

Travaux dirigés N°1

Exercice 01

1. Exprimer en Kelvin, degrés Fahrenheit et degrés Rankine, les températures suivantes : **0°C, 50°C, 100°C, -17.78°C, -273.15°C**.
2. Déterminer la température à laquelle le nombre qui l'exprime est le même en °C et en °F.
3. Même question en K et en °R.

Exercice 02

On rencontre dans la littérature anglo-saxonne, la chaleur massique exprimée en **Btu/lbF** (**Btu** : British thermal unit, **lbf** : pound force).

- Calculer sa valeur dans le **S.I.** ainsi qu'en **C.G.S.**

On donne **1lb=453.5g, 1Btu=1055 J.**

- Exprimer la constante de Stefan-Boltzmann **$\sigma=5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$** .

Exercice 03

Calculer les pertes de chaleur par conduction à travers un mur de pierre de **35 cm** d'épaisseur, de hauteur **3,5 m** et de largeur **5,7 m**. Les températures des faces sont respectivement de **22°C** et **7°C**.

- Conductivité thermique de la pierre : **$\lambda=0,8 \text{ cal} / (\text{h} \cdot \text{m} \cdot \text{°C})$**

Exercice 04

Le mur d'un four de surface **1m²** est composé de deux couches :

- La première est en brique réfractaire : **$L_1=0,20 \text{ m}$, $\lambda_1=1,38 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{°C})$**
- La deuxième est en brique isolante : **$L_2=0,10 \text{ m}$, $\lambda_2=0,17 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{°C})$**

Calculer :

1. La résistance thermique de chaque couche.
2. La résistance totale du mur

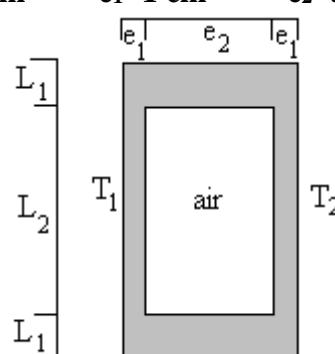
3. La température intérieure du mur, si la température extérieure est de 30°C et les pertes thermiques sont 1000W.

Exercice 05

Déterminer la résistance thermique de la brique et sa conductivité équivalente.

- La Conductivité thermique de l'air : **$\lambda_{\text{air}}=0,025 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$** .
- La Conductivité thermique de la brique : **$\lambda_{\text{brique}}=1,25 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$** .
- La dimension transversale de la brique est égale à **H**.
- La cavité centrale d'air présente des échanges par conduction et par convection avec **h** le coefficient convectif.

- **$L_1=1 \text{ cm}$** **$L_1=8 \text{ cm}$** **$e_1=1 \text{ cm}$** **$e_2=3 \text{ cm}$**



Exercice 06

On considère un mur en béton de **3 m** de haut, **5 m** de long et **20 cm** d'épaisseur.

La paroi intérieure de ce mur est à une température de **20°C**.

La paroi extérieure de ce mur est à une température de **5°C**.

1. Calculer le flux de chaleur qui traverse perpendiculairement ce mur, en régime permanent.

2. On isole maintenant ce mur en ajoutant une couche de laine de verre de **8 cm** d'épaisseur et une plaque de plâtre de **2 cm** d'épaisseur. Calculer la nouvelle valeur du flux de chaleur à travers le mur isolé.

- Conductivité thermique du béton : **0,92 W/ (m. °C)**
- Conductivité thermique du plâtre : **0,50 W/ (m. °C)**
- Conductivité thermique du verre : **0,04 W/ (m. °C)**

Exercice 07

On considère un mur de béton de **10 cm** d'épaisseur, qui sépare deux milieux **A** et **B**.

- La température du milieu **A** : **18°C**.
- La température du milieu **B** : **5°C**.

3. Calculer toutes les résistances thermiques superficielles relatives à ce mur.

4. Calculer le flux de chaleur par mètre carré de surface.

5. Calculer les températures de surface et tracer le diagramme des températures.

- Conductivité thermique du béton : **$\lambda=1,1 \text{ W/ (m. K)}$**
- Conductance thermique superficielle interne : **$h_i=9,091 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)}$**

Conductance thermique superficielle externe : **$h_e=16,67 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)}$**

Exercice 08

1. Donner l'expression de la distribution de température dans un mur d'épaisseur **e**, dont les faces **x=0** et **x=e** sont respectivement maintenues aux températures **T₀** et **T_e**.

