

LP 14 – Transferts thermiques

Manon LECONTE - ENS de Lyon

Dernière mise à jour : 23 juin 2020

Merci à Lucile Bridou, Guillaume Laibe et Joachim Galiana pour leur précieuse aide.

Mots-clé : transfert thermique, rayonnement, conduction, convection, flux thermique, résistance thermique, conservation de l'énergie.

Niveau : TS

Pré-requis :

- Passage du microscopique au macroscopique [TS]
- Energie interne (définition, expression pour une phase condensée) [TS]
- Energie mécanique et travaux des forces (théorème de l'énergie mécanique) [TS]
- Définitions de fluide et de phase condensée [2^{de}]
- Ondes électromagnétiques (propagation) [TS]
- Energie et puissance [1S]

Bibliographie :

- Taillet, *Dictionnaire de physique*
- *Physique-chimie TS - Enseignement spécifique*, Hachette éducation
- *Physique-chimie TS - Enseignement spécifique*, Micromega

Plan proposé

I - Les différents modes de transferts thermiques	1
A/ Rayonnement	2
B/ Conduction	2
C/ Convection	2
II - Bilans énergétiques	3
A/ Flux thermique et résistance thermique	3
B/ Conservation de l'énergie	3

Introduction pédagogique

Le cours se situe dans la séquence "Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques". Un premier cours a permis d'introduire l'énergie interne et le lien avec l'énergie macroscopique d'un système. L'expression de la variation d'énergie interne pour une phase condensée a également été introduite.

<p>Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques Notions de système et d'énergie interne. Interprétation microscopique.</p>	<p>Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques.</p>
<p>Capacité thermique.</p>	<p>Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.</p>
<p>Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement. Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité.</p>	<p>Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique. Exploiter la relation entre le flux thermique à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces.</p>
<p>Bilans d'énergie.</p>	<p>Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.</p>

Difficultés :

- faire la différence entre transfert thermique, température et énergie ;
- discerner les différents modes de transfert thermique ;
- faire la différence entre température élevée et sensation de chaud, de même pour température basse et sensation de froid ;
- prédire le sens des flux thermiques.

Exemples de TD : identifier les modes de transferts thermiques entre différents objets, déterminer la température finale d'un système à l'aide d'un bilan d'énergie.

Exemples de TP : calorimétrie.

Introduction

Vous êtes-vous déjà demandé pourquoi le Soleil, si loin de la Terre, peut nous réchauffer, pourquoi un sol en carrelage semble plus froid que s'il était en parquet. Et enfin, comment peut-on isoler une maison pour ne pas avoir froid en hiver ni chaud en été ?

Tous ces phénomènes sont dus à des transferts d'énergie, appelés **transferts thermiques**.

- Objectifs** – Reconnaître un mode de transfert thermique.
Établir un bilan d'énergie faisant intervenir transfert thermique et travail.

I - Les différents modes de transferts thermiques

Il existe trois modes de transferts thermiques.

A/ Rayonnement

Définition – Rayonnement : transfert thermique émis sous forme d'une onde électromagnétique par tout corps de température non nulle ($T \neq 0$ K).

Puisque les ondes électromagnétiques peuvent se propager dans le vide, ce mode de transfert thermique ne nécessite pas de milieu matériel, contrairement aux deux autres. Cela explique ainsi pourquoi le Soleil pour nous réchauffer alors qu'il est si éloigné et dans le vide spatial. Le corps humain peut également rayonner de l'énergie thermique. C'est ainsi que l'on peut repérer un individu à l'aide d'une caméra thermique.

B/ Conduction

Définition – Conduction : transport d'énergie interne de proche en proche, sans déplacement global de matière.

Ce transfert thermique est permis par l'**agitation thermique** des atomes constitutifs de la matière et se retrouve essentiellement pour les **phases condensées**. Si la température n'est pas homogène dans le matériau, les atomes dans les zones de plus haute température vibrent davantage que ceux dans les zones de plus basse température, sans changer globalement de place. Ils communiquent alors leur énergie thermique à leurs voisins. On voit alors que le transfert par conduction se fait **des zones de plus haute température vers celles de plus basse température**.

| **Vidéo** – Conduction dans une barre métallique (regarder jusqu'à 6').

