

## AE-TS- : Les Transfert thermiques

### Introduction : Le transfert thermique (Q)

Les transferts de chaleur se font toujours du corps le plus chaud vers le corps le plus froid : si 2 corps en contact sont isolés du reste de l'univers le corps le plus chaud se refroidit et le corps le plus froid se réchauffe jusqu'à atteindre une température d'équilibre. C'est la propagation du mouvement désordonné de la matière à l'échelle microscopique.

### Document 1 : L'énergie interne

- **Notion microscopique** : Lorsque l'on étudie un système physique macroscopique celui-ci renferme un grand nombre de particules (atomes, molécules ou ions). L'énergie interne du système est donc la somme des énergies cinétiques et potentielles microscopiques de toutes les particules que contient le système. Si ce système n'échange pas d'énergie avec l'extérieur (ou si les échanges d'énergie se compensent) son énergie interne reste constante. Sinon elle varie : Elle augmente si le système reçoit de l'énergie et elle diminue si le système en perd.
- **Notion macroscopique** : La thermodynamique montre que la variation d'énergie interne d'un système entre 2 instants (initial et final) peut se calculer à l'aide de la formule suivante vue en 1S (si il n'y a pas de changement d'état) :  $\Delta U = Q = m \times c \times \Delta\theta = m \times c \times \Delta T$  (1)

avec  $\Delta\theta = \theta_{final} - \theta_{initial}$  ou  $\Delta T = T_{final} - T_{initial}$  la variation de température en °C ou en K

### Document 2 : Le principe de conservation de l'énergie (toutes les grandeurs ci-dessous s'expriment en Joule)

1. L'énergie totale d'un système est la somme de l'énergie mécanique (qui est elle même la somme de l'énergie potentielle et cinétique macroscopique :  $E_m = E_p + E_c$ ) et de l'énergie interne du système :  
 $E_T = E_m + U$
2. Si ce système échange de l'énergie avec l'extérieur alors la variation d'énergie du système est égale à la somme des transferts d'énergie reçus ou perdus par le système.  
C'est le 1er principe de la thermodynamique :  
 $\Delta(E_m + U) = Q + W$  avec Q le transfert thermique et W le travail échangé (en J). Q et W sont positifs si le système reçoit de l'énergie ils sont négatifs dans le cas contraire.  
En régime permanent  $\Delta(E_m + U) = 0$

### Travail n° 1 : Mouvement microscopique.

Un objet peut posséder de l'énergie cinétique (énergie liée à sa vitesse et sa masse) et/ou de l'énergie potentielle (énergie liée aux différentes interactions). Ouvrir la ressource "transfert thermiques" depuis l'ENT. Observer l'animation PHET Etat de la matière. Cliquer sur l'onglet Etat puis sélectionner Celsius. Sélectionner les atomes d'argon et observer leurs comportements dans les 3 états de la matière. Revenir au menu et cliquer sur l'onglet « interactions » écartez un atome d'argon et observez son mouvement.

1. D'après vous la description des états de la matière de l'animation PHET est-elle macroscopique ou microscopique ? Justifier.
2. Quelles types d'énergies possèdent ces atomes?
3. Il existe un facteur macroscopique extérieur qui modifie le comportement des atomes. Nommez-le et indiquez son effet sur les atomes.
4. Le mouvement désordonné de ces particules est appelé l'agitation thermique. Justifier.
5. Quel est l'ordre de grandeur du nombre de particules contenues dans un système physique macroscopique (on prendra le contenu d'un verre contenant 18 mL d'eau) ?
6. Quel problème pose l'utilisation de la définition microscopique de l'énergie interne ? Quelle formule utilisera-t-on pour calculer la variation d'énergie interne ?
7. Indiquer la signification des symboles et les unités utilisés dans la formule (1).
8. Calculer la variation d'énergie interne de l'eau contenue dans le verre précédent si on le refroidit de 35 °C à 5 °C à l'aide d'un réfrigérateur. La capacité thermique massique de l'eau :  $c_{eau} = 4,18 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$

Données :  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$  ;  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

