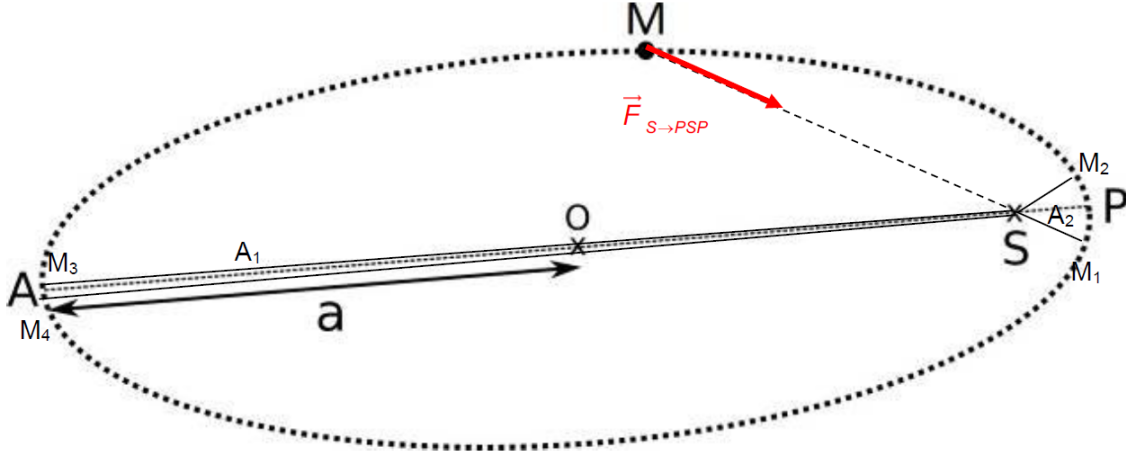


BAC BLANC 2024 – CORRECTION DU SUJET 2

Exercice 1 – Parker Solar Probe (10 points)

1.

1.1. (0,75 pt) Direction//Sens//Point d'application M



1.2. (0,75 pt)

(0,25) Seconde loi de Kepler : le segment SM balaie des aires égales en des temps égaux.

(0,25) Sur le schéma ci-dessus, l'aire A_1 est égale à l'aire A_2 , pour les distances parcourues par la sonde, on a $M_1M_2 > M_3M_4$: à l'approche du périhélie, la sonde parcourt de plus grandes distances par unité de temps.

(0,25) $v_P > v_A$

2.

2.1. (1,25 pt) L'étude se fait dans le repère de Frenet ($M; \vec{t}; \vec{n}$). Le système étudié est la sonde PSP, modélisée par le point M, de masse m_{PSP} . Le mouvement est supposé circulaire, de rayon r .

(0,25) Force exercée par le Soleil sur la sonde : $\vec{F}_{S \rightarrow PSP} = G \frac{m_{PSP} M_S}{r^2} \vec{n}$

(0,25) Vecteur accélération dans le repère de Frenet : $\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{t} + \frac{v^2}{r} \vec{n}$

(0,25) Seconde loi de Newton appliquée au système { sonde de masse m_{PSP} } : $m_{PSP} \vec{a} = \vec{F}_{S \rightarrow PSP}$, soit :

$$m_{PSP} \left(\frac{dv}{dt} \vec{t} + \frac{v^2}{r} \vec{n} \right) = G \frac{m_{PSP} M_S}{r^2} \vec{n} \implies \frac{dv}{dt} \vec{t} + \frac{v^2}{r} \vec{n} = 0 \vec{t} + G \frac{M_S}{r^2} \vec{n}$$

On en déduit :

(0,25) d'une part que $\frac{dv}{dt} = 0$, donc la norme de la vitesse est constante (mouvement uniforme).

(0,25) D'autre part que :

$$\frac{v^2}{r} = G \frac{M_S}{r^2} \Leftrightarrow v^2 = G \frac{M_S}{r} \implies \boxed{v = \sqrt{\frac{GM_S}{r}}}$$

2.2. (0,5 pt) Application numérique avec $\begin{cases} G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \\ M_S = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg} \\ r = 6,9 \times 10^9 \text{ m} \end{cases}$:

$$\boxed{v \approx 1,4 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \approx 140 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}}$$

2.3. (0,5 pt)

(0,25) La valeur calculée ne correspond pas avec celle prévue par la NASA de $(192 \pm 5)\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$.

