

Correction Concours Blanc TB2.

* Partie A

A1: La puissance d'une force vaut: $P(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{v}$

$$\text{Or ici } \vec{v} = \vec{0} \Rightarrow \boxed{P(\vec{F}) = 0.}$$

A2: Par définition: $dE_p = -\delta W_p = -\vec{p} \cdot d\vec{O}\vec{M}$

$$= + m \cdot g \vec{u}_z \cdot (dx \vec{u}_x + dy \vec{u}_y + dz \vec{u}_z)$$

$$= mg dz$$

$$\text{En intégrant: } \boxed{E_p = mgz + \text{cte}}$$

$$A3: \Delta E_c = E_{cB} - E_{cA} = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

$$= \frac{1}{2} m \times 0^2 - \frac{1}{2} m \times 0^2 = \boxed{0 = \Delta E_c}$$

A4: Par définition: $E_m = E_c + E_p$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + mgz$$

$$\text{Ainsi } \Delta E_m = E_{mB} - E_{mA} = 0 \text{ d'après A3.}$$

$$= \cancel{E_{cB}} + E_{pB} - \cancel{E_{cA}} - E_{pA}$$

$$= mgz_B - mgz_A = \boxed{mgh = \Delta E_m}$$

A5: Application numérique (AN) : $\Delta E_m = m g h$
 $= 60 \times 9,81 \times 1000 = \underline{\underline{5,89 \cdot 10^5 \text{ J}}}$

A6: AN : $\Delta E_m = m g h$
 $= 60 \times 9,81 \times 0 = \underline{\underline{0 \text{ J}}}$.

$\Rightarrow$ La randonnée avec dénivelé est plus coûteuse en énergie que la randonnée sur le plat.

A7: Le pourcentage supplémentaire vaut : $\text{pct} = \frac{\Delta E_m}{E_n} = 4,91 \%$

C'est peu, mais sur une période courte, on regarde plutôt la puissance pour comparer :

$$\left. \begin{aligned} \cdot P_n &= \frac{E_n}{\Delta t_n} = \frac{12}{24} = \underline{\underline{0,5 \text{ W/h}}} \\ \cdot P_m &= \frac{\Delta E_m}{\Delta t_m} = \frac{0,589}{3} = \underline{\underline{0,20 \text{ W/h}}} \end{aligned} \right\} \text{pct}' = \frac{P_m}{P_n} = \underline{\underline{40 \%}}$$

La puissance lors de la randonnée correspond à 40 % de la puissance de la journée.

A8: Il doit ingérer $E_{\text{tot}} = E_n + \Delta E_m = 12 + 0,589 = \underline{\underline{12,589 \text{ W}}}$

A9: Par définition : $\vec{F}_g = - G \cdot \frac{m \cdot M_T}{r^2} \vec{u}_r$

A10: Analyse dimensionnelle:

$$[G] = \frac{[F_g][r^2]}{[m]^2} = \frac{[\cancel{\text{kg}}][E r^2]}{[\cancel{\text{m}}^2]} = \frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = \underline{\underline{\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} = [G]}}$$

$$A11: \vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m} = -G \cdot \frac{\pi r}{r^2} \vec{u}_r = \vec{g}$$

A12: Au niveau de la mer on a $r = R_T$

$$\Rightarrow g = + \frac{G \pi r}{R_T^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6371 \cdot 10^3)^2} = \underline{\underline{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

$$A13: \Delta g = g(R_T + a) - g(R_T)$$

$$= \frac{G \pi r}{(R_T + a)^2} - \frac{G \pi r}{R_T^2} = \frac{G \pi r}{R_T^2} \left(\frac{R_T^2}{(R_T + a)^2} - 1 \right)$$

$$= \frac{G \cdot \pi r}{R_T^2} \left(\frac{1}{(1 + a/R_T)^2} - 1 \right)$$

$$\approx \frac{G \pi r}{R_T^2} \left(1 - \frac{2a}{R_T} - 1 \right)$$

$$= - \frac{2a \cdot G \cdot \pi r}{R_T^3} = \Delta g$$

$$A14: \text{AN: } \Delta g = - \frac{2 \times 1000 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6371 \cdot 10^3)^3} = - \underline{\underline{3,08 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

On a $\Delta g \ll g(R_T) = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ on peut donc négliger les variations de $\vec{g}$ lors de l'étude.