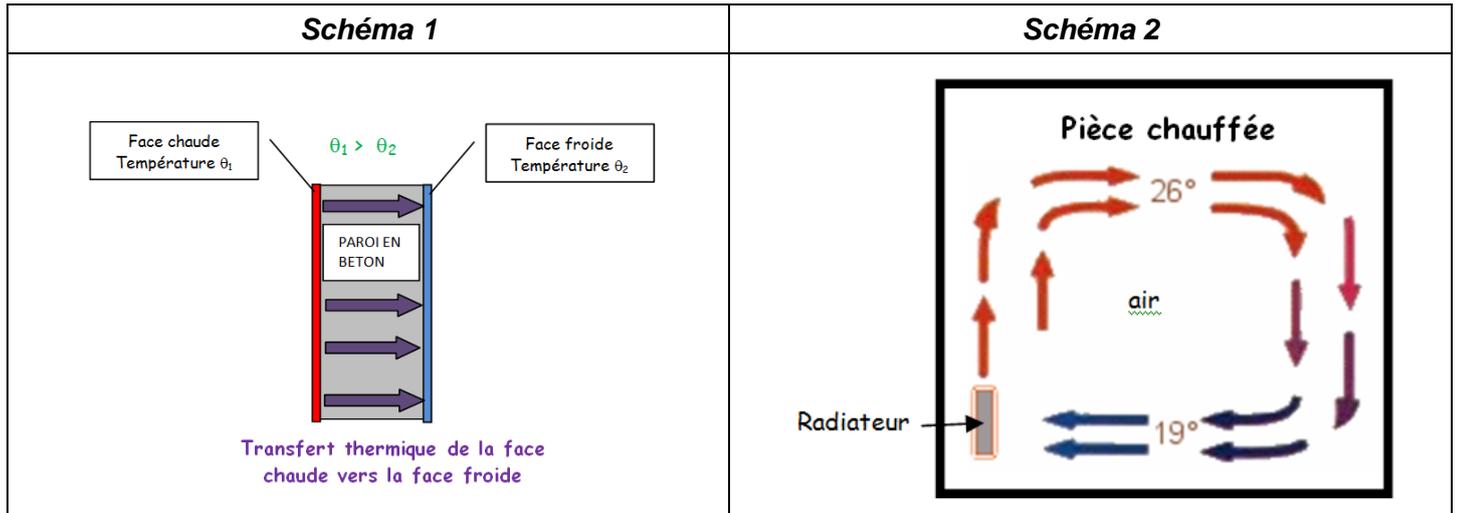
# Travail n°2 : Étude des transferts d'énergie au sein d'une habitation

## 1. Les trois types de transferts thermiques

### Document 1

Caractéristiques de transferts thermiques	
<b>A</b>	Transfert d'énergie qui existe pour tout corps. Il a lieu sans contact physique et correspond à de l'énergie électromagnétique.
<b>B</b>	Transfert d'énergie par contact dans un matériau ou à l'interface entre 2 milieux. Il a lieu lorsqu'une différence de température existe entre 2 régions d'un système. L'énergie des particules se communique de proche en proche.
<b>C</b>	Transfert d'énergie provoqué par le mouvement d'ensemble d'un fluide (liquide ou gaz). Il peut être naturel ou forcé.

### Document 2



### Document 3

Types de transferts thermiques	
1	Conduction
2	Convection
3	Rayonnement

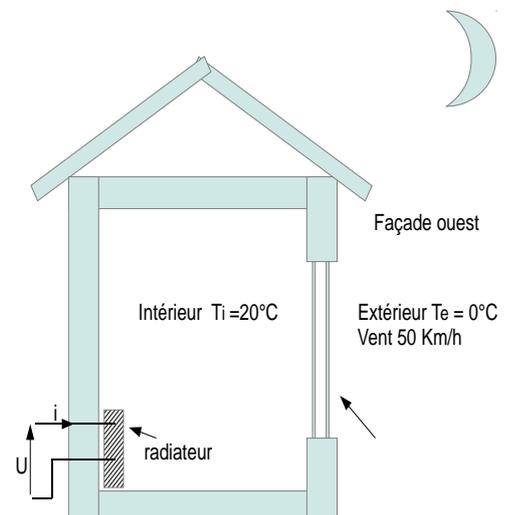
**Q 1 :** Associer à chacun des schémas 1 et 2 le type de transfert thermique illustré ainsi que les caractéristiques correspondantes.

Schéma	Types de transferts thermiques (1, 2 ou 3)	Caractéristiques de transferts thermiques (A, B ou C)
1		
2		

**Q2.** Les trois types de transferts thermiques sont mis en jeu au niveau des zones ou des équipements suivants d'une maison : murs extérieurs, toiture, vitres, radiateur électrique. Justifier les trois types de transferts thermiques pour les murs extérieurs et pour le radiateur électrique.

**Q3.** Proposer une expérience illustrant le transfert thermique par convection avec une bougie, deux thermomètres et un mètre.

**Q4.** En utilisant vos connaissances de première S (loi de Wien), expliquer pourquoi une caméra thermique illustre les transferts thermiques par rayonnement ?



