

Corrigé type du Module

Transfert de quantité de mouvement

Licence 3^{ème} Année Génie des procédés

Exercice 01 :

REPONSE

1) Vitesse d'écoulement : $V_2 = \frac{4 \cdot q_v}{\pi \cdot d^2}$ A.N. $V_2 = \frac{4 \cdot 0,236 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,01^2} = 3 \text{ m/s}$

2) Nombre de Reynolds : $Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$ A.N. $Re = \frac{3 \cdot 0,01}{0,75 \cdot 10^{-6}} = 40000$

3) $2000 < Re < 100000$ donc il s'agit d'un écoulement turbulent lisse.

4) Formule de Blasius $\lambda = 0,316 \cdot Re^{-0,25}$ A.N. $\lambda = 0,316 \cdot 40000^{-0,25} = 0,022$

5) Perte de charge singulière : $J_s = -(9K_s) \cdot \left(\frac{V^2}{2}\right)$

A.N. $J_s = -(9 \cdot 0,149) \cdot \left(\frac{3^2}{2}\right) = -6 \text{ J/kg}$

6) Perte de charge linéaire: $J_L = -\lambda \cdot \left(\frac{10L}{d}\right) \cdot \left(\frac{V^2}{2}\right)$

A.N. $J_L = -0,022 \cdot \left(\frac{10 \cdot 6}{0,01}\right) \cdot \left(\frac{3^2}{2}\right) = -594 \text{ J/kg}$

7) Perte de charge totale : $J_{AB} = J_s + J_L$ A.N. $J_{AB} = -6 - 594 = -600 \text{ J/kg}$

8) Eq. de Bernoulli : $\frac{V_B^2 - V_A^2}{2} + \frac{P_B - P_A}{\rho} + g(Z_B - Z_A) = J_{AB}$ or $V_A = V_B = V$ et $Z_A = Z_B$

Exercice 02 :

En appliquant l'équation de l'hydrostatique entre les points A et C on trouve :

$$P_A - P_C = \rho_{eau} \cdot g \cdot z \quad (1)$$

En appliquant l'équation de l'hydrostatique entre les points C et E on trouve :

$$P_C - P_E = \rho_{mercure} \cdot g \cdot (Z_E - Z_C) \Rightarrow P_C - P_E = 0,6 \cdot d_{mercure} \cdot \rho_{eau} \cdot g \quad (2)$$

En appliquant l'équation de l'hydrostatique entre les points E et B on trouve :

$$P_B - P_E = \rho_{eau} \cdot g \cdot (Z_E - Z_b) \Rightarrow P_B - P_E = \rho_{eau} \cdot g \cdot (z - 0,6) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} (1) + (2) + (3) &\Rightarrow (P_A - P_C) + (P_C - P_E) - (P_B - P_E) \\ &= (\rho_{eau} \cdot g \cdot z) + (0,6 \cdot d_{mercure} \cdot \rho_{eau} \cdot g) - (\rho_{eau} \cdot g \cdot (z + 0,6)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1) + (2) + (3) &\Rightarrow (P_A - P_C) + (P_C - P_E) - (P_B - P_E) \\ &= (\rho_{eau} \cdot g \cdot z) + (0,6 \cdot d_{mercure} \cdot \rho_{eau} \cdot g) - (\rho_{eau} \cdot g \cdot (z + 0,6)) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow P_A - P_B = \rho_{eau} \cdot g \cdot z + 0,6 \cdot d_{mercure} \cdot \rho_{eau} \cdot g - \rho_{eau} \cdot g \cdot z - 0,6 \cdot \rho_{eau} \cdot g$$

$$\Rightarrow P_A - P_B = 0,6 \cdot d_{mercure} \cdot \rho_{eau} \cdot g - 0,6 \cdot \rho_{eau} \cdot g$$

$$\Rightarrow P_A - P_B = 0,6 \cdot \rho_{eau} \cdot g \cdot (d_{mercure} - 1)$$

AN :

$$P_A - P_B = 0,6 \times 1000 \times 9,807 \times (13,57 - 1) = 73964,394 \text{ Pa}$$

Exercice 03:

1) Calcul de $\|\vec{R}\|$:

$$\|\vec{R}\| = P_G \cdot S,$$

On applique la RFH entre le point G et un point A à la surface de l'eau on obtient :

$$P_G = \varpi \cdot \frac{h}{2} + P_A$$

En A, sommet du barrage, la pression de l'eau est supposé égale à la pression atmosphérique.

