
CCINP TSI : Physique-chimie 2025

Proposition de corrigé

clementpicard69000@gmail.com

Partie I : Sécurisation de la zone d'arrivée d'un toboggan aquatique

Q 1. $W_{\vec{P}} = mg(H - h) = 50 \times 10 \times (21,0 - 1,0) = 1,0 \times 10^4 \text{ J}$

Q 2. $E_c(B) - E_c(A) = \sum W_{\vec{F}}$. Il y a deux forces qui s'exercent sur le système, le poids et la réaction normale du support. Or, la réaction normale du support ne travaille pas car elle est orthogonale au déplacement.

On a donc :

$$E_c(B) - E_c(A) = W_{\vec{P}}$$

$$\frac{1}{2}mv_{B\text{sansfrottement}}^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = mg(H - h) \text{ Or } v_A = 0$$

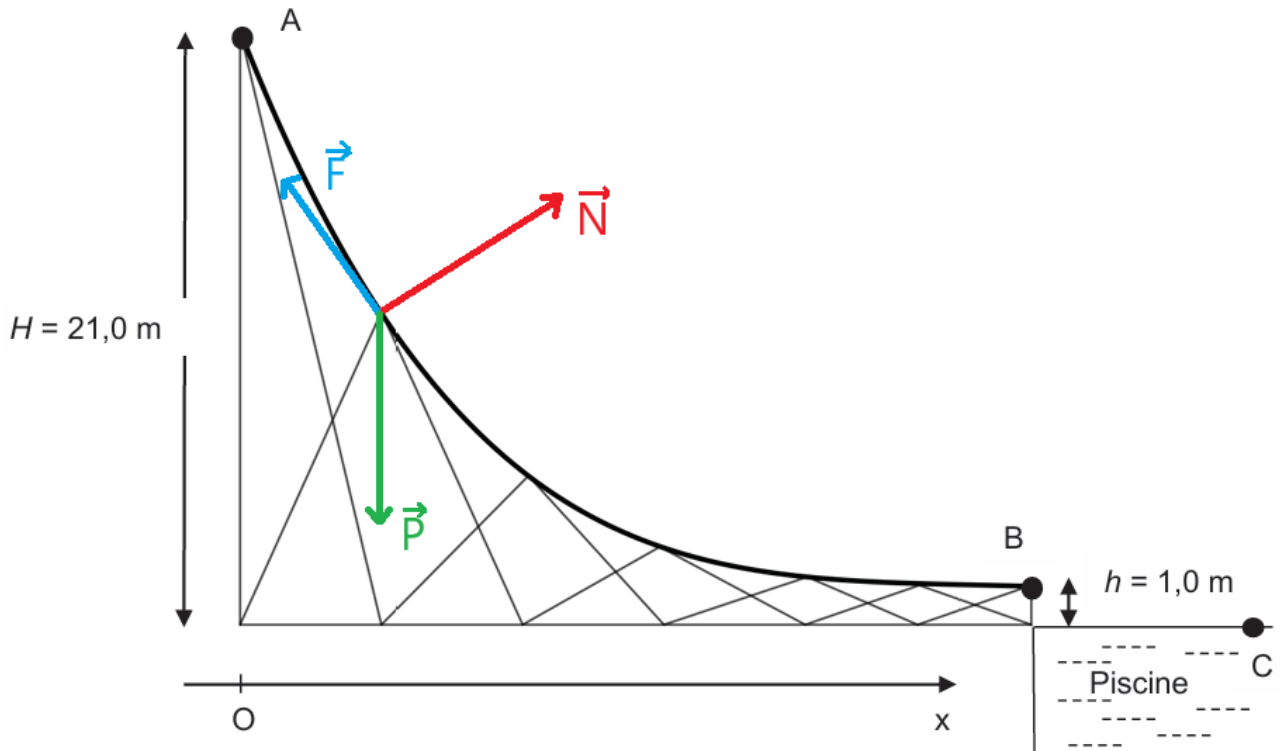
$$v_{B\text{sansfrottement}}^2 = 2g(H - h)$$

$$v_{B\text{sansfrottement}} = \sqrt{2g(H - h)}$$

Q 3.

$$v_{B\text{sansfrottement}} = \sqrt{2g(H - h)} = \sqrt{2 \times 10 \times 20} = 20 \text{ m.s}^{-1}.$$

Q 4. Il y a trois forces qui s'exercent sur le point M : le poids $\vec{P}$, les frottements $\vec{F}$ et la réaction normale du support $\vec{N}$:



Q 5. D'après le théorème de l'énergie cinétique : $E_c(B) - E_c(A) = W_{\vec{P}} + W_{\vec{F}}$

