TRANSFERTS D'ÉNERGIE THERMIQUE

1/ ÉNERGIE INTERNE « U » D'UN SYSTÈME :

a - Origine microscopique de l'énergie interne :

L'énergie totale d'un système* se décompose en :

- Energies macroscopiques :
  - énergie cinétique du système s'il est en mouvement ($Ec = ½ m.v^2$)
  - énergies potentielles du système en interaction avec son environnement ($E_{pp} = m.g.z$; $E_{pe} = ½ k.\Delta l^2$)
- Energies microscopiques:
  - énergie cinétique microscopique liée à l'agitation désordonnée des entités du système.
  - énergies potentielles d'interaction liées à la distance entre les entités.

Si un système est immobile ou que son mouvement n'est pas modifié, ses énergies macroscopiques restent constantes mais son énergie interne (somme des énergies microscopiques) peut varier s'il reçoit ou perd de l'énergie thermique ou de rayonnement.

On appelle **énergie interne « U »** l'énergie qu'un système peut stocker sans qu'il y ait modification de son mouvement et de son altitude. **L'énergie interne d'un système est la somme de toutes les énergies microscopiques liées à sa structure à l'échelle moléculaire, atomique et nucléaire** : $U = \Sigma Ec_{micro} + \Sigma Ep_{micro}$

(*) ensemble d'entités microscopiques (atomes, ions ou molécules) qui est séparé du milieu extérieur par une interface (frontière) au niveau de laquelle peuvent avoir lieu les transferts d'énergie.

Exemple :_ Une casserole d'eau sur le feu est un système qui est le siège de transferts d'énergie avec son milieu extérieur (flamme, air). On le note {casserole+eau} ; il est délimité par la surface de la casserole et la surface de l'eau.

b - Energie interne et température :

Si un système échange de l'énergie par transfert thermique <u>sans changement d'état physique</u>, sa variation d'énergie interne est proportionnelle à sa variation de température :

$$\boxed{\Delta U = C \times \Delta T}$$

ΔU : variation d'énergie interne du système (J)
ΔT : variation de température du système (K)
C : capacité thermique ($J.K^{-1}$) du système

<u>Remarques :</u>

- La capacité thermique dépend de la structure microscopique et de la masse m du système. Ainsi, on exprime souvent ΔU en fonction de la capacité thermique massique **c** du système: $\mathbf{\Delta U = m.c.\Delta T}$ avec $\mathbf{c = C/m}$ (unité $J.kg^{-1}.K^{-1}$)
- La température T s'exprimer en Kelvin : **T(K) = T(°C) + 273,15**

<u>Problème :</u> Calculer le coût et la durée nécessaire pour chauffer l'eau d'un bain avec un chauffe-eau électrique.

Données : Température de l'eau froide à chauffer : 15°C ; Température finale de l'eau du bain : 37°C
Volume d'eau à chauffer : 200 L ; Capacité thermique massique de l'eau : 4180 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Puissance du chauffe-eau : 1500 W ; coût du kWh : 0,15 euro

EXERCICES : n°11,14,28 p395/399

2/ CARACTÉRISTIQUES DES TRANSFERTS THERMIQUES : Activité 16.1

Un transfert thermique est un transfert d'énergie qui modifie l'énergie interne d'un corps sans l'intervention du travail **W** d'une force mais grâce à un transfert thermique **Q** .

a – Les trois modes de transferts thermiques :

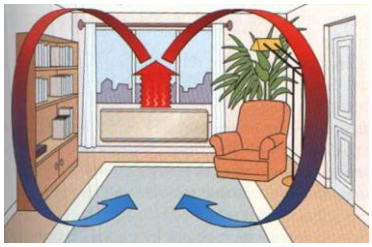
Les transferts thermiques entre un système et l'extérieur peuvent se faire suivant trois modes différents :

➢ **Transfert thermique par conduction :**

Ce transfert thermique s'effectue par contact et sans transport de matière.
Dans l'exemple ci-contre, la flamme augmente l'énergie cinétique des particules du métal dans la zone chauffée puis cette agitation se propage de proche en proche, par chocs successifs, jusqu'à l'autre extrémité.

