BTS CIRA 2006	Epreuve de CHIMIE INDUSTRIELLE	Corrigé

Premier exercice: Bilan d'énergie dans une réaction de fission

1) • La conservation du nombre de nucléons (nombre de masse) donne:

235 + 1 = a + 140 + 2 d'où $\boxed{a = 94}$

• La conservation de la charge électrique totale (nombre de masse) donne:

235 + 1 = a + 140 + 2 d'où $\boxed{b = 54}$

2) Il faut 1 neutron pour provoquer la fission qui en produit 2. Ces 2 neutrons vont à leur tour pouvoir provoquer 4 fissions, et ainsi de suite: **c'est bien une réaction en chaîne**.

3) La perte de masse est la différence de masse entre les corps obtenus et les corps de départ:

Δm (réaction) = [m (Sr) + m (Xe) + 2 m (neutron)] – [m (U) + m (neutron)]

Δm (réaction) = [93,915 + 139,925 + 2*1,009]u – [234,994 + 1,009]u

$$\boxed{\Delta m \text{ (réaction)} = -\ 0{,}145 \text{ u}}$$

4) L'énergie libérée par la réaction sera: E (libérée) = Δm (réaction) * c^2

$$\text{E (libérée)} = -\,0{,}145\,\text{u} * c^2 = -0{,}145 * \frac{931{,}5 \text{ MeV}}{c^2} * c^2 = 135\ MeV$$

$$\boxed{\text{E (libérée)} = 135 \text{ MeV}}$$

5) • Calcul du nombre de noyaux d'uranium contenus dans 1 gramme d'uranium (on néglige la masse des électrons):

$$N(uranium) = \frac{masse\ de\ l'échantillon\ d'uranium}{masse\ d'un\ noyau\ d'uranium} = \frac{10^{-3}\ kg}{234{,}994 * 1{,}66055.10^{-27}\ kg} = 2{,}56.10^{21}\ noyaux$$

• La fission de chaque noyau libérant 135 MeV, il vient:

W = $2{,}56.10^{21}$ * 135 MeV = $2{,}56.10^{21} * 135 * 10^{6} * 1{,}6.10^{-19}$ J

$$\boxed{W = 5{,}54.10^{10}\ \text{J}}$$

6) La masse de pétrole dont la combustion fournirait la même énergie est:

$$m(pétrole) = \frac{5{,}54.10^{10}\ J}{42.10^{6}\ J.(kg\ de\ pétrole)^{-1}} = 1300\ kg\ de\ pétrole$$

La fission d'un gramme d'uranium 235 fournit autant d'énergie que la combustion de 1,3 tonne de pétrole.

<u>Second exercice: Etude de risques liés à l'utilisation de l'oxyde d'éthylène</u>

1.1) Le volume de la cuve de stockage (cylindre) est donné par:

$$V_{CUVE} = \frac{\pi D_1^2}{4}.H = \frac{\pi 1{,}5^2}{4}.3$$

V_{CUVE} = 5,30 m^3

1.2) L'application du modèle du gaz parfait à l'oxyde d'éthylène donne:

$$n = \frac{P_1 V_{CUVE}}{RT_1} = \frac{1{,}25.10^5 * 5{,}3}{8{,}314*(273+15)} = 277\, moles$$

n (oxyde d'éthylène) = 277 moles

1.3) Le nombre de mole d'oxyde d'éthylène restant le même:

$$V_2 = \frac{nRT_2}{P_2} = \frac{277*8{,}314*(273+20)}{10^5} = 6{,}74\ m^3$$

V_2 = 6,74 m^3

1.4) Il faut calculer le volume de l'atelier: $V_{ATELIER} = L_2 * l_2 * H_2$ $V_{ATELIER} = 300\ m^3$

Le pourcentage recherché est donc: $$pourcentage\ C_2H_4O = \frac{V_2}{V_{ATELIER}}*100 = \frac{6{,}74}{300}*100 = 2{,}25\%$$

2) L'explosion est susceptible de se produire dans l'intervalle [LIE , LES].

Or dans notre cas: $pourcentage\ C_2H_4O = 2{,}25\% < LIE$; **il n'y a donc pas de risque d'explosion**

3.1) $$C\,(oxyde\,d'éthylène) = \frac{n\,(oxyde\,d'éthylène)}{V_{ATELIER}} = \frac{276\,moles}{300\,m^3} = 0{,}92\ mol.m^{-3}$$

Il vient donc: $\boxed{\textbf{C (oxyde d'éthylène) = 0,92 mol.m}^{-3}}$

3.2) La Valeur Limite d'Exposition à l'oxyde d'éthylène est:

VLE = 10 cm^3 de C_2H_4O par m^3 d'air

Or 0,92 mole d'oxyde d'éthylène, quantité de ce gaz présente dans 1 m^3 d'air de cet atelier, y occupe un volume de:

$$\frac{0{,}92 * 8{,}314 * (273+20)}{10^5} = 0{,}022\ m^3 = 22000\ cm^3$$

Cette valeur étant très supérieure à la VLE, **des problèmes sanitaires sont à craindre**.

