

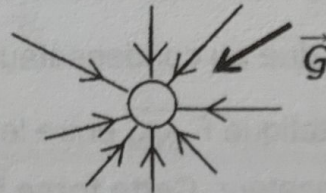
Correction du contrôle n°4– Physique Chimie – 1^{ère}Spé**Exercice n°1 : La mission Rosetta et la comète "Tchoury" (5,5 pts)**

Rosetta est une mission spatiale de l'Agence spatiale Européenne (ESA) dont l'objectif principal était de recueillir des données sur la composition du noyau de la comète 67P Churyumov-Gerasimenko (surnommée "Tchoury") et sur son comportement à l'approche du Soleil. La sonde spatiale s'est placée en orbite autour de la comète puis, après une période d'observation de plusieurs mois, a envoyé le 12 novembre 2014 un petit atterrisseur, Philae, se poser sur sa surface pour analyser la composition de son sol et sa structure. Deux harpons placés sous le corps de l'atterrisseur devaient être tirés pour assurer son ancrage.

Données : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$;

Masse et rayon moyen de Tchoury (évaluations) : $m_c = 3,1 \cdot 10^{12} \text{ kg}$; $R_c = 2,0 \text{ km}$

- 1pt a) La comète étant supposée sphérique, dessiner les lignes de champ gravitationnel dues à cette comète quand on la voit de loin depuis l'espace. Dessiner le champ gravitationnel $\vec{G}$ en un point de l'espace de votre choix.



- 2,5 pt b) Donner l'expression vectorielle du champ de pesanteur $\vec{g}_c$ en un point M de la surface de cette comète de centre O en fonction du vecteur unitaire $\vec{u}_{OM}$, puis calculer sa valeur g_c .

Par définition le champ de pesanteur à la surface de cette comète s'écrit : $\vec{g}_c = -G \cdot \frac{m_c}{R_c^2} \vec{u}_{OM}$

$$\text{Donc } g_c = 6,67 \cdot 10^{-11} \times \frac{3,1 \cdot 10^{12}}{(2,0 \cdot 10^3)^2} = 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ N/kg. (2 chiffres significatifs)}$$

- 1,25 pt c) Comparer g_c à l'intensité du champ de pesanteur local sur Terre $g_T = 9,8 \text{ N/kg}$. Commenter en rapport avec l'utilité des harpons de Philae.

$\frac{g_T}{g_c} = \frac{9,8}{5,2 \cdot 10^{-5}} = 1,9 \cdot 10^5$. L'intensité de pesanteur de cette comète est très, très faible comparée à celle de la Terre donc il est difficile de se poser à sa surface et d'y rester, d'où l'utilité des harpons de Philae qui sont indispensables afin que l'atterrisseur reste ancré dans la comète.

- 0,75 pt d) En réalité Tchoury n'est pas du tout sphérique mais a une forme de cacahuète. Le champ de pesanteur local à la surface de la comète peut-il être qualifié d'uniforme ? Justifier.

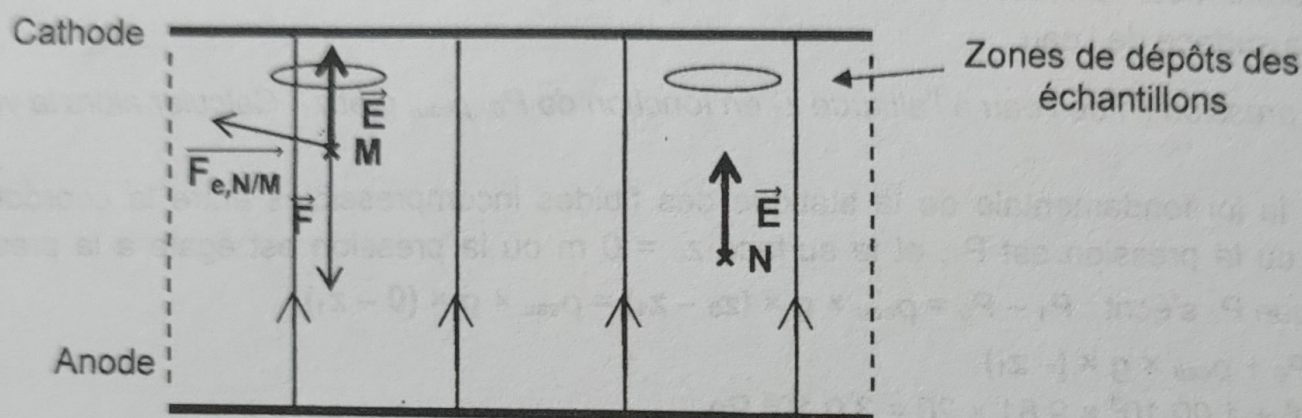
La comète Tchoury ayant une forme de cacahuète, la distance entre sa surface et son centre est très variable selon l'endroit où l'on se trouve, et ceci sur de petites surfaces puisque la comète fait en moyenne 2 km de rayon. Or la valeur du champ de pesanteur local dépend de cette distance entre la surface et le centre, et son orientation change quand la surface n'est pas plane, donc il n'est pas donc pas du tout uniforme.