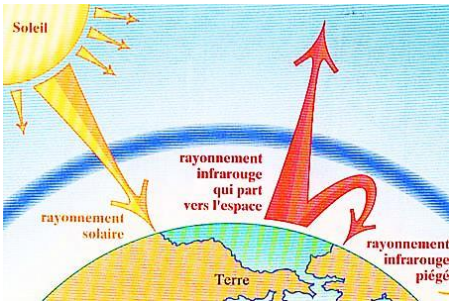
➢ **Transfert thermique par convection :**

Ce transfert thermique s'effectue entre un système et un fluide (gaz ou liquide) en mouvement.
Dans l'exemple ci-contre, l'air à proximité du radiateur s'échauffe et se dilate. Il devient alors moins dense et s'élève. Il laisse sa place à de l'air plus froid qui s'échauffe à son tour au contact du radiateur. En s'élevant, l'air chaud s'éloigne de la source chaude et donc refroidit progressivement. Il devient alors plus dense et finit par retomber en s'approchant à nouveau de la source chaude.
La convection correspond donc à un mouvement macroscopique de matière.



➢ **Transfert thermique par rayonnement :**

Ce transfert thermique s'effectue par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques et ne nécessite donc pas de milieu matériel. Dans l'exemple ci-contre, l'énergie thermique produite par le soleil est transférée vers la Terre sous forme de rayonnement, ce qui augmente son énergie interne et sa température. Pendant la nuit, lorsque sa température diminue, le sol libère une partie de son énergie interne sous forme de rayonnements infrarouge. L'atmosphère étant en partie opaque à ce rayonnement IR (à cause de la vapeur d'eau et du CO_2), l'énergie rayonnée se retrouve piégée : c'est l'effet de serre.



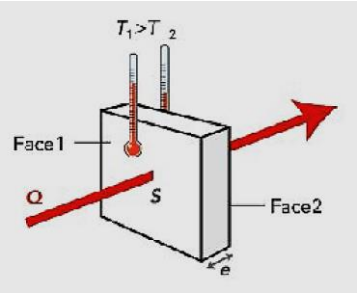
b – Flux thermique et résistance thermique :

L'énergie thermique ne se transmet spontanément que dans un seul sens : du système de plus haute température (appelé source chaude) vers le système de plus basse température (appelé source froide).
Un transfert thermique est naturellement irréversible.

➢ **Le flux thermique** évalue la rapidité d'un transfert d'énergie à travers une paroi pendant une durée Δt :

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

- Φ : flux thermique (W)
- Q : énergie thermique transférée (J)
- Δt : durée du transfert (s)



Le flux thermique à travers une paroi dépend de la différence de température entre les deux faces de la paroi, mais aussi de la résistance thermique de la paroi.

- **La résistance thermique R** d'une paroi traduit sa capacité à s'opposer au transfert thermique :

$$R = \frac{\Delta T}{\Phi}$$

R : résistance thermique ($K.W^{-1}$)
Φ : flux thermique ($J.s^{-1}$)
ΔT : différence de température entre les deux faces de la paroi (K)

La résistance thermique d'une paroi dépend de la conductivité thermique du matériau qui la constitue, de son épaisseur et de la surface traversée par le flux.
Si plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi.

3/ BİLAN ÉNERGÉTİQUE :

L'énergie totale d'un système est la somme de son énergie mécanique macroscopique (Ec + Ep) et de son énergie interne microscopique : **$E_{totale} = E_m + U$**

- **Principe de conservation de l'énergie pour un système isolé:**

L'énergie totale d'un système ne peut être ni créée ni détruite : si un système perd ou gagne de l'énergie, cette énergie est obligatoirement cédée ou prise à un autre système.

Si un système est isolé (système qui n'effectue pas de transferts d'énergie avec d'autres systèmes), son énergie totale se conserve.

Exemple: Une bouteille thermos idéale contenant une boisson n'échange pas de chaleur avec le milieu extérieur ; c'est un système isolé.

- **Comment effectuer un bilan énergétique :**

Si un système n'est pas isolé, la variation de son énergie totale au cours d'une évolution est égale à la somme des travaux W des forces et des transferts thermiques Q échangés avec le milieu extérieur: $\Delta E_{totale} = W + Q$

Dans le cas particulier d'un système immobile : $\Delta E_m = 0$ donc $\Delta U = W + Q$

Effectuer un bilan énergétique sur un système lors d'une transformation consiste donc à déterminer tous les transferts énergétiques qui ont lieu entre le système et l'extérieur : les énergies reçues sont comptées positivement, les énergies cédées sont comptées négativement.

EXERCİCES : **Lire « préparer le Bac » p383/400/401 puis n°26 p398**