A15: Système: {marcheur}

Referentiel: terrestre (Galiléen)

$$\text{Bilan des forces: } \vec{p} = m \vec{g}$$

On applique le PFD: $m\vec{a} = m\vec{g}$

On projette:

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$$

On intègre:

$$\begin{cases} v_x = A \\ v_y = B \\ v_z = -gt + C \end{cases}$$

$$\text{A } t=0: \vec{v}_0 = \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos(\alpha) = A \\ v_{0y} = 0 = B \\ v_{0z} = v_0 \sin(\alpha) = -g \cdot 0 + C \end{cases}$$

Ainsi:

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos(\alpha) \\ v_y = 0 \\ v_z = -gt + v_0 \sin(\alpha) \end{cases}$$

On intègre:

$$\begin{cases} x = v_0 \cdot t \cdot \cos(\alpha) + D \\ y = E \\ z = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) + F \end{cases}$$

$$\text{A } t=0: \begin{cases} x(0) = 0 = v_0 \cdot 0 \cdot \cos(\alpha) + D \\ y(0) = 0 = E \\ z(0) = 0 = -\frac{1}{2}g \cdot 0^2 + v_0 \cdot 0 \cdot \sin(\alpha) + F \end{cases}$$

Finalement:

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot t \cdot \cos(\alpha) \\ y(t) = 0 \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \cdot t \cdot \sin(\alpha) \end{cases}$$

A16: Ainsi on a $t = \frac{x}{v_0 \cos(\alpha)}$

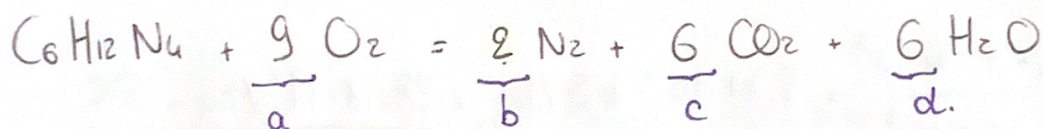
On réinjecte: $z(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0 \cos(\alpha)}\right)^2 + v_0 \cdot \left(\frac{x}{v_0 \cos(\alpha)}\right) \sin(\alpha)$

$$= -\frac{1}{2}g \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2(\alpha)} + x \cdot \tan(\alpha) = z(x) \quad \text{parabole}$$

A17: Ainsi il faut $v_0 = \left[\frac{-1/2 g \cdot x_p^2}{(z_p - x_p \tan(\alpha)) \cos^2(\alpha)} \right]^{1/2} = \underline{\underline{5,62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$

* Partie B:

B1: Il faut équilibrer la réaction telle que:



B2: $\text{N}_2(\text{g})$ et $\text{O}_2(\text{g})$ sont dans leur état standard de référence donc

$$\Delta_f H^\circ(\text{N}_2(\text{g})) = \Delta_f H^\circ(\text{O}_2(\text{g})) = 0 \text{ kJ/mol}$$

B3: Loi de Hess:

$$\Delta_r H^\circ = -\Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4) - 9\Delta_f H^\circ(\text{O}_2) + 2\Delta_f H^\circ(\text{N}_2) + 6\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + 6\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})$$

$$\Delta_r H^\circ = -123,0 - 9 \times 0 + 2 \times 0 + 6 \times (-393,5) + 6 \times (-241,8)$$

$$\underline{\underline{\Delta_r H^\circ = -3,94 \cdot 10^3 \text{ kJ/mol}}}$$

B4: On a $\Delta_r H^\circ < 0$: réaction exothermique, elle libère de la chaleur
logique pour une combustion.

