

EXAMEN

Transferts de chaleur et de masse

SEMESTRE: S5 (TRONC COMMUN - ING) - Groupe G1, G2 et G3

Durée : 2 h

Pr. E. AFFAD

---

Le 29 janvier 2019

Consignes :

- Écrivez votre nom et prénom avant de commencer sur tous les documents (feuilles doubles et feuilles de brouillon).
- La simple utilisation de téléphone portable (non éteint, appel ou réponse à un appel, usage de sa fonction calculatrice...) peut être considérée comme **une tentative de fraude**.
- L'échange de tout instrument de travail est strictement interdit (blanco, calculatrice, règle, gomme, stylos...). L'étudiant doit se doter des outils nécessaires lui permettant de passer son contrôle en toute autonomie.
- Encadrez la réponse définitive qui devra être sous forme de formule. Vous écrirez ensuite l'application numérique, précédée par « A.N. : », le cas échéant.
- Aucun échange de documents ne sera autorisé entre étudiants, dans le cas où ils sont autorisés!



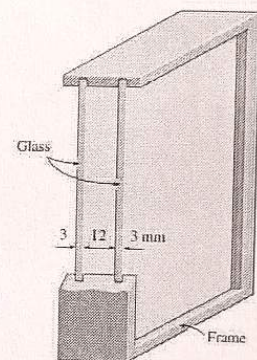
## EXERCICE 1 (5 pts)

Soit une fenêtre à double vitrage de 1,2 m de haut et de 2 m de large, composée de deux couches de verre de 3 mm d'épaisseur ( $k = 0,78 \text{ W / m} \cdot \text{°C}$ ) séparées par un air stagnant de 12 mm de large ( $k = 0,026 \text{ W / m} \cdot \text{°C}$ ). Pendant une journée au cours de laquelle la pièce est maintenue à  $24 \text{ °C}$  tandis que la température à l'extérieur est de  $-5 \text{ °C}$ .

Prendre les coefficients de transfert de chaleur par convection à l'intérieur et à l'extérieur :  $h_i = 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$  et  $h_e = 25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ .

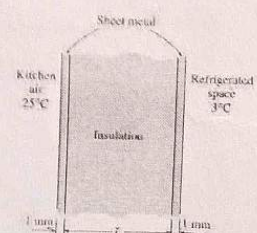
Pendant une journée au cours de laquelle la pièce est maintenue à  $24 \text{ °C}$  tandis que la température à l'extérieur est de  $-5 \text{ °C}$ , on demande de déterminer :

- le taux de chaleur échangé à travers cette fenêtre à double vitrage
- la température de sa surface interne dans le cas où on utilise un simple vitrage et dans le cas de double vitrage
- Conclusion



## EXERCICE 2 (5pts)

Le mur d'un réfrigérateur est constitué d'isolant en fibre de verre ( $k = 0,035 \text{ W / m} \cdot \text{°C}$ ), intercalé entre deux couches de tôle épaisse de 1 mm ( $k = 15,1 \text{ W / m} \cdot \text{°C}$ ). L'espace réfrigéré est maintenu à  $3 \text{ °C}$  et les coefficients de transfert de chaleur moyens aux surfaces intérieure et extérieure du mur sont de  $h_i = 4 \text{ W / m}^2 \cdot \text{°C}$  et  $h_e = 9 \text{ W / m}^2 \cdot \text{°C}$ , respectivement. La température de la cuisine est en moyenne de  $25 \text{ °C}$ . Sachant que la température de la surface extérieure est de  $20 \text{ °C}$ , déterminez l'épaisseur d'isolant en fibre de verre utilisé.





## EXERCICE 3 (5 pts)

Durant une froide journée d'hiver, le vent souffle à 55 km / h parallèlement au mur d'une maison mesurant 4 m de haut et 10 m de long. L'air extérieur est à 5 ° C et la température de surface du mur est de 12 ° C.

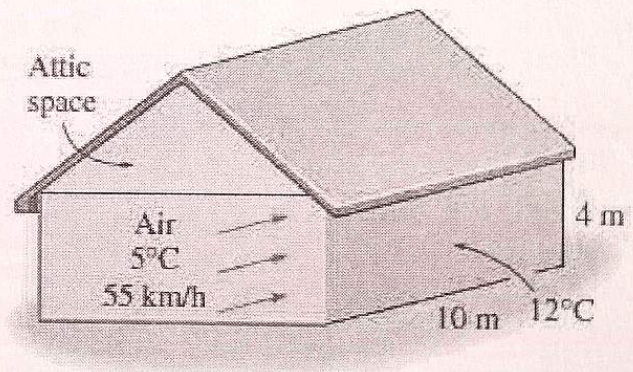
- a- Déterminez le taux de perte de chaleur de ce mur par convection vers son environnement .
- b- Quel serait ce taux de chaleur si la vitesse du vent était doublée?

On donne

La conductivité thermique  $k = 0,02428 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

Le nombre de Prandtl :  $Pr = 0,7340$

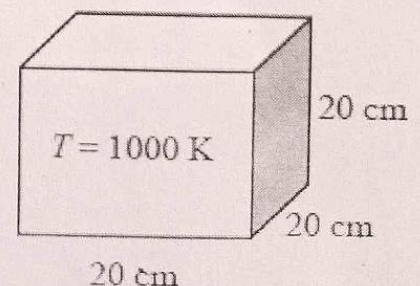
La viscosité cinématique:  $\nu = 1,413 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$



## EXERCICE 4 (5 pts)

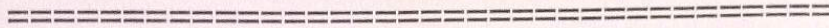
Soit un corps cubique de 20 cm 20 cm 20 cm à 1000 K suspendu dans l'air. En supposant que ce corps se rapproche beaucoup d'un corps noir, déterminez

- a- le taux de chaleur que le cube émet par rayonnement, en W
- b- le pouvoir émissif du corps noir spectral à une longueur d'onde de 4 μm.





*Formulaire*



La résistance d'un mur simple :  $R_{th} = e/kA$

La résistance superficielle :  $1/hA$

Le flux de chaleur par conduction :  $Q = \Delta T/R_{th}$

Loi de Newton :  $Q = h S \Delta T$

Loi de Fourier :  $q = -k \text{ grad}T$  (où q est le taux de chaleur)

Le nombre de Reynolds :  $Re = (V L/\nu)$

Le nombre de Nusselt :  $Nu = h L/k$

Loi de Stephan-Boltzman gérant le rayonnement:  $E = A \sigma T^4$

Le flux spectrale est donné par :

$$E_{b,\lambda}(T) = \frac{c_1}{\lambda^5 \left( \exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right)} \text{ en } W / m^2 / (\mu m)$$

$$c_1 = 3,743 \cdot 10^8 \text{ W } \mu m^4 / m^2$$

$$c_2 = 1,4387 \cdot 10^4 \text{ } \mu m \cdot K$$

Les corrélations le nombre de Nusselt en **convection forcée**:

- Cas de plaque plane et pour un régime quelconque (laminaire ou turbulent)

$$Nu = \frac{hL}{k} = (0.037 Re_L^{0.8} - 871) Pr^{1/3} \quad \begin{matrix} 0.6 \leq Pr \leq 60 \\ 5 \times 10^5 \leq Re_L \leq 10^7 \end{matrix}$$

- Cas de cylindre

$$Nu_{cyl} = \frac{hD}{k} = 0.3 + \frac{0.62 Re^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (0.4/Pr)^{2/3}]^{1/4}} \left[ 1 + \left( \frac{Re}{282,000} \right)^{5/8} \right]^{4/5}$$



