

Comprendre : lois et modèles / Energie, matière et rayonnement

TRANSFERTS D'ÉNERGIE

Document 1 : Entre un corps et un autre plus froid, il peut se produire un *transfert thermique* (que le physicien note Q et exprime en joules (J)) : le corps froid reçoit de l'énergie tandis que le corps chaud en cède. Les transferts thermiques se font dans un sens *privilegié, spontané et irréversible* : du corps chaud vers le corps froid.

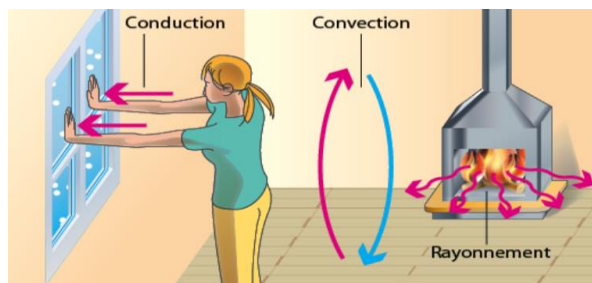
Les transferts thermiques s'effectuent de 3 façons :

- par conduction c'est-à-dire par transfert de proche en proche d'une partie de l'énergie microscopique des atomes due à l'agitation thermique, mais SANS transport de matière ;
- par convection c'est-à-dire par déplacement de matière dans un fluide ;
- par rayonnement : en effet tout corps de température non nulle, c'est à dire supérieure à 0 K , émet un rayonnement électromagnétique.

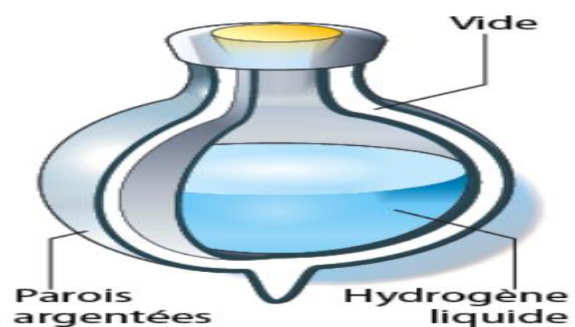
Pour la science n°319, mai 2004

Document 2 : Cherchant comment conserver à basse température des gaz liquéfiés, le français Arsonval eut l'idée le premier vers 1888 d'utiliser le vide comme isolant. Le vase qu'il réalisa était constitué de deux vases en verre entrant l'un dans l'autre soudés par leurs bords supérieurs et entre lequel régnait un vide poussé.

Vers 1893 le britannique Dewar l'améliore en utilisant des parois argentées : il conserva alors l'hydrogène liquide à -252 °C .

Dessin document 1

Trois modes de transfert thermique.

Dessin document 2

1. Dans quel état de la matière le parcours d'une entité chimique entre deux chocs successifs est-il le plus grand devant la taille de l'entité ? Dans quel état de la matière les molécules, atomes ou ions, vibrent autour de leur position d'équilibre ?
2. Les flèches du dessin du document 1 illustrent le sens des transferts thermiques : justifier.
3. Quel est l'intérêt de placer un vide poussé entre les deux vases en verre ?
4. En quoi l'innovation de Dewar limite-t-elle les transferts thermiques ?
5. En quoi les transferts thermiques tendent-ils à homogénéiser les températures ? Citer quelques conséquences désagréables...

Document 3 : Une barre cylindrique en aluminium est chauffée à l'une de ses extrémités par un fer à souder.

L'extrémité inférieure plonge dans un fluide maintenu à $T = 0^\circ\text{C}$.