La surface du barrage est : $S = b \cdot h$, donc :

$$\boxed{\|\vec{R}\| = (P_{atm} + \varpi \cdot \frac{h}{2}) \cdot b \cdot h} \quad \text{A.N.} \quad \boxed{\|\vec{R}\| = (10^5 + 9810 \cdot \frac{60}{2}) \cdot 200 \cdot 60 = 4,73 \cdot 10^9 \text{ N}}$$

2) Calcul de y_0 :

$$y_0 = -\frac{\varpi \cdot I_{(G,\vec{z})}}{\|\vec{R}\|}$$

Le moment quadratique $I_{(G,\vec{z})} = \frac{b \cdot h^3}{12}$, donc

$$\boxed{y_0 = -\frac{\varpi \cdot \frac{bh^3}{12}}{\|\vec{R}\|}} \quad \text{A.N.} \quad \boxed{y_0 = -\frac{9810 \cdot \frac{200 \cdot 60^3}{12}}{4,73 \cdot 10^9} = -7,46 \text{ m}}$$

Corrigé type du Module

Procédés Agroalimentaires

Licence 3^{ème} Année Génie des procédés chimiques

Réponse 01:

1. **Quel est l'intérêt des techniques de conservation pour le consommateur :**
Les techniques de conservation des aliments ont pour but de préserver leur comestibilité et leurs propriétés gustatives et nutritives**(1,00)**

2. **Quels sont les inconvénients des techniques de conservation :** Les techniques de conservation utilisées actuellement peuvent présenter des inconvénients importants :

- altération des qualités gustatives de l'aliment (aspect extérieur, odeur, arôme, etc.)
- altération des qualités nutritionnelles
- risques pour la santé :**(1,00)**.

3. **Quels ont été les premiers procédés de conservation utilisés par l'homme et pourquoi :** 1. Les fermentations sont utilisées pour conserver les aliments tout en améliorant leurs propriétés organoleptiques (odeur, goût), pour la préparation du pain, de boissons, de vinaigre et de fromages. **(1.00)**.

2. **Fumaison**

3. **Déshydratation**

4. **Selon vous, en quoi l'appertisation est-elle radicalement différente des procédés traditionnels de conservation ?(1,00).**

L'appertisation est un traitement thermique qui a pour finalité **de détruire toute forme microbienne vivante**. Ce procédé de conservation consiste à **stériliser par la chaleur des denrées périssables dans des contenants hermétiques (boîtes métalliques, bocaux)**. **Sont considérées comme conserves les denrées alimentaires**, d'origine animale ou végétale, périssables, dont la conservation est assurée dans un **réceptacle étanche à l'eau, aux gaz et aux microorganismes, pour toute température inférieure à 55°C**.

L'objectif est de détruire toutes les flores bactériennes, pour une conservation de longue durée, à température ambiante, à l'abri de l'air et de la lumière

5. **Quel est le scientifique à l'origine de la technique de pasteurisation :(0,50)**

: La pasteurisation a été **inventée par Pasteur** et a été définie comme étant un procédé consistant à chauffer un produit pendant deux heures à 63°C, à pression atmosphérique

6. La pasteurisation est une technique de conservation à chaud, se fait en deux étapes, lesquelles ?.....(1,00) :

1. Chauffage à une température de 62° à 88°C.
2. Refroidissement Rapide.

7. Donner quelques exemples de l'utilisation de la fermentation en industrie alimentaire : Vinaigre, la transformation du lait en yaourt, fromage

8. La thermo-résistance des micro-organismes varie en fonction des paramètres physico-chimiques de l'aliment. Citer ces paramètres.(1,00) : pH, l'activité de l'eau

Réponse 02

1. Citer trois techniques de séchage destinées à la production de substances sèches :

1) Séchoirs à air chaud, 2) cylindres chauffants, 3) fluidisation (passage de gaz chauds à travers une grille plaqua) (1.50).

2. Quels sont les objectifs de la centrifugation ... (1,50)

- Clarifier un liquide trouble (suspension) comme l'épuration des eaux usées ou la clarification des boissons.
- Séparer les phases légères (huile) et lourdes (eau) d'une émulsion. C'est le cas de l'écémage du lait.
- Concentrer ou épaissir la phase solide d'une suspension (même principe que la clarification sauf qu'on récupère la phase solide). C'est le cas de la fabrication de pâte fraîche en fromagerie (carré frais) ou de la levurerie.

