Correction DS 5 - Classe de $1^{\text{ère}}$ Spé PC

(4 points) Problème 1: **L'expérience de David Scott**

En 1971, David Scott réalise une expérience à la surface de la Lune. Il laisse tomber un marteau de 1,32 kg et une plume de faucon de masse 0,03 kg en même temps, depuis la même hauteur. Les deux objets atteignent le sol au même moment.

1. (1 point) Pourquoi peut-on affirmer que chaque objet est en chute libre ?

   Solution: Le système étudié est l'objet qui tombe. Lors de sa chute, le seul autre objet agissant sur lui est la Lune, via le poids de l'objet, c'est une action à distance. Comme il n'y a pas d'atmosphère sur la Lune, il n'y a pas de frottement dans l'air. La chute est donc dite libre.

2. (2 points) Montrer que pour un objet en chute libre, la variation de vitesse ne dépend pas de sa masse.

   Solution: La seule force qui s'exerce sur l'objet est son poids $\overrightarrow{P}$ qui peut s'exprimer en fonction du champs de pesanteur de la Lune et de la masse de l'objet : $\overrightarrow{P} = m\overrightarrow{g_{Lune}}$. On applique la deuxième loi de Newton au système en chute libre : la résultante des forces ici se limite au poids : $\overrightarrow{P} = m\frac{\Delta\overrightarrow{V}}{\Delta t}$ donc $\cancel{m}\,\overrightarrow{g_{Lune}} = \cancel{m}\,\frac{\Delta\overrightarrow{V}}{\Delta t}$. La variation de vitesse s'exprime donc comme étant : $\Delta\overrightarrow{V} = \overrightarrow{g_{Lune}} \times \Delta t$. La variation de vitesse ne dépend pas de la masse du système.

3. (1 point) Expliquer alors pourquoi les deux objets atteignent le sol au même moment.

Solution: Les deux objets partent en même temps, et parcourent la même distance en chute libre, ils arriveront donc en même temps puisque leurs variations de vitesse seront identiques.

(5 points) Problème 2: **Comparer les forces dans un noyau**

1. (1 point) Exprimer puis calculer l'intensité de la force d'interaction gravitationnelle F_g qui s'exerce entre ces deux protons.

Solution:

$$\begin{aligned}F_g &= \mathcal{G}\,\frac{m_p \times m_p}{d^2}\\ &= 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times \frac{(1{,}67 \times 10^{-27}\,\mathrm{kg})^2}{(2{,}32 \times 10^{-6} \times 10^{-9}\,\mathrm{m})^2}\\ &= 3{,}46 \times 10^{-35}\,\mathrm{N}\end{aligned}$$

La force d'interaction gravitationnelle a pour intensité $F_g = 3{,}46 \times 10^{-35}\,\mathrm{N}$.

2. (1 point) Calculer l'intensité de la force d'interaction électrostatique F_e qui s'exerce entre ces deux protons.

Solution:

$$\begin{aligned}F_e &= k\,\frac{e \times e}{d^2}\\ &= 9{,}0 \times 10^{9}\,\mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}} \times \frac{(1{,}60 \times 10^{-19}\,\mathrm{C})^2}{(2{,}32 \times 10^{-6} \times 10^{-9}\,\mathrm{m})^2}\\ &= 43\,\mathrm{N}\end{aligned}$$

La force d'interaction électrostatique a pour intensité $F_e = 43\,\mathrm{N}$.

3. (2 points) Calculer le rapport des valeurs de ces deux forces.

En déduire la force prédominante.

Solution: $\frac{F_e}{F_g} = \frac{43}{3{,}46 \times 10^{-35}} = 1{,}2 \times 10^{36} \gg 1$ donc $F_e \gg F_g$.
La force électrostatique est largement prédominante.

4. (1 point) Expliquer pourquoi l'interaction prédominante n'explique pas la cohésion du noyau.

