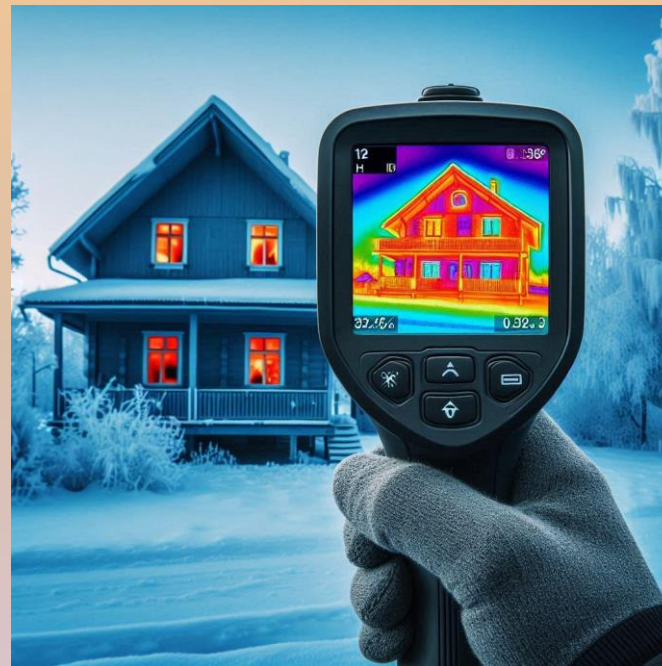


TP-Cours 12: Modes de transferts thermiques



Dans cette activité, vous travaillerez sur des ateliers différents pour mettre en avant plusieurs modes de transferts thermiques. A la suite de ces ateliers, vous mettrez en commun vos résultats pour analyser les pertes thermiques dans une habitation

Atelier 1 : Documents

Document 1 : Réel

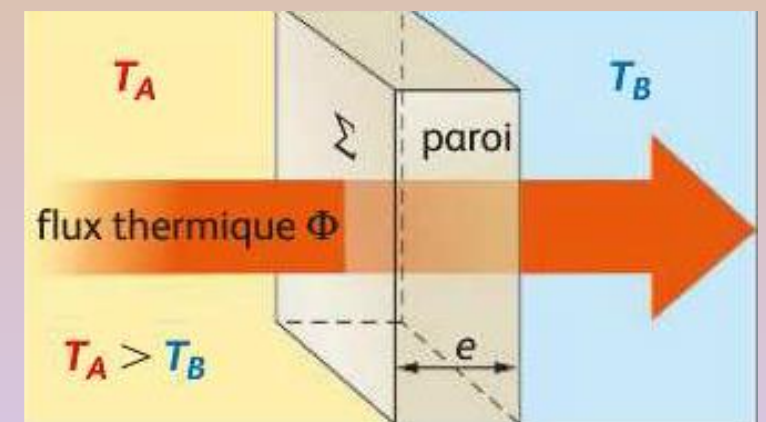
La conduction thermique est un mode de transfert thermique provoqué par une différence de température entre deux régions d'un même milieu, ou entre deux milieux en contact. Elle se réalise à l'intérieur de la matière et sans déplacement global de matière. La conduction thermique est le déplacement de l'énergie thermique des parties chaudes d'un système vers les parties froides. Elle peut s'interpréter comme la transmission de proche en proche de l'agitation thermique : un atome (ou une molécule) cède une partie de son énergie à l'atome voisin. C'est un phénomène irréversible.

Dans les solides, la conduction thermique est assurée conjointement par les électrons de conduction et par les vibrations des atomes. Pour caractériser la capacité d'un solide à « conduire » l'énergie, on définit une grandeur appelée conductivité thermique, en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Les métaux présentent une forte conductivité thermique. En effet, leur structure permet une conduction de l'énergie par les électrons de conduction, légers et extrêmement mobiles. C'est pourquoi il existe, dans les métaux, une corrélation presque parfaite entre la conductivité électrique et la conductivité thermique.