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = W_{\vec{P}} + W_{\vec{F}}$$

$$W_{\vec{F}} = \frac{1}{2}mv_B^2 - W_{\vec{P}}$$

$$W_{\vec{F}} = \frac{1}{2} \times 50 \times 10^2 - 1,0 \times 10^4 = -7,5 \times 10^3 \text{ J}$$

Q 6. $\delta W_{\vec{F}} = \vec{F} \cdot d\vec{l}$

Or, la force de frottement est toujours opposée au déplacement, donc :

$$\delta W_{\vec{F}} = -F dl$$

En intégrant cette expression sur la longueur du toboggan, sachant que F est une constante, on obtient :

$$W_{\vec{F}} = -FL$$

Q 7. On sait que $W_{\vec{F}} = -FL$, on en déduit que :

$$F = -\frac{W_{\vec{F}}}{L} = \frac{7,5 \times 10^3}{3,75 \times 10^1} = 2,0 \times 10^2 \text{ N}$$

Q 8. Le mouvement de l'enfant étant sans frottements entre B et C, on se place dans le modèle de la chute libre, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Au point B, la vitesse de l'enfant est horizontale et de norme v_B . L'altitude au point B est h et on prend l'origine de l'axe x au point B. Après intégration, on obtient les équations horaires :

$$x(t) = v_0 t \text{ et } z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + h$$

On cherche l'équation de la trajectoire $z(x)$, on a $t = \frac{x}{v_0}$, donc :

$$z(x) = -\frac{gx^2}{2v_0^2} + h$$

On cherche alors d tel que $z(x=d) = 0$:

$$-\frac{gd^2}{2v_0^2} + h = 0$$

$$d = \sqrt{\frac{2v_0^2 h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^2 \times 1,0}{10}} = \sqrt{20} = \sqrt{0,2 \times 100} = \sqrt{0,2} \sqrt{100} = 0,45 \times 10 = 4,5 \text{ m}$$

Q 9. Le système est soumis à deux forces : le poids $\vec{P} = -mg\vec{e}_z$ et la force de frottement fluide $\vec{F}' = -k\vec{v}$.

On applique le PFD sur l'enfant : $m\vec{a} = \vec{P} + \vec{F}'$ et on projette sur $\vec{e}_x$:

$$m \frac{dv_x}{dt} = -kv_x$$

$$\frac{dv_x}{dt} + \frac{k}{m}v_x = 0$$

Q 10. La forme canonique d'une équation du premier ordre est $\frac{dv_x}{dt} + \frac{1}{\tau}v_x = 0$.

On identifie alors $\tau = \frac{m}{k}$

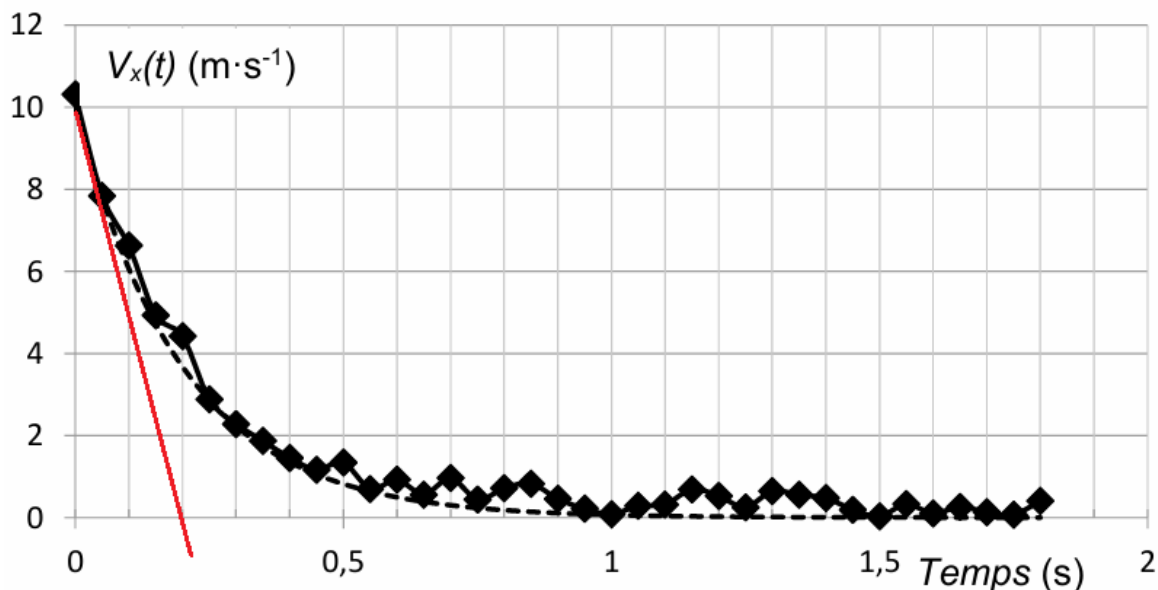
Q 11. La forme de la solution de l'équation différentielle est $v_x(t) = Ae^{-t/\tau}$.