2. Donner l'expression de la densité de flux et du flux traversant un mur de surface **S**.

On supposera que les transferts de chaleur sont monodimensionnels et permanents. Pas de création de chaleur interne : **T₀= -5°C** **T_e= 25°C** **$\lambda=0,8 \text{ W/ (m. K)}$** **e=0,1m** **S=15m²**

3. Supposons qu'il y ait production de chaleur en son milieu. La température est imposée sur une face et le flux sur l'autre : **T(x=0)=T₀= -5°C** **$\phi(x=e)=\phi_e$** . Quelle est la relation de la température de la deuxième face.

Exercice 09

Dans une barre cylindrique de diamètre **d**, constituée d'un métal de résistivité électrique **ρ** et de conductivité thermique **λ** , circule un courant électrique **I**.

1. Calculer la puissance calorifique dégagée par effet Joule par unité de volume.

2. Calculer la différence entre la température de la surface extérieure et celle de l'axe du cylindre.

3. Indiquer comment cette différence varie avec la nature du métal, le diamètre de la barre et l'intensité du courant. **d=1cm** **I=500A**

- Cas d'un cylindre en cuivre : **$\rho_e=1.7 \mu\Omega\text{cm}$** , **$\lambda=0.1 \text{ kcal/ms}^\circ\text{C}$**
- Cas d'un cylindre en graphite : **$\rho_e=1.4 \cdot 10^3 \mu\Omega\text{cm}$** , **$\lambda=3.4 \cdot 10^{-2} \text{ kcal/ms}^\circ\text{C}$**

Exercice 10

On se propose d'étudier la déperdition thermique à travers une vitre de **1 m²** de surface et de **4 mm** d'épaisseur. La température côté intérieur **T_{∞1}= 20 °C** et la température côté extérieur **T_{∞2}= 0 °C**.

1. Calculer la résistance thermique **R** de la vitre.

2. En supposant que les transferts de chaleur entre l'air intérieur à **20 °C** et la face intérieure du vitrage, d'une part, et entre la face extérieure du vitrage et l'air extérieur à **0 °C**, puissent être modélisés à l'aide d'un même coefficient de convention **h**, calculer:

- ❖ La déperdition thermique, en **watts**.
- ❖ La température **T₁** de la face intérieure du vitrage.
- ❖ La température **T₂** de la face extérieure du vitrage.

$$\lambda_{verre} = 1,2 \text{ W/ (m. °C)}, h = 3,5 \text{ W/ (m}^2. \text{ °C)}$$

Exercice 11

Un réfrigérateur peut être assimilé à une enceinte ayant la forme d'un parallélépipède rectangle de **1,20 m** de haut, **0,60 m** de large et **0,50 m** de profondeur.

1- Calculer la puissance que devrait avoir le groupe frigorifique pour maintenir à **5 °C** la température moyenne des faces intérieures des parois du réfrigérateur, lorsque la température moyenne des faces extérieures est de **20 °C**, dans l'hypothèse où les parois sont constituées de plaques en matières plastique de **3 mm** d'épaisseur, dont la conductivité thermique est de **0,12 W/ (m. °C)**.

(On admettra que les déperditions calorifiques s'effectuent d'une manière uniforme à travers les six faces du réfrigérateur)

2- Que devient cette puissance si les parois sont constituées de deux plaques de matière plastique de **3mm** d'épaisseur séparées par une couche de laine de verre de **4 cm** d'épaisseur.

- Conductivité thermique de laine de verre : **0,04 W/ (m. °C)**

Exercice 12

Un local de **10 m** de long, **5 m** de large, et **3 m** de haut est conçu de la façon suivante :

➤ Pour les murs : **15 cm** de béton doublé d'une contre-cloison en briques de **4cm** séparée du béton par **3 cm** d'air.

- $\lambda_{béton} = 1,74 \text{ W.m}^{-1.K}^{-1}$; $\lambda_{brique} = 0,2 \text{ W.m}^{-1.K}^{-1}$; $R_{air} = 0,15 \text{ m}^2.K.W^{-1}$.

➤ Pour le plafond : **10 cm** de béton recouvert de **5 cm** de polystyrène ;

- $\lambda_{poly} = 0,036 \text{ W.m}^{-1.K}^{-1}$.

➤ Pour les baies vitrées : deux vitres de **4 mm** d'épaisseur séparées par une lame d'air de **6 mm** et de résistance **0,48 m².K.W⁻¹** ;

- $\lambda_{verre} = 1,15 \text{ W.m}^{-1.K}^{-1}$; Surface totale : **8 m²**.

La température extérieure est **-5 °C**. On admet que la température à l'intérieur est uniforme et on néglige les déperditions par le sol.

