Contrôle n°5 des chapitres n°10,11,12 classes de première du 17.03.2026. Correction

Données :

- Intensité de la pesanteur : g=9,81m.s^{-2}
- Deuxième loi de Newton : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m * \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$
- Poussée d'Archimède : Un corps immergé subit une force verticale $\vec{\pi}$, dirigée vers le haut qui correspondant au poids du volume du fluide déplacé.
- Champ électrique d'un condensateur : Champ électrique $\vec{E}$,orienté de l'armature A vers l'armature B lorsque la tension $U_{AB}>0$ et de valeur : $E = U_{AB}/d_{AB}$
- Masse volumique de l'air ρ_{air}= 1,22Kg.m^{-3}
- $P_{atm}=10^5$Pa
- Pression exercée par une colonne d'eau de hauteur z : $P=\rho_{eau}.g.z$

I. (5pts) Forces sur une trajectoire rectiligne d'un mobile autoporteur

Un mobile autoporteur (figure1) est lancé sur une table.
Il a pour principe de fonctionnement de propulser ou d'emprisonner de l'air entre lui et la table afin de limiter les frottements, et d'étudier en salle de classe les lois physiques.

Figure 1



Pendant la phase 1 de lancement, du mobile autoporteur, sur la figure 3 de la page 2/6, il est soumis aux différentes forces représentées sur la figure 2 ci-dessous. Elles consistent en :

- La force de pesanteur : $\vec{P}$ qui s'applique au centre de gravité G du mobile
- La force de réaction de l'air sous le mobile qui s'applique au point A : $\vec{R}$
- La force de traction du fil sur le mobile autoporteur qui s'applique au point B : $\vec{F}$

Pendant la phase de « mouvement libre »,phase 2, sur la figure3, le fil n'agit plus sur le mobile.

toutes les forces de frottements sont ici négligeables

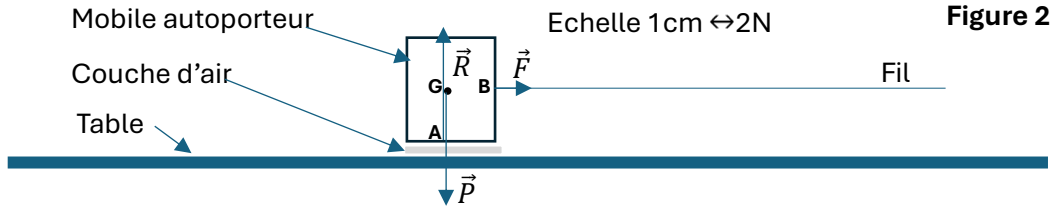


Figure 2

I.1) Montrer ici, que le bilan des forces qui agissent sur le mobile autoporteur se réduit à la force de traction du fil lors de la phase 1.

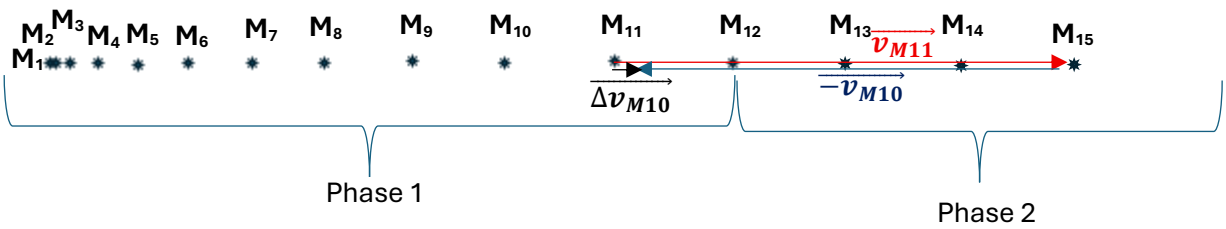
(1pt) Sur la figure 2 le mobile autoporteur est soumis à trois forces : $\vec{P}, \vec{R}, \vec{F}$

Les forces $\vec{P}$ et $\vec{R}$ ont la même norme de 3N (1,5cm pour une échelle de1cm ↔2N), elles ont la même direction et sont de sens opposés et ces deux forces ainsi se compensent.

Il ne reste alors qu'une seule force, celle de traction $\vec{F}$, exercée par le fil sur le mobile autoporteur.

L'enregistrement des position successives du centre de gravité G du mobile autoporteur sont données ci-dessous après son lancement **échelle1/2** et **Δt=50ms**

Figure 3



I.2) Déterminer les valeurs des vitesses V_{M10} et V_{M11} par la méthode M_i, M_{i+1}.