Chaque matériau conduit différemment la chaleur. Le carrelage en grès est 10 fois plus conducteur thermique que le bois. C'est pourquoi si on prend du carrelage et du bois à la même température, le premier donne l'impression d'être froid au toucher, mais pas le second. Les termes "chaud" et "froid" réfèrent à des sensations et non à des valeurs de températures.

C/ Convection

Si la conduction a essentiellement lieu dans les phases condensées, la convection ne peut se faire que dans les **fluides**.

Définition – Convection : transport d'énergie interne s'accompagnant du déplacement macroscopique du fluide.

Si on chauffe un béccher rempli d'huile par le bas, l'huile au fond va s'échauffer par rayonnement. Elle va alors se trouver moins dense que l'huile en haut du béccher. Elle va donc s'élever à la surface. Arrivée en haut, elle se refroidit au contact de l'air ambiant et devient plus dense. Elle retombe alors au fond du béccher. Ce mouvement cyclique forme des rouleaux de convection et permet de modéliser le mouvement des plaques tectoniques.

| Vidéo – Convection dans un b cher chauffé par une bougie.

II - Bilans  nerg tiques

A/ Flux thermique et résistance thermique

On peut exprimer le **flux thermique**   travers une paroi. Il s'agit de la puissance thermique qui la traverse :

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \quad (1)$$

où Q est le transfert thermique dans la paroi pendant le temps Δt . Q est un transfert d'énergie et donc homogène à un travail : il s'exprime en joules (J).

Le flux thermique est toujours **dirigé des zones de plus haute température vers celles de plus basse température**. Il s'agit d'un processus **irréversible** : on ne peut retrouver spontanément l'état initial (ex :  volution de la température dans la barre chauffée).

Si le transfert thermique en jeu est la conduction, on peut exprimer le flux thermique en fonction de la différence de température $T_1 - T_2$ des deux côtés de la paroi (  condition qu'elles soient constantes au cours du temps) :

$$\Phi = \frac{|T_1 - T_2|}{R_{th}} \quad (2)$$

où R_{th} est la **résistance thermique** de la paroi. Plus elle est grande, plus le flux thermique est faible et donc meilleur isolant est le matériau. En maximisant la résistance thermique des murs d'une maison, on peut l'isoler convenablement pour ne pas sentir les variations de température de l'extérieur.

B/ Conservation de l'énergie

La conservation de l'énergie d'un système se traduit par l'expression :

$$\Delta U + \Delta E_m = Q + W \quad (3)$$

On reconnaît l'énergie interne U , l'énergie mécanique E_m . Q représente le transfert thermique et W les travaux s'exerant sur le système.

On peut effectuer des bilans d'énergie pour déterminer l'état final d'un système après qu'il ait subi des transferts thermiques et des travaux.

Démarche à suivre

1. Définir le système ;
2. Déterminer les différents transferts énergétiques (transferts thermiques et travaux) entre le système et l'extérieur ;

3. Déterminer le sens des transferts énergétiques pour en déduire le signe de Q ou W : si le transfert se fait de l'extérieur vers le système (reçu), il est positif. Sinon, il est négatif (fourni).

Exemple – Capsule spatiale entrant dans l'atmosphère (**Source** : Hachette (p. 359)).

Conclusion

Les transferts thermiques peuvent se faire selon trois modes : par rayonnement (émission d'une onde électromagnétique) quel que soit le corps, par conduction pour les phases condensées (transfert de proche en proche) et par convection pour les fluides (accompagné d'un transport macroscopique de matière).

La considération de l'énergie interne et des transferts thermiques permet d'obtenir une relation de conservation de l'énergie valable quel que soit le système. Elle peut ainsi être utilisée pour établir des bilans d'énergie.