

Physique-Chimie : cahier de vacances - semaine 4, corrigé

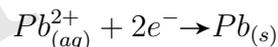
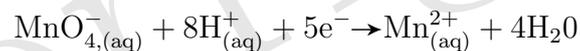
— Semaine 4 —

Lundi

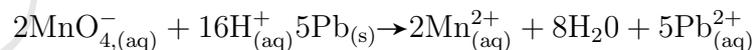
I Il suffit de combiner toutes les résistances en $R_e = R_0 + \frac{(R_1+R_3)(R_2+R_4)}{R_1+R_2+R_3+R_4}$, et de dire que la puissance vaut :

$$P = \frac{E^2}{R_e} = \frac{(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)E}{R_0(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) + (R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}$$

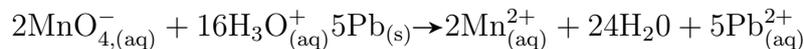
II On va écrire les demi équations :



L'équation bilan demandée est obtenue en multipliant la première par 2 et la seconde par -5 :



puis un équilibrage en milieu acide :



Et sa constante vaut $10^{\frac{10(E_0^1 - E_0^2)}{0,059}} = 10^{276}$

III Une détente de Joule-Thomson est isenthalpique, donc pour un G.P., c'est une isotherme. Ceci signifie que cette transformation est également isoénergétique.

De plus, $Q_m = 0$ car la détente de Joule-Thomson est adiabatique. On en déduit que $W_m = 0$

IV Si la valeur moyenne est non nulle, on a une double intégration. Sinon, on a simplement un moyenneur.

V Pour pouvoir séparer les deux étoiles, il faut que leur distance angulaire soit de 1' d'arc. Visuellement, on a $\alpha = 7,7 \cdot 10^{-5} \text{rd} = 0,26' \text{ d'arc}$. Il faut un grossissement de 4 pour les séparer, ce qui se fait très facilement avec ne serait-ce que des jumelles.

Mardi - S4

I On appelle v la tension globale aux bornes de $(R_1 + R_3)$ ou $(R_2 + R_4)$, u_k la tension aux bornes de R_k (à partir du "bas"). On a $u = u_4 - u_3$ (loi d'additivité des tensions).

I.1 Or $u_3 = \frac{R_3}{R_1+R_3}v$ et $u_4 = \frac{R_4}{R_2+R_4}v$ donc :

$$u = \frac{R_4(R_1 + R_3) - R_3(R_2 + R_4)}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}v = \frac{R_1R_4 - R_2R_3}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}v$$

qui est bien nulle ssi $R_1R_4 = R_2R_3$.

I.2 (MPSI*) \odot 2'5mn Il suffit en fait de déterminer v . Pour cela, on va associer les résistances :

$$R_e = (R_1 + R_3) // (R_2 + R_4) = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

puis utiliser un diviseur de tension :

$$v = \frac{R_e}{R_e + R_0}e = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4) + R_0(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)}e$$

On peut alors extraire u :

$$u = \frac{R_1R_4 - R_2R_3}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4) + R_0(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)}e$$

II On est donc à -196°C (à 77K)

II.1 Il suffit de faire la différence des enthalpies massiques de V et de L : on trouve $l_v = 200\text{kJ/K/kg}$, à -196°C .

II.2 On part de la température ambiante, 300K, donc que le refroidissement est de 223K. Le cuivre va donc recevoir :

$$Q_{Cu} = mc\Delta T = -13,4\text{kJ}$$

On a $Q_{Cu} + Q_{N_2} = 0$ donc l'azote va recevoir une chaleur de 13,4kJ. Cette chaleur, puisque la transformation est isobare monobare, va correspondre à la variation d'enthalpie, donc :

$$Q_{N_2} = m_v l_v$$

où m_v est la masse d'azote qui s'est évaporé.

$$m_v = 67\text{g}$$

soit un refroidissement bien efficace...