(1,5pts) Graphiquement on mesure que la distance entre les points M_{10} et M_{11} , on trouve 1,4cm, soit selon l'échelle $M_{10}M_{11}=2{,}8.10^{-2}$ cm. La vitesse V_{M11} est donc égale à $V_{M10}= M_{10}M_{11}/\Delta t=2{,}8.10^{-2}/5{,}0.10^{-2}=0{,}56$m/s.
Graphiquement on mesure la distance entre les points M_{10}, et M_{11} qui est de 1,5cm, soit selon l'échelle : $M_{11}M_{12}=3{,}0.10^{-2}$ cm. La vitesse V_{M11} est donc égale à $V_{M11}= M_{11}M_{12}/\Delta t=3{,}0.10^{-2}/5{,}0.10^{-2}==0{,}60$m/s.

I.3) Par la méthode M_i, M_{i+1}, déterminer $\overrightarrow{\Delta v_{M10}}$ et représentrer les vecteurs vitesses : $\overrightarrow{\Delta v_{M10}}$ en noir, $\overrightarrow{-v_{M10}}$ en bleu et $\overrightarrow{v_{M11}}$ en rouge au point M_{10} (Echelle 1cm↔0,1m/s)
Justifications :
(1pt) Le vecteur $\overrightarrow{v_{M10}}$ aura une longueur de 5,6cm selon l'échelle donnée.

Le vecteur $\overrightarrow{v_{M11}}$ aura une longueur de 6cm selon l'échelle donnée.

I.4) En utilisant **la deuxiéme loi de Newton** et la valeur du vecteur de $\overrightarrow{\Delta v_{M10}}$,déterminer la valeur de **la force de traction** qui s'exerce sur le mobile autoporteur si sa masse est de **300g**. Comparer la direction le sens et la valeur de cette force avec celle de $\vec{F}$ de la figure 2.

(1pt) La longueur du vecteur $\overrightarrow{\Delta v_{M10}}$ est de 4mm qui donne une valeur de Δv_{10} =0,04m/s
On en déduit d'après la deuxiéme loi de Newton que : $F = m * \frac{\Delta v_{M10}}{\Delta t} = 0,3 * \frac{0,04}{0,05} = 0,24N$
Sur la figure 2 le vecteur $\vec{F}$ a une longueur de 0,5cm ce qui donne une force de 0,25N qui correspond aproximativement à celle calculée ci-dessus avec le même sens et la même direction .

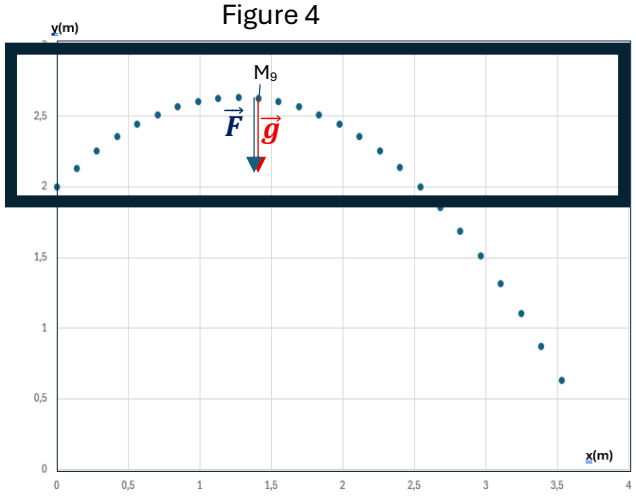
I.5) Au- dela du point M_{12} que peut-on dire du mouvement du mobile et des forces qui s'exercent sur lui ?

(0,5pt) après le point M_{12} , les espacements sont réguliers et la vitesse est constante.
Ainsi il ne reste que les deux forces $\vec{P}$ et $\vec{R}$ qui se compensent et le mouvement du mobile autoporteur est rectiligne uniforme.

