathcal{R}_T$, approximé galiléen, on considère la situation suivante :
un ressort de raideur k et longueur à vide ℓ_0 est attaché verticalement en un point H immobile.
À l'autre extrémité est attaché un objet de masse m et volume V, de centre d'inertie M.
L'ensemble est plongé dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$, de norme g.
Dans un premier temps, on néglige la poussée d'Archimède due à l'air.

Dans la situation 1 (à gauche ci-dessous), la longueur du ressort à l'équilibre est ℓ_1.
Dans la situation 2 (à droite ci-dessous), l'objet est immergé dans un fluide de masse volumique ρ et la longueur du ressort à l'équilibre est ℓ_2.



Question 5 [`PbPouQ0`] *(1 point)*
Dans la situation 1, on a :

- ■ $k(\ell_1 - \ell_0) - mg = 0$
- B $k(\ell_1 - \ell_0) + mg = 0$
- C $k\,\ell_1 - mg = 0$
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Question 6 [`PbPouQ1`] *(1 point)*
Dans la situation 2, on a :

- ■ $k(\ell_2 - \ell_0) - (m - \rho V)g = 0$
- B $k(\ell_2 - \ell_0) + (m - \rho V)g = 0$
- C $k(\ell_2 - \ell_0) - mg = 0$
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Question 7 [`PbPouQ2`] *(1 point)*
On déduit des questions précédentes que ρ est égale à :

- ■ $\dfrac{k(\ell_1 - \ell_2)}{Vg}$
- B $\dfrac{Vg}{k(\ell_1 - \ell_2)}$
- C $\dfrac{k\,\ell_0}{Vg}$
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Dans les deux questions suivantes, on ne néglige plus la poussée d'Archimède due à l'air sur l'objet.

Question 8 [`PbPouQ3`] *(1 point)*
Dans ce cas, ℓ_1 :

- ■ diminue
- B augmente
- C est inchangée
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Question 9 [`PbPouQ4`] *(1 point)*
Dans ce cas, ℓ_2 :

- ■ est inchangée
- B augmente
- C diminue
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

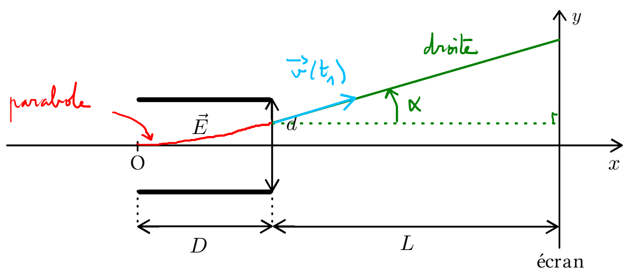
Oscilloscope *(9 points)*

Un oscilloscope analogique permet de mesurer (et visualiser) une tension électrique grâce à la déviation d'un faisceau d'électrons. Dans cet exercice on se propose d'en étudier le principe.

Dans le référentiel terrestre $\mathcal{R}_T$, approximé galiléen, on considère la situation suivante (fig. ci-dessous) : un champ électrique uniforme et constant $\vec{E} = E\,\vec{u}_y$ règne entre deux armatures parallèles ($0 \leqslant x \leqslant D$ et $-d/2 \leqslant y \leqslant +d/2$). Le champ est nul en dehors de cette zone.
Un électron de masse m et charge q arrive à t_0 en O (origine du repère), avec une vitesse $\vec{v}_0 = v_0\,\vec{u}_x \quad (v_0 > 0)$.
L'électron sort de la zone entre les armatures à t_1, puis percute un écran fluorescent à t_2.

On néglige toute force autre que l'interaction électrostatique.

Les résultats sont à exprimer en fonction des données de l'énoncé.



Mouvement de l'électron entre les armatures ($t_0 \leqslant t \leqslant t_1$).

Question 10 [PbOscQ0] ♣ *(0.5 point)*
Exprimer la force électrostatique $\vec{F}_e$ ressentie par l'électron.
Aide : analogie électrostatique ↔ gravitation : $\{q\,;\vec{E}\} \leftrightarrow \{m\,;\vec{G}\}$

Question 11 [PbOscQ1] ♣ *(3.5 points)*
Déterminer les équations horaires du mouvement de l'électron.