Document 2 : Modèle descriptif

La conductivité thermique λ d'un matériau caractérise sa capacité à conduire la chaleur : plus la valeur de λ est faible, plus le matériau est isolant. On peut également définir sa résistance thermique R qui caractérise sa capacité à s'opposer aux transferts de chaleur.

Le flux thermique Φ correspond à l'énergie qui traverse le matériau par seconde : il s'exprime donc en W. Le flux thermique s'effectuera toujours du milieu de plus haute température vers le milieu de plus basse température



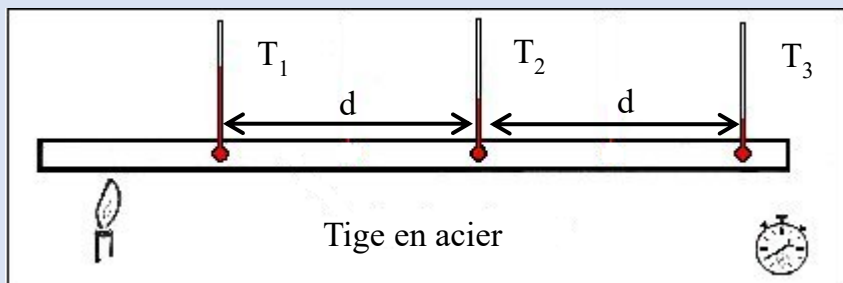
Document 3 : Modèle explicatif

Le flux thermique, par conduction à travers une paroi de surface S , d'épaisseur e , constituée d'un seul matériau de conductivité λ , est proportionnel à la différence de température $\Delta T = T_B - T_A$ entre les deux faces :

$$\Phi = \frac{\lambda \times S \times \Delta T}{e} \text{ ou encore } \Phi = \frac{\Delta T}{R} \text{ avec } R \text{ la résistance thermique : } R = \frac{e}{\lambda \times S}$$

Si la paroi possède plusieurs matériaux différents, la résistance totale est la somme des résistances de tous les matériaux. ATTENTION : ce n'est pas le cas pour la conductivité

Document 4 : Modélisation expérimentale



On fait chauffer l'extrémité d'une tige en acier à l'aide d'une bougie chauffe-plat. On dispose en 3 positions successives des sondes thermométriques séparées chacune d'une distance d . Les sondes sont maintenues contre la tige en acier à l'aide de papier aluminium. On mesure alors l'évolution de la température aux 3 endroits au cours du temps.

Atelier 1 : travail à réaliser

- Expliquer en une ou deux phrases ce qu'est la conduction thermique et donner un ou deux exemples de situations courantes au cours desquelles la conduction a lieu.
- Préparer l'expérience décrite dans le document 3. Faire valider votre montage avant d'allumer la bougie.
- Relever les valeurs des températures de chaque sonde, toutes les 30 secondes, pendant un dizaine de minutes.
- Tracer, sur un même graphique les courbes représentatives de l'évolution de la température dans la tige, en fonction du temps, pour les 3 thermomètres.
- Analyser et commenter le résultat obtenu en vous appuyant sur le réel
- A l'aide des documents, déterminer l'unité de la résistance thermique

Atelier 2 : Documents

Document 1 : Réel

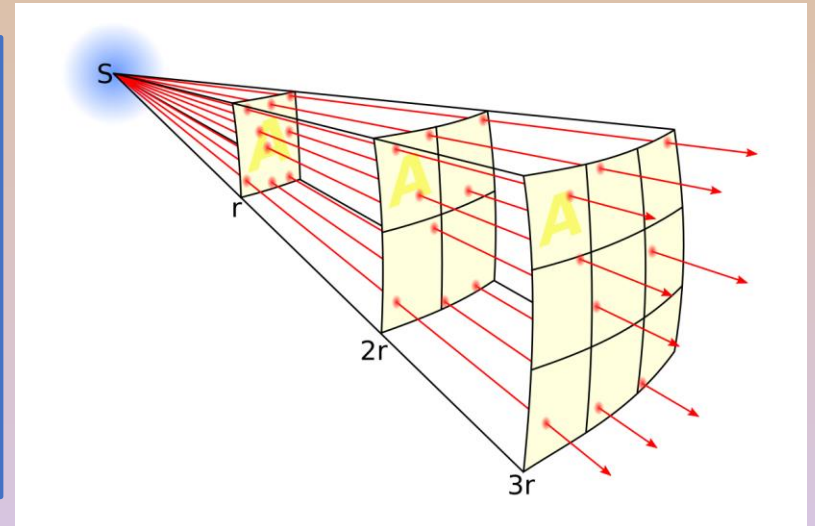
Le rayonnement thermique représente, avec la convection et la conduction, l'un des phénomènes physiques qui autorisent le transfert de chaleur. Son signe particulier : il ne nécessite pas la présence d'un milieu matériel intermédiaire et peut donc transporter de la chaleur à travers le vide. Ainsi, c'est grâce au rayonnement thermique que le Soleil nous transmet, presque instantanément, sa chaleur.