Solution: La force électrostatique n'assure pas la cohésion du noyau car elle est répulsive entre les protons qui sont de même signe. Il existe d'autres interactions au cœur du noyau qui expliquent sa cohésion.

(11 points) Problème 3: **Le ballon sonde**

Le 17 mars 1898, le premier ballon-sonde météorologique français était lancé depuis l'observatoire de Trappes, en région parisienne. Il emportait, dans un panier d'osier, un «météorographe», destiné à enregistrer la pression et la température en altitude. Aujourd'hui, les ballons-sondes sont toujours utilisés. Ces radiosondages fournissent des informations sur l'état des premières couches de l'atmosphère (troposphère et stratosphère).

D'après : *meteofrance.com* 16/03/2018

Dans le cadre d'un atelier scientifique, des lycéens ont conçu un ballon-sonde constitué :

- d'une enveloppe fermée remplie d'hélium ;
- d'une nacelle contenant des appareils de mesure et un parachute.

Lors du lâcher, le ballon-sonde communique avec une station au sol. Des mesures de pression, température, position sont récoltées au cours de l'ascension.

Données :

- $m(\text{enveloppe}) = 3{,}2 \times 10^2\,\text{g}$;
- $m(\text{nacelle}) = 3{,}6\,\text{kg}$;
- $m(\text{hélium}) = 7{,}0 \times 10^2\,\text{g}$;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9{,}81\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$;

On considère le ballon juste après le décollage, étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen. On néglige les frottements exercés par l'air.Le système {ballon + nacelle + hélium} est soumis à deux forces :

- son poids, noté $\overrightarrow{P}$;
- la poussée d'Archimède, notée $\overrightarrow{F}$, verticale, dirigée vers le haut telle que sa norme $F = 50$ N.

1. (1 point) Calculer la valeur de la masse m_{totale} du système étudié.

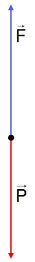
> **Solution:** $m = masse(enveloppe) + masse(nacelle) + masse(hélium)$
> donc $m = 3{,}2 \times 10^2\,\text{g} + 3{,}6\,\text{kg} + 7{,}0 \times 10^2\,\text{g} = 0{,}32\,\text{kg} + 3{,}6\,\text{kg} + 0{,}70\,\text{kg}$
> $m = 4{,}62\,\text{kg}$
> La masse totale de système est de 4,62 kg.

2. (1 point) Calculer la valeur du poids du système {ballon+nacelle+hélium}.

Solution: $P = mg$ donc $P = 4{,}62\,\text{kg} \times 9{,}81\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2} = 45{,}3\,\text{N}$
Le poids qui s'exerce sur le système est 45,3 N.

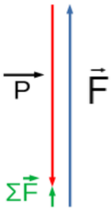
3. (2 points) Représenter les forces exercées sur le système {ballon+nacelle+hélium} modélisé par un point matériel noté S (échelle : 10 N ↔ 1 cm).

Solution: Voir schéma ci-dessous (non à l'échelle !). P ↔ 4,5 cm ; F↔ 5,0 cm.



4. (2 points) En déduire le vecteur représentant la somme des forces appliquées sur le système et donner les caractéristiques de ce vecteur (direction, sens, norme). Le ballon possède une trajectoire verticale ascendante. Les lycéens ont calculé la vitesse du ballon-sonde à partir des mesures de positions. La vitesse est $V_1 = 1{,}1\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ à $t_1 = 1{,}0\,\text{s}$ et $V_2 = 3{,}2\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ à $t_2 = 3{,}0\,\text{s}$.

Solution: Le vecteur $\Sigma\overrightarrow{F}$ est représenté sur le schéma ci-dessous. Les vecteurs $\overrightarrow{P}$ et $\overrightarrow{F}$ étant colinéaires et opposés, sa norme vaut $||\Sigma\overrightarrow{F}|| = \Sigma F = 50 - 45{,}3 = 4{,}7\,\mathrm{N}$. $\Sigma\overrightarrow{F}$ est vertical et orienté vers le haut.



