Programme de colle

Semaine 4 (du 29/09 au 03/10)

Les colles se déroulent en trois parties : une (au moins, il peut y en avoir plusieures) question de cours tirée de la liste ci–dessous, puis un exercice imposé parmi ceux listés et enfin, si le temps le permet, un exercice au choix du colleur.

Partie 1 – Questions de cours

Systèmes ouverts en régime stationnaire

- Formulation des principes de la thermodynamique pour un système fermé subissant une transformation élémentaire
- Formulation et démonstration des principes de la thermodynamique pour un système ouvert en régime stationnaire (écoulement unidimensionnel)
- Diagramme thermodynamique $(\ln(P), h)$: tracé des frontières, identification des réseaux de courbes, lien avec les principes

Transferts thermiques

- Loi de Fourier (énoncé, interprétation, limites, ordres de grandeur de conductivités thermiques)
- Loi de Newton à l'interface solide-fluide (énoncé, schéma, ordre de grandeur de coefficients conducto–convectifs)
- Effectuer un bilan local d'énergie interne pour un solide dans le cas d'une situation à une variable d'espace en géométrie cartésienne, cylindrique ou sphérique
- Retrouver l'équation de la diffusion thermique dans le cas d'une situation à une variable d'espace en géométrie cartésienne, cylindrique ou sphérique (avec ou sans terme source, généralisation avec le laplacien)
- Définir le coefficient de diffusion (expression dans le cas d'un solide, ordre de grandeur, analyse en terme de temps et de longueur caractéristique de diffusion)
- Régime stationnaire, résistance thermique (définition, analogie éléctrocinétique, loi d'association)

Aux colleurs : insister sur les bilans d'énergie en question de cours.

Partie 2 – Exercices imposés

Exercice 1 Comportement social des manchots

Un manchot se modélise par un parallélépidède rectangle de section carrée de côté $a = 10\,\text{cm}$ et de hauteur $\ell = 50\,\text{cm}$. Il possède un revêtement de plumes d'épaisseur $e = 1{,}0\,\text{cm}$ et de conductivité thermique λ. Le manchot maintient sa température interne $T_i = 37\,°\text{C}$ au moyen d'un apport métabolique $\mathcal{P} = 50\,\text{W}$ qui compense les pertes par conduction thermique au travers de son revêtement de plumes.

1. Déterminer la valeur de la conductivité thermique λ du revêtement de plumes sachant que la température extérieure (y compris au niveau du sol) est de $T_e = -20\,°\text{C}$.

Pour faire face à des températures extrêmes, un groupe de neuf manchots se serrent les uns contre les autres, formant un carré de 3×3 manchots. On supposera que les seules pertes thermiques s'effectuent par les faces supérieure, inférieure et latérales périphériques.

2. Pour un manchot, de combien le métabolisme nécessaire au maintien de la température interne est-il réduit dans cette configuration ?

Exercice 2 Isolation thermique d'une maison

Cet exercice s'intéresse à l'isolation thermique d'une maison, dont les murs multicouches sont constitués de béton, laine de verre et plâtre.

1. On étudie pour le moment chaque matériau séparement : on considère une paroi homogène d'épaisseur 10 cm dont la température intérieure est égale à 15 °C et la température extérieure à 13 °C. Calculer le flux thermique qui traverse perpendiculairement un mètre carré de cette paroi en régime permanent dans les trois cas suivants :

a) La paroi est en béton ($\lambda_b = 1{,}75\,\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
b) La paroi est en plâtre ($\lambda_p = 0{,}5\,\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
c) La paroi est en laine de verre ($\lambda_l = 4\times10^{-2}\,\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

Les parois sont maintenant multicouches et constituées de 10 cm d'épaisseur de béton, 10 cm de laine de verre et 2 cm de plâtre. La surface totale des murs de l'habitation est de $100\,\text{m}^2$.

2. Estimer la puissance minimale du chauffage à utiliser pour maintenir 20 °C à l'intérieur de la maison quand il fait 5 °C à l'extérieur.

3. Quelle serait l'influence du vent sur l'isolation de la maison ?

Exercice 3 Géothermie

La géothermie est une méthode de production d'énergie qui exploite le fait que la température augmente quand on s'enfonce dans la croûte terrestre. En France, l'augmentation de la température est d'environ 3 degrés quand on descend de 100 m.
La géothermie très profonde exploite ce gisement d'énergie jusqu'à 10 km de profondeur.
On assimile la croûte terrestre à l'épaisseur contenue entre deux sphères, l'une de rayon intérieur $R_1 = 6370\,\text{km}$ où la température de surface est $T_1 = 300\,°\text{C}$, l'autre de rayon extérieur $R_2 = 6380\,\text{km}$ où la température de surface est $T_2 = 15\,°\text{C}$. Dans cette épaisseur supposée homogène, le coefficient de conductivité thermique vaut $\lambda = 2{,}3\,\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
On suppose que la diffusion thermique au niveau de la croûte terrestre est en régime stationnaire et on néglige les termes source (tels que la radioactivité).

1. Déterminer l'expression du flux thermique traversant la croûte terrestre et faire l'application numérique.
2. Déterminer le champ de température dans la croûte terrestre. Calculer la température dans la croûte à 5000 m de profondeur.

Exercice 4 Barreau constitué de deux métaux

On dispose d'un barreau cylindrique de section S constitué d'une longueur l_1 d'aluminium de conductivité λ_1 et l_2 de cuivre de conductivité λ_2. L'extrémité libre du barreau d'aluminium est maintenue à $t_1 = 180\,°\text{C}$, celle du barreau de cuivre à $t_2 = 0\,°\text{C}$. Une gaine isole latéralement le barreau.

Déterminer, en régime stationnaire :

1. la température au niveau de la soudure.
2. le transfert thermique qui traverse la jonction chaque minute.

Données : $\lambda_1 = 200\,\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\lambda_2 = 380\,\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $l_1 = 80\,\text{cm}$; $l_2 = 50\,\text{cm}$ et $S = 2\,\text{cm}^2$.

Partie 3 – Exercices supplémentaires

Systèmes ouverts en régime stationnaire

- Les exercies imposés de la semaine dernière
- Révision de thermodynamique de sup (transformations, cycles, rendement de machines thermiques)
- Étude d'un diagramme (P, h) fourni
- Utilisation des deux principes en système ouvert pour étudier des machines thermiques réelles à l'aide du diagramme (P, h)

Transferts thermiques

- Détermination de profils de température avec ou sans terme source (opérateurs vectoriels fournis si géométrie non cartésienne)
- Calcul de résistances thermiques
- Résolution de l'équation de la diffusion thermique 1D non stationnaire