II. (5pts) Trajectoire parabolique

Une masse de **5Kg** est projetée depuis une hauteur de 2 mètres (figure 4).
Sa vitesse initiale est suffisamment faible pour négliger tout frottement, sa densité suffisante grande pour négliger la poussée d'Archimède dans l'air. L'agrandissement de la zone encadré est donné sur la figure 5 de la page 4/6

Figure 4



II1) Par la méthode $\mathbf{M_{i-1}M_{i+1}}$ déterminer $\overrightarrow{\Delta v_{M9}}$ et représenter les vecteurs $-\overrightarrow{v_{M8}}, \overrightarrow{v_{M10}}, \overrightarrow{\Delta v_{M9}}$ Sur la figure5 au point M_9 (échelle 1cm↔1m.s^{-1})

Justifications :

(1,5pts)

La distance entre les points M_7 et M_9 est de 2,8cm, soit selon l'échelle : M_7M_9 =0,28m, on en déduit : $v_{M8}= M_7M_9/(2\Delta t)=0,28/ 0,08=3,5m/s$. Ceci donne selon l'échelle un vecteur de 3,5cm de long. La distance entre les points M_9 et M_{11} est de 2,9cm, soit selon l'échelle M_9M_{11}=0,29m, on en déduit $v_{M10}= M_9M_{11}/(2\Delta t)=0,29/ 0,08=3,62m/s$, qui donne selon l'échelle un vecteur de 3,6cm de long.

II.2) Par l'application de la deuxième loi de Newton déterminer la force unique $\vec{F}$ que subit cette masse.

(1,5pts)

Graphiquement on mesure la valeur du vecteur $\overrightarrow{\Delta v_{M9}}$ et on trouve une longueur de vecteur de 0,8cm soit Δv_{M9} =0,8m/s, il y a deux intervalles de temps entre v_{M10} et v_{M8}, on en déduit la relation : $F=m.\Delta v_{M9}/(2.\Delta t)$. L'application numérique donne : F=5.0,8/0,08=50N

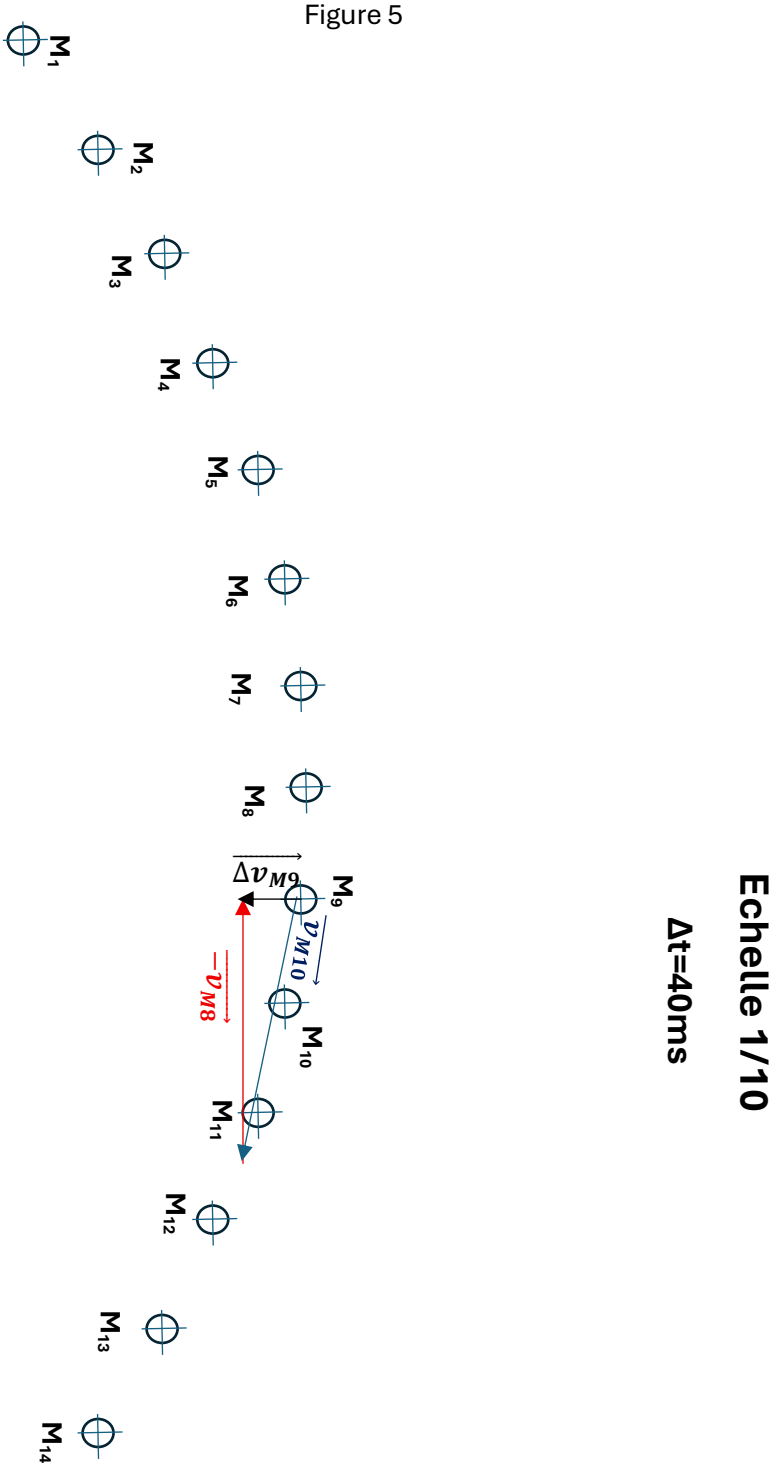
II.3) Comparer cette force $\vec{F}$ avec le poids $\vec{P}$ et montrer ainsi que $\frac{\overrightarrow{\Delta v_{M9}}}{\Delta t}$ correspond à l'intensité de la pesanteur $\vec{g}$