5. (1,5 points) Calculer la variation de la valeur de la vitesse entre les instants t_1 et t_2.

Solution: Les vecteurs étant colinéaires, on peut directement calculer : $\Delta V = V_2 - V_1 = 3{,}2 - 1{,}1 = 2{,}1\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$

6. (1,5 points) Montrer que cette variation est cohérente avec les caractéristiques de la somme des forces appliquées sur le système.

Solution: D'après la deuxième loi de Newton :

$$\Sigma \overrightarrow{F} = m\frac{\Delta \overrightarrow{V}}{\Delta t} \tag{1}$$

donc

$$\Delta \overrightarrow{V} = \Delta t \frac{\Sigma \overrightarrow{F}}{m} = 4{,}7 \times \frac{(3{,}0 - 1{,}0)}{4{,}62} \approx 2{,}0\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \tag{2}$$

Ce résultat est très proche de celui de la question précédente où on avait $\Delta V = 2{,}1\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Donc cette variation est cohérente.

7. (1,5 points) Le ballon est touché par une rafale de vent ce qui le conduit à dévier sa trajectoire. On obtient la trajectoire de la figure en annexe. Les points sont relevés toutes les 0,04 s. Tracer les vecteurs vitesses aux points M_2 et M_3 (on indiquera l'échelle de vitesse choisie) ainsi que le vecteur variation de vitesse au point M_3.

Solution: On choisit de tracer les vecteurs vitesses et variation de vitesse grâce à la méthode des coordonnées (la méthode graphique est valable également). Les coordonnées du point M_2, M_3 et M_4 sont $M_2 = (0.4; 0.16)$, $M_3 =$

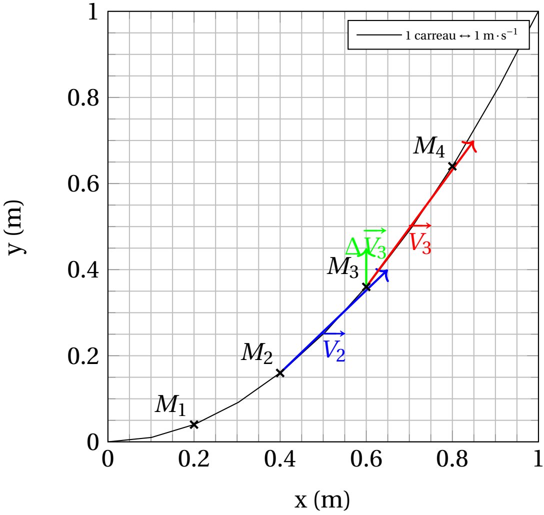
$(0.6; 0.36)$ et $M_4 = (0.8; 0.64)$.

On aura donc $\overrightarrow{V_2} = \frac{\overrightarrow{M_2M_3}}{\Delta t} = \frac{(0.6-0.4)\overrightarrow{i}+(0.36-0.16)\overrightarrow{j}}{0.04} = 5\overrightarrow{i} + 5\overrightarrow{j}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

et $\overrightarrow{V_3} = \frac{\overrightarrow{M_3M_4}}{\Delta t} = \frac{(0.8-0.6)\overrightarrow{i}+(0.64-0.36)\overrightarrow{j}}{0.04} = 5\overrightarrow{i} + 7\overrightarrow{j}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

Quant au vecteur variation de vitesse nous pouvons le calculer selon :

$\overrightarrow{\Delta V_3} = \overrightarrow{V_3} - \overrightarrow{V_2} = (5-5)\overrightarrow{i} + (7-5)\overrightarrow{j} = 0\overrightarrow{i} + 2\overrightarrow{j}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$



8. (0,5 points) En déduire si au point 3 le vent applique toujours une force sur le ballon.

> **Solution:** Le vecteur $\Delta\overrightarrow{V}$ a une norme de $2\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$, et sa direction est verticale vers le haut, donc exactement équivalent à la situation des questions précédentes : la force du vent ne s'applique donc plus sur le ballon.