

**Exercices d'application du cours :
transferts thermiques**

Exercice 1

Soit un vitrage simple d'épaisseur 5 mm, de coefficient de conductibilité $\lambda = 1,15 \text{ W}/(\text{m.K})$. La température de surface du vitrage intérieure est 22°C , la température de surface du vitrage extérieure 10°C .

1. **Calculer** la résistance thermique du vitrage.
2. **Déterminer** le flux thermique dissipé à travers ce vitrage pour une surface de 10 m^2 .

Exercice 2

La déperdition thermique d'un mur en béton de 30 m^2 de surface est 690 W . Le mur a une épaisseur de 10 cm, et la température de sa face intérieure est 25°C .

1. **Calculer** la température de la face extérieure.

On donne : $\lambda_{\text{béton}} = 1,75 \text{ W}/(\text{m.K})$

Exercice 3

Soit un four constitué de trois épaisseurs différentes.

- ❖ Mur 1 (intérieur) : brique réfractaire en silice $e_1 = 5 \text{ cm}$, $\lambda_1 = 0,8 \text{ W}/(\text{m.K})$
- ❖ Mur 2 : brique réfractaire en argile $e_2 = 5 \text{ cm}$, $\lambda_2 = 0,16 \text{ W}/(\text{m.K})$
- ❖ Mur 3 (extérieur) : brique rouge $e_3 = 5 \text{ cm}$, $\lambda_3 = 0,4 \text{ W}/(\text{m.K})$

La température de surface intérieure est $T_1 = 800^\circ\text{C}$ et la température de surface extérieure $T_3 = 20^\circ\text{C}$.

1. **Calculer** la résistance thermique du four.
2. **En déduire** son coefficient global de conductivité thermique.
3. **Calculer** le flux thermique pour 1 m^2
4. **Calculer** les températures T_{12} et T_{23}
5. **Dessiner** le mur à l'échelle et tracer l'évolution de température à l'intérieur de celui-ci

**Exercices d'application du cours :
transferts thermiques**

Exercice 4

Les murs latéraux d'un local industriel maintenu à la température constante $T_i = 20^\circ \text{C}$ sont réalisés en béton banché d'épaisseur $e = 20 \text{ cm}$ et de conductivité thermique, $\lambda = 1,2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Les résistances thermiques superficielles interne et externe ont respectivement pour valeur :

$$\frac{1}{h_{si}} = 0,11 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$$

$$\frac{1}{h_{se}} = 0,06 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$$

1. **Exprimer** puis calculer la résistance thermique de la paroi.
2. **Exprimer** puis calculer la densité du flux thermique, ϕ , transmis lorsque la température extérieure est $T_e = 0^\circ\text{C}$.
3. **En déduire** la quantité de chaleur transmise par unité de surface de la paroi et par jour.

Exercice 5

On se propose de comparer un simple vitrage, d'épaisseur 5 mm et un double vitrage constitué de deux vitres d'épaisseurs égales à 5 mm chacune séparées par une lame d'air de 1 cm d'épaisseur.

- La surface vitrée de l'appartement est de 15 m^2 .
- Résistance de surface intérieure d'une vitre : $r_{si} = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- Résistance de surface extérieure d'une vitre : $r_{se} = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- Résistance thermique d'une lame d'air de 1 cm : $R = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- Conductibilité du verre : $\lambda = 1,15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Prix du kilowattheure : $0,12\text{€}$.
- Température intérieure : 19°C .

D) La température extérieure est de -10°C .

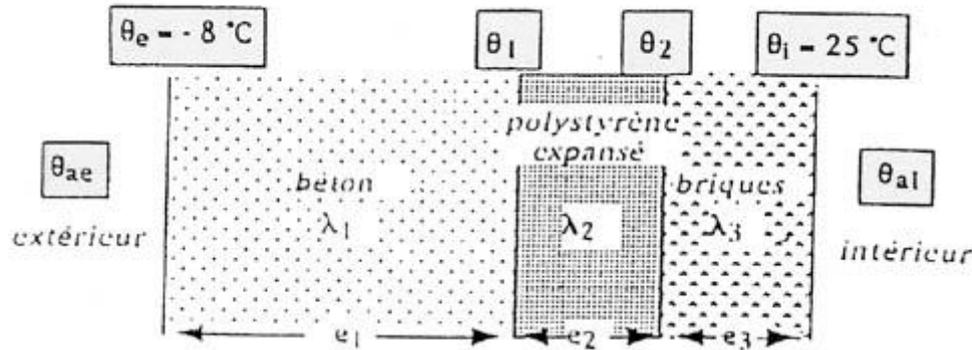
1. **Dans les deux cas (vitrage simple et vitrage double) calculer** la puissance thermique perdue par toute la surface vitrée de l'appartement.
2. **Quelle est** la température de surface intérieure de ces deux vitrages ?

