



⌚ 50 min

Matériel

- 1 radiateur ou 1 taque chauffante*
- 1 spirale en papier suspendue à une ficelle
- 1 bougie chauffe-plat (et 1 briquet*)
- 1 étoile de conduction
- 1 thermomètre laser
- 1 tableau de conduction des matériaux
- 1 radiomètre de Crookes
- 1 lampe de bureau et 1 ampoule
- 3 photos en infrarouge de bâtiment

* Non fourni(e) dans le matériel.

Objectifs

- Découvrir les 3 types de transfert de chaleur
- Récolter des informations par la recherche expérimentale, l'observation et la mesure

Lexique

- Convection
- Conduction
- Rayonnement/radiation

Note: les réponses attendues des élèves sont en italiques.

A. Les 3 types de transfert de chaleur

⌚ 35 min

La convection

⌚ 10 min



Les élèves observent une spirale de carton placée au-dessus d'une source de chaleur (radiateur ou taque chauffante).



Qu'observez-vous ?

- *La spirale se met à tourner au-dessus de la source de chaleur.*



Comment expliquer cela ?

- *La spirale est poussée par de l'air chaud qui monte. L'air chaud monte car il est moins dense que l'air froid. En effet, l'air chaud se dilate et prend davantage de place que l'air froid. Pour un même volume, il contient moins de matière.*



Vous êtes responsables de la construction d'un bâtiment. Allez-vous tenir compte du fait que de l'air chaud monte ?

- *Oui, en isolant bien les plafonds et le toit et en choisissant des châssis et vitrages performants car l'air chaud monte. Par conduction, un plafond, un toit mal isolé ou une fenêtre peuvent transférer la chaleur vers l'extérieur.*

Oui, en suggérant un chauffage par le sol.

Oui, en limitant la hauteur de plafond pour limiter le volume à chauffer.

La conduction

⌚ 15 min



Les élèves observent l'expérience avec la bougie et l'étoile de conduction*. Celle-ci est composée de 4 branches faites chacune d'un métal différent. Dans l'ordre, nous avons : cuivre, zinc, fer, aluminium. La bougie au centre est la source de chaleur commune aux 4 branches.

* Voir notice d'utilisation dans le matériel fourni.



Quel métal semble conduire le plus rapidement la chaleur ?

- *Le cuivre.*



Qui arrive en deuxième ?

- *L'aluminium.*



En troisième ?

- *Le zinc.*



En quatrième ?

- *Le fer.*





- Un élève mesure le temps nécessaire à la fusion des morceaux de paraffine*.

* Voir notice d'utilisation dans le matériel fourni.

Plus il faut du temps pour que la paraffine se mette à fondre, moins la propagation de la chaleur est rapide.

- Un élève prend des mesures rapides de température à différents endroits de la barre, à l'aide d'un thermomètre laser.

On observe que la chaleur s'est propagée sur une certaine distance et que, peu à peu, l'élévation de température se propage le long de la barre.

? Quel métal est le plus intéressant à utiliser ?

- On utilisera le cuivre là où la chaleur doit être transportée. Exemple : le cuivre a longtemps été utilisé pour les conduites de chauffage.

- Les élèves observent le tableau de conduction de différents matériaux.

Les métaux en bas de tableau sont bons conducteurs. À l'inverse, certains matériaux transportent très mal la chaleur.

? Quel est le point commun entre les matériaux du haut de tableau : polystyrène, paille, laine de verre, liège, laine ?

- Ils contiennent tous de l'air qui est très mauvais conducteur, toute matière qui en contient sera un bon isolant thermique !

Le rayonnement (ou radiation)

🕒 10 min

Lorsque vous vous placez face à un radiateur, vous sentez de la chaleur sur vous, qui semble se diriger horizontalement du radiateur vers votre corps. Ce n'est donc pas un mouvement de convection. Ce n'est pas non plus un transfert par conduction, puisque la chaleur ne se propage pas de proche en proche dans une matière. C'est ce qu'on appelle le rayonnement. Nous avons une agréable sensation de chaleur quand le soleil brille et, aussitôt qu'un nuage cache le soleil, nous avons une sensation de froid. Pourtant, l'air ambiant ne s'est pas refroidi en un clin d'œil ! Là aussi, c'est le rayonnement qui opère et est interrompu chaque fois que le soleil se cache derrière un nuage.



Les élèves observent comme les pales du radiomètre* se mettent à tourner au soleil, ou lorsqu'elles sont éclairées par une lampe.

* Voir notice d'utilisation dans le matériel fourni.

? Quelle couleur « recule » ?

- Le noir.

? Pourquoi ?