On détermine A avec la condition initiale $v_x(t=0) = v_B$ car lors du trajet BC, la composante horizontale reste constante égale à v_B (cf. question 8).

On a donc $Ae^0 = v_B$ donc $A = v_B$, ainsi :

$$v_x(t) = v_B e^{-t/\tau}$$

Q 12. La tangente à l'origine de la courbe de la figure 2 coupe l'axe des abscisses en $t = \tau$.



On évalue alors $\tau \simeq 0,25 \text{ s}$ et $k = \frac{m}{\tau} = \frac{50}{0,2} = 50 \times 5 = 250 \text{ N.s.m}^{-1}$.

Q 13. On sait que $\frac{dx}{dt} = v_x(t)$, or $v_x(t) = v_B e^{-t/\tau}$ donc par intégration :

$$x(t) = -\tau v_B e^{-t/\tau} + A$$

On prend l'origine des x au point C donc $x(t=0) = 0$, donc $-\tau v_B e^0 + A = 0$ soit $A = \tau v_B$.

On en déduit alors que $x(t) = \tau v_B [1 - e^{-t/\tau}]$

Sur la figure 2, on peut estimer que la vitesse s'annule en $t = 1 \text{ s}$, donc $d' = x(t=1 \text{ s})$

$$d' = \tau v_B [1 - e^{-1/\tau}]$$

$$d' = 0,2 \times 10 [1 - e^{-4}] \text{ On néglige } e^{-4}$$

$$d' = 0,2 \times 10 = 2,0 \text{ m}$$

L'enfant parcourt alors 4,5 m hors de l'eau et 2,0 m dans l'eau, pour un total de 76,5 m. Il faut donc que la longueur du bassin soit bien plus grande que 6,5 m.

Partie II : Choix de la pompe du toboggan

Q 14. Pour un fluide parfait, incompressible et homogène, on peut écrire que, le long d'une ligne de courant, la quantité $P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g z$ est une constante.

Q 15. Le fluide étant parfait, le débit volumique $D_v = vS$ se conserve. On peut donc écrire que $v_D S_D = v_F S_F$.

Or, le tuyau étant de section constante, on peut dire que $S_D = S_F$. On en déduit bien que $v_D = v_F$.

Q 16. On a :

$$D_v = v_G S$$

$$v_G = \frac{D_v}{S} = \frac{3,6 \times 10^4 \times 10^{-3} / 3600}{5,0 \times 10^{-3}} = \frac{10}{5,0} = 2,0 \text{ m.s}^{-1}.$$

Q 17. Appliquons la relation de Bernoulli entre les points F et G :

$$P_F + \frac{\rho v_F^2}{2} + \rho g z_F = P_G + \frac{\rho v_G^2}{2} + \rho g z_G$$

Or, la section en F et en G sont les mêmes donc $v_F = v_G$. De plus, $z_F = z_G$. On a donc :

$$P_F = P_G$$

Or le point G est au contact de l'air extérieur, donc la pression en G est égale à la pression atmosphérique P_0 .

Ainsi $P_F = P_0 = 1,0 \text{ bar}$

Q 18. Appliquons la relation de Bernoulli entre les points F et E :

$$P'_F + \frac{\rho v_F^2}{2} + \rho g z_F = P_E + \frac{\rho v_E^2}{2} + \rho g z_E$$

Or, la section en F et en E sont les mêmes donc $v_F = v_E$. On a donc :

$$P'_F = P_E + \rho g(z_E - z_F) = 5,2 \times 10^5 - 10^3 \times 10 \times 25 = 5,2 \times 10^5 - 2,5 \times 10^5 = 2,7 \times 10^5 \text{ Pa} = 2,7 \text{ bar.}$$

Q 19. Une puissance est le produit d'une force est d'une vitesse, donc la dimension d'une puissance est $[P] = [F]LT^{-1}$.

ΔP_{pertes} est homogène à une pression donc $[\Delta P_{pertes}] = [F]L^{-2}$.

Ainsi $D_v \Delta P_{pertes} = L^3 T^{-1} [F] L^{-2} = [F] L T^{-1}$

Ainsi $D_v \Delta P_{pertes}$ est bien homogène à une puissance.