Premier exercice: Puissance utile d'une pompe

1.1) A partir du débit volumique $Q_V = \frac{\pi D^2}{4} * V$, on peut calculer $V = \frac{4 Q_V}{\pi D^2}$.

En utilisant le S.I. : $V = \frac{4 * \frac{2\ m^3}{60\ s}}{\pi * (0{,}1\ m)^2}$, soit **V = 4,24 ms^{-1}**

1.2) Le nombre de Reynolds est donné par: $R_e = \frac{V D}{\nu}$.

Dans le SI: $R_e = \frac{4{,}24 * 0{,}1}{10^{-6}}$, soit **R_e = 424000**

Le régime d'écoulement est très nettement turbulent, puisque Re >> 3000

1.3) • Il faut calculer la rugosité relative: $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}04\,mm}{100\,mm} = 4.10^{-4}$

• Un report sur le diagramme donne ensuite: **λ = 0,017**

(cf page suivante)

1.4) Les pertes de charge totales ΔP_C sont la somme des pertes de charge régulières ΔP_R et des pertes de charge singulières ΔP_S: $\Delta P_C = \Delta P_R + \Delta P_S$

• Calcul de ΔP_R: $\Delta P_R = \lambda \frac{\rho V^2}{2} \frac{L}{D}$, soit dans le SI: $\Delta P_R = 0{,}017 * \frac{1000 * 4{,}24^2}{2} * \frac{50}{0{,}1}$

ΔP_R = 76400 Pa

• Calcul de ΔP_S: $\Delta P_S = (K_C + K_D) \frac{\rho V^2}{2}$, soit dans le SI: $\Delta P_S = (0{,}55 + 1{,}1) * \frac{1000 * 4{,}24^2}{2}$

ΔP_S = 14800 Pa

• Calcul de $\Delta P_C = \Delta P_R + \Delta P_S$ **ΔP_C = 91200 Pa**

2.1) On peut appliquer le théorème de Bernoulli généralisé entre un point A de la surface libre du réservoir A et un point B de la surface libre du réservoir B:

(charge totale en B) – (charge totale en A) = (charge amenée par la pompe) – (pertes de charge totales)

En choisissant la grandeur "pression", il vient:

$$(P_B + \rho g z_B + \frac{\rho V_B^2}{2}) - (P_A + \rho g z_A + \frac{\rho V_A^2}{2}) = \Delta P_{POMPE} - \Delta P_C$$

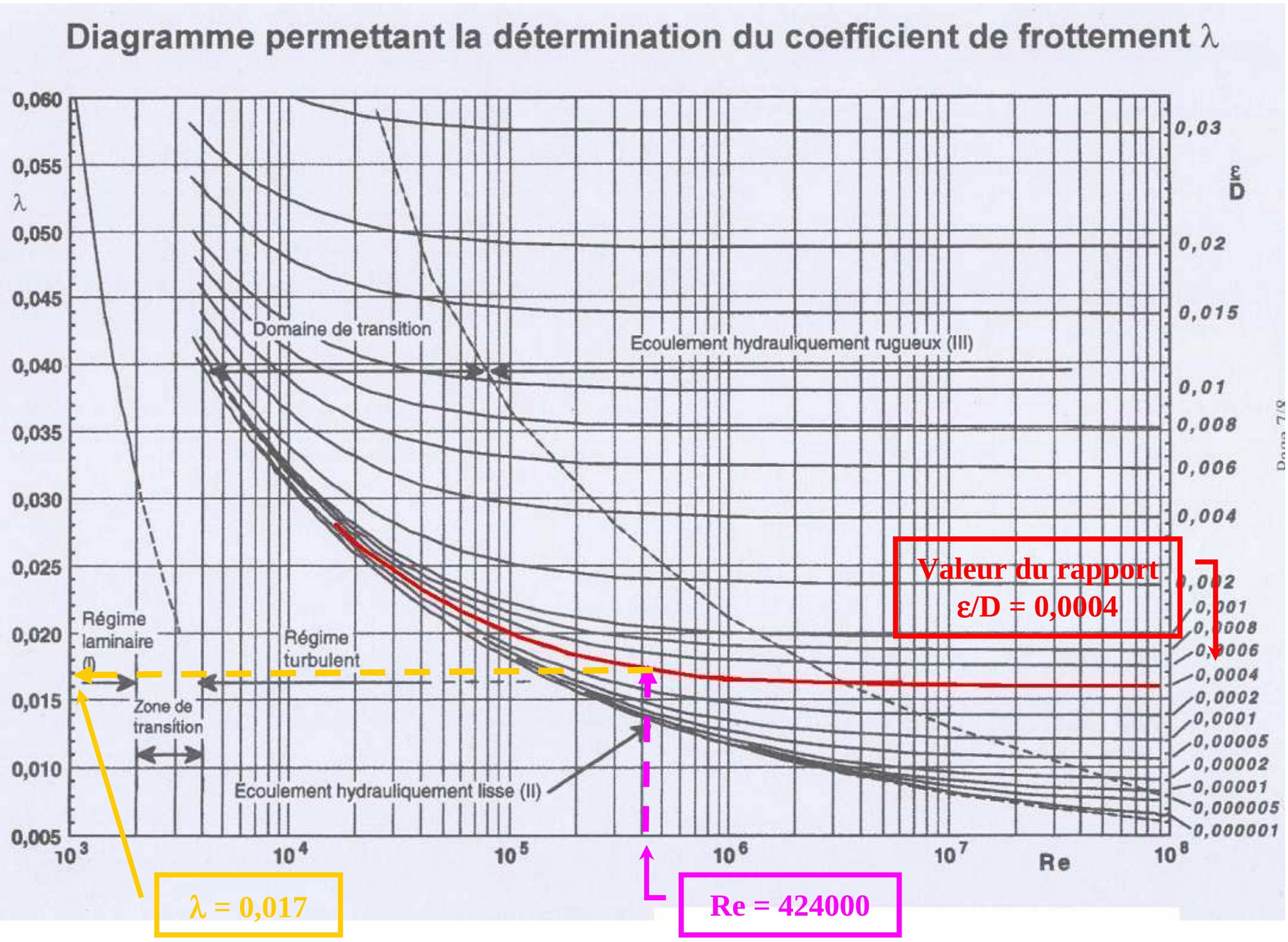
Or dans ce circuit hydraulique: $P_B = P_A = P_{ATM}$, $z_B = z_A$, $V_B = V_A = 0$.