Réponse 03: Quel est le broyeur qui utilise l'appareil à jet d'air : Le broyage ultrafin.... (1.00).

1. Expliquer le procédé utilisant ce type d'appareil : Le produit pulvérulent est injecté dans une chambre par des buses. Le broyage est obtenu par l'impact des particules sur elles-mêmes ou sur une paroi, ce qui permet d'obtenir, au moment de l'impact, des vitesses très supérieures à celles des mobiles tournants

2. Quelle est la différence entre conditionnement et emballage : Le conditionnement est le premier contenant d'un produit servant pour sa vente au détail. A la différence de l'emballage qui est le contenant qui assure la sécurité du produit dans sa manutention, sa conservation, son stockage et son transport. (1,00)

3. Quels sont les types d'emballage que l'on peut retrouver sur un produit alimentaire? ... (1.00).

a) Emballages souples pour le conditionnement de denrées alimentaires (liquides, huiles, pâtes...).

b) Seau plastique : Produits alimentaires, produits vétérinaires, produits chimiques, peintures, enduits, colles, encres.

4. Que faut-il faire pour protéger le produit de l'environnement extérieur ? (1.00).

Un stockage adéquat permet de maintenir la qualité marchande et la salubrité du produit pendant toute sa durée de vie. Les points suivants sont à prendre en considération pour le stockage:

✚ L'application des règles d'hygiène; et

✚ La gestion du stock pour éviter des pertes inutiles tant au plan quantitatif que qualitatif.

5. La mayonnaise est-elle une émulsion stable ? Pourquoi :..... (2,00)

La mayonnaise est une émulsion cinétiquement stable ; d'émulsifiant (tensioactif).

La mayonnaise est une dispersion d'huile dans l'eau. Pour réaliser une mayonnaise, il faut de l'huile (phase huileuse), phase aqueuse : vinaigre et éventuellement moutarde ; émulsifiant : la lécithine du jaune d'œuf est l'émulsionnant (tensioactif)

EMD

Questions de cours

- 1) Comment sont choisies les unités de base et les unités dérivées ? Et donner un exemple pour chacune.
- 2) Parmi les calibres 10 A, 200 mA, 20 mA et 2 mA, quel calibre faut-il utiliser en premier? Justifier la réponse.
- 3) Le capteur composite se compose de deux capteurs, c'est vraie ou non ? justifier la réponse.
- 4) Quelle est la différence entre une Pt100 et une Thermistance?
- 5) Qu'est ce qui se passe au tube de bourdon lorsque il est soumis à une pression supérieure à la pression ambiante ?
- 6) Selon le signal de sortie du capteur, ce dernier se divise en deux, lesquels ? Quelle est la sortie du chaque type ?
- 7) Quelle est l'utilité du conditionneur ? et pour quel type de capteur on a besoin ?

Exercice N° 01 :

Une cage est soumise à une température constante $T_{ca}=30\text{ }^{\circ}\text{C}$, dans un milieu de température $T_{mi}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le chauffage du milieu est assuré par une source thermique réglée à une température T_s .

On a utilisé trois thermocouples pour mesurer ces températures. Les jonctions de références de ces thermocouples sont placées à la température ambiante T_{mi} .

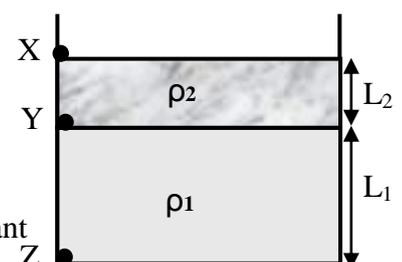
1. Expliquer le principe de fonctionnement d'un thermocouple,
2. Quels sont les autres instruments de mesure de température que vous connaissez?
3. Un voltmètre digital est branché aux bornes du thermocouple mesurant la température T_{ca} . Quelle devrait être la tension affichée par ce voltmètre?
4. La valeur affichée par le voltmètre est en fait 1,2014 mV. Que remarquez-vous? Interpréter ce résultat,
5. Le voltmètre branché au thermocouple mesurant T_s affiche une tension de 5.3653 mV, Quelle est la température de la source thermique?