Q 20. Appliquons la relation de Bernoulli entre un point de la surface libre de la piscine, notée C, et le point G.

$$P_G + \frac{\rho v_G^2}{2} + \rho g z_G + \Delta P_{pertes} = P_C + \frac{\rho v_C^2}{2} + \rho g z_C + \frac{P_u}{D_v}$$

On considère que la surface libre est immobile donc $v_C = 0$. De plus, les points C et G sont à l'air libre donc $P_C = P_G$

$$\frac{\rho v_G^2}{2} + \rho g z_G + \Delta P_{pertes} = + \rho g z_C + \frac{P_u}{D_v}$$

$$P_u = D_v \left[\frac{\rho v_G^2}{2} + \rho g(z_G - z_C) + \Delta P_{pertes} \right]$$

Q 21.

$$P_u = D_v \left[\frac{\rho v_G^2}{2} + \rho g(z_G - z_C) + \Delta P_{pertes} \right]$$

$$P_u = \frac{36}{3600} \left[\frac{10^3 \times 2,0^2}{2} + 10^3 \times 10 \times 24 + 2 \times 10^5 \right]$$

$$P_u = 10^{-2} \left[\frac{10^3 \times 4}{2} + 2,4 \times 10^5 + 2 \times 10^5 \right]$$

$$P_u = 10^{-2} [2,0 \times 10^3 + 2,4 \times 10^5 + 2 \times 10^5]$$

$$P_u = 4,4 \times 10^3 \text{ W} = 4,4 \text{ kW}$$

Q 22. $P_{elec} = \frac{P_u}{0,60} = \frac{10 P_u}{6} = \frac{44}{6} = \frac{42}{6} + \frac{2}{6} = 7,3 \text{ kW}$

Q 23. $HMT = \frac{P_u}{\rho D_v g} = \frac{4,4 \times 10^3}{10^3 \times 10^{-2} \times 10} = 44 \text{ mCE.}$

Q 24. On lit le point d'intersection entre $D_v = 36 \text{ m}^3/\text{h}$ et $HMT = 44 \text{ mCE}$. On tombe alors sur la courbe de diamètre égal à 180 cm

Q 25. Pour un diamètre de 180 cm et $D_v = 36 \text{ m}^3/\text{h}$, on lit $P = 7 \text{ kW}$. La puissance nécessaire étant de 7,3 kW, on peut affirmer qu'elle fonctionnera en régime optimal.

Partie III : Chauffage de l'eau de la piscine

Q 26. On applique le premier principe à l'eau de la piscine, pendant la durée Δt . La seule source de chauffage provient de la chaudière fournissant une puissance P .

$$\Delta U = P\Delta t$$

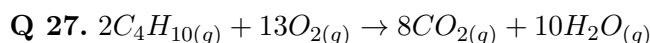
$$mc_{eau}(\theta_f - \theta_i) = P\Delta t$$

$$\rho V c_{eau}(\theta_f - \theta_i) = P\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\rho V c_{eau}(\theta_f - \theta_i)}{P} = \frac{10^3 \times 200 \times 4,2 \times 10^3 \times 6}{10^5}$$

$$\Delta t = 2 \times 4,2 \times 6 \times 10^3 = 50,4 \times 10^3 \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{50,4 \times 10^3}{3,6 \times 10^3} \simeq 14 \text{ h.}$$



Q 28. $PC = PD_m$ donc $D_m = \frac{PC}{P} = \frac{50 \times 10^3}{10^5} = 0,50 \text{ g.s}^{-1} = 30 \text{ g.min}^{-1}$.

Q 29. On détermine le nombre de moles de butane consommée par minute :

$$n(C_4H_{10}) = \frac{m}{M} = \frac{30}{4 \times 12 + 10 \times 1,0} = \frac{30}{58} \text{ mol}$$

Avec la réaction de combustion écrite en question 27, on voit que pour 2 mol de butane consommées, on crée 8 mol de CO_2 , donc 4 fois plus. Donc $n(CO_2) = 4n(C_4H_{10}) = \frac{120}{58} \text{ mol}$.