D'où: $(P_B + \rho g z_B + \frac{\rho V_B^2}{2}) - (P_A + \rho g z_A + \frac{\rho V_A^2}{2}) = 0$ et $0 = \Delta P_{POMPE} - \Delta P_C$

Finalement: $\boxed{\Delta P_{POMPE} = \Delta P_C}$

2.2) La puissance utile de la pompe s'obtient à partir de sa pression différentielle et du débit volumique par: $P_{UTILE\ POMPE} = Q_V * \Delta P_{POMPE}$, soit: $P_{UTILE\ POMPE} = \frac{2\, m^3}{60\, s} * 91000\, Pa$

Il vient: $\boxed{P_{UTILE\ POMPE} = 3030\ W}$



<u>Deuxième exercice: Etude d'un moteur thermique</u>

1) • La transformation 1-2 étant isentropique, on peut utiliser la loi de Laplace:

$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$, et donc: $P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = P_1 \varepsilon^\gamma$ $P_2 = 10^5.7^{1,4}$

$\boxed{\mathbf{P_2 = 15,2.10^5\ Pa}}$

• Le système étant fermé, le nombre de mole se conserve:

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$, et donc: $T_2 = T_1 \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1}$ $T_2 = T_1 \frac{P_2}{P_1 \varepsilon}$

$T_2 = 288 * \frac{15,2.10^5}{10^5 * 7}$ $\boxed{\mathbf{T_2 = 625\ K}}$

2) • La transformation 2-3 étant isochore: $Q_{2-3} = m\, c_V\, (T_3 - T_2)$

On peut en tirer: $T_3 = T_2 + \frac{Q_{2-3}}{m c_V}$ $T_3 = 627 + \frac{1500}{1,16.10^{-3} * 714}$ $\boxed{\mathbf{T_3 = 2440\ K}}$

• Sur 2-3 isochore: $\frac{P_3}{T_3} = \frac{P_2}{T_2}$ et donc: $P_3 = P_2 \frac{T_3}{T_2}$

$P_3 = 15,2.10^5 * \frac{2440}{625}$ $\boxed{\mathbf{P_3 = 59,3.10^5\ Pa}}$

3) La transformation 4-1 étant isochore: $Q_{4-1} = m\, c_V\, (T_1 - T_4)$

Et donc: $Q_{4-1} = 1,16.10^{-3} * 714 * (288 - 1115)$ $\boxed{\mathbf{Q_{4-1} = -685\ J}}$

4) Le long du cycle: $Q_{CYCLE} = Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-4} + Q_{4-1}$

Les transformations 1-2 et 3-4 étant isentropiques: $Q_{1-2} = Q_{3-4} = 0$

Il reste donc: $Q_{CYCLE} = Q_{2-3} + Q_{4-1} = 1500 - 685$ et donc:

$\boxed{\mathbf{Q_{CYCLE} = 815\ J}}$

5) Le Premier Principe appliqué à un cycle donne: $\Delta U_{CYCLE} = 0 = W_{CYCLE} + Q_{CYCLE}$

Il vient donc immédiatement: $\boxed{\mathbf{W_{CYCLE} = -\ 815\ \ J}}$

<u>Remarque:</u> on aurait pu calculer le rendement de ce cycle moteur par:

$$\eta_{MOTEUR} = \frac{-W_{CYCLE}}{Q_{CHAUD} = Q_{2-3}} \qquad \eta_{MOTEUR} = 0{,}54 = 54\%$$