T_C ($^{\circ}\text{C}$)	0	10	15	20	25	30	45	65	95	100
E (mV)	0	0.5912	0.6842	1.1915	1.3562	1.8010	2.7954	3.4287	6.0495	6.3189

Exercice n° 2:

Une enceinte contient deux fluides différents de masse volumique différente ρ_1 et ρ_2 respectivement.

Quelle est la pression hydrostatique appliquée au bas de ce récipient ? sachant que : $L_1= 120\text{cm}$; $L_2=85\text{cm}$; $\rho_1=1000\text{ kg/m}^3$; $\rho_2=1260\text{ kg/m}^3$ et $g=9,81\text{ m/s}^2$.



Correction type EMD

Réponses aux questions de cours :

- 1) Voir le cours
- 2) Le plus grand
- 3) Voir le cours
- 4) Pt100 est un types de capteurs de température aussi qui est fabriqué à partir de platine. L'élément Pt100 a une résistance de 100 ohms à 0 °C.
Thermistance est l'un des principaux capteurs de température utilisés en électronique. Elle est basée sur les matériaux semi-conducteurs. Il existe deux types de thermistance : CTN (Coefficient de Température Négatif) et CTP (Coefficient de Température Positif).
- 5) Voir le cours
- 6) Voir le cours
- 7) Voir le cours

Exercice N° 01 :

1. Voir le cours
2. La résistance métallique Pt100 et les thermistances CTN et CTP.
3. La tension que devrai être affichée par le voltmètre :

$$E_{A/B}^{T_{ca} T_{mi}} = E_{A/B}^{T_{ca} 0} - E_{A/B}^{T_{mi} 0}$$
$$E_{A/B}^{30 15} = E_{A/B}^{30 0} - E_{A/B}^{15 0} = 1.1168 \text{ mV}$$

4.

$$\Delta V = 1.2014 - 1.1168 = 0.0846 \text{ mV.}$$

Cette erreur est due :

5. La température de la source thermique T_a :

$$E_{A/B}^{T_S 0} = E_{A/B}^{T_S T_{mi}} + E_{A/B}^{T_{mi} 0} = 6.0495 \text{ mV} \rightarrow T_S = 95^\circ\text{C.}$$

Exercice n° 2

$$P = P_Z - P_X$$

$$P = \rho_2 g L_2 + \rho_1 g L_1 = p = 22,2785 \text{ kpa}$$

Contrôle de Transfert de chaleur (TC-S5)

3^{ème} LMD-GPC

Le 18/01/2025

Exercice 1 :

On considère la fusion d'une sphère de glace ayant un diamètre de 5 cm chauffée par de l'électricité qui débite une chaleur S égale à 60000 kJ/h.m^3 . Si la température initiale de la glace est de -5°C ,

1/ Déterminez la température au centre de la sphère,

2/ En supposant un régime permanent, trouvez l'expression qui lie le flux absorbé par la sphère à la quantité générée par la source,

3/ Déterminez le temps nécessaire pour la fusion complète de la sphère en glace.

Données :

$\rho_{\text{glace}} = 910 \text{ kg/m}^3$, L_f (chaleur latente de fusion de la glace) = 333 kJ/kg , $C_{p_{\text{glace}}} = 2.06 \text{ kJ/kg.K}$,
 $\lambda_{\text{glace}} = 2.1 \text{ W/m.K}$.

Exercice 2

L'eau à une température de 60°C s'écoule à l'intérieur d'un tube en cuivre de 2.54 cm de diamètre intérieur à une vitesse de 2 cm/s. Si le tube de 3 m de long est soumis à un température constante de 80°C , calculer la température de sortie de l'eau.

Données pour l'eau:

A T_f : $C_p = 4182 \text{ J/kg.K}$, $\lambda = 0.657 \text{ W/m.K}$, $\nu = 0.480 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $Pr = 3.02$ et $\rho = 982.8 \text{ kg/m}^3$.

$\mu = 484 \times 10^{-6} \text{ Ns/m}^2$ (à T_f) et $\mu = 357 \times 10^{-6} \text{ Ns/m}^2$ (à 80°C)

Pour un écoulement laminaire : $Nu = 1.86 \left(RePr \frac{D}{L} \right)^{0.33} \left(\frac{\mu_b}{\mu_s} \right)^{0.14}$ (Sieder et Tate)

Pour un écoulement turbulent : $Nu = 0.023 \left(RePr \frac{D}{L} \right)^{0.23} \left(\frac{\mu_b}{\mu_s} \right)^{0.14}$ et $Re_{cr} = 2000$.