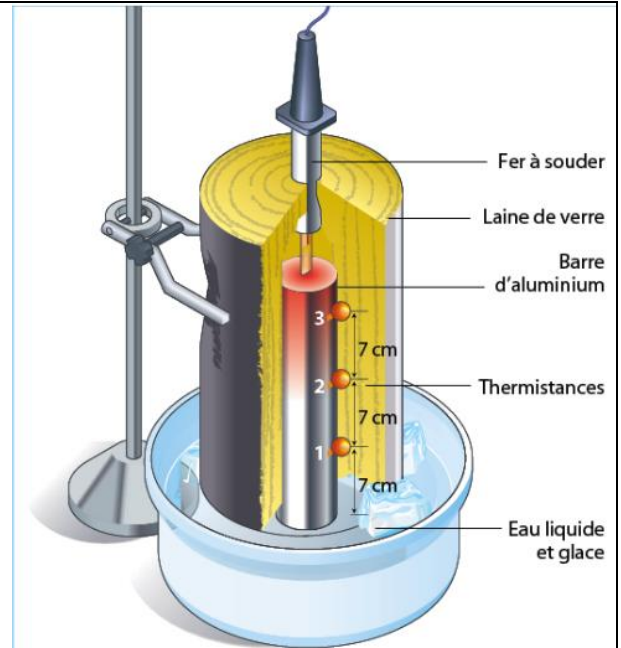
Trois capteurs de température (thermistances) sont disposés de long en long de la barre comme le montre le schéma.

L'ensemble est *isolé thermiquement* par de la laine de verre (matériau constitué principalement...d'air !).

On note T_i la température relevée au point i lorsque sa valeur est stabilisée (on parle de régime stationnaire).

On a alors $T_3 = 111,8^\circ\text{C}$, $T_2 = 74,2^\circ\text{C}$ et $T_1 = 37,0^\circ\text{C}$

On note $P = 40\text{ W}$ la puissance électrique dissipée par effet joule dans le fer à souder.



Document 4 : Si on note Q l'énergie du transfert thermique à travers une surface alors le flux thermique ϕ est cette énergie transférée Q pendant la durée Δt à travers cette surface.

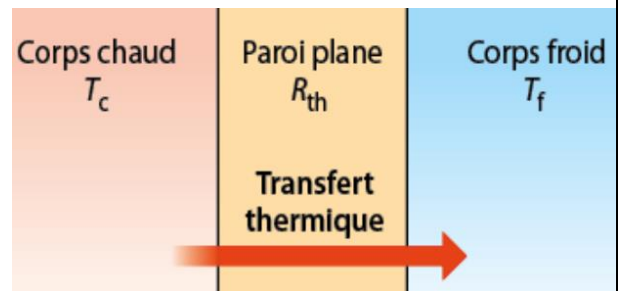
La résistance thermique R_{th} est définie par
$$R_{th} = \frac{T_c - T_f}{\phi}$$

avec les notations du dessin ci-contre.

Plus la *conductivité thermique* λ d'un matériau est grande, meilleure est sa faculté de transmettre l'énergie Q .

Ainsi si on note e l'épaisseur d'une paroi de surface S alors

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$$



6. Quel est l'intérêt de l'air dans la laine de verre ?
7. Que signifie « isolé thermiquement » ? Cette affirmation est-elle critiquable ?
8. De quelles natures sont les transferts thermiques entre le fer à souder et la barre ? Entre la barre et la laine de verre ? entre la barre et l'eau ?
9. Etablir la relation entre énergie Q , flux thermique ϕ et durée Δt : donner les unités.
10. Même question concernant les unités de la relation entre résistance thermique R_{th} , flux thermique ϕ et différence de température $T_c - T_f$.
11. Pourquoi une paroi de forte R_{th} est-elle un bon isolant thermique ?
12. En régime stationnaire quelle est l'hypothèse qui permet de considérer que le flux thermique ϕ est égal à la puissance électrique P ?
13. Calculer la résistance thermique R_{th} pour une hauteur de 7 cm, de 14 cm et enfin de 21 cm.
14. Commenter la toute dernière relation donnant R_{th} en considérant un paramètre variable et les deux autres fixes : donner les unités.