B5: Par définition: $PC = - Q_p$

Par une transfo monobare: $\Delta H = Q_p$ (1^{er} principe avec $w = 0$)
 $= \sum_{\max} \Delta_r H^\circ$

Comme la combustion est complète: $\sum_{\max} = n_h = \frac{m_h}{M_h}$

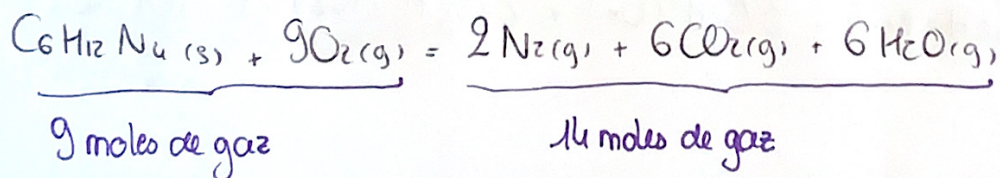
$$\Rightarrow Q_p = \frac{m_h}{M_h} \cdot \Delta_r H^\circ$$

Pour 1 kg l'hexamine libère: $- Q_p = - \frac{1}{M_h} \Delta_r H^\circ = \boxed{\frac{- \Delta_r H^\circ}{M_h} = PC}$

$$EG: AN: PC = \frac{-3,94 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^{-3}} = 2,81 \cdot 10^4 \text{ kJ/kg} = \underline{28,1 \text{ MJ/kg} = PC}$$

$\Rightarrow$ La valeur est proche de la donnée constructeur ($PC_{\text{cons}} = 31 \text{ MJ/kg}$)

B7: Lorsqu'on monte en altitude la pression diminue; le principe de Le Chatelier donne qu'une diminution de pression déplace l'équilibre dans le sens de l'augmentation du nombre de mole de gaz.



$\Rightarrow$ Déplacement dans le sens direct.

$\Rightarrow$ Rechaud plus performant en altitude.

B8: Par définition du pouvoir calorifique

Pour la combustion de 8 g de combustibles donnent :

$$Q_{\text{libéré}} = m \times PC = 8,0 \cdot 10^{-3} \times 31 = 0,248 \text{ MJ} = \underline{\underline{248 \text{ kJ}}}$$

B9: Le transfert thermique reçu vaut :

$$\begin{aligned} Q_{\text{eau}} &= m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} (T_2 - T_1) \\ &= \rho_{\text{eau}} \cdot V \cdot c_{\text{eau}} (T_2 - T_1) = 1,00 \times 0,25 \times 4,18 \times (100 - 20) \\ &= \underline{\underline{83,6 \text{ kJ/mol}}} \end{aligned}$$

$$\text{B10: Rendement: } \eta = \frac{Q_{\text{eau}}}{Q_{\text{libéré}}} = \frac{248}{83,6} = \boxed{33,7 \% = \eta}$$

B11: Lors de la vaporisation: (monobare)

$$\begin{aligned} Q_{\text{vap}} &= \Delta H = m \cdot L_{\text{vap}} \\ &= \boxed{\rho_{\text{eau}} \cdot V' \cdot L_{\text{vap}} = Q_{\text{vap}} = \underline{\underline{113 \text{ kJ}}}} \end{aligned}$$

Vaporisation de 0,05 L demande plus d'énergie que chauffage 0,25 L

Le changement d'état coûteux en énergie.

B12: Couverture: évite les pertes $\text{H}_2\text{O} \Rightarrow$ conserve^t masse + recondensation H_2O

$\Rightarrow$ Diminution perte énergétique

B13: Composition air : $\text{N}_2 : 80\%$
 $\text{O}_2 : \approx 20\%$ } DiatomiQ.

B14: Loi des gaz parfaits:

$$pV = nRT$$

$$= \frac{m}{M} \cdot RT \quad \Leftrightarrow \quad p = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{M} = \frac{\rho RT}{M}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{p = \frac{\rho M_{\text{air}}}{RT}}$$

B15: Statique des fluides: $\boxed{\frac{dp}{dz} = -\rho \cdot g}$

B16: Ainsi: $\frac{dp}{dz} = -\rho \cdot \frac{M_{\text{air}} \cdot g}{RT} \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{\frac{dp}{dz} + \frac{p}{D} = 0 \quad \text{avec } D = \frac{RT}{M_{\text{air}} \cdot g}}$