Solution

Exercice 1 :

1/ Détermination de la température au centre

Bilan d'énergie :

$$-\lambda A \frac{dT}{dr} \Big|_r + S(A\Delta r) = -\lambda A \frac{dT}{dr} \Big|_{r+\Delta r}$$

où S est la quantité de chaleur donnée par la source par unité de volume et unité de temps.

$$-\lambda A \frac{dT}{dr} \Big|_{r+\Delta r} = -\lambda A \frac{dT}{dr} \Big|_r - \lambda \frac{d}{dr} \left(A \frac{dT}{dr} \right) \Delta r$$

Le bilan sera alors: $SA\Delta r = -\lambda \frac{d}{dr} \left(A \frac{dT}{dr} \right) \Delta r$

Or $A = 4\pi r^2$, alors on aura : $S(4\pi r^2) = -\lambda 4\pi \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dT}{dr} \right)$ ou bien $Sr^2 = -\lambda \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dT}{dr} \right)$

Par intégration, on aura : $S \frac{r^3}{3} = -\lambda r^2 \frac{dT}{dr} + C_1$

Du moment que $\frac{dT}{dr} \Big|_{r=0} = 0 \Rightarrow C_1 = 0$ alors $S \frac{r^3}{3} = -\lambda r^2 \frac{dT}{dr}$ ou bien $S \frac{r}{3} = -\lambda \frac{dT}{dr}$ donc $\frac{S}{6} r^2 = -\lambda T + C_2$

Pour $r = r_0$: $T = T_0$, ce qui donne $C_2 = \frac{Sr_0^2 + 6\lambda T_0}{6}$ donc $T = T_0 + \frac{S}{6\lambda} r_0^2 \left[1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right]$

$$T_{cent} = (-5 + 273) + \frac{60000}{6(2.1)} (0.025)^2 \left[1 - \left(\frac{0}{0.025} \right)^2 \right] \Rightarrow T_{cent} = 271 \text{ K}$$

2/ q en fonction de S :

Le régime est permanent alors le flux absorbé par la glace est égal à celui généré par la source, donc

$$q = \frac{4}{3} \pi r_0^3 S$$

3/ Le temps de la décongélation totale :

$q = (4/3)(3.14)(0.025)^3 (60000)$ alors $q = 3.926 \text{ kJ/h}$.

La quantité de chaleur absorbée par la glace est $Q = mC_p\Delta T + mL_f = m[C_p\Delta T + L_f]$

Or $m = \rho V = \rho \frac{4\pi r_0^3}{3}$ ce qui donne $Q = \rho \frac{4\pi r_0^3}{3} [C_p\Delta T + L_f]$ alors

$$Q = 910 \frac{4\pi(0.025)^3}{3} [2.06(0 - (-5)) + 333] \Rightarrow Q = 20.446 \text{ kJ}$$

$$Q = qt \Rightarrow t = \frac{Q}{q} = \frac{20.446}{3.926} \Rightarrow t = 5.21 \text{ h}$$

Exercice 2

$Re = \frac{U_\infty D}{\nu} = \frac{(0.02)(0.0254)}{0.480 \times 10^{-6}} \Rightarrow Re = 1058$ donc l'écoulement est laminaire, alors on applique la

relation suivante : $Nu = 1.86 \left(Re Pr \frac{D}{L} \right)^{0.33} \left(\frac{\mu_b}{\mu_s} \right)^{0.14} = 1.86 \left((1058)(3.02) \frac{0.0254}{3} \right)^{0.33} \left(\frac{484}{357} \right)^{0.14}$

$$\Rightarrow Nu = 5.76$$

$$h = Nu \frac{\lambda}{D} = 5.76 \frac{0.657}{0.0254} \Rightarrow h = 149.1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$T_e = T_s - (T_s - T_i) e^{-hA/mC_p} \text{ avec } A = PL$$

$$P = \pi D \text{ et } A = \pi DL$$

$$T_e = T_s - (T_s - T_i) \exp\left(-\frac{h(\pi DL)}{\rho \dot{V} \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) c_p}\right)$$

$$T_e = 80 - (80 - 60) \exp\left(-\frac{149.1(\pi(0.0254)(3))}{(982.8)(0.02)\left(\pi \frac{0.0254^2}{4}\right)(4182)}\right) \text{ alors } \mathbf{T_e = 71.5 \text{ }^\circ\text{C}}$$