Document 5 : L'énergie interne U en joule (J) d'un système macroscopique est égale à la somme de :
 - l'énergie cinétique *microscopique* des entités élémentaires constituant le système qui sont en mouvement du fait de leur agitation thermique,
 - l'énergie potentielle *microscopique* des entités élémentaires: interactions gravitationnelles et électromagnétiques entre les entités élémentaires du système. Les liaisons hydrogènes en sont un exemple mais aussi les liaisons entre atomes dans une molécule, entre ions dans un cristal ionique ou un fluide...

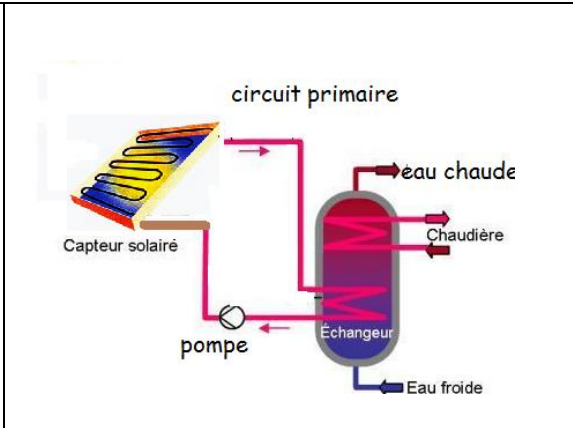
L'énergie totale E_{tot} d'un système est alors égale à la somme de:
 - l'énergie mécanique macroscopique E_m du système
 - l'énergie interne U

Document 6 : La variation d'énergie interne d'un système ΔU est la conséquence d'échanges d'énergie avec l'extérieur par travail W et/ou par transfert thermique Q : les quantités sont comptés positivement si le système les reçoit, négativement si il les cède à l'extérieur.

Pour un corps de masse m pris dans un état condensé (solide ou liquide), passant de la température T_i à T_f , sa variation d'énergie interne ΔU est donnée par la relation $\Delta U = m.c.\Delta T = m.c.(T_f - T_i)$ ou bien encore $\Delta U = C.\Delta T = C.(T_f - T_i)$ où la constante c est la capacité thermique massique.

Document 7 : Pour établir un bilan énergétique il faut :
 - définir le système macroscopique étudié,
 - relever la nature des transferts énergétiques entre ce système et l'extérieur : par travail W et/ou par transfert thermique Q ,
 - repérer le sens de ces transferts et leur attribuer un signe (+) si le système reçoit (flèche entrante sur le schéma) ou un signe (-) si le système perd de l'énergie (flèche sortante sur le schéma).

Document 8 :
 Un chauffe- eau solaire est constitué d'un capteur solaire qui convertit le rayonnement du soleil en énergie. Cette énergie est communiquée à l'eau d'un circuit primaire. L'eau du circuit primaire est mise en mouvement par une pompe. Elle est envoyée dans le ballon de stockage qui contient de l'eau qui est ainsi réchauffée via un échangeur.
 L'eau circulant dans le circuit primaire utilise la puissance solaire reçue de $2,2 \cdot 10^3$ W, pour chauffer les 200 L d'eau du ballon.
 En une heure l'eau du ballon passe de 15°C à 22°C .
 On indique que $c = 4,2 \cdot 10^3$ USI.



15. Ecrire la relation entre E_{tot} , E_m et U à un instant donnée; que devient la relation si ces termes varient ? Que devient alors cette relation si, dans le cadre du programme de TS, on considère l'énergie mécanique macroscopique E_m constante ?
16. Quelle est la relation entre ΔU , W et Q ?
17. Donner les unités dans la relation liant ΔU à c . Quelle est la relation entre c et C , l'unité de C et son nom ?
18. Définir le bilan énergétique pour le système : capteur solaire puis eau du circuit primaire puis eau du ballon.
19. Le système étant l'eau du circuit primaire, en une heure, calculer l'énergie reçue du rayonnement solaire, la variation d'énergie interne.
20. En déduire le rendement du circuit primaire et conclure.