B17: Dans l'équa diff il faut $\boxed{[D] = [dz] = m}$

Analyse dimensionnelle:

$$\frac{[R][T]}{[M][g]} = \frac{\cancel{\text{J}} \cdot \cancel{\text{mol}^{-1}} \cdot \cancel{\text{K}} \cdot \cancel{\text{K}}}{\cancel{\text{kg}} \cdot \cancel{\text{mol}^{-1}} \cdot \cancel{\text{m}} \cdot \cancel{\text{s}^{-2}}} = \frac{\cancel{\text{kg}} \cdot \cancel{\text{m}^3} \cdot \cancel{\text{s}^{-2}}}{\cancel{\text{kg}} \cdot \cancel{\text{m}} \cdot \cancel{\text{s}^{-2}}} = \boxed{m = [D]}$$

B18 On résout l'équa diff:

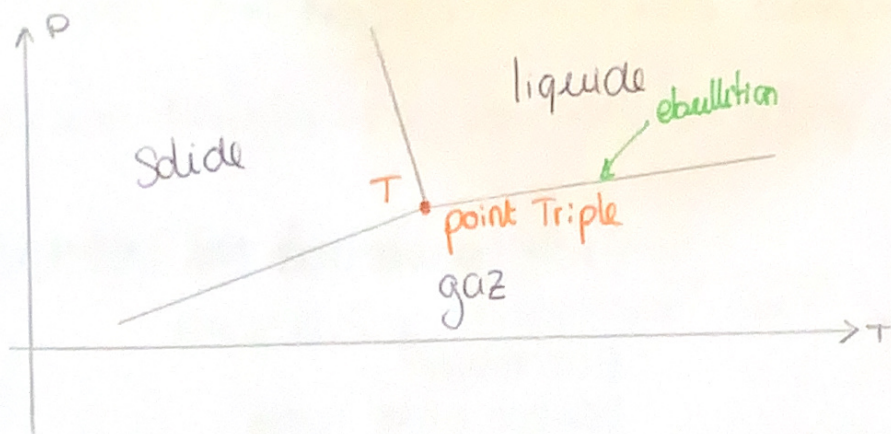
$$p(z) = A e^{-z/D}$$

$$\text{A } z=0: p(0) = p_0 = A e^0 = \boxed{A = p_0}$$

Ainsi: $\boxed{p(z) = p_0 \cdot e^{-z/D}}$ On a bien p qui diminue quand z augmente

B19: AN: $p(2000) = 1.0 \cdot e^{-2000/2000} = \underline{\underline{0.779 \text{ bar}}}$

B20:



B21: quand T augmente: p augmente
 $\Leftrightarrow$ z diminue.

B22: A 2 km d'altitude: $p = 0,779 \text{ bar}$

On lit sur le graphe: $T_{eb} = 93^\circ \text{C}$ $\Rightarrow$ cuisson plus lente:

* Partie C:

C1: - 5 mL H_2O : Eprouvette graduée: précision non nécessaire

- I_2 et KI : verre du montre, spatule et balance

C2: Réaction d'oxydoréduction

(Doc 3: "iode, chlore, espèces Redox": Doc 4: "pouvoir oxydant")

C3: Il faut attendre car la réaction est lente. La température est un facteur

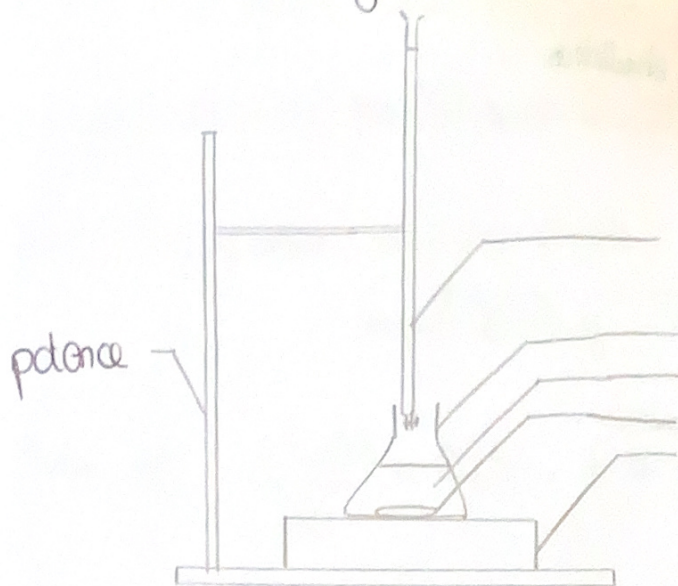
cinétique: si $T \downarrow \Rightarrow k \downarrow$ (Arrhenius)