II.3 L'azote subit une transformation essentiellement réversible. Le cuivre, par contre, n'est pas adapté en température. On trouve que $\Delta S = mc \ln \frac{T_f}{T_i}$ (négative car le cuivre se refroidit), et que

$$S^e = \frac{Q_{Cu}}{T_f} = \frac{mc(T_f - T_i)}{T_f}$$

$$\text{Ceci mène à } S^c = \Delta S - S^e = mc \left[\frac{T_f}{T_i} - 1 - \ln \frac{T_f}{T_i} \right] = 37\text{J/K}$$

III Une bonne idée sur l'induction

III.1 Une recherche sur internet mène à $C = 4\text{Ah}$. Un chargeur de portable fonctionne en général avec 2A, et met quelques heures à charger totalement une batterie, ce qui donne un ordre de grandeur similaire (le rendement n'est pas de 1).

III.2 Ceci est une charge, qui en unité standard vaut $C = 4A.h = 4A.h \times \frac{3600s}{1h} = 14400C$
Ceci mène à une énergie $W = qU = 72kJ$

Un portable utilisé comme GPS et traceur consomme l'intégralité de sa batterie en quelques heures. On pourrait utiliser une partie de l'énergie musculaire pour maintenir son portable chargé, un peu comme avec une dynamo pour son éclairage.

On appelle pourcentage d'une pente le nombre x telle que $x = \frac{\text{gain en hauteur}}{\text{distance horizontale parcourue}} \times 100$, en pourcents. Les pentes étant en général assez faibles, on assimile la distance horizontale parcourue à la distance parcourue.

III.3 Si on va à $v = 20km/h = 5,55m/s$ sur une pente de x , ceci signifie que l'on monte de $v \frac{x}{100} m/s$. Ceci correspond à une puissance de :

$$P = \frac{vx}{100} gm = x54W$$

La puissance dépensée par le portable vaut, si on prend deux heures $P' = \frac{72kJ}{2 \times 3600s} = 10W$, ce qui mène à une "pente équivalente" de 0,18%, soit un dénivelé de 1,8m tous les km (pour information de la gare au lycée on a 20m de dénivelé sur 2km, soit 5 fois ça. En gros ça monte un peu mais c'est tenable.).

IV IV.1 A la surface, un point parcourt un cercle dont le rayon ne dépend que de la latitude : $R_\lambda = R_T \cos \lambda$. Ceci mène à une accélération qui vaut :

$$a = \frac{v^2}{R_\lambda} = R_\lambda \Omega^2 = R_\lambda \frac{4\pi^2}{T^2}$$

avec T la période de rotation de la Terre sur elle-même (on prend 24h même si en théorie $T = 23h56'$) :

$$a = 3,37.10^{-2} m/s^2 \cos \lambda$$

Ceci est assez faible devant l'accélération de la pesanteur (0,3%) environ.

IV.2 Alors pour la Lune, on sait :

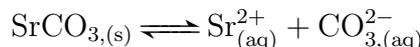
- que la Lune a une période de rotation sur elle-même de 29,5 jours. L'accélération lunaire s'écrit donc $a_L = a_T \frac{1}{3 \times 29,5^2}$ (période plus longue et rayon plus petit)
- que si la Lune a une composition similaire à la Terre, alors sa masse sera divisée par $3^3 = 27$; néanmoins la distance au centre est divisée par 3, donc $g_L = g_T \frac{1}{27 \times \frac{1}{3^2}} = \frac{g_T}{3}$

On est encore très loin, surtout parce que la Lune tourne très lentement sur elle-même (sinon au aurait un ratio similaire).

V A haute fréquence, la bobine ouvre le circuit : il n'y a plus d'intensité qui circule dans r , donc $u_{HF} = 0$

Mercredi - S4

I I.1 La réaction de dissolution s'écrit



. Si on introduit dans un litre une quantité n supérieure à s de solide, on aura à l'équilibre saturation et $[\text{Sr}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] = s$, donc $s^2 = K_s$, soit :

$$s = \sqrt{K_s} = 2,37 \cdot 10^{-5} \text{ mol dans un litre}$$

I.2 On va avoir réaction des ions carbonates avec H_3O^+ , ce qui va entraîner une solubilisation du solide. On aura donc tant qu'il y a du solide :



Lorsque le précipité est juste sur le point de disparaître, on a :

- une solution saturée (il reste un atome de solide)

- $[\text{Sr}^{2+}] = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,02 \text{ mol/L}$

Ceci permet de calculer $[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{K_s}{[\text{Sr}^{2+}]} = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ mol/L}$ (valide car solution saturée).