(1pt) On a les relations : $\vec{P}=m*\vec{g}$ et $\vec{F} = m * \frac{\overrightarrow{\Delta v_{M9}}}{\Delta t}$., soit $\vec{g} = \frac{\overrightarrow{\Delta v_{M9}}}{\Delta t}$,on vérifie que le vecteur $\frac{\overrightarrow{\Delta v_{M9}}}{\Delta t}$ a le même sens et la même direction que le vecteur $\vec{g}$, verticale dirigée vers le bas. Comme il y a deux intervalles de temps on doit prendre deux intervalles de 0,04 secondes pour calculer la variation Δv_{M9} en fonction du temps on détermine sa variation $\Delta v_{M9}/0,08=10m/s^2$ cette valeur est voisine de la valeur de g =9,8m.s^{-2}.

II.4)) Tracer les vecteurs $\vec{P}$ et $\vec{g}$ sur la figure 4 (échelle : 1cm↔10m.s^{-2} et 1cm ↔50N)

(1pt) La force de F a une valeur de 50 ce qui fait un vecteur de 1cm de long le vecteur Le l'intensité de la pesanteur g a une valeur de 9,8m.s^{-2} ce qui fait un vecteur de 1cm de long

Figure 5


M1
M2
M3
M4
M5
M6
M7
M8
M9
M10
M11
M12
M13
M14
$\overrightarrow{\Delta v_{M9}}$
$\overrightarrow{v_{M10}}$
$-\overrightarrow{v_{M8}}$
Echelle 1/10
Δt=40ms

III. (5pts) Champ électrique (Source : Hachette éducation)

Le physicien américain Robert Andrews Millikan a déterminé, en 1911 , la valeur de la charge élémentaire e de l'électron en mesurant le champ électrique nécessaire pour maintenir en équilibre, entre les armatures horizontales d'un condensateur plan, une gouttelette d'huile portant une charge q négative.

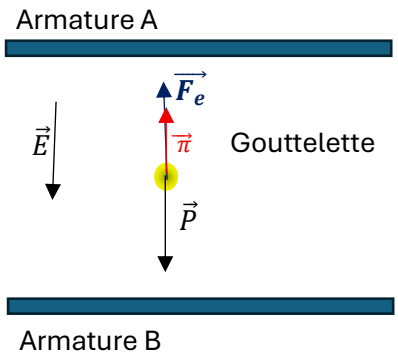


Figure 6

$U_{AB} > 0$

Données de l'exercice

- Rayon gouttelette : r =10^{-6}m
- Masse volumique gouttelette : ρ_{huile}=800Kg.m^{-3}
- Masse volumique de l'air ρ_{air}=1,22 Kg.m^{-3}
- Volume d'une sphère de rayon r $V = \frac{4}{3} * \pi * r^3$
- Charge élémentaire e=1,6.10^{-19}C

III1) La gouttelette est toujours chargée négativement. Représenter les forces, sans soucis d'échelle, qui s'exercent sur elle ainsi que le champ électrique provenant des deux armatures.

(1pt) Le champ électrique $\vec{E}$ est dirigé de la plaque A vers la plaque B car la tension U_{AB} est supérieure à 0. La gouttelette est soumise à son propre poids : $\vec{P}$, à la poussée d'Archimède : $\vec{\pi}$ qui correspond au poids du volume d'air déplacé, à la force électrique $\vec{F_e}$ qui est de sens opposé au champ électrique $\vec{E}$.