II) On considérera que l'hiver dure 150 jours pendant lesquels la température extérieure moyenne est de $+5^\circ\text{C}$.

3. **Calculer** l'énergie perdue dans chacun des deux cas.
4. **En déduire** l'économie réalisée en un hivers lorsqu'on remplace le simple vitrage par un double vitrage.

Exercices d'application du cours :
transferts thermiques

Exercice 6



Le mur d'un local est constitué de trois matériaux différents :

- Un béton d'épaisseur $e_1 = 15 \text{ cm}$ à l'extérieur (conductivité thermique $\lambda_1 = 0,23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).
- Un espace $e_2 = 5 \text{ cm}$ entre les deux cloisons rempli de polystyrène expansé (conductivité thermique $\lambda_2 = 0,035 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).
- Des briques d'épaisseur $e_3 = 5 \text{ cm}$ à l'intérieur (conductivité thermique $\lambda_3 = 0,47 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

I) On a mesuré en hiver, les températures des parois intérieures T_i et extérieure T_e qui étaient $T_i = 25^\circ\text{C}$ et $T_e = -8^\circ\text{C}$.

- 1) **Donner** la relation littérale, puis calculer la résistance thermique du mur pour un mètre carré.
- 2) **Donner** la relation littérale, puis calculer le flux thermique dans le mur pour un mètre carré.
- 3) **Calculer** la quantité de chaleur transmise par jour à travers un mètre carré de mur, pour ces températures.

II) Les résistances thermiques superficielles interne et externe du mur ont respectivement pour valeur :

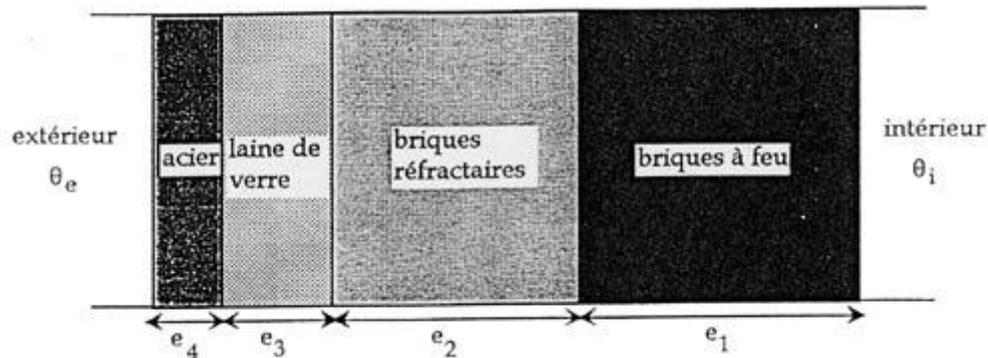
$1/h_i = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ et $1/h_e = 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

- 4) **A quels types** de transfert thermique ces données se rapportent-elles ?
- 5) **Calculer** les températures ambiantes extérieures T_{ae} et intérieure T_{ai} .

**Exercices d'application du cours :
transferts thermiques**

Exercice 7

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



Données numériques :

Température ambiante intérieure : $\theta_i = 1092^\circ$

Température ambiante extérieure : $\theta_e = 32^\circ\text{C}$

Surface intérieure du four : $S = 8,00 \text{ m}^2$.

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

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

Caractéristique des divers matériaux :

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

1. **Exprimer** littéralement puis calculer la résistance thermique globale R de un m^2 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 $\theta_{si}, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_{se}$.
4. **Calculer** le coût de fonctionnement journalier du jour sachant que le prix du KWh est 0,17€.

**Exercices d'application du cours :
transferts thermiques**

Exercice 8

1) **Citer** les divers modes de transmission de la chaleur et **donner** dans chaque cas un exemple caractéristique.