De plus, on sait d'après l'équation bilan du début de la question que $[\text{HCO}_3^-] = 0,02 \text{ mol/L}$ car tout le solide s'est transformé en ions carbonates. On en déduit le pH :

$$\text{pH} = \text{p}K_2 + \log \frac{2,8 \cdot 10^{-8}}{0,02} = 4,4$$

Ceci ne fonctionne pas, car on est en dessous de $\text{p}K_1$. On a donc en fait une réaction supplémentaire qui va transformer les ions $\text{HCO}_{3,(aq)}^-$ en $\text{H}_2\text{CO}_{3,(aq)}$, et $[\text{H}_2\text{CO}_3] = 0,02 \text{ mol/L}$. On a donc (par somme de la relation $\text{pH} = \text{p}K + \log \text{base/acide}$) :

$$\text{pH} = \frac{\text{p}K_1 + \text{p}K_2}{2} + \frac{1}{2} \log \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 5,37$$

II On avait trouvé l'équation différentielle en v (cf. Me-Se3, avec $u \rightarrow v$ et $R \rightarrow R_0$) :

$$\frac{d^2v}{dt^2} + \left(\frac{r}{L} + \frac{1}{R_0C} \right) \frac{dv}{dt} + \left(\frac{r}{R_0LC} + \frac{1}{LC} \right) v = \frac{1}{R_0C} \frac{de}{dt}$$

On a un régime apériodique ssi les racines du polynôme caractéristique sont réelles, donc si :

$$\left(\frac{r}{L} + \frac{1}{R_0C} \right)^2 - \frac{4}{LC} > 0$$

On va développer :

$$\frac{r^2}{L^2} + \left(\frac{2r}{R_0C} - \frac{4}{C} \right) \frac{1}{L} + \frac{1}{R_0^2C^2} > 0$$

Or par coïncidence de nombres, $\left(\frac{2r}{R_0C} - \frac{4}{C} \right) = 0$, donc ceci est toujours vrai : on a toujours un régime apériodique.

III Cette transformation est irréversible car inadaptée en température, alors que manifestement l'acier va subir un transfert thermique.

On peut prédire les divers signes :

- l'entropie de l'acier va baisser (refroidissement)
- l'entropie échangée va être négative ($Q < 0$)

- l'entropie créée va bien sûr être positive

On va vérifier ça :

- $\Delta s = c \ln \frac{T_2}{T_1} = -603 \text{ J/K/kg}$
- $s^e = \frac{q}{T_2} = \frac{c(T_2 - T_1)}{T_2} = -1306 \text{ J/K/kg}$
- $s^c = 703 \text{ J/K/kg}$

IV On sait que dans un cyclotron (dans la partie magnétique), on a en base de Frenet :

$$m \frac{v^2}{R} = qvB$$

soit

$$B = \frac{mv}{qR}$$

Or on a $\frac{1}{2}mv^2 = E_c$ donc $v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$, d'où :

$$B = \frac{\sqrt{2E_cm}}{qR}$$

On a tout pour faire l'application numérique, si on suppose que $R = 76 \text{ cm}$ (wikipedia donnerait le diamètre), $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ et que $E_C = 3,04 \cdot 10^{-12} \text{ J}$, et enfin que $m = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$$B = 0,81 \text{ T}$$

(ceci à l'air petit, mais maintenir sa sur 1/2 mètre, c'est déjà quelque chose)

V On a un flux qui vaut $\Phi = N \vec{B} \cdot \vec{n} S = N B a^2 \cos \theta$, avec $N = 200$, $a = 5 \text{ cm}$ et $\theta = \Omega t$ si on choisit bien l'origine. Le fait que la spire tourne autour de ses diagonales n'a pas d'importance vu que le champ est uniforme (elle pourrait tourner autour d'un de ses côté, seule compte l'orientation de \vec{n})

Ceci induit une f.e.m. donc l'amplitude vaut $E_m = N B a^2 \Omega$ donc :

$$\Omega = \frac{E_m}{N B a^2} = 0,06 \text{ rd/s}$$

Ceci est très faible, ce qui est normal vu la valeur du champ magnétique, très élevée.