On en déduit la masse de CO_2 produite par minute :

$$m(CO_2) = n \times M = \frac{120}{58} \times (12 + 2 \times 16)$$

$$m(CO_2) = \frac{120}{58} \times 44$$

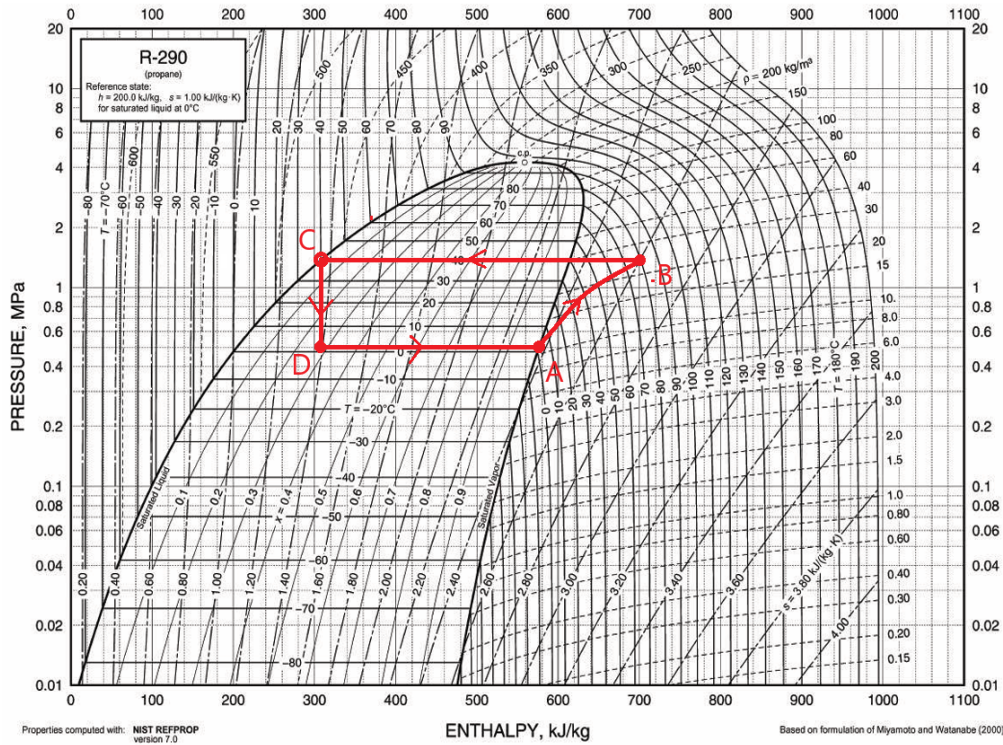
$$m(CO_2) \simeq 2 \times 44 = 88 \text{ g.}$$

Q 30. On regarde la différence d'enthalpie massique entre le point de rosée à 0° et le point de liquéfaction à 0° :

$$\Delta h_{vap} = 570 - 200 = 370 \text{ kJ.kg}^{-1}.$$

Q 31. On voit que la différence d'enthalpie massique entre le point de rosée à et le point de liquéfaction diminue avec la température. On en conclut que Δh_{vap} diminue avec la température.

Q 32.



Q 33. Au point D, on a un système biphasique liquide-gaz. On lit $x_g \simeq 0,28$

Q 34. Pour un fluide en écoulement permanent, le premier principe s'écrit sur la transformation AB :

$$\Delta h_{AB} + \Delta ec_{AB} + \Delta ep_{AB} = w_{AB} + q_{AB}$$

On suppose négligeable les variations d'énergie cinétique massique et d'énergie potentielle massique. De plus, la compression est adiabatique, donc $q_{AB} = 0$.

On en conclut alors que :

$$w_{AB} = \Delta h_{AB} = h_B - h_A = 700 - 580 = 120 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Q 35. Le condenseur permet de refroidir le fluide, (et donc chauffer la piscine). q_{cond} correspond donc à q_{BC} .

Pour un fluide en écoulement permanent, le premier principe s'écrit sur la transformation BC :

$$\Delta h_{BC} + \Delta ec_{BC} + \Delta ep_{BC} = w_{BC} + q_{BC}$$

On suppose négligeable les variations d'énergie cinétique massique et d'énergie potentielle massique. De plus, il n'y a pas de partie mobile sur la transformation BC , donc $w_{BC} = 0$.

On en conclut alors que :

$$q_{cond} = \Delta h_{BC} = h_C - h_B = 310 - 700 = -390 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Q 36. On définit l'efficacité comme le rapport entre l'énergie utile pour chauffer la piscine, $-q_{cond}$, et l'énergie dépensé par le compresseur, w_{AB} :

$$\epsilon = \frac{-q_{cond}}{W_{AB}} = \frac{390}{120} = \frac{360}{120} + \frac{30}{120} = 3,25$$

Q 37.

$$D_m = \frac{P}{-q_{cond}} = \frac{100 \times 10^3}{390 \times 10^3} \simeq \frac{1}{4} = 0,25 \text{ kg.s}^{-1}$$

Q 38. L'efficacité s'exprime aussi comme un rapport de puissance, donc :

$$P_u = \frac{P}{\epsilon} = \frac{100}{3,0} \simeq 33 \text{ kW}$$

Q 39. La borne - de l'ALI étant relié à la sortie de l'ALI, on suppose qu'il fonctionne en régime linéaire, donc $V_+ = V_-$. Or $V_+ = 0$ car la borne + est relié à la terre.