(0,25) Le modèle choisi n'est pas adapté, l'hypothèse d'un mouvement circulaire est sans doute une approximation bien trop grossière ici.

3. (1,25 pt)

(0,5) Troisième loi de Kepler : $T^2 = k \cdot a^3$.

(0,25) La modélisation donne $k \approx 3,98 \times 10^{-20} \text{ j}^2 \cdot \text{km}^{-3}$.

(0,5) D'après la troisième loi de Kepler, appliquée à la sonde de demi-grand axe orbital $a = 58\,210 \times 10^3 \text{ km}$:

$$T = \sqrt{k \cdot a^3} \implies T = \sqrt{3,98 \times 10^{-20} \times (58\,210 \times 10^3)^3} \approx \underline{88,6 \text{ jours}}$$

4. (0,5 pt) $Q = P_{\text{th}} \times \Delta t$

5. (1,5 pt)

(0,25) Variation d'énergie interne de l'eau : $\Delta U = \rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} \cdot (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})$.

(0,25) Premier principe, appliqué à l'eau ne recevant aucun travail ($W = 0$) : $\Delta U = Q$

Par conséquent : $\rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} \cdot (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) = P_{\text{th}} \cdot \Delta t$

(0,5) Expression littérale : $T_{\text{max}} = T_{\text{min}} + \frac{P_{\text{th}} \cdot \Delta t}{\rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}}}$

(0,25) Application numérique : $T_{\text{max}} = 50 + \frac{6000 \times 110 \times 3600}{0,959 \times 7570 \times 4185} \implies T_{\text{max}} \approx \underline{128^\circ\text{C}}$.

(0,25) Cette température est inférieure à la température d'ébullition de l'eau sous 5 bars ($T_{\text{éb}} = 150^\circ\text{C}$), il n'y a pas de risque d'explosion.

6. (0,5 pt) Le transfert thermique entre le Soleil et la sonde PSP se fait par rayonnement.

7. (0,5 pt) Parmi les matériaux proposés, la mousse de carbone a la conductivité thermique la plus faible et donc la résistance thermique la plus élevée. Ce sera donc un bon isolant thermique.

8. (1 pt) $\Phi = \varphi_{\text{ar}} \times S_b$, soit $\Phi = 1,55 \times 16,6 \approx \underline{25,7 \text{ kW}}$.

9. (1 pt) Résistance thermique du bouclier : $R_{\text{th}} = \frac{e}{\lambda_{\text{mousse}} \times S_b} = \frac{11,4 \times 10^{-2}}{0,140 \times 16,6} \approx 0,0490 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$

Écart de température : $|T| = \Phi \times R_{\text{th}} \implies |T| = 25,7 \times 10^3 \times 0,0490 \approx \underline{1260 \text{ K}}$

La température à l'arrière du bouclier sera : $T_{\text{ar}} = 1700 - 1260 = 440 \text{ K} = 167^\circ\text{C}$, probablement « assez basse » pour protéger les instruments de mesure.

Exercice 2 – L'érythrosine, colorant alimentaire (5 points)

1. (0,25 pt) On choisit une longueur d'onde où l'absorbance de l'espèce à doser est maximale : $\lambda_m = 520 \text{ nm}$
2. (0,5 pt) En notant $[E]$ la concentration érythrosine, la loi de Beer-Lambert s'écrit : $A = \varepsilon \times \ell \times [E]$, soit :

$$\boxed{[E] = \frac{A}{\varepsilon \ell}} \quad \text{Une mesure de } A \text{ permet donc de calculer } [E].$$

3. (0,25 pt) On fait l'application numérique pour $A = A_{\text{solution}} = 0,44$:

$$[E] = \frac{0,44}{8,2 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 1,0 \text{ cm}} \Rightarrow [E] \approx 5,4 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

4. (1 pt) DJA : une personne de 50 kg ne doit pas ingérer plus de $50 \text{ kg} \times 0,1 \text{ mg/kg} = 5 \text{ mg}$ de colorant.