Le rayonnement thermique est dû à l'énergie des photons émis par un corps chaud. En effet, tout corps chaud émet de la lumière (visible ou invisible) qui résulte de la transition des électrons du corps entre deux états d'énergie.

Ainsi, un corps placé à une température donnée émet des ondes électromagnétiques de fréquences différentes. La répartition de ces fréquences et la quantité d'énergie émise dépendent de la température du corps. Plus celle-ci est élevée, plus le rayonnement thermique s'avère intense aux courtes longueurs d'onde (UV, bleu). Au contraire, plus la température du corps est basse, plus le rayonnement s'effectue à grande longueur d'onde (rouge, IR)

Document 2 : Modèle descriptif

Supposons un corps à la température T . Le flux thermique surfacique, noté φ est l'énergie fournie chaque seconde par ce corps à une surface d'un mètre carré. Ce flux dépend de deux paramètres principaux : l'émissivité ϵ du corps, c'est-à-dire sa capacité à émettre du rayonnement et la distance à laquelle on se trouve du corps. Par exemple une surface d'un mètre carré collée au Soleil ne recevra pas la même énergie que si elle se trouve à des millions de km du Soleil.



Document 3 : Modèle explicatif

Le flux thermique surfacique par rayonnement d'un corps chaud (par exemple le Soleil) s'exprime selon la loi de Stefan-Boltzmann : $\varphi = \varepsilon \times \sigma \times T^4$

En terminale, on met assez souvent de côté le rayonnement car son interprétation est difficile. En effet, imaginons que la paroi d'un matériau, de surface S , est éclairée par une source de rayonnement (par exemple un mur blanc éclairé par le Soleil). Alors sa température en surface augmente. La paroi devient donc un corps chaud, qui rayonne aussi. On se retrouve alors avec un nouveau phénomène de rayonnement à prendre en compte.

Pour simplifier on peut utiliser la loi phénoménologique de Newton qui dit que si la paroi est à la température T_p en contact avec l'air à la température T_A , le flux thermique Φ correspondant à l'énergie renvoyée chaque seconde par la paroi dépend de la différence de température ΔT : $\Phi = h_r \times S \times \Delta T$ où h_r est une constante liée au rayonnement (qui cache la loi de Stefan-Boltzmann)

Document 4 : Modélisation expérimentale du rayonnement

On dispose du matériel suivant :

- ◆ Une lampe de bureau
- ◆ 2 thermomètres, potence et pinces
- ◆ Un chronomètre

Atelier 2 : travail à réaliser

- Expliquer en une ou deux phrases ce qu'est le rayonnement thermique et donner un ou deux exemples de situations courantes au cours desquelles le rayonnement a lieu.
- Proposer un protocole simple permettant de mettre en évidence le flux thermique par rayonnement et que ce flux dépend de la distance à la source.
- Réaliser votre protocole en prenant des mesures pour pouvoir tracer des courbes dont vous définirez l'abscisse et l'ordonnée
- Tracer vos courbes sur un même graphique en les légendant.
- Analyse et commenter le résultat obtenu en vous appuyant sur le réel
- A l'aide du document 3, déterminer l'unité de h_r

Atelier 3 : Documents

Document 1 : Réel

La convection désigne l'ensemble des mouvements internes qui animent un fluide (gaz ou liquide) et qui impliquent alors le transport des propriétés ce fluide au cours de son déplacement. En thermodynamique, c'est le transport de l'énergie interne du fluide qui nous intéresse. Il permet de faciliter l'échange d'énergie entre une surface et un fluide mobile à son contact, ou au sein même d'un fluide. Il existe deux types de convection : la convection naturelle et la convection forcée.