2) On note R la résistance thermique totale d'une paroi. **Donner** la relation entre la résistance thermique R , le flux thermique Φ à travers cette paroi, et l'écart de température $\Delta\theta$ entre les deux faces de la paroi. **Préciser** l'unité de la résistance thermique R .

3) On considère une maison assimilée à un parallélépipède rectangle de dimensions moyennes L , l , h . Les murs, en pierre mélangée à de la terre, ont une épaisseur moyenne e_1 et une conductivité thermique λ_1 . On suppose négligeable les pertes de chaleur par le sol, le plafond et les ouvertures. La valeur moyenne, sur la durée des quatre mois d'hiver, de la différence entre la température de la face intérieure et celle de la face extérieure du mur est notée ΔT .

On donne :

- $e_1 = 0,5 \text{ m}$
 - $\lambda_1 = 1,2 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 - $L = 15 \text{ m}$
 - $l = 10 \text{ m}$
 - $H = 6 \text{ m}$
 - $\Delta T = 12^\circ \text{ C}$.
- a) **Exprimer** littéralement puis calculer la résistance thermique R de ces murs.
 - b) **Exprimer** littéralement puis calculer le flux thermique Φ transmis à travers l'ensemble des murs.
 - c) Le prix moyen du kWh est 0,25 €. **Calculer** le coût du fonctionnement d'un chauffage électrique permettant de compenser les pertes thermiques qui se produisent pendant les 120 jours de froid.

**Exercices d'application du cours :
transferts thermiques**

4) Dans le cadre d'une réfection de la maison, on envisage de recouvrir les façades extérieures d'un enduit et de doubler intérieurement les murs par du placo-plâtre séparé du mur par du polystyrène.

On donne dans le tableau ci-dessous les épaisseurs e et les conductivités thermiques λ des divers matériaux.

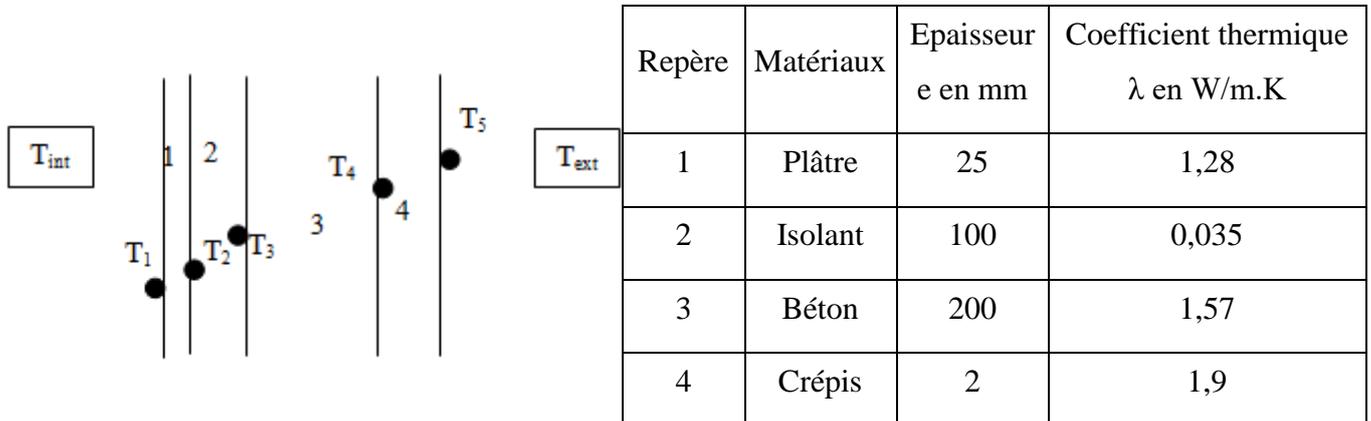
Matériaux	Pierre + terre	Enduit extérieur	Polystyrène	Plâtre
e en cm	$e_1 = 50$	$e_2 = 1$	$e_3 = 5$	$e_4 = 1$
λ en $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	$\lambda_1 = 1,2$	$\lambda_2 = 1,1$	$\lambda_3 = 0,041$	$\lambda_4 = 0,35$

- Exprimer** littéralement puis calculer la résistance thermique du mur isolé.
- Calculer** l'économie ainsi réalisée pendant les 120 jours de froid.