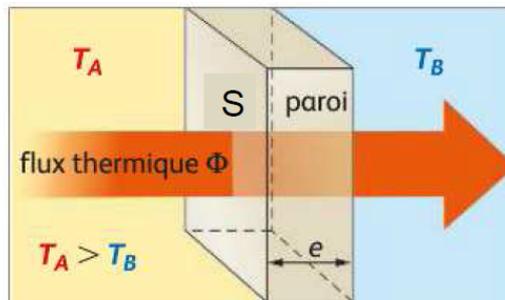
## 2. Conductivité thermique d'un matériau

**Q5. Expérience** : Réaliser l'expérience permettant de classer les métaux disponibles en fonction de leur conductivités thermiques.

Conductivité thermique				
$\lambda$ en $W.m^{-1}.K^{-1}$	80	120	237	368

❖ La conductivité thermique  $\lambda$  d'un matériau caractérise sa capacité à conduire la chaleur : plus la valeur de  $\lambda$  est faible, plus le matériau est isolant.

❖ Le flux thermique  $\Phi$  en W à travers une paroi de surface  $S$ , d'épaisseur  $e$ , constituée d'un seul matériau de conductivité  $\lambda$ , est proportionnel à la différence de température  $\Delta T$  entre les deux faces :  $\Phi = \frac{\lambda.S}{e} . \Delta T$ .



❖ Dans cette formule, la température s'exprime généralement en kelvins (K) : une différence de 1 K correspond à une différence de 1 °C. La conductivité  $\lambda$  du matériau constituant la paroi s'exprime donc en  $W.m^{-1}.K^{-1}$ .

**Doc 4**

**Q6.** Justifier l'unité de conductivité précisée dans le document 4.

### Document 5

Conductivité thermique	Béton plein	Bois de sapin	Paille	Laine minérale (laine de verre)	Plaque de plâtre BA13	Béton armé	Brique pleine
$\lambda$ en $W.m^{-1}.K^{-1}$	1,7	0,14	0,050	0,040	0,25	2,2	1,0

**Q7** . Classer les matériaux du document 5, utilisés dans le bâtiment, du moins isolant au plus isolant.

**Q8.** Comparons la conductivité thermique du carrelage à celle du bois.

a. En touchant le carrelage et le bois, indiquer lequel semble le plus froid.

b. À l'aide du thermomètre IR, mesurer leur température.

Vos doigts sont-ils de bons capteurs de température ?

c. Si un matériau paraît plus froid, c'est que le flux thermique du doigt vers le matériau est plus élevé. En utilisant la formule du document 4, comparer les conductivités thermiques du carrelage et du bois. Lequel est le meilleur isolant ?

## 3. Flux thermique à travers une paroi et résistance thermique

La résistance thermique  $R$  d'une paroi traduit la résistance aux transferts thermiques. Elle est liée au flux thermique  $\Phi$  en W à travers la paroi et à la différence de température  $\Delta T$  entre les 2 faces par :  $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{Th}}$ .

On définit également la résistance thermique **surfactive**  $R_s$ , telle que :  $R_{Th} = \frac{R_s}{S}$ . C'est la résistance thermique de la paroi pour une surface de 1 m<sup>2</sup>.

Le flux thermique  $\Phi$  s'écrit donc aussi :  $\Phi = \frac{S}{R_s} . \Delta T$  avec  $S$  la surface de la paroi.

Dans le cas d'une paroi constituée de plusieurs couches de matériaux différents, les résistances thermiques s'additionnent.

**Doc 6**

**Q9. A l'aide des documents 4 et 6 :**

a. Déterminer l'unité de la résistance thermique  $R_{th}$ .

b. Justifier la phrase suivante : « plus la valeur de la résistance thermique d'une paroi est grande, plus celle-ci est isolante. »

c. Pour une paroi constituée d'un seul matériau, établir l'expression de la résistance surfacique  $R_s$  en fonction de certaines caractéristiques de la paroi et du matériau.

**Q10.** Sur l'étiquette du matériau isolant ci-dessous, la valeur de la résistance thermique surfacique a été effacée. Retrouver cette valeur, sachant que la valeur de la conductivité thermique non arrondie est 0,03702 W/m.K ; les règles d'arrondi à respecter sont indiquées dans le document 7.

## Document 7

L'étiquette de chaque matériau isolant présente les caractéristiques générales du produit, les performances, le marquage CE et la certification : Les fabricants d'isolants préfèrent afficher les résistances thermiques

 <p>Nom ou marque distinctive Adresse déposée du fabricant 2 derniers chiffres de l'année d'apposition marquage CE N° certificat de conformité CE N° EN de cette norme produit Identité du produit</p> <p>Organisme notifié n° XXXXX</p> <p>code de désignation</p>			
Euroclasse <b>A2</b> S1d0	R m <sup>2</sup> .K/W <b>0,038</b>	λ, W/m.K <b>0,038</b>	épaisseur mm <b>50</b>
m <sup>2</sup> /colis <b>3,60</b>	pièces par colis <b>3</b>	longueur mm <b>1200</b>	largeur mm <b>1000</b>
<p><b>NOM PRODUIT</b> XXXXXXX</p> <p>N° contrôle + usine</p> 			
 <p>En option : profil d'usage ISOLE certifié</p>			
<p><b>AT CSTB N° XX/YY-ZZZZ</b></p> <p><b>Nom ou marque commerciale</b></p>			

surfaciques mais, pour simplifier, ils omettent le terme « surfacique » et les notent R, en m<sup>2</sup>.K/W