Jeudi - S4

I On va poser les diverses grandeurs pour rendre la résolution plus facile :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad ; \quad \frac{\omega_0}{Q} = \frac{r+R}{rRC}$$

Le cas est dit apériodique, donc on sait que $Q < \frac{1}{2}$. On a un second membre nul, donc directement :

$$\underline{U}_m = e^{-\frac{\omega_0 t}{2Q}} [A \cosh(\omega t) + B \sinh(\omega t)]$$

avec $\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{1}{4Q^2} - 1}$

En l'absence de conditions initiales, on ne peut pas aller plus loin. Mais il faut développer les termes :

- on trouve $Q = \frac{rRC}{(r+R)\sqrt{LC}}$ et donc il faut que $\frac{rR}{r+R} \sqrt{\frac{C}{L}} < \frac{1}{2}$
- $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{\left(\frac{r+R}{4Rr}\right)^2 \frac{L}{C} - 1}$

II On reconnaît derrière cette description un peu lourde un rail de Laplace, avec un ressort.

On va faire un bilan électromécanique total :

- le système est soumis à un flux $B_0 a(x+b)$ (on suppose \vec{B}_0 selon \vec{e}_z et le circuit orienté selon \vec{e}_z , donc le courant tourne dans la partie mobile selon \vec{e}_y , et que le côté fixe est situé en $x = -b$)
- Dès qu'il se déplace, on a apparition d'une f.e.m. induite $e = -B_0 a \dot{x}$, ce qui génère une intensité i selon \vec{e}_y telle que $i = \frac{-B_0 a \dot{x}}{R}$
- le système constitué du côté mobile est alors soumis aux forces suivantes :
 - son poids, vertical
 - la réaction des rail, verticale
 - la force de Laplace $\vec{F} = ai(\vec{e}_y) \wedge \vec{B} = aiB_0 \vec{e}_x = -\frac{a^2 B_0^2}{R} \dot{x} \vec{e}_x$
 - la force du ressort

Le TQM appliqué à ce système mène à :

$$m\ddot{x} = -\frac{a^2 B_0^2}{R} \dot{x} - kx$$

soit à un système d'ordre 2 avec frottements :

$$\ddot{x} + \frac{a^2 B_0^2}{mR} \dot{x} + \frac{k}{m} x = 0$$

Pour que le mouvement ne soit plus oscillant, il faut que $\Delta > 0$, soit :

$$\frac{a^4 B_0^4}{m^2 R^2} > 4 \frac{k}{m}$$

donc :

$$B_0 > \sqrt{\frac{2R\sqrt{km}}{a}} = 14,7 \text{T}$$

III L'énoncé est trompeur : l'enceinte est calorifugée mais le gaz reçoit quand même de la chaleur depuis la résistance. On a, pendant dt :

$$\delta Q = rI^2 dt$$

L'enceinte est manifestement indéformable donc on a un échauffement isochore : $\delta Q = nC_{v,m}dT$, ce qui fait que :

$$T = T_0 + \frac{rI^2}{nC_{v,m}}t$$

L'énoncé demande l'évolution de la pression $P = \frac{nRT}{V}$ donc :

$$P = P_0 + \frac{rI^2R}{C_{v,m}V}t$$

On prend $C_{v,m} = \frac{5}{2}R$ pour un gaz diatomique comme l'air, et :

$$P = P_0 + \frac{2rI^2}{5V}t = 1\text{bar} + (16\text{bar/s})t$$

(ça va vite casser, ce qui est normal, injecter 20kW de puissance dans 5L c'est, dirons-nous, un peu brutal).