A l'aide du théorème de Millmann, on a :

$$V_- = \frac{\frac{E}{R_1} + \frac{u_1}{R_{pt}}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{pt}}} = 0$$

$$\frac{E}{R_1} + \frac{u_1}{R_{pt}} = 0$$

$$u_1 = -\frac{ER_{pt}}{R_1}$$

$$u_1 = -\frac{ER_0(1+a\theta)}{R_1}$$

Q 40. Les tensions E et u_1 peuvent être trop élevées et provoquer une saturation de l'ALI

Q 41. On peut définir la sensibilité comme la différence de tension mesurée à la sortie après augmentation de 1° .

$$s = |u_1(\theta + 1) - u_1(\theta)|$$

$$s = \left| -\frac{ER_0(1+a\theta+a)}{R_1} + \frac{ER_0(1+a\theta)}{R_1} \right|$$

$$s = \frac{ER_0a}{R_1}$$

Q 42.

$$s = \frac{ER_0a}{R_1}$$

$$s = \frac{1,0 \times 100 \times 3,85 \times 10^{-3}}{100}$$

$$s = 3,85 \times 10^{-3} \text{ V.}^\circ\text{C}^{-1}$$

$$s = 3,85 \text{ mV.}^\circ\text{C}^{-1}$$

Q 43. On cherche à mesurer des variations de température de l'ordre du degré, donc la tension u_1 ne variera que des quelques mV, ce qui n'est pas simple à détecter.

Q 44. Le signal u_e a une valeur moyenne de 2 V, donc son spectre contient un pic à 0 Hz. De plus, le terme en $\cos(2\pi 50t)$ montre une composante de 50 Hz.

Ainsi, c'est le graphe 2 qui convient. Le graphe 1 ne contient pas de valeur moyenne, le graphe 3 contient trop d'harmoniques et le 4 n'est même pas un spectre en amplitude.

Q 45. A basse fréquence, le condensateur se comporte comme un interrupteur ouvert donc $u_s = u_e$. A haute fréquence, le condensateur se comporte comme un fil donc $u_s = 0$.

Il s'agit donc d'un filtre passe-bas. Comme il faut supprimer la composante de haute fréquence, ce circuit peut isoler la composante continue.

Q 46. H_0 est le gain statique. $H_0 = 1$ car l'équivalent à basse fréquence donne $u_s = u_e$.

Q 47. $G_{db} = 20\log(|\underline{H}|) = 20\log\left(\frac{H_0}{\sqrt{1+\frac{\omega^2}{\omega_c^2}}}\right)$

Or le terme $\frac{\omega^2}{\omega_c^2}$ est négligeable devant 1, donc :

$$G_{db} = 20\log(H_0) = 20\log(1) = 0 \text{ dB}$$

Q 48. On définit la fréquence de coupure à -3 dB comme la fréquence f_c pour laquelle le gain $G_{dB} = \frac{G_{dBmax}}{\sqrt{2}}$

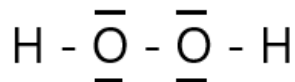
$$f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Q 49. Si $f_c = 0,5\text{Hz}$, alors la composante à 50 Hz a été entièrement coupée, il reste donc la composante continue. Donc $u_s(t) = 2 \text{ V}$. On a bien gardé que la composante continue en sortie de filtre.

Partie IV : Traitement de l'eau

Q 50. $O : 1s^2 2s^2 2p^4$. Il y a donc 6 électrons de Valence.

Q 51.

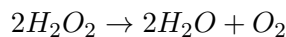


Q 52. La liaison O-O n'est pas polarisée car les deux atomes d'oxygène ont la même électronégativité.

Q 53. $O_2 : n = 0$; $H_2O : n = -II$; $H_2O_2 : n = -I$

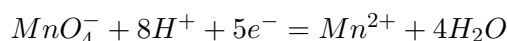
Q 54. $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$ et $O_2 + 2H^+ + 2e^- = H_2O_2$

Q 55. Sur le diagramme E-pH, on observe que les deux domaines de H_2O_2 sont disjoints, donc H_2O_2 n'est pas thermodynamiquement stable.



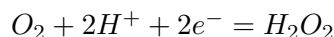
Q 56. C'est une réaction de dismutation.

