

Université de Technologie de Belfort-Montbéliard
Génie Électrique et Systèmes de Commande

Physique pour l'énergie

Médian ER41

Prénom, Nom : _____

Numéro INE: _____

B. Blunier, Automne 2010

Détails

Analyse dimensionnelle / 4 points

Expansion thermique / 3 points

Calorimétrie / 6 points

Transferts thermiques / 10 points

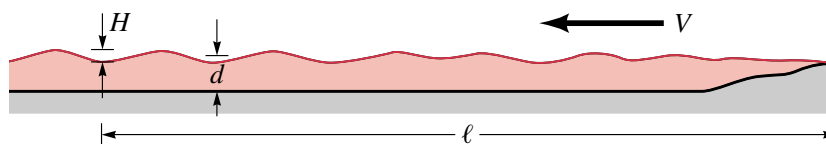
Total: / 23 points

Instructions. Documents autorisés : une feuille *manuscrite* recto/verso. Calculatrice autorisée. Lisez bien tout le sujet avant de commencer. Répondez sur la feuille du sujet.

1 Analyse dimensionnelle, méthode des variables répétées

- (4^{pts}) 1. On souhaite déterminer la hauteur des vagues H quand le vent souffle à la surface d'un lac. On suppose que la hauteur des vagues H est une fonction de la vitesse du vent V , de la densité de l'eau ρ , de la densité de l'air ρ_{air} , de la profondeur de l'eau d , de la distance par rapport au rivage l et de l'accélération terrestre g comme l'indique sur la figure ci-dessous.

4 pts



En appliquant la méthode des variables répétées et en utilisant d , V et ρ comme variables répétées, déterminer un ensemble de produits adimensionnels qui pourraient être utilisés pour décrire un tel problème.

2 Expansion thermique

- (3^{pts}) 1. On considère un anneau de laiton dont le diamètre est de 10,00 cm à 20 °C et un cylindre en aluminium dont le diamètre est de 10,01 cm à 20 °C. On chauffe l'anneau de laiton de telle sorte à faire passer le cylindre en aluminium à l'intérieur de celui-ci. On prend l'hypothèse que les coefficients d'expansion linéaire du laiton ($\alpha_l = 19 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) et de l'aluminium ($\alpha_a = 24 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) sont constant.
- (a) (2 pts) À quelle température l'ensemble doit-il être refroidi afin de pouvoir séparer l'anneau et le cylindre ? Est-ce possible ?

3 pts

(b) (1 pts) Supposons maintenant que le diamètre du cylindre en aluminium soit de 10,02 cm. Est-il possible de séparer l'anneau et le cylindre en refroidissant l'ensemble ?

3 Calorimétrie

- (2^{pts}) 1. On mélange, dans un calorimètre adiabatique, 1 kg de mercure à 100 °C et 40 g de glace à 293 K, sous une pression atmosphérique normale. Toute la glace fond et la température finale est de 0 °C.

Calculer la chaleur massique du mercure, sachant que la chaleur latente de fusion de la glace est de 334 000 J kg⁻¹.

2 pts

- (4^{pts}) 2. De la vapeur d'eau à 100 °C est ajoutée à de la glace à 0 °C. Données :

- Chaleur spécifique de l'eau : $c_e = 4\,185 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- Chaleur spécifique de la glace : $c_g = 2\,090 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- Chaleur latente de fusion de la glace : $L_f = 334 \text{ kJ kg}^{-1}$
- Chaleur latente de vaporisation de l'eau : $L_v = 2\,257 \text{ kJ kg}^{-1}$

- (a) (2 pts) Calculer la quantité de glace qui a fondu et la température finale quand la masse de la vapeur d'eau est de 10,0 g et que celle de la glace est de 50,0 g.

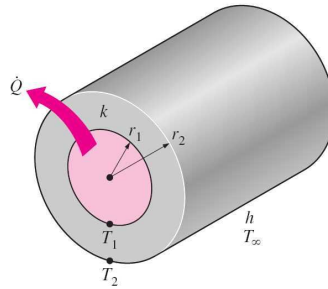
4 pts

- (b) (2 pts) Répéter le calcul quand la masse de vapeur d'eau est de 1,00 g et que la masse de glace est de 50,0 g.

4 Transferts thermiques

- (10^{pts}) 1. On considère un fil électrique de 3 mm de diamètre et 5 m de long (voir figure ci-dessous). Le fil électrique est isolé par un isolant en plastique de 2 mm d'épaisseur dont la conductivité thermique est $k = 0,15 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

10 pts



Une mesure indique que le fil est parcouru par un courant de 10 A et que la chute de tension est de 8 V. On suppose que le fil électrique isolé est exposé dans un environnement dont la température est $T_\infty = 30^\circ\text{C}$ et que le coefficient de transfert thermique par convection est $h = 12 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$.

On rappelle que la résistance de conduction d'un cylindre dans les coordonnées cylindriques est la suivante :

$$R_{cyl} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi L k}$$

où L est la longueur du cylindre.

Les hypothèses sont les suivantes :

1. le transfert thermique est en régime permanent ;
 2. le transfert thermique est monodimensionnel et s'effectue suivant la direction radiale (pas de variation suivant la direction axiale) ;
 3. les conductivités thermiques sont constantes ;
 4. la radiation est négligée.
- (a) (1 pts) Calculer la chaleur générée dans le fil électrique

- (b) (1 pts) Donner le schéma équivalent électrique du circuit thermique en faisant apparaître les différentes résistances thermiques, le(s) flux de chaleur et les températures.

(c) (1 pts) Donner l'expression des résistances thermiques du schéma, déterminer leur expression analytique et calculer leur valeur numérique. En déduire la résistance totale.

(d) (1 pts) Calculer la température T_1 à l'interface du fil et de l'isolant.

(e) (1 pts) Exprimer analytiquement le flux de chaleur \dot{Q} en fonction des températures T_1 et T_∞ et des résistances thermiques (en détaillant leurs expressions analytiques).

(f) (3 pts) On suppose que la température T_1 est maintenue constante. Quel est le diamètre r_2 optimal qui permet d'évacuer le plus de chaleur ?

(g) (1 pts) À partir du résultat de la question précédente, déterminer le rayon critique de l'isolant à partir duquel le flux de chaleur cesse d'augmenter (pour une température T_1 donnée).

(h) (1 pts) Si l'épaisseur de l'isolant est doublée, l'échange thermique augmentera-t-il ou diminuera-t-il ?