**Exercices d'application du cours :
transferts thermiques**

Exercice 9

Nous avons une paroi composée de la sorte :



Les températures intérieure et extérieure sont respectivement $T_{int} = +20^{\circ}\text{C}$ et $T_{ext} = -5^{\circ}\text{C}$. Les coefficients radio-convectif sont :

- $1/h_{si} = 0.11 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$
- $1/h_{se} = 0.09 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

1. **Reproduire** le mur sur votre copie et **représenter** les transferts thermiques existant ici (attention aux sens de la chaleur).
2. **Faire** l'analogie électrique et déterminer la résistance thermique équivalente.
3. **Calculer** la densité de flux et le flux de chaleur.
4. **Déterminer** les températures intermédiaires :
 - T1 : température de surface du mur intérieur.
 - T2 : température de jonction entre 1 et 2.
 - T3 : température de jonction entre 2 et 3.
 - T4 : température de jonction entre 3 et 4
 - T5 : température de surface du mur extérieur

Recommandations :

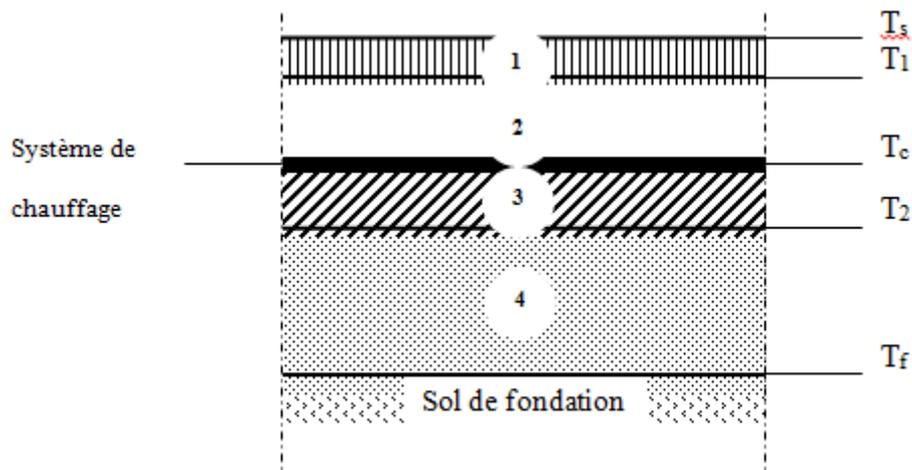
- Ne pas oublier d'énoncer les règles et les formules.
- Ne pas oublier les unités et expliquer vos conversions.

**Exercices d'application du cours :
transferts thermiques**

Exercice 10 : plancher chauffant

La figure ci-dessous représente la coupe transversale d'un plancher dans lequel on a incorporé un système de chauffage. Ce système est constitué d'un tube dans lequel circule de l'eau à la température moyenne supposée constante $T_c = 40^\circ\text{C}$. On assimile le système de chauffage à un plan horizontal à la température uniforme $T_c = 40^\circ\text{C}$.

On note $T_s = 24^\circ\text{C}$ et $T_f = 7^\circ\text{C}$ respectivement la température du local et la température du sol de fondation.