Q 57. Pour le couple MnO_4^-/Mn^{2+} la demi équation électronique notée (1), s'écrit



Donc $\Delta_r G_1^\circ = -5FE^\circ(MnO_4^-/Mn^{2+})$

Pour le couple O_2/H_2O_2 la demi équation électronique notée (2), s'écrit



Donc $\Delta_r G_2^\circ = -2FE^\circ(O_2/H_2O_2)$

Or, (6) = 2(1) - 5(2), donc par extensivité de l'enthalpie libre standard :

$$\Delta_r G_6^\circ = 2\Delta_r G_1^\circ - 5\Delta_r G_2^\circ$$

$$\Delta_r G_6^\circ = 10F[E^\circ(O_2/H_2O_2) - E^\circ(MnO_4^-/Mn^{2+})]$$

Q 58. On a $K_-^\circ = e^{-\frac{\Delta_r G_6^\circ}{RT}}$

$$\Delta_r G_6^\circ = -RT \ln(K^\circ)$$

$$10F[E^\circ(O_2/H_2O_2) - E^\circ(MnO_4^-/Mn^{2+})] = -RT \ln(K^\circ)$$

$$E^\circ(O_2/H_2O_2) - E^\circ(MnO_4^-/Mn^{2+}) = -0,006 \log(K^\circ)$$

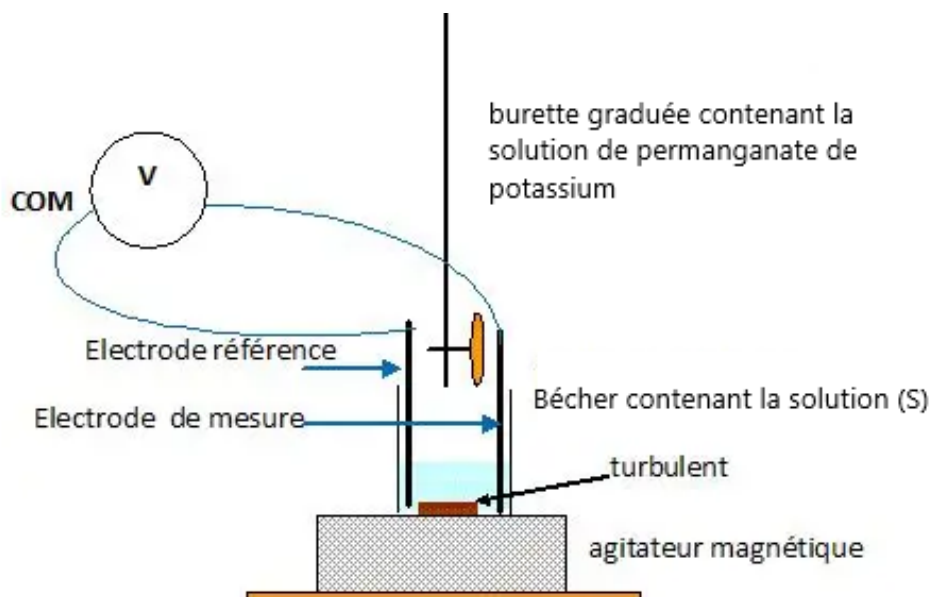
$$-0,82 = -0,006 \log(K^\circ)$$

$$K^\circ = 10^{0,82/0,006} = 10^{820/6} = 10^{410/3} \simeq 10^{136}$$

La réaction de titrage peut être considérée comme totale donc.

Q 59. On prélève 10,0 mL de la solution commerciale avec une pipette jaugée de 10,0 mL. On introduit ces 10,0 mL dans une fiole jaugée de 100 mL. On remplit jusqu'au 3/4 avec de l'eau distillée et on homogénéise. On complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée et on homogénéise à nouveau.

Q 60.



Q 61. A l'équivalence : $\frac{n(H_2O_2)}{5} = \frac{n(MnO_4^-)}{2}$

$$\frac{c_1 V_1}{5} = \frac{c_2 V_{eq}}{2}$$

$$c_1 = \frac{5c_2 V_{eq}}{2V_1}$$

$$c_1 = \frac{5 \times 2,0 \times 10^{-2} \times 16,0 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-2}}$$

$$c_1 = 80 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$c_1 = 8,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

On a dilué 10 fois la solution commerciale pour créer la solution (S), donc

$$c = 10c_1 = 8,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}.$$

Q 62. La concentration de H_2O_2 étant de $8,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, dans 1,0 L de solution commerciale, il y a donc $8,0 \times 10^{-1} \text{ mol}$.

Or, on a vu en question 55, que la dismutation de 2 mol de H_2O_2 donne 1 mol de O_2 . On a donc deux fois moins de O_2 produit que de H_2O_2 consommé.