C4: Plus n.o est grand pour une même espèce plus son pouvoir oxydant est grand

$n.o(\text{I}_2) = 0 \Rightarrow$ meilleurs oxydant "action due à son pouvoir oxydant"

$n.o(\text{I}^-) = -I$

C5: Schema titrage.



burette graduée avec $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (titrant)

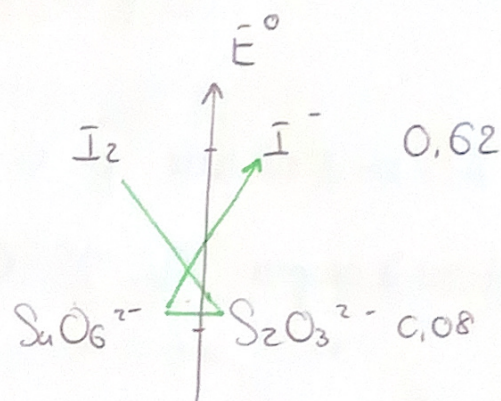
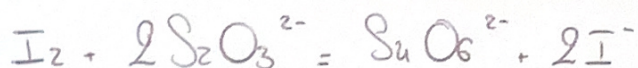
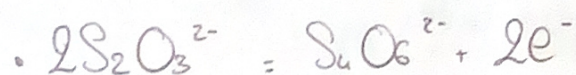
Erlenmeyer

Solution titrée iodée

barreau magnétique

Agitateur magnétique

C6: Demi equations:



$$K^0 = e^{\frac{209}{RT} (0,62 - 0,08)}$$

$$= 10^{18} \gg 1 : \text{totale}$$

C7: C'est un dosage colorimétrique: on a changement de couleur à l'équivalence

Avant l'équivalence: $\text{I}_2 + \text{Amidon} \Rightarrow$ Bleu

Après = : plus de $\text{I}_2 \Rightarrow$ Incolore

C8: D'Après la réaction de dosage: à l'équivalence:

$$n_{\text{I}_2} = \frac{n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}}{2} = \frac{C \cdot V'}{2} = n_{\text{I}_2}$$

⚠ Conversions

$$\text{C9: Ainsi } m_{\text{I}_2} = n_{\text{I}_2} \cdot M_{\text{I}_2} = n_{\text{I}_2} \cdot 2 M_{\text{I}} = C \cdot V' \cdot M_{\text{I}}$$

$$\text{Ainsi la teneur massique vaut: } T = \frac{m_{\text{I}_2}}{m} \times 100 = \frac{C \cdot V' \cdot M_{\text{I}}}{m} \cdot 100 = \frac{C \cdot V \cdot 12,69}{m} = T$$

C10: Protocole: "1 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ à 0,1 mol/L correspond à 12,69 mg de I_2 "

$\Rightarrow$ pour 10,1 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ on a $10,1 \times 12,69 = \underline{128 \text{ mg } \text{I}_2}$ dans les 10 g

C11: Dix gouttes: $V_{10} \approx 10 \times 0,05 = 0,5 \text{ mL}$

$m_{10} \approx 0,5 \text{ g}$ (majoritaire: eau)

Ainsi $m_{\text{I}_2} = \frac{0,128}{10} \times 0,5 = \underline{6,4 \cdot 10^{-3} \text{ g}}$ (produit en croix)

C12: $[\text{I}] = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^5$

$n_{\text{max}} = 5$: 5^{ème} ligne

$n^{\circ} \text{ valence} = 17$: 17^{ème} colonne $\Rightarrow$ halogène: chlore, brome, fluor

C13: 1^{er}: "nocif ou irritant"

2^e: "Danger pour environnement"

C14: passage solide $\rightarrow$ gaz: sublimation

C15: Tableau avancement:

$n(\text{mol})$	$\text{I}_2(\text{s})$	=	$\text{I}_2(\text{g})$
E_i	n		0
E_f	$n - \xi$		ξ

$$K_3^{\circ} = 6,3 \cdot 10^{-2} = \frac{p_{\text{I}_2}}{p^{\circ}} = \frac{\xi \cdot RT}{V \cdot p^{\circ}} \Leftrightarrow \xi = \frac{K_3^{\circ} \cdot V \cdot p^{\circ}}{RT} = \underline{\underline{1,02 \cdot 10^{-2} \text{ mol}}}$$

$$n_{I_2(g)} = 3,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad S = 1,98 \cdot 10^{-2} \text{ mol} > 0$$