IV On a déjà croisé un problème similaire. Pour que la ficelle reste tout le temps tendue, il faut qu'en haut de la trajectoire $\vec{T} \cdot \vec{e}_r < 0$, avec \vec{T} la tension de la tige. Or d'après le TQM, on a :

$$m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g}$$

ce qui au point le plus haut se projette selon \vec{e}_r (qui est à ce moment la verticale ascendante) par :

$$-m\frac{v_m^2}{l} = T_r - mg$$

si on veut que $T_r < 0$, il faut que :

$$mg - m\frac{v_m^2}{l} < 0$$

soit :

$$v_m > \sqrt{lg} = 2,21\text{m/s}$$

(ceci est la vitesse résiduelle en haut de la trajectoire).

La conservation de l'énergie mécanique entre le point le plus haut et le point le plus bas s'écrit alors (on prend O comme origine des E_p) :

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - mgl = \frac{1}{2}mv_m^2 + mgl$$

$$\text{donc } v_0 = \sqrt{v_m^2 + 4gl} = \sqrt{5gl} = 4,95\text{m/s}$$

V Cet exercice a l'air long mais doit être traité finement pour éviter les calculs (qu'on ne peut pas en toute rigueur faire vu les données).

On va doser l'eau oxygénée par du permanganate selon une réaction $\alpha\text{MnO}_4^- + \beta\text{H}_2\text{O}_2 \dots$ (on ne connaît pas plus). Ceci mène à un volume équivalent V_1 tel que $\frac{cV_1}{\alpha} = \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]V}{\beta}$.

Ceci montre la proportionnalité entre V_i et $[\text{H}_2\text{O}_2]$ (mais on ne connaît pas le coefficient de proportionnalité).

Les données sont organisées toutes les 180s, ce qui va être pratique pour déterminer rapidement l'ordre :

- cet ordre n'est pas 0 car on n'a pas la même variation de V_i sur une même durée
- par contre, si on calcule $\ln \frac{V_1(t_{i+1})}{V_1(t_i)}$, on trouve grosso modo la même valeur à chaque intervalle : ceci est symptomatique d'un ordre 1.

Il faut maintenant déterminer k . On a $\frac{dx}{dt} = k(C_0 - x)$, ce qui mène très rapidement à :

$$\ln \frac{C_0 - x}{C_0} = -kt$$

et donc à :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

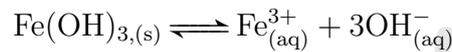
or $t_{1/2} = 360\text{s} = 6\text{m}$, donc $k = 1,93 \cdot 10^{-3}\text{s}^{-1}$

Vendredi - S4

I 1.1 La frontière entre ces deux domaines s'écrit $E = E_{\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}|\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}}^0 - \frac{0,059}{1} \log \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]} = E_{\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}|\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}}^0$ puisque les concentrations sont égales (à 0,1M). On lit alors :

$$E_{\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}|\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}}^0 = 0,77\text{V}$$

I.2 On écrit l'équation de dissolution :



On sait que juste à l'apparition du précipité $[\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^{-}]^3 = K_s$ (car le précipité existe) et que $[\text{Fe}^{3+}] = 0,1\text{mol/L}$ (car on vient juste de former le précipité donc quasiment rien n'a été consommé). On a donc :

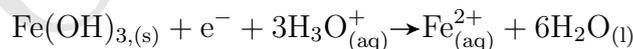
$$pK_s = -\log [\text{Fe}^{3+}] + 3pOH = 1 + 3(14 - pH)$$

Or le pH à l'apparition vaut 1,7 donc $pK_s \approx 38$

I.3 La frontière résulte de la combinaison linéaire des deux équation précédentes, en éliminant $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}$:



Il faut équilibrer en milieu acide pour utiliser Nernst, donc :



Le coefficient directeur de la droite vaut alors $\frac{0,06}{1} \times (-3)\text{V/pH}$ soit $-0,018\text{V/pH}$.