Exercice n°2 : Electrophorèse (12 pts)

Une des techniques d'analyse de l'ADN est l'électrophorèse. Le but est de séparer et caractériser les constituants d'un mélange (les acides nucléiques pour un fragment d'ADN). Pour cela, les échantillons sont ionisés de façon à porter une charge q négative puis placés à la surface d'un gel situé dans un condensateur plan. Le champ électrostatique de ce condensateur provoque la migration horizontale des différentes entités de la cathode vers l'anode, à des vitesses différentes en fonction de leur charge et de leur taille.

On considère ici un acide aminé de masse $m = 1,26 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ et de charge $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, qui soumis au champ électrostatique $\vec{E}$ dû au condensateur, de valeur $E = 7,5 \cdot 10^2 \text{ V/m}$, subit la force $\vec{F}$ indiquée sur le schéma ci-dessous.

Données : $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
Masse et rayon de la Terre : $m_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6,38 \cdot 10^3 \text{ km}$



0,5 pt 1. a. Que peut-on dire du champ $\vec{E}$ dû au condensateur ?

Le champ $\vec{E}$ est dû à un condensateur plan donc le champ $\vec{E}$ est **uniforme**.

1,5- pt b. Donner la relation liant la force $\vec{F}$ s'exerçant sur l'acide aminé et le champ électrostatique $\vec{E}$, et expliquer alors le sens du champ $\vec{E}$.

Par définition $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$; comme $q < 0$ alors $\vec{E}$ et $\vec{F}$ sont de sens opposés, donc comme $\vec{F}$ est vers l'anode alors $\vec{E}$ est vers la cathode.

1pt c. Représenter ce champ $\vec{E}$ aux points M et N sur le schéma ci-dessus sans soucis d'échelle.

$\vec{E}$ est **uniforme** donc il faut dessiner sur le schéma aux points M et N **2 flèches identiques perpendiculaires aux plaques du condensateur** et d'après la question précédente vers la cathode.

0,5 pt d. Dessiner alors sur ce schéma des lignes de champ électrostatique dans le condensateur.

Le champ est uniforme donc les lignes de champ sont parallèles et **dans le même sens que $\vec{E}$** .

1pt e. Déduire de la question précédente, en le justifiant, les signes des charges de l'anode et de la cathode.

Un champ électrostatique et les lignes de champ électriques sont toujours orientés des charges positives vers les charges négatives donc, d'après les questions précédentes, l'anode porte une charge positive et la cathode porte une charge négative.

1pt 2. Exprimer puis calculer la valeur F de la force subie par l'acide aminé à cause du champ du condensateur.

$$\text{Par définition } F = |q| \times E = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 7,5 \cdot 10^2 = \underline{1,2 \cdot 10^{-16} \text{ N}}$$

- 1pt 3. a. Le premier acide aminé étant au point M, on considère un autre acide aminé de charge électrique $q' = 2q$ situé au point N et séparé de M par la distance $d = 2,0 \text{ cm}$. Donner l'expression vectorielle de la force électrostatique $\vec{F}_{e,N/M}$ exercée par l'acide situé en N sur celui situé en M, en fonction du vecteur unitaire $\vec{u}_{NM}$.