↳ Etat d'équilibre

C16: Calcul identique

$$n_{I_2(g)} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad S = -5,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} < 0 \text{ Impossible}$$

↳ Hors équilibre :

$$\begin{cases} n_{I_2(s)} = 0 \\ n_{I_2(g)} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{cases}$$

C17: On reprend $S = \frac{K_3^\circ \cdot V p^\circ}{RT}$: si V augmente S augmente
 $\Rightarrow$ sens correct

C18: Le solide disparaît quand $S = 3,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{S_{\max} \cdot R \cdot T}{K_3^\circ \cdot p^\circ} = 14,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 14,8 \text{ L}$$

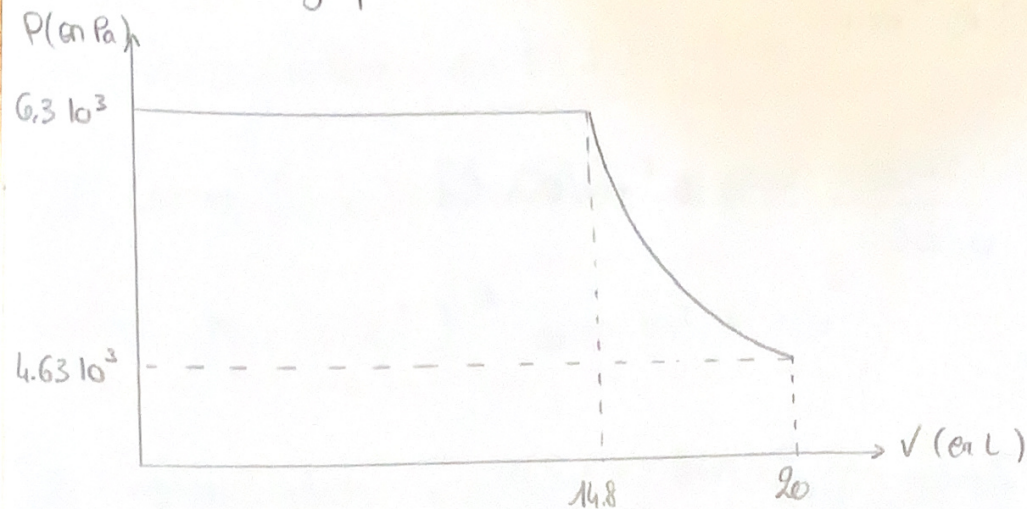
C19: Quand $V_3 = 20,0 \text{ L}$ $n_{I_2(g)} = 3,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ (Hors équilibre)

donc $p_3 = \frac{n_{I_2} \cdot R \cdot T}{V_3} = 4,65 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

C20: pour $p > 14,8 \text{ L}$ on a $p = \frac{S_{\max} \cdot RT}{V}$

• pour $5,0 < p < 14,8$ on a $p_{I_2} = p = K_3^\circ \cdot p^\circ = \text{cte}$

On obtient le graph suivant:



C21: Ici $s_m = 340 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

On peut donc dissoudre 170 mg dans 0,5 L. Dissoudre 5g: impossible.

C22. Tableau avancement

$C (\text{mol/L})$:	$I_2 (s)$	=	$I_2 (aq)$
E_i	solide		0
E_f	solide		S

Ainsi $K_s = K_a^\circ = s = 340 \text{ mg/L} = \frac{340}{\pi_{I_2}} = 1.34 \times 10^{-3} = K_a^\circ$

C23: $n_K = \frac{m_{KI}}{\pi_{KI}} \Rightarrow C_2 = [K^+] = \frac{n_K}{V} = \frac{m_{KI}}{\pi_{KI} V} = \frac{20}{(39,1 + 126,9) \cdot 0,1 \text{ mol}} = 0,261 \text{ mol/L} = C_2$