Question 12 [PbOscQ2] ♣ *(0.5 point)*
En déduire que l'équation de sa trajectoire s'écrit : $y = \dfrac{q\,E}{2\,m\,v_0^2}\,x^2$

Question 13 [PbOscQ3] ♣ *(2 points)*
Déterminer les vecteurs position et vitesse de l'électron à t_1.

Mouvement de l'électron après les armatures ($t_1 \leqslant t \leqslant t_2$).

Question 14 [PbOscQ4] ♣ *(1 point)*
Quelle est la nature du mouvement de l'électron ?

Question 15 [PbOscQ5] ♣ *(0.5 point)*
En déduire que l'angle α entre l'axe x et la trajectoire de l'électron est tel que : $\tan(\alpha) = \dfrac{q\,E\,D}{m\,v_0^2}$

Question 16 [PbOscQ6] ♣ *(1 point)*
En déduire $y(t_2)$, ordonnée du point d'impact de l'électron sur l'écran.

Mécanique du point matériel - PI1-MI/GC - CC2 - 2023/2024

NOM : ....

Prénom : ....

Groupe : ....

CODAGE DU N°ÉTUDIANT

(colorier complètement les cases)

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9

SENS DE REMPLISSAGE →

Les réponses au QCM ne doivent être apportées que sur cette feuille.
La copie ne sera corrigée que si :

- **elle comporte vos nom, prénom et groupe ;**
- **les cases sont complètement coloriées avec un stylo noir ;**
- **la feuille-réponse ne comporte pas de ratures.**

Question 2 ■ B C D
Question 3 ■ B C D
Question 4 ■ B C D
Question 5 ■ B C D
Question 6 ■ B C D
Question 7 ■ B C D
Question 8 ■ B C D
Question 9 ■ B C D

Question 1 | **TEC** ■ ■ *Réservé à l'enseignant(e)*

Ds $\mathcal{R}$ galiléen :

$dE_c = \sum \delta W(\vec{F}_{ext})$ (ou expression $\Leftrightarrow$)

Question 10 $\vec{F}_e$ ■ ***Réservé à l'enseignant(e)***

$$\vec{F}_e = q\,\vec{E}$$

Question 11 **Équations horaires** ■ ■ ■ ***Réservé à l'enseignant(e)***

Ds $\mathcal{R}_T$ ≃ galiléen, PFD sur l'e^- :

$$m\,\vec{a} = \vec{F}_e = q\,\vec{E} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E} = \vec{c^{te}} \qquad (\text{idem chute libre})$$

projec° ds $(\vec{u}_x \,;\, \vec{u}_y)$:

$$\begin{cases} a_x \cancel{(t)} = 0 & (1) \\ a_y \cancel{(t)} = \dfrac{q}{m} E & (2) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_x \cancel{(t)} = v_x(t_0) = v_0 & (3) \\ v_y(t) = \underbrace{v_y(t_0)}_{0} + \dfrac{q}{m} E\,(t - t_0) & (4) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x(t) = \underbrace{x(t_0)}_{0} + v_0\,(t - t_0) & (5) \\ y(t) = \overbrace{y(t_0)}^{0} + \dfrac{q}{2m} E\,(t - t_0)^2 & (6) \end{cases}$$

Question 12 **Équation trajectoire** ■ ***Réservé à l'enseignant(e)***

$$(5) : \quad t - t_0 = \frac{x(t)}{v_0} \quad \overset{(6)}{\Rightarrow} \quad y = \frac{qE}{2 m v_0^2}\, x^2 \qquad (7)$$