- Le noir absorbe plus la lumière que le blanc. Ensuite, la lumière est convertie en chaleur : les molécules d'air sont plus agitées du côté noir, et poussent la pale.

À proximité des pales peintes en noir, l'air est plus agité que l'air situé près du côté blanc des pales. Cette agitation des molécules d'air étant plus grande du côté noir, les molécules vont frapper la pale avec plus d'énergie que du côté blanc. Ceci engendre donc un mouvement de recul des faces noires. Le phénomène d'albédo explique l'influence des couleurs claires et sombres sur la chaleur de surface.



B.

Analyse de photos en infrarouge et liens avec les métiers de la construction

🕒 10 min



Après avoir expliqué le lien entre les couleurs de la caméra thermique et la température, les élèves analysent des clichés en infrarouge de bâtiments, comme le ferait un professionnel.

Plusieurs problèmes d'isolation sont identifiables : ponts thermiques, conduction thermique dans la brique au niveau des radiateurs, conduites d'eau chaude... Différents corps de métier peuvent intervenir pour éviter (en amont) ou résoudre (en aval) ces problèmes.

❓ Quels sont les éventuels problèmes que tu peux constater ?

👷 Qui (quel métier) peut résoudre ces problèmes ?

1.



- Si on considère qu'il y a la même température dans chaque maison, la maison de gauche est mieux isolée : les murs et le toit apparaissent plus froids.
- Couvreur pour l'isolation du toit, maçon pour l'isolation des murs.

2.



- La brique est clairement plus chaude sous la fenêtre. Présence d'un radiateur probable.
- Maçon pour l'isolation des murs, chauffagiste pour l'isolation des conduites.

3.



- 4 zones rectangulaires sont nettement plus chaudes sous les fenêtres. Ceci est dû à des radiateurs. Pose de réflecteurs thermiques conseillée pour limiter le rayonnement vers les murs. Une « ligne » verticale apparaît également. Il s'agit ici d'une conduite d'eau chaude non isolée.
- Maçon pour l'isolation des murs, chauffagiste pour l'isolation des conduites, chauffagiste ou particulier pour la pose des réflecteurs thermiques.

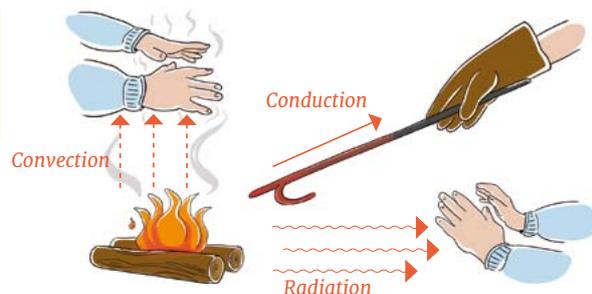
C.

Synthèse

🕒 5 min



Les élèves observent le schéma récapitulatif ci-dessous et écrivent individuellement la définition de chaque type de transfert de chaleur.



A. Les 3 types de transfert de chaleur

La convection



Suspends une spirale de carton au-dessus d'une source de chaleur (radiateur ou plaque chauffante). Observe la spirale.



Qu'observes-tu ?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Comment expliquer cela ?



.....

.....

.....

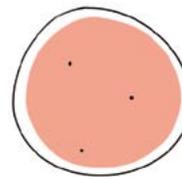
.....

.....

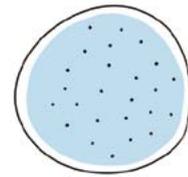
.....

.....

.....



air chaud



air froid

L'air chaud se dilate et prend davantage de place que l'air froid. Pour un même volume, il contient donc moins de matière, il est moins dense que l'air froid. L'air chaud moins dense monte tandis que l'air froid plus dense descend. Il y a ainsi un transport de matière (ici, de l'air).

Applications :

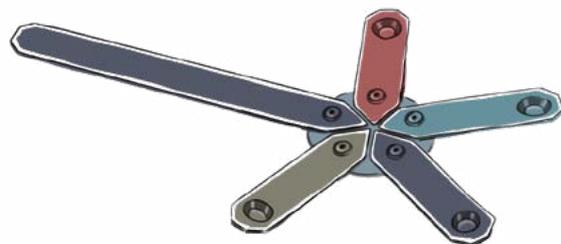
L'air chaud au voisinage du radiateur se déplaçant vers le haut, il ne réchauffe pas directement le sol de l'habitation.

- Par contre, l'air chaud va ainsi atteindre les vitres, plafonds et toits qui doivent être conçus de manière à limiter le transfert thermique à l'extérieur.
- Le chauffage par le sol est intéressant car la chaleur est uniformément distribuée.
- Des plafonds bas permettent de consommer moins pour chauffer une pièce.

