Exercices sur les changements d'état des corps purs et des alliages

1. Calculer la chaleur latente de vaporisation de l'eau en utilisant la relation de Clapeyron sachant que :
   - l'eau liquide à 100 °C a une masse volumique de 961,5 $kg.m^{-3}$
   - l'eau vapeur à 100 °C suit la loi des gaz parfaits
   - l'eau bout à 87 °C au sommet du Mont Blanc à une pression de $5,4.10^4$ Pa

2. Calculer la chaleur latente de fusion de l'eau sachant que :
   - l'eau liquide à 0 °C a une masse volumique de 10^3 $kg.m^{-3}$
   - la glace à 0 °C a une masse volumique de 918 $kg.m^{-3}$
   - les coordonnées du point triple de l'eau sont 0,0075°C et 611 Pa

3. On donne pour le cuivre sa masse volumique ρ = 8900 $kg.m^{-3}$, sa température de fusion T_f = 1084 °C, sa chaleur latente de fusion L_f = 13000 $J.mol^{-1}$, sa masse molaire M = 63,5 $g.mol^{-1}$, sa tension superficielle A = 1,2 $J.m^{-2}$.
   a. Calculer la valeur critique du rayon du germe à la température de 1000 °C.
   b. En déduire le nombre d'atomes dans le germe. Conclure.

4. Après la période d'incubation, la cinétique correspondant à la transformation d'un acier de l'état austénitique à l'état ferrito-perlitique suit la loi d'Avrami :
   $\%A_{transformée} = 100\left(1 - e^{-(kt)^n}\right)$.
   A une température donnée, on a k = 0,02 et n = 2. Tracer %A = f(t) pour t compris entre 0 et 120 s.

5. A partir d'un diagramme TTT, on étudie une transformation d'un constituant en fonction du temps.
   a. Pour une transformation isotherme à 415 °C, on donne la fraction transformée X en fonction du temps :

t en s	X
2	0,032
2,5	0,048
3	0,072
4	0,129
4,5	0,157
5	0,189
6	0,272
9	0,518
11	0,669
13,5	0,813
16,5	0,921

   On veut déterminer les valeurs k et n de la relation X = $1 - e^{-(kt)^n}$.
   On justifiera la relation $ln\left[ln\left(\frac{1}{1-X}\right)\right] = nlnt + nlnk$.
   Tracer $ln\left[ln\left(\frac{1}{1-X}\right)\right]$ en fonction de ln t. En déduire les valeurs de n et k. Vérifier la validité des valeurs trouvées.
   b. On procède de même pour une transformation isotherme à 375 °C. On donne le tableau ci-dessous :

t en s	X
4	0,025
5	0,037
7,5	0,084
9	0,124
10	0,151
13,5	0,262
16,5	0,369
20	0,502
24,5	0,653
30	0,799
36,5	0,912
40,5	0,95

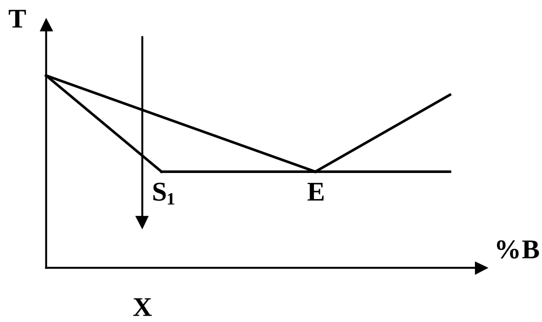
Déterminer les valeurs de n et de k.

c. O n admet que k suit la loi d'Arrhenius $k = A\, e^{-E/RT}$ où A et E sont constants pour une transformation donnée. Calculer à partir des valeurs de k trouvées la valeur de l'énergie de transformation E.

6. Une barre d'aluminium de longueur l = 5 m est purifiée par la méthode de la zone fondue avec un four de longueur a = 10 cm. Le coefficient de partage entre le solidus et le liquidus de la solution solide considérée est $k = 10^{-2}$.
   a. Tracer la courbe $c_s / c_0 = f(x)$ après le passage du four.
   b. Calculer la concentration moyenne de la barre après homogénéisation de la barre préalablement coupée à x = 4,5 m.
   c. On réalise un 2ème passage. Calculer la concentration moyenne de la barre après homogénéisation, la barre ayant étant coupée à x = 4 m.

7. Une barre de longueur l = 5 m contenant une concentration c_0 en impureté est retirée lentement d'un four. La barre liquide dans le four à une concentration en impureté $c_s = k\, c_l$ se solidifie.
   En appliquant la même méthode de conservation globale de la masse en impureté que pour la méthode de la zone fondue, démontrer que : $\mathbf{c_s = f(x) = k\, c_0 \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{k-1}}$

8. Soit un diagramme avec une transformation eutectique :



Justifier que du fait de la ségrégation mineure, l'alliage à X % B est concerné par la transformation eutectique. En déduire l'expression du % en masse d'eutectique obtenu.