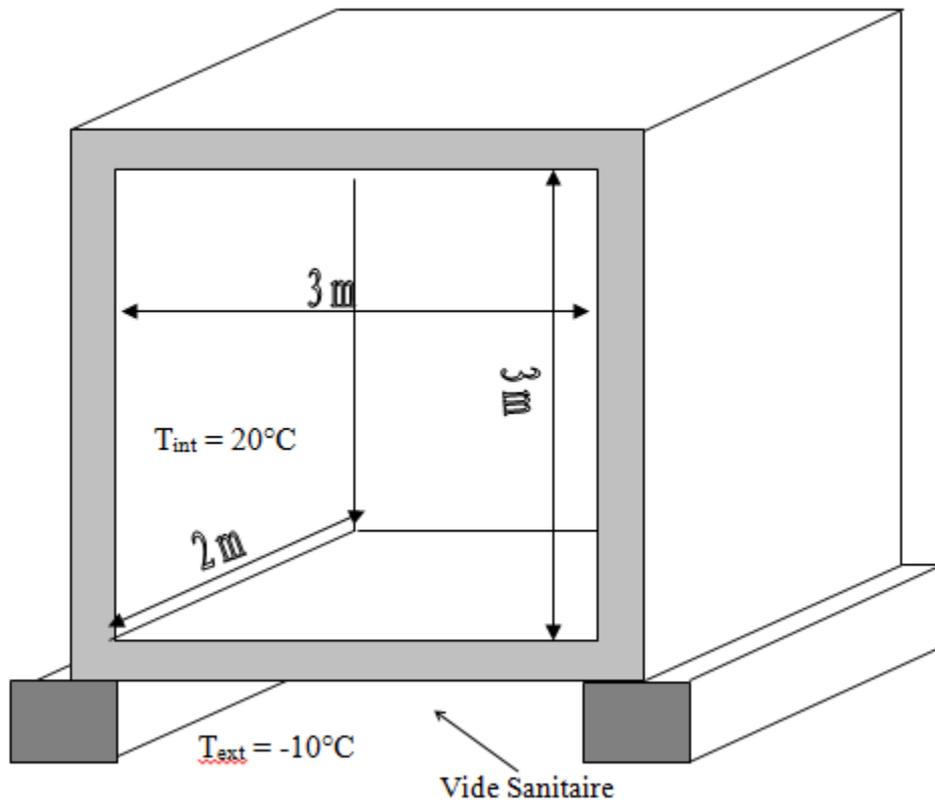
Désignations	Indices	λ en $\text{W}/(\text{m}^\circ\text{C})$	Epaisseurs e en cm
Revêtement	1	2,50	1
Mortier	2	1,15	5
Isolant	3	0,02	2
Béton	4	1,40	10

1. **Dessiner** le schéma électrique équivalent en indiquant sur ce schéma les températures, les résistances thermiques et les flux de chaleur circulant (attention au sens de la chaleur il y a 2 flux).
2. **Calculer** les résistances équivalentes de part et d'autre du système de chauffage (2 résistances thermique équivalente sens de la chaleur).
3. **Calculer** les flux de chaleur surfaciques circulant de part et d'autre du système de chauffage.
4. **En déduire** la puissance totale délivrée par le système de chauffage par m^2 de plancher chauffant.
5. **Calculer** les températures T_1 et T_2 .
6. **Calculer** le pourcentage de puissance perdue par le sol de fondation.

Exercices d'application du cours :
transferts thermiques

Exercice 11

Soit un local assimilé à un cube sans ouverture :



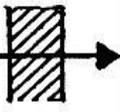
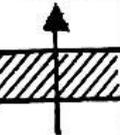
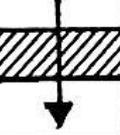
Remarque : sur ce schéma, les faces avant et arrière du cube ne sont pas représentées, mais elles existent bien en réalité.

Les murs sont constitués de 20 cm de béton plein et son coefficient de conduction λ est de $1,75 \text{ W}/(\text{m.K})$.

1. **Dessiner** le schéma électrique équivalent d'une des parois verticales, en indiquant quels types de résistances interviennent.
2. **Rechercher** dans le tableau fourni ci-dessous et donner les valeurs des résistances superficielles (par convection et rayonnement) $1/h_i$ et $1/h_e$ en fonction du type de paroi du local considérée.
3. **Déterminer** la résistance de conduction des murs verticaux, du plafond et du plancher.
4. **Déterminer** les résistances thermiques globales de ces parois.
5. **Calculer** les densités de flux de chaleur en W/m^2 à travers les murs verticaux, le plafond et le plancher.
6. **Calculer** les surfaces intérieures des murs, du plafond et du plancher.

Exercices d'application du cours :
transferts thermiques

7. **Déterminer** les flux de déperdition à travers les différentes parois.
8. **Déterminer** le flux de déperdition total de chaleur du local et en déduire la puissance de chauffage à installer pour vaincre les déperditions.

	Pari en contact avec : — l'extérieur, — un passage ouvert, — un local ouvert.			Pari en contact avec : — un autre local, chauffé ou non chauffé, — un comble, — un vide sanitaire.		
	$\frac{1}{h_i}$	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i}$	$\frac{1}{h_i}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_i}$
Pari verticale ou faisant avec le plan horizontal un angle supérieur à 60° 	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Pari horizontale ou faisant avec le plan horizontal un angle égal ou inférieur à 60°, flux ascendant (toiture) 	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
flux descendant (plancher bas) 	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34