I.4 Il suffit d'écrire l'équation de Nernst (on note E^0 le potentiel standard que l'on cherche) :

$$E = E^0 - 0,06 \log \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{H}_3\text{O}^{+}]^3}$$

Le précipité existe sur cette frontière donc $[\text{H}_3\text{O}^{+}]^3 = \frac{K_e^3}{[\text{OH}^{-}]^3} = \frac{K_e^3[\text{Fe}^{3+}]}{K_s}$ d'où :

$$E = E^0 - 0,06 \log \frac{[\text{Fe}^{2+}]K_s}{[\text{Fe}^{3+}]K_e^3}$$

que l'on peut décomposer :

$$E = E^0 + 0,06pK_s - 0,018pK_e - 0,06 \log \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]}$$

On reconnaît l'équation de Nernst du couple $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}|\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$, donc :

$$E^0 + 0,06pK_s - 0,018pK_e = E_{\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}|\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}}^0$$

donc :

$$E^0 = E_{\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}|\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}}^0 - 0,06(pK_s - 3pK_e) = 1,01\text{V}$$

On peut vérifier ce résultat sur le graphique. En effet, l'équation de Nernst s'écrit :

$$E = E^0 - 0,06 \log \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{H}_3\text{O}^{+}]^3} = E^0 + 0,06 - 0,18pH$$

donc E^0 vaut l'ordonnée à l'origine $-0,06\text{V}$, ce qui correspond (on trouve à peu près $1,1\text{V}$)

II On sait que par continuité (0 correspond à la fermeture de l'interrupteur et tout est nul avant, cf. préambule) :

$$u(0) = 0 \quad ; \quad i_L(0) = 0$$

Ceci implique que la tension aux bornes de r est nulle et donc que $v(0) = 0$ (car $v + ri_L = u$)
On a aussi $\frac{dv}{dt} + r \frac{di_L}{dt} = \frac{du}{dt}$, ce qui implique :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{r}{L}v = \frac{1}{C}i_C$$

Or $i_C = i - i_L$ (i désigne l'intensité dans R_0), ce qui fait qu'en 0 :

$$\frac{dv}{dt}(0) = \frac{1}{C}(i(0) - i_L(0)) - \frac{r}{L}v(0) = \frac{i(0)}{C}$$

Or $i(0) = \frac{E-u(0)}{R_0} = \frac{E}{R_0}$ donc :

$$\frac{dv}{dt}(0) = \frac{E}{R_0 C}$$

III L'objet est situé à $\overline{FA} = -249,8\text{m}$ du foyer objet de l'objectif, ce qui mène à un grandissement de :

$$\gamma = \frac{f'}{\overline{FA}} = -8.10^{-4}$$

(bien sûr négatif, et très petit vu que l'objet est très loin). Il faut que l'image soit plus petite que 15mm, donc que l'objet soit plus petit que :

$$h_{max} = \frac{15\text{mm}}{\gamma} = 18\text{m}$$

IV Il suffit de calculer le module de \underline{H} , qui vaut 1, et son argument, qui vaut $2 \arctan x$: ce filtre ne fait que déphaser la sortie par rapport à l'entrée.

V V.1 C'est un cycle moteur, composé de deux isothermes et de deux isentropiques (=adiabatiques réversibles) donc c'est bien un cycle de Carnot.

V.2 On lit sur le graphique $\theta_c = -20^\circ\text{C}$ et $\theta_f = -90^\circ\text{C}$ donc (on n'oublie pas de convertir en Kelvin) :

$$\rho = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 27,7\%$$

V.3 On détermine par lecture graphique des différences d'enthalpies massiques :

$$q_c = (500 - 140)\text{kJ/kg} = 360\text{kJ/kg} \quad ; \quad q_f = -(365 - 100)\text{kJ/kg} = -265\text{kJ/kg}$$

On calcule alors le rendement :

$$\rho = 1 + \frac{q_f}{q_c} = 26,3\%$$

ce qui est ce qu'on avait, aux erreurs de lecture et de tracé près (le rendement est très sensible à ces erreurs).

V.4 On a facilement :

$$x_{v,A} = 0 \quad ; \quad x_{v,B} = 1$$

Pour le reste, on applique la règle des moments :

$$x_{v,D} = \frac{365 - (-50)}{440 - (-50)} = 0,85 \quad ; \quad x_{v,E} = \frac{100 - (-50)}{440 - (-50)} = 0,31$$

valeurs largement confirmées par le graphique.