Par définition la force électrostatique exercée par la particule N de charge $q' = 2q$ sur la particule M de charge q séparée par la distance d s'écrit : $\vec{F}_{e,N/M} = k \cdot \frac{q \cdot q'}{d^2} \vec{u}_{NM}$

- 1pt b. Justifier si $\vec{F}_{e,N/M}$ est attractive ou répulsive, puis la dessiner sans soucis d'échelle sur le schéma. Comme ici les 2 charges sont de même signe ($q' = 2q$) alors elles se repoussent, donc cette force est **répulsive**. Pour dessiner cette force **on part de M**, on prend la direction (MN) et le sens de N vers M ($q \times q'$ est positif donc $\vec{F}_e$ a le même sens que $\vec{u}_{NM}$).

- 1pt c. Calculer la valeur $F_{e,N/M}$ de cette force.

Pour calculer la valeur de cette force il faut mettre la distance entre les 2 particules en mètre :

$$d = 2,0 \text{ cm} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m d'où :}$$

$$F_{e,N/M} = k \cdot \frac{|q \times 2q|}{d^2} = 9,0 \cdot 10^9 \times \frac{2 \times (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(2,0 \cdot 10^{-2})^2} = 1,2 \cdot 10^{-24} \text{ N. (2 chiffres significatifs)}$$

- 1pt d. Comparer la valeur $F_{e,N/M}$ à F . Cette force $\vec{F}_{e,N/M}$ perturbe-t-elle le mouvement des acides aminés ?

$\frac{F}{F_{e,N/M}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-16}}{1,2 \cdot 10^{-24}} = 1,0 \cdot 10^8$ donc la valeur F de la force due au condensateur est immensément plus importante que celle de la force d'interaction électrostatique $\vec{F}_{e,N/M}$ entre les acides aminés, qui est donc négligeable par rapport à la force due au condensateur. **Cette force $\vec{F}_{e,N/M}$ ne perturbe donc pas le mouvement des acides.**

- 1,5 pt 4. a. Donner l'expression de la norme F_g de la force de gravitation exercée par la Terre sur la particule située au point M, puis calculer sa valeur.

Par définition la norme de la force de gravitation exercée par la Terre de masse m_T sur la particule M de masse m séparée par la distance R_T s'écrit : $F_g = G \cdot \frac{m \cdot m_T}{R_T^2}$

Pour calculer la valeur de cette force il faut mettre le rayon de la Terre en mètre :

$$R_T = 6,38 \cdot 10^3 \text{ km} = 6,38 \cdot 10^6 \text{ m d'où : } F_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \times \frac{1,26 \cdot 10^{-25} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{(6,38 \cdot 10^6)^2} = 1,23 \cdot 10^{-24} \text{ N.}$$

- 1pt b. Comparer F_g à F . En déduire si cette force gravitationnelle gêne le mouvement de l'acide.

$\frac{F}{F_g} = \frac{1,2 \cdot 10^{-16}}{1,2 \cdot 10^{-24}} = 1,0 \cdot 10^8$ donc la valeur F de la force due au condensateur est immensément plus importante que celle de la force d'attraction gravitationnelle de la Terre, qui est donc négligeable par rapport à la force due au condensateur. **La force gravitationnelle ne gêne donc pas le mouvement de l'acide.**

Exercice n°3 : Une bouteille dans l'eau (7,5pts)

On veut vérifier une information publiée par un internaute (voir ci-contre). En surface la pression atmosphérique est $P_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ et l'air dans la bouteille a pour volume $V_0 = 1,5 \text{ L}$. La pression de l'air dans la bouteille est égale à tout moment à la pression de l'eau qui l'entoure, la quantité d'air dans la bouteille ne varie pas ni sa température. Les coordonnées verticales des positions de la bouteille sont repérées sur un axe Oz orienté vers le haut et dont l'origine est la surface de l'eau : $z_{\text{surf}} = z_0 = 0 \text{ m}$.

Données : Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ Intensité de pesanteur $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

- 0,5 pt a) La bouteille se trouve à 20 m de profondeur. Quelle est la valeur de l'altitude z_1 correspondante ?
A 20 m de profondeur l'altitude s'écrit $z_1 = -20 \text{ m}$ puisque l'axe Oz est orienté vers le haut et son origine est la surface de l'eau.