La quantité de colorant présente dans la solution ($V = 500 \text{ mL}$) est $n = [E] \times V = 2,7 \times 10^{-6} \text{ mol}$

La masse correspondante est $m = n \times M_E = 2,7 \times 10^{-6} \text{ mol} \times 879,86 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 2,4 \times 10^{-3} \text{ g}$.

La solution contenue dans la boîte de conserve contient donc 2,4 mg de colorant, ce qui est bien inférieur au 5 mg admissibles journalièrement par une personne de 50 kg. Il n'y a pas de risque pour la santé (attention quand même à la digestion des cerises...).

5. (0,5 pt) Le pourcentage massique ($w = 4,8\%$) de la solution commerciale en ions ClO^- s'exprime par :

$$w = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}} = \frac{n(\text{ClO}^-) \times M(\text{ClO}^-)}{\rho_J \times V_{\text{solution}}} \Rightarrow w = \frac{C_0 \times M(\text{ClO}^-)}{\rho_J}$$

Ainsi, la concentration de la solution de javel commerciale en quantité d'ions ClO^- est : $C_0 = \frac{w \rho_J}{M(\text{ClO}^-)}$.

La solution S_1 est préparée par dilution : $C_0 V_0 = C_1 V_j \Rightarrow C_1 = C_0 \times \frac{V_0}{V_j} \Rightarrow \boxed{C_1 = \frac{w \rho_J}{M(\text{ClO}^-)} \times \frac{V_0}{V_j}}$

Application numérique : $C_1 = \frac{0,048 \times 1095}{35,5 + 16,0} \times \frac{30}{100} \Rightarrow C_1 \approx 0,31 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

6. (0,5 pt) $n_{Ei} = [E] \times V_E \Rightarrow n_{Ei} = 5,4 \times 10^{-6} \times 5,0 \times 10^{-3} = 2,7 \times 10^{-8} \text{ mol}$

$n_{Hi} = C_1 \times V_1 \Rightarrow n_{Hi} = 0,31 \times 5,0 \times 10^{-3} \approx 1,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$

En tenant compte de la stoechiométrie de l'équation 1 : $\frac{n_{Hi}}{1} \gg \frac{n_{Ei}}{1}$, les ions hypochlorite sont en très large excès.

7. (0,5 pt) Par définition : $\boxed{v = -\frac{d[E]}{dt}}$

8. (0,5 pt) Loi de vitesse d'ordre 1 : $\boxed{v = k[E]}$

9. (0,5 pt) La concentration initiale $[E]_0$ est divisée par 2 au bout de $t_{1/2}$:

$$[E](t_{1/2}) = \frac{[E]_0}{2} \Leftrightarrow [E]_0 \exp(-k \cdot t_{1/2}) = \frac{[E]_0}{2} \Leftrightarrow -k \cdot t_{1/2} = -\ln 2 \Leftrightarrow \boxed{t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}}$$

10. (0,25 pt) D'après la question 2, $[E]$ et A sont proportionnels. Par conséquent, comme $[E]$ suit une loi exponentielle, alors A aussi.

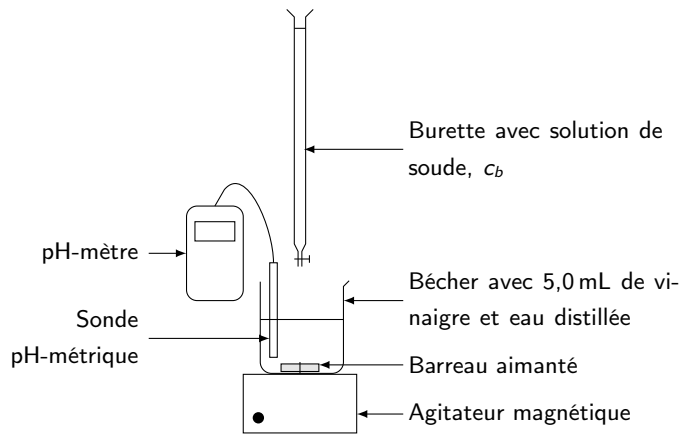
11. (0,25 pt) Graphiquement, on trouve que l'absorbance a été divisée par deux au bout de $t_{1/2} \approx 190 \text{ s}$.