La conduction



Réalise l'expérience avec la bougie et l'étoile de conduction. Celle-ci est composée de 4 branches faites chacune d'un métal différent : cuivre, zinc, fer, aluminium.



La chaleur se propage de proche en proche le long des tiges sans transport de matière. Ce transport de chaleur est dû à une différence de température entre les extrémités de la barre. On parle de conduction de chaleur (le chaud va vers le froid).



Utilise un chronomètre pour mesurer le temps nécessaire à la fusion des morceaux de paraffine.

? Quel métal semble conduire le plus rapidement la chaleur ?

→

? Qui arrive en deuxième position ?

→

? Qui arrive en troisième position ?

→

? Qui arrive en quatrième position ?

→



Utilise le thermomètre laser pour mesurer les températures à la surface de ces métaux durant l'expérience.

? Quel métal va-t-on utiliser pour favoriser la conduction thermique ?

→

? Où va-t-on le retrouver dans un bâtiment ?

→

.....

À l'inverse, certains matériaux conduisent très mal la chaleur. Observe le tableau de conduction. Les matériaux en bas de tableau sont bons conducteurs tandis que ceux du haut du tableau sont mauvais conducteurs.

? Quel est le point commun entre les matériaux du haut de tableau : polystyrène, paille, laine de verre, liège, laine ?

→ Ils contiennent tous qui est très mauvais, toute matière qui en contient sera un bon thermique !

Le rayonnement (ou radiation)



Lorsque tu te places face à un radiateur, tu sens de la chaleur. Cette chaleur semble se diriger horizontalement du radiateur vers toi. Ce n'est donc pas un mouvement ascensionnel de convection. Ce n'est pas non plus un transfert par conduction, puisque la chaleur ne se propage pas de proche en proche dans une matière. C'est ce qu'on appelle le rayonnement.

À température ambiante, les corps émettent tous des radiations, surtout dans l'infrarouge. Le verre absorbe l'infrarouge et réémet l'énergie des deux côtés de la vitre. La chaleur réémise sur la face intérieure est conservée, mais celle réémise sur la face extérieure est perdue.



Observe comme les pales du radiomètre se mettent à tourner au soleil, ou lorsqu'elles sont éclairées par une lampe.



Quelle couleur « recule » ?

→



Pourquoi ?

→
.....
.....
.....
.....

B.

Analyse de photos en infrarouge et liens avec les métiers de la construction



Observe des photos prises en infrarouge de plusieurs bâtiments. Identifie et note les éventuels problèmes que tu peux constater.

1.



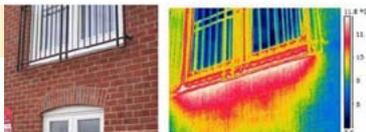
→
.....
.....



Qui (quel métier) peut résoudre ces problèmes ?

→
.....

2.



→



Qui (quel métier) peut résoudre ces problèmes ?

→
.....

3.



→
.....
.....

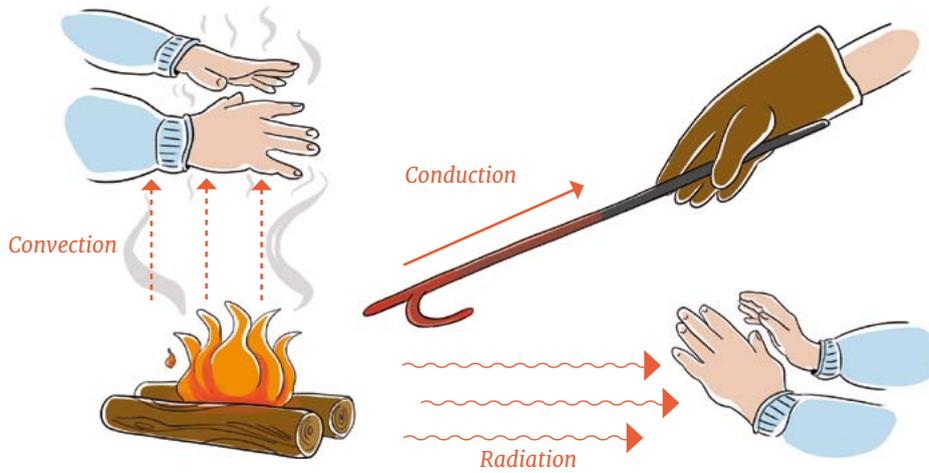


Qui (quel métier) peut résoudre ces problèmes ?

→
.....

C. Synthèse

Observe le schéma ci-dessous. Il reprend les différents types de transfert de chaleur. Définis en une phrase chaque type de transfert.



→ Convection :

.....

.....

.....

.....