III2) Montrer que la poussée d'Archimède est négligeable devant le poids de la gouttelette

(1,5pts) L'expression de la valeur de la poussée est :$\pi = \rho_{air} * g * V$
L'expression de la valeur du poids de la gouttelette est : $P = \rho_{huile} * g * V$
Le rapport des masses volumiques est de : $\frac{\rho_{huile}}{\rho_{air}} = \frac{800}{1,2} = 666$. Il correspond au rapport des forces et montre bien que la poussée d'Archimède est négligeable devant le poids.

III3) En considérant que la gouttelette d'huile a une charge de $q = -2 * e$, quelle est la valeur E du champ électrique nécessaire pour que la gouttelette supposée sphérique soit en équilibre avec une vitesse nulle ou un mouvement rectiligne uniforme ?

(1,5pts) Si la gouttelette d'huile est en équilibre c'est que les forces qui s'exercent sur elles se compensent, n'étant soumise qu'à deux forces significatives : $\vec{P}$ et $\vec{F_e}$,. Elles sont de même direction et de sens opposé, leur norme doit être identique, soit P=F_e , avec P=$\rho_{huile} * g * V$ et $F_e = 2 * e * E$
On en déduit :

$$\rho_{huile} * g * V = 2 * e * E. Soit: E = \frac{\rho_{huile} * g * {}^4/_3 * \pi * r^3}{2 * e} = \frac{800 * g * 4 * \pi * (10^{-6})^3}{3 * 2 * 1,6 * 10^{-19}} = 1,03 * 10^5 V.m^{-1}$$

III4) Si la distance entre les armatures est de 5cm en déduire la valeur de la tension U_{AB} entre elles.

(1pt) On a la relation: $E = \frac{U_{AB}}{d_{AB}}$, on en déduit :

$$U_{AB} = E * d_{AB} = 1,03 * 10^5 * 5 * 10^{-2} = 5150V$$

IV. (5pts) Loi de Boyle Mariott et poussée d'Archimède

Un plongeur, en mer, introduit 500mL d'air dans un ballon à 30 mètres de profondeur pour remonter une charge. (ρ_{mer}=1030Kg.m^{-3})


Figure 7

IV1) Déterminer la pression exercée par l'air et par la colonne d'eau à 30 mètres de profondeur.

(1,5pts) Il faut ajouter à la pression atmosphérique celle de la colonne d'eau à 30 mètres de profondeur soit :

$P=P_{atm} + P_{eau} = P_{atm} +\rho_{mer}.g.z=1,0.10^5+1030.9,8.30=4,0.10^5Pa$

IV2) Déterminer la pression exercée par l'air et par la colonne d'eau à 10 mètres de profondeur.

(1,5pts) A 10 mètre de profondeur on a la même relation :

$P=P_{atm} + \rho_{mer}.g.z=1,0.10^5+1030.9,8.10=2,0.10^5Pa$

IV3) Comment évoluera le volume du ballon entre 30 mètres de profondeur et 10 mètres de profondeur ?

(1pt) A 30 mètres la pression est de $4,0.10^5$Pa et à 10 mètres elle est deux fois plus faible, de $2,0.10^5$Pa. On admet que la pression du gaz dans le ballon est égale à celle de l'eau à l'extérieur. Si le ballon s'élève des profondeurs c'est que la poussée d'Archimède à 30 mètres est plus grande que le poids de la charge. D'après la loi de Boyle Mariott le produit de la pression d'un gaz par son volume et une constante, ainsi si la pression est divisée par deux, le volume sera multiplié par deux. A 30 mètres de profondeur le volume du gaz est de 0,5L il sera donc d'un litre à 10 mètres de profondeur.

IV 5) La poussée d'Archimède lors de cette remontée sera-t- elle constante ? Que peut- on en déduire alors de l'évolution de la variation du vecteur vitesse à chaque instant lors de la montée de la charge ?

(1pt) On constate déjà qu'entre 30 mètres et 10 mètres de profondeur, lors de la montée du ballon avec sa charge, la pression dans le ballon ne cesse de décroitre et son volume ne cesse d'augmenter. Comme la poussée d 'Archimède correspond au poids du volume d'eau déplacé elle ne cesse de croitre lors de cette montée. Ainsi si à trente mètres la poussée d'Archimède est légèrement supérieure au poids de la charge, elle est deux fois plus grande à 10 mètres, et la résultante des forces extérieures qui s'applique à la charge qui est proportionnelle à la variation du vecteur vitesse, varie tout au long de la montée.