On peut considérer que l'action décolorante de l'eau de Javel est assez rapide vu qu'en 3 minutes environ, la moitié du colorant a disparu (et/ou une vingtaine de minutes sont nécessaires pour consommer tout le colorant).

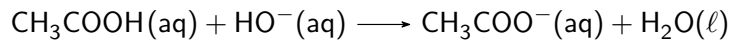
Exercice 3 – Dissolution d’une coquille d’œuf (5 points)

1. (1 pt)

- (0,25) Burette, bécher.
- (0,25) Agitateur magnétique.
- (0,25) Compositions des solutions, placées aux bons endroits.
- (0,25) Sonde pH-métrique, reliée à un pH-mètre.



2. (0,5 pt) Réaction support du titrage :



3. (0,5 pt)

(0,25) À l'équivalence, les réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques :

$$\frac{n_a}{1} = \frac{n_b}{1} \implies c_a \times V_{\text{vinaigre}} = c_b \times V_{\text{éq}}$$

(0,25) Par conséquent :

$$c_a = \frac{c_b \times V_{\text{éq}}}{V_{\text{vinaigre}}} \implies c_a = \frac{5,0 \times 10^{-1} \times 13,4}{5,0} \implies \underline{c_a \approx 1,3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}$$

4. (0,75 pt)

(0,25) Le titre massique du vinaigre en acide éthanoïque est :

$$w = \frac{m_a}{m_{\text{solution}}} = \frac{n_a \times M_a}{\rho \times V_{\text{solution}}} = \frac{c_a \times M_a}{\rho}$$

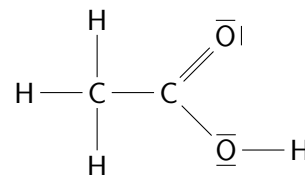
(0,25) Application numérique, avec $M_a = 2 \times M(\text{C}) + 4 \times M(\text{H}) + 2 \times M(\text{O}) = 60,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$:

$$w = \frac{1,3 \times 60,0}{1010} \approx 0,077 = 7,7 \%$$

(0,25) Le degré d'acidité correspond au pourcentage massique, exprimé en % (1° correspond à 1% en masse d'acide éthanoïque dans le vinaigre).

En ne gardant qu'un seul chiffre significatif, on a bien $w = 8 \%$, soit un vinaigre avec 8° d'acidité.

5. (0,25 pt) Schéma de Lewis de l'acide éthanoïque :



6. (0,5 pt)

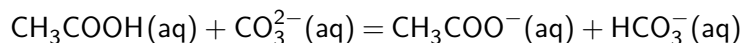
(0,25) Dans le spectre 1 on identifie :

- une bande forte et fine entre 1700 et 1760 cm^{-1} , correspondant à la liaison $\text{C}=\text{O}$;

– une bande forte et très large entre 2600 à 3100 cm^{-1} , correspondant à la liaison O–H d'un acide carboxylique.

(0,25) Le spectre n°1 est celui de l'acide éthanoïque.

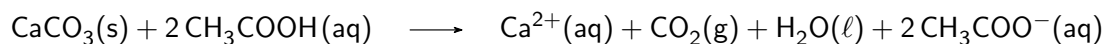
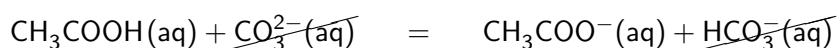
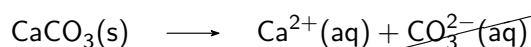
7. (0,5 pt) Équation modélisant la réaction entre l'acide éthanoïque et les ions CO_3^{2-} :



8. (0,5 pt) Équation modélisant la réaction entre l'acide éthanoïque et les ions CO_3^{2-} :



9. (0,25 pt) On somme les deux équations trouvées avec celle donnée dans l'énoncé :



10. (0,25 pt) L'ion HCO_3^- (aq) peut se comporter tantôt comme un acide, tantôt comme une base. Il s'agit d'une espèce chimique **amphotère**.