1. Calculer les coefficients de transmission du mur, du plafond et des vitrages.

2. Déterminer les températures des faces internes du mur et des vitrages pour une température intérieure de **18 °C**.

3. Calculer la puissance thermique lorsque la température intérieure est de **18 °C**.

$$1/h_i = 0,11 \text{ m}^2.K.W^{-1} \quad 1/h_e = 0,06 \text{ m}^2.K.W^{-1}$$

Exercice 13

4. Donner l'expression de la distribution de température dans un mur d'épaisseur **e**, dont les faces **x=0** et **x=e** sont respectivement maintenues aux températures **T₀** et **T_e**.

5. Donner l'expression de la densité de flux et du flux traversant un mur de surface **S**.

On supposera que les transferts de chaleur sont monodimensionnels et permanents. Pas de création de chaleur interne : **T₀= -5°C T_e= 25°C λ=0,8 W/ (m. K) e=0,1m S=15m²**

6. Supposons qu'il y ait production de chaleur en son milieu. La température est imposée sur une face et le flux sur l'autre : **T(x=0) =T₀= -5°C φ(x=e)= φ_e**. Quelle est la relation de la température de la deuxième face.

Exercice 14

En se basant sur l'équation de la chaleur, déterminer la distribution de la température, le flux thermique et la résistance thermique

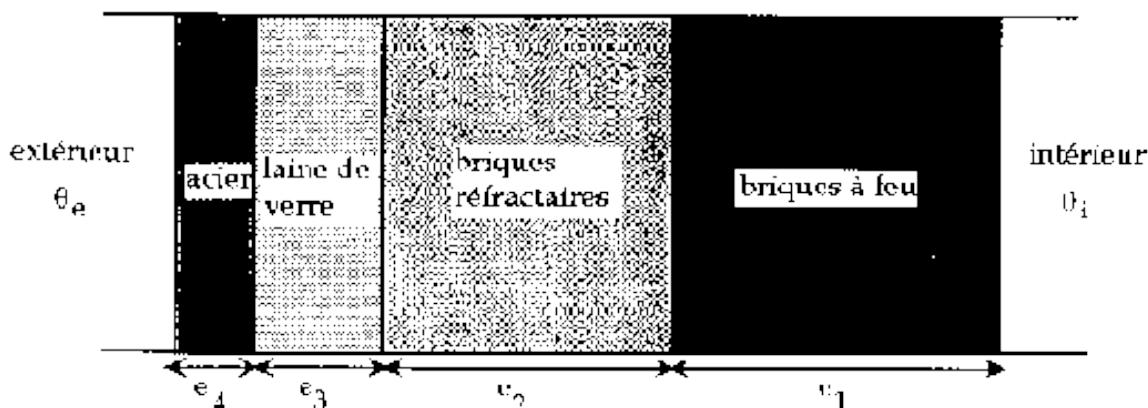
➤ Dans le cas d'un mur cylindrique

➤ Dans le cas d'un mur sphérique

Les rayons interne et externe sont r_1 et r_2 .

Exercice 15

La paroi d'un four électrique industriel est constituée de plusieurs matériaux comme l'indique le schéma ci-dessous.



Température intérieure : $T_i = 1092 \text{ } ^\circ\text{C}$; Température extérieure : $T_e = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Surface intérieure du four : $S = 8 \text{ m}^2$.

Résistance superficielle interne pour un mètre carré de paroi : $1/h_i = r_i = 0,036 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$.

Résistance superficielle externe pour un mètre carré de paroi : $1/h_e = r_e = 0,175 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$.

Matériau	Épaisseur	Conductivité thermique
Brique à feu	$e_1 = 230 \text{ mm}$	$\lambda_1 = 1,04 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Brique réfractaire	$e_2 = 150 \text{ mm}$	$\lambda_2 = 0,70 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Laine de verre	$e_3 = 50 \text{ mm}$	$\lambda_3 = 0,07 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Acier	$e_4 = 3 \text{ mm}$	$\lambda_4 = 45 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

1. Exprimer littéralement puis calculer la résistance thermique globale R de un mètre carré de paroi.

2. Exprimer littéralement puis calculer la densité de flux thermique ϕ (puissance thermique par unité de surface) traversant la paroi.

3. Déterminer les températures au niveau des diverses interfaces de l'intérieur vers l'extérieur.

4. En admettant que la transmission de la chaleur est uniforme sur l'ensemble des parois du four, calculer la puissance électrique p nécessaire à son fonctionnement à vide.

5. Calculer le coût de fonctionnement journalier du four si le prix du kW.h est **0,80DA**.