La convection naturelle se produit lorsque la température du fluide n'est pas la même en tout point et génère un mouvement dans le fluide. Par exemple, lorsque la température d'un fluide contenu dans un récipient est plus élevée en bas qu'en haut, le fluide aura tendance à se mouvoir, des parties chaudes vers les parties froides. De tels déplacements sont par exemple à l'origine de certains phénomènes naturels (courants marins, remontées de magma...).

La convection forcée est quant à elle provoquée par une circulation artificielle (pompe, turbine) d'un fluide. Le transfert est plus rapide que dans le cas de convection naturelle. Le corps humain a par exemple son propre système de convection forcée, la circulation sanguine.

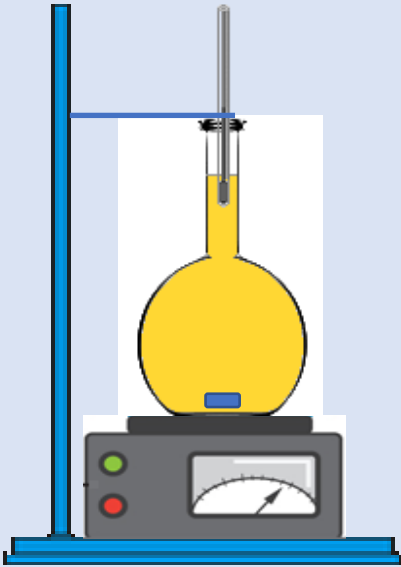
Document 2 : Modèle descriptif

Lorsqu'un fluide circule à proximité de la paroi d'un matériau, il peut se produire un flux thermique à travers la surface du matériau. Le flux thermique Φ correspond à l'énergie qui traverse la paroi par seconde : il s'exprime donc en W. Dans le cas de la convection, ce phénomène est dit superficiel, car il ne se produit qu'à la surface directe du matériau et non dans l'épaisseur de celui-ci. Le flux thermique par convection dépend de tout un tas de paramètres : l'état de la surface, sa matière, la vitesse du fluide... Tous ces paramètres sont regroupés dans une grandeur h_c appelée coefficient de convection

Document 3 : Modèle explicatif

Supposons un matériau dont la surface S est en contact avec un fluide en mouvement. La température du fluide, notée T_e , est initialement différente de celle de la paroi du matériau, noté T_p . Du fait du mouvement du fluide, de l'énergie pourra être échangée plus facilement entre le fluide et la paroi. Le flux thermique par convection dépend alors de la différence de température ΔT selon la relation : $\Phi = h_c \times S \times \Delta T$ où h_c est le coefficient de convection

Document 4 : Modélisation expérimentale de la convection



On fait préchauffer une plaque chauffante à thermostat moyen. On y pose alors une fiole jaugée remplie d'un fluide visqueux (huile) au fond duquel se trouve un peu d'eau coloré et un barreau aimanté. On place un thermomètre, juste à la surface du liquide. On peut alors mesurer l'évolution au cours du temps de la température à la surface du liquide contenu dans la fiole, à l'aide d'un chronomètre

On peut faire varier les conditions expérimentales en réalisant l'expérience d'abord sans agitation, puis avec agitation forte.