Question 13 — $\overrightarrow{OM}$ et $\vec{v}$ à t_1 *Réservé à l'enseignant(e)*

$$x(t_1) = D \overset{(7)}{\Rightarrow} y(t_1) = \frac{qED^2}{2mv_0^2}$$

$$\overset{(5)}{=} v_0(t_1 - t_0) \Rightarrow t_1 - t_0 = \frac{D}{v_0} \overset{(4)}{\Rightarrow} v_y(t_1) = \frac{qED}{mv_0}$$

$$\Rightarrow \vec{v}(t_1) = \begin{pmatrix} v_0 \\ \frac{qED}{mv_0} \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\overrightarrow{OM}(t_1) = \begin{pmatrix} D \\ \frac{qED^2}{2mv_0^2} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Question 14 — Nature mouvement *Réservé à l'enseignant(e)*

Au-delà des armatures : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$

$\Rightarrow$ mvmt rectiligne uniforme /t à tout $\mathcal{R}_{gal}$ (dont ici $\mathcal{R}_T$)

Question 15 — α *Réservé à l'enseignant(e)*

(cf. schéma énoncé)

$$\tan(\alpha) = \frac{v_y(t_1)}{v_x(t_1)} \overset{(8)}{=} \frac{qED}{mv_0^2} \quad (10)$$

Question 16 — $y(t_2)$ *Réservé à l'enseignant(e)*

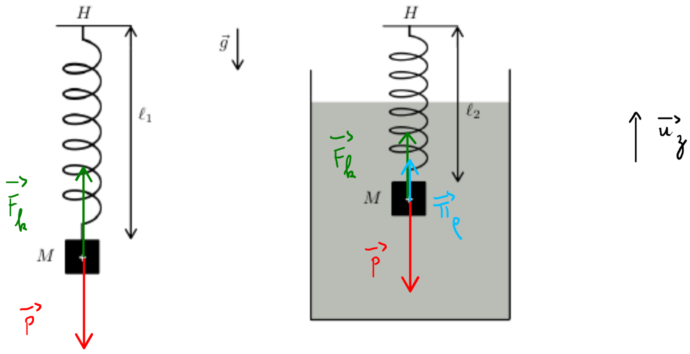
$$\tan(\alpha) = \frac{y(t_2) - y(t_1)}{x(t_2) - x(t_1)} \Rightarrow y(t_2) = y(t_1) + \tan(\alpha)\left[x(t_2) - x(t_1)\right]$$

$$\overset{(9;10)}{=} \frac{qED^2}{2mv_0^2} + \frac{qED}{mv_0^2}(D + L - D)$$

$$= \frac{qED^2}{2mv_0^2}\left(1 + \frac{2L}{D}\right)$$

Poussée d'Archimède

$\vec{\Pi}_{air}$ négligée



On néglige $\vec{\Pi}_{air}$.

Ds $\mathcal{R}_T$ = galiléen, PFD à l'éq :

5/ situa° 1 : $\vec{F}_k + \vec{P} = \vec{0}$; projec° s/ $\vec{u}_z$: $k(\ell_1 - \ell_0) - mg = 0$ (1)

6/ 2 : $\vec{F}_k + \vec{P} + \vec{\Pi}_e = \vec{0}$; : $k(\ell_2 - \ell_0) - mg + \rho V g = k(\ell_2 - \ell_0) - (m - \rho V) g = 0$ (2)

$\Big\}$ $\Rightarrow \ell_1 > \ell_2$ cohérent

7/ $$\left.\begin{aligned} mg &\overset{(1)}{=} k(\ell_1 - \ell_0) \\ &\overset{(2)}{=} k(\ell_2 - \ell_0) + \rho V g \end{aligned}\right\} \Rightarrow \rho = \frac{k(\ell_1 - \ell_2)}{Vg} > 0 \text{ ; cohérent}$$

On ne néglige plus $\vec{\Pi}_{air}$.

8/ Objet immergé ds l'air $\Rightarrow$ on ajoute $\vec{\Pi}_{air}$ verticale vers le haut ds (1) $\Rightarrow$ ℓ_1 diminue.

9/ Aucune por° de l'objet immergée ds l'air $\Rightarrow$ pas de $\vec{\Pi}_{air}$ ds (2) $\Rightarrow$ ℓ_2 inchangée.