C24. Par définition $K_s^\circ = \frac{[I_3^-]}{[I^-][I_2]}$

C25:

$$n_{I_2(aq)} = n_{I_2(s)} = \frac{m_{I_2}}{M_{I_2}} = 1,97 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\text{Soit } C_1 = [I_2]_0 = \frac{n_{I_2}}{V_{\text{tot}}} = \frac{1,97 \cdot 10^{-2}}{0,500} = 3,94 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L} = C_1$$

Tableau avancement:

C (mol/L)	$I_2(aq) + I_2^- \rightleftharpoons I_3^-$		
Ei	C_1	C_2	0
Eg	$C_1 - x$	$C_2 - x$	x

$$\text{A l'eq (Guldberg et Waage)} : K_s^0 = 750 = \frac{x}{(C_2 - x)(C_1 - x)}$$

$$\Rightarrow \text{Numeriquement : } x = 3,91 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

Finalement:

$$[I_2] = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[I^-] = 0,20 \text{ mol/L}$$

$$[I_3^-] = 3,91 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

C26: pour la réaction (4) : $Q_{r,4} = [I_2] = 3,0 \cdot 10^{-4} < K_4^0 \Rightarrow$ réaction sens

direct : $I_2(s) \rightarrow I_2(aq)$: or pas $I_2(s)$ donc réaction impossible : hypothèse OK.

* Partie D :

D1: Par définition : $v = k[I^-]^{\alpha}[S_2O_8^{2-}]^{\beta}$

D2: Comme $[I^-]_0 \gg [S_2O_8^{2-}]_0$ on peut supposer $[I^-] \approx \text{cte}$ (dégenérescence ordre)

$\Rightarrow v = K_1 [S_2O_8^{2-}]^{\beta}$ avec $K_1 = k[I^-]_0^{\alpha}$

D3: Par définition : $v = -\frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt} = K_1 [S_2O_8^{2-}]^{\beta}$

Or on a :

C (mol/L)	$3I^-$	$+ S_2O_8^{2-}$	=	I_3^-	$+ 2SO_4^{2-}$
Ei	$[I^-]_0$	C_0		0	0
Eg	$\approx [I^-]_0$	$C_0 - x$		x	$2x$

On reinjecte $[S_2O_8^{2-}] = C_0 - x$

$\Rightarrow \frac{dx}{dt} = K_1 (C_0 - x)^{\beta} \Leftrightarrow \frac{dx}{dt} = K_1 (C_0 - x)^{\beta}$

D4: La courbe qui donne une droite est $\ln(C_0 - x) = f(t)$

↳ il faut par se $\beta = 1$

$\Rightarrow \frac{dx}{C_0 - x} = K_1 \cdot dt \Rightarrow \ln(C_0 - x) = -K_1 \cdot t + \ln(C_0)$

On lit sur le graphe $K_1 = 0,13 \text{ min}^{-1}$

D5: On sait que $K_1 = k[I]_0^\alpha$

$$\text{Ainsi : } K_{1,1} = k[I]_{0,1}^\alpha \quad K_{1,2} = k[I]_{0,2}^\alpha \quad \Rightarrow \quad \frac{K_{1,1}}{K_{1,2}} = \left(\frac{[I]_{0,1}}{[I]_{0,2}} \right)^\alpha$$

$$\text{Donc } \ln\left(\frac{K_{1,1}}{K_{1,2}}\right) = \alpha \ln\left(\frac{[I]_{0,1}}{[I]_{0,2}}\right)$$

$$\Rightarrow \alpha = \ln\left(\frac{K_{1,1} [I]_{0,2}}{K_{1,2} [I]_{0,1}}\right) = \boxed{0.94 \approx 1 = \alpha}$$

$$\text{D6: } k_2 = K_{1,1} / [I]_{0,1} = \underline{6.23 \cdot 10^{-4} \text{ L.mmd}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}}$$

$$k_2 = K_{1,2} / [I]_{0,2} = \underline{9.00 \cdot 10^{-4} \text{ L.mmd}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}}$$

$$\text{D7: Arrhenius: } k = A e^{-E_a/RT}$$

$$\text{Ainsi } \frac{k_1}{k_2} = e^{-\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

$$\Leftrightarrow \ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\Leftrightarrow E_a = \frac{-R \ln(k_1/k_2)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \boxed{34.5 \text{ kJ/mol}}$$