Atelier 2 : travail à réaliser

- Expliquer en une ou deux phrases ce qu'est le phénomène de convection et donner un ou deux exemples de situations courantes au cours desquelles la convection a lieu.
- Réaliser l'expérience du document 4 sans agitation et relever la température toutes les 30 secondes pendant 5 minutes.
- Reproduire l'expérience sous agitation forte en refroidissant auparavant la fiole sous un filet d'eau froide. (La température initiale doit être la même que dans la première expérience).
- Tracer sur un même graphique les courbes représentant l'évolution de la température en fonction du temps dans les 2 situations.
- Analyser et commenter le résultat obtenu en vous appuyant sur le réel
- A l'aide du document 3, déterminer l'unité de h_c

Etape 2 : Mise en commun et application

- ❑ Commencez par mettre en commun vos résultats avec les membres des autres groupes. Présentez le mode de transfert thermique étudié, ses particularités, l'expérience réalisée, les résultats obtenus et les conclusions.
- ❑ Rédiger alors un court bilan global (10-15 lignes max) dont le titre sera : modes de transferts thermique et flux thermique à travers une surface.
- ❑ Recopiez et complétez le tableau ci-dessous en indiquant les modes de transferts impliqués au niveau des zones suivantes d'une habitation. Précisez si possible les sources de transfert.

Localisation	Modes de transferts thermiques mis en jeu
Murs extérieurs	
Toiture	
Vitres	
Radiateur électrique	
Cheminée	

Conclusion : En hiver, ma maman disait souvent : « ferme la fenêtre, le froid va rentrer ! » Commenter cette phrase et expliquez la situation en terme de transferts thermiques

Pour les plus rapides : A partir de votre mise en commun et de toutes les informations ci-dessous, donner l'expression du flux thermique à travers les murs extérieurs du chalet et proposer des solutions raisonnablement envisageables pour limiter ce flux. Pour simplifier, on ne prendra pas en compte les portes et fenêtres dans les calculs.

Hauteur des murs : 3m

Température extérieure : 0°C

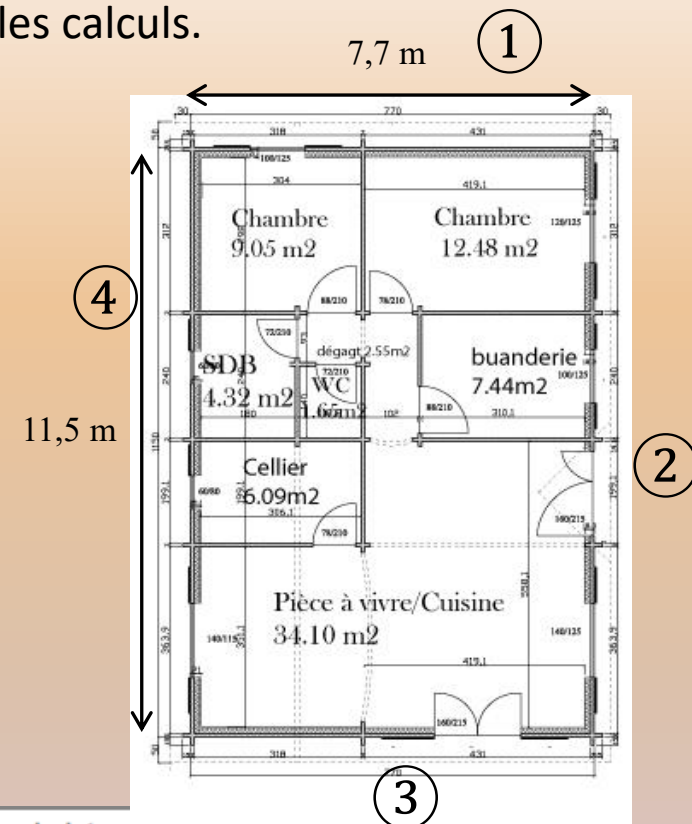
Température de la surface extérieure des murs : 4°C

Température de la surface intérieure des murs : 19°C

Température intérieure des pièces : 19°C

Coefficient de convection extérieur : 11 W.m⁻².K⁻¹

Coefficient de rayonnement extérieur : 2,3 W.m⁻².K⁻¹



Matériau	Béton plein	Bois de sapin	Laine de verre	Plaque de plâtre
Conductivité thermique λ en W.m ⁻¹ .K ⁻¹	1,7	0,14	0,040	0,25