→ Conduction :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

→ Radiation :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

A. Les 3 types de transfert de chaleur

La convection

Lorsque nous enclenchons une source de chaleur (un radiateur ou une taque chauffante, par exemple), nous sentons de l'air chaud qui s'élève au-dessus de l'appareil. Pour comprendre ce qui se passe, il nous faut examiner l'air à l'échelle microscopique (au niveau des molécules du gaz). L'air est constitué de différents gaz (azote et oxygène principalement). Nous savons que, lorsqu'on chauffe une matière (qu'elle soit solide, liquide ou gazeuse), l'agitation des molécules qui la composent augmente. Cette agitation crée un plus grand désordre : la matière se détend et occupe un volume plus grand.

À volumes égaux, il y a donc moins de matière dans de l'air chaud que dans de l'air froid. Nous dirons que l'air chaud est moins dense que l'air froid. Étant moins dense, l'air chaud monte tandis que l'air froid descend.

La convection est donc un transfert de chaleur avec transport de matière (ici, l'air).

La conduction

La conduction caractérise l'efficacité avec laquelle un corps va transporter la chaleur de proche en proche, d'une source chaude vers une source froide. Ici aussi, nous devons passer au niveau microscopique pour comprendre le phénomène : dans une barre de fer, par exemple, si une zone est plus chaude, cela signifie que les atomes sont plus agités. Cette agitation va se transmettre de proche en proche, plus ou moins facilement selon le matériau, de la source chaude vers la source froide. Ainsi, dans un métal, cette transmission est plutôt rapide alors que dans le bois, par exemple, elle est plus lente.

La conductivité thermique mesure la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. La conductivité thermique dépend de la conductibilité du matériau, de la surface, de l'épaisseur de la plaque et de la différence de température entre les surfaces. Elle se mesure en watts par mètre et par degré kelvin ; son symbole est λ .

Matériaux	Conductivité thermique (λ) à 20°C
Air	0,0262
Polystyrène expansé	0,036
Paille	0,04
Laine de verre	0,04
Liège	0,04
Laine	0,05
Contreplaqué	0,11
Eau	0,6
Terre sèche	0,75
Brique	0,84
Verre	1,2
Acier	46
Fer	80
Zinc	115
Aluminium	237
Cuivre	400

La conduction thermique est donc un transfert de chaleur de proche en proche, sans transport de matière, et provoquée par une différence de température entre les extrémités du matériau.

Le rayonnement (ou radiation)

Contrairement à la convection et à la conduction, le rayonnement n'a pas besoin de matière pour transmettre de la chaleur. Les corps émettent tous des rayonnements. Aux températures proches de la température ambiante, ils émettent surtout dans l'infrarouge lointain, appelé aussi infrarouge thermique. Le soleil très chaud émet surtout dans le spectre visible (50%), 45% dans l'infrarouge et 5% dans l'ultraviolet.

Le verre est capable de transmettre le rayonnement visible et le proche infrarouge. Il est donc transparent. Par contre, il absorbe pratiquement toute la lumière de l'infrarouge thermique: le verre est donc opaque pour l'infrarouge. Cela veut dire qu'il absorbe la chaleur de la pièce et la réémet des deux côtés. Une partie de la chaleur absorbée par la vitre est réémise dans la pièce et l'autre est réémise à l'extérieur, ce qui entraîne un refroidissement de la pièce.

Le rayonnement se fait essentiellement par des ondes électromagnétiques venant d'une source comme le soleil. Les objets ont un taux d'émission d'énergie proportionnel à la quatrième puissance de leur température exprimée en degrés kelvin.

L'albédo

Lorsqu'on éclaire une surface blanche, environ 90% de la lumière rebondit. Seuls quelques 10% sont absorbés et convertis en chaleur. Sur une surface noire, la proportion est inversée: 90% environ sont absorbés et convertis en chaleur alors que 10% au mieux sont réfléchis.

Une attention particulière est portée à la couleur des matériaux dans les pays du sud de l'Europe: les maisons sont blanches. Sur un panneau solaire thermique, par contre, les tubes dans lesquels circule le fluide sont noirs.

B. Applications des transferts de chaleur

→ Dans un bâtiment, une attention toute particulière doit être portée aux plafonds: on favorisera les plafonds (ou faux-plafonds) bas, et ceux-ci devront être le mieux isolés possible car la chaleur monte par convection.

→ Un matériau devra être dimensionné en tenant compte de sa capacité à se détendre à la chaleur, et à se contracter lorsqu'il fait froid. Pensons aux murs en béton d'une haute tour: la face exposée au sud sera plus chaude que celle exposée au nord et il faut prévoir des joints pour compenser les différences de dilatation thermique.