- 1,5 pt b) Exprimer la pression P_1 de l'eau à l'altitude z_1 en fonction de P_0 , ρ_{eau} , g et z_1 . Calculer alors la valeur de P_1 .

Dans l'eau, la loi fondamentale de la statique des fluides incompressibles entre la coordonnée verticale z_1 où la pression est P_1 , et la surface $z_0 = 0 \text{ m}$ où la pression est égale à la pression atmosphérique P_0 s'écrit : $P_1 - P_0 = \rho_{\text{eau}} \times g \times (z_0 - z_1) = \rho_{\text{eau}} \times g \times (0 - z_1)$

D'où : $P_1 = P_0 + \rho_{\text{eau}} \times g \times (-z_1)$

$$P_1 = 1,01 \cdot 10^5 + 1,00 \cdot 10^3 \times 9,81 \times 20 = 3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$$

- 0,5 pt c) En déduire la pression de l'air contenu dans la bouteille à 20 m de profondeur.
D'après l'énoncé la pression de l'air de la bouteille est égale à tout moment à celle de l'eau qui l'entoure donc à 20 m de profondeur la pression de l'air de la bouteille est $P_1 = 3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

- 1,5 pt d) Exprimer puis calculer le volume V_1 occupé par cet air à 20 m de profondeur.
On suppose que dans la bouteille la température et la quantité de l'air restent constantes donc on peut appliquer la loi de Mariotte pour ce gaz entre la surface et 20 m de profondeur :

$$P_1 \times V_1 = P_0 \times V_0 \text{ donc } V_1 = \frac{P_0 \times V_0}{P_1} = \frac{1,01 \cdot 10^5 \times 1,5}{3,0 \cdot 10^5} = 0,51 \text{ L.}$$

- 0,5 pt e) En déduire si le dessin publié par l'internaute est-il réaliste ou non.
A 20 m de profondeur, le volume occupé par l'air de la bouteille n'est plus que de 0,51 L donc 3 fois plus faible que les 1,5 L à la surface, donc la bouteille diminue de volume : le dessin est réaliste.

- 1,5 pt f) La surface de la bouteille est environ 600 cm^2 . Exprimer puis calculer la valeur de la force pressante F_1 qui s'applique sur la bouteille à 20 m de profondeur.

Par définition cette force pressante s'écrit : $F_1 = P_1 \times S$ avec la pression en Pascal et la surface S exprimée en m^2 : $S = 600 \text{ cm}^2 = 600 \times (10^{-2})^2 = 600 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ ou $0,0600 \text{ m}^2$

$$\text{D'où : } F_1 = 3,0 \cdot 10^5 \times 0,0600 = 1,8 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

- 1,5 pt g) Donner l'expression de la masse volumique de l'air. A partir de cette expression, démontrer que la masse volumique de l'air à pression atmosphérique ρ_0 et celle à 20 m de profondeur ρ_1 vérifient : $\rho_1 > \rho_0$. Que cela signifie-t-il d'un point de vue microscopique pour l'air à cette pression P_1 par rapport à la pression atmosphérique ?

Par définition la masse volumique de l'air s'écrit : $\rho_{\text{air}} = \frac{m_{\text{air}}}{V_{\text{air}}}$

La masse m de l'air de la bouteille reste la même à pression atmosphérique et à 20 m de profondeur donc la masse volumique à la surface s'écrit : $\rho_0 = \frac{m}{V_0}$ et celle à 20 m de profondeur s'écrit : $\rho_1 = \frac{m}{V_1}$.

Comme $V_1 < V_0$ alors $\rho_1 > \rho_0$ donc la masse volumique de l'air à 20 m de profondeur est plus grande que celle à pression atmosphérique.

D'un point de vue microscopique, cela signifie que les molécules constituant l'air sont plus rapprochées les unes des autres à 20 m de profondeur qu'à la surface.

Impressionnant !!!

« Bouteille remplie d'air en surface puis bouchée... Et amenée à 20 m de profondeur dans une fosse de plongée ! »