Ainsi, la dismutation de H_2O_2 dans la solution commerciale peut produire $4,0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ de O_2 .

Or le titre est défini par le volume de O_2 qui peut se dégager de 1,0 L de solution commerciale.

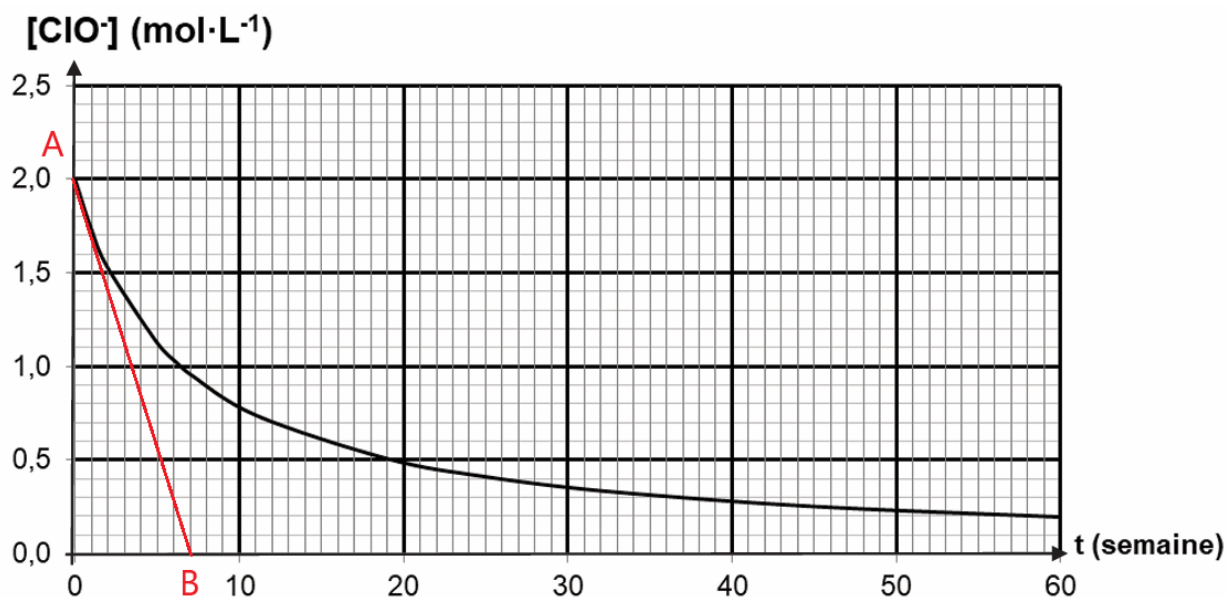
$$V = nV_m = 4,0 \times 10^{-1} \times 22,4 = 9,0 \text{ L}$$

Le titre en H_2O_2 de la solution commerciale est de 9,0 L environ.

Q 63. $v = -\frac{d[ClO^-]}{dt}$

Q 64. La vitesse volumique de disparition étant défini comme l'opposé d'une dérivée, graphiquement cela correspond à l'opposé du coefficient directeur de la tangente.

Comme on cherche la vitesse à $t=0$, on estime le coefficient directeur de la tangente à l'origine.



On prend deux points de cette tangente : $A(0; 2, 0)$ et $B(7, 0; 0)$

$$v(t = 0) = -\frac{7,0-0}{0-2,0} = 3,5 \text{ mol.L}^{-1}.\text{semaine}^{-1}.$$

Q 65. La vitesse volumique de disparition étant défini comme l'opposé d'une dérivée, graphiquement cela correspond à l'opposé du coefficient directeur de la tangente.

Or, on voit que le coefficient directeur de la tangente diminue en valeur absolue, au cours du temps. On en conclut que la vitesse v diminue au cours du temps.

Q 66. $v = k[\text{ClO}^-]^2$

Q 67. On calcule le coefficient de proportionnalité entre v et $[\text{ClO}^-]^2$ pour les deux données expérimentales :

$$k = \frac{0,076}{1,0^2} = 0,076 \text{ L.mol}^{-1}.\text{semaine}^{-1}; k = \frac{0,019}{0,5^2} = 4 \times 0,019 = 0,076 \text{ L.mol}^{-1}.\text{semaine}^{-1}$$

On retrouve la même valeur pour le coefficient de proportionnalité, donc v et $[\text{ClO}^-]^2$ sont proportionnels et la réaction est bien d'ordre 2.

Q 68. La température étant un facteur cinétique, il faut conserver le produit à faible température.

FIN DU CORRIGE