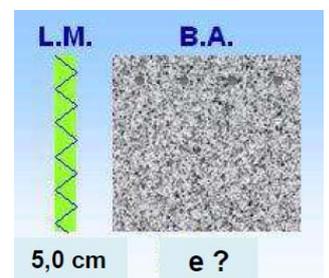
### Performances de l'isolant

La résistance thermique déclarée R et la conductivité thermique déclarée λ sont données en tant que valeurs limites représentant au moins 90 % de la production, avec un niveau de confiance de 90%.

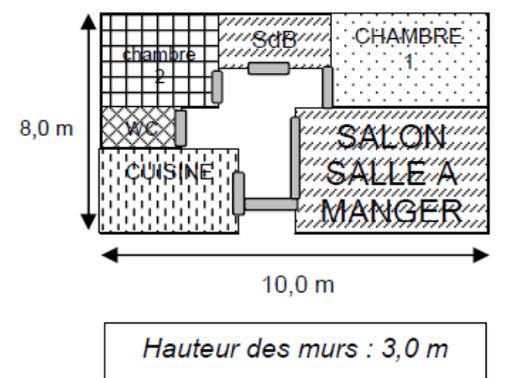
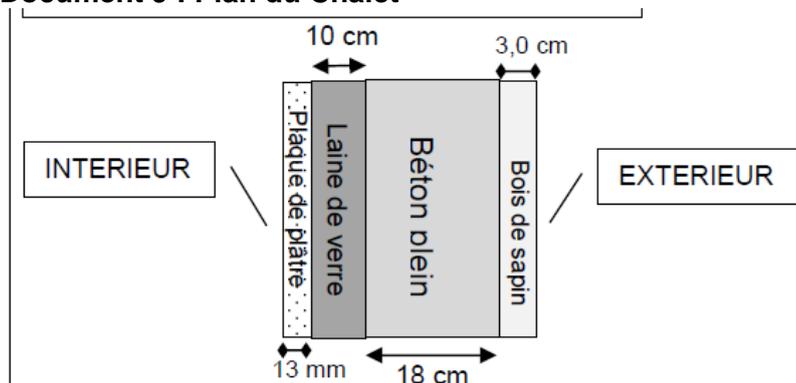
- La valeur de la conductivité thermique λ est arrondie à 0,001 W/(m.K) par excès et déclarée par pas de 0,001 W/(m.K).
- La résistance thermique R est calculée à partir de l'épaisseur nominale et de la conductivité thermique correspondante non arrondie. La valeur de la résistance thermique calculée est arrondie à 0,05m<sup>2</sup>.K/W par défaut. Elle est déclarée par pas de 0,05m<sup>2</sup>.K/W

Q11. Sur le document 8 ci-contre, e est l'épaisseur nécessaire pour qu'une paroi en béton armé (B.A.) présente les mêmes performances thermiques qu'une paroi idéale d'épaisseur 5,0 cm en laine minérale (L.M.).

A l'aide des documents, calculer la valeur de e et rédiger une argumentation concernant la phrase suivante, extraite d'une brochure sur l'isolation thermique : "Les matériaux lourds de maçonnerie ne constituent jamais une isolation acceptable."



## Document 9 : Plan du Chalet



Q12. A l'aide des différents documents, calculer la valeur du flux thermique par conduction, à travers les murs extérieurs du chalet auquel se rapporte le document 9, lorsque la température intérieure est de 18°C et la température extérieure de 0°C. Pour simplifier, on ne tiendra pas compte des surfaces des portes et des parois vitrées.

## Travail 3: le moteur Stirling Voir maquette et ENT (animation et vidéo)

Sur le schéma « technique », indiquer la source chaude, la source froide et l'endroit où est produit le travail mécanique.

- L'énergie interne du gaz varie-t-elle au cours de son fonctionnement en régime permanent ?
- Sur la chaîne énergétique du moteur, indiquer les transferts d'énergie ( $Q_{chaud}$ ,  $Q_{froid}$  et  $W$ )
- En régime permanent, trouver la relation entre  $Q_{chaud}$ ,  $Q_{froid}$  et  $W$  ? Quel principe et quelles constatations utilisez-vous pour écrire cette relation ?
- exprimer le rendement du moteur :  
 $r = \text{énergie utile reçue par l'utilisateur} / \text{énergie fournie}$

