Ch.14 TRANSFERTS MACROSCOPIQUES D'ENERGIE

Énergie, matière et rayonnement	
Notions et contenus	**Compétences exigibles**
Du macroscopique au microscopique Constante d'Avogadro	Extraire et exploiter des informations sur un dispositif expérimental permettant de visualiser les atomes et les molécules. Évaluer des ordres de grandeurs relatifs aux domaines microscopique et macroscopique.
Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques Notions de système et d'énergie interne. Interprétation microscopique. Capacité thermique. Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement. Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité. Bilans d'énergie.	Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques. Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé. 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. Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.

I. COMMENT PASSER DU MACROSCOPIQUE AU MICROSCOPIQUE?

	ion Cu^{2+}	Mol d'ions Cu^{2+}
Masse	$1{,}05.10^{-22}$ g	63,5 g
Charge	$3{,}2.10^{-19}$ C	$1{,}9.10^{5}$ C

x $6{,}02.10^{23}$

La matière est constituée d'entités (atomes, ions ou molécules) dont le comportement individuel est inaccessible. En revanche, leur comportement collectif peut être décrit grâce à des grandeurs physiques macroscopiques mesurables à l'échelle humaine : la pression, la température...
Dans un ensemble d'entités, de nombreuses grandeurs physiques (la masse, l'énergie...) dépendent du nombre de particules présentes. Celui-ci étant très grand, on travaille souvent à l'aide de la quantité de matière n (nombre de mole). Par définition, une mole comporte $6{,}02.10^{23}$ espèces identiques ; ce nombre s'appelle le nombre d'Avogadro, il est noté N_A. Remarque : Lorsqu'il n'est pas nécessaire de travailler avec des valeurs précises, on peut se contenter des ordres de grandeur. Ainsi, pour le nombre d'Avogadro, l'ordre de grandeur est 10^{24}.

La constante d'Avogadro fait le lien entre les échelles microscopique et macroscopique. $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1}.

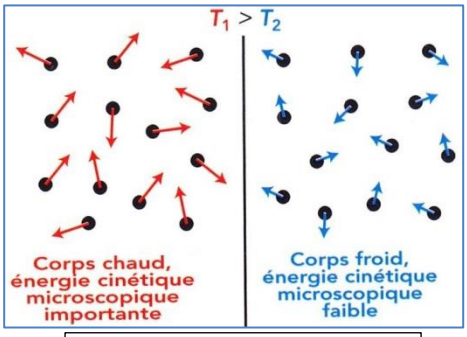
II.COMMENT VARIE L'ENERGIE INTERNE D'UN SYSTEME ?

1) Énergie interne

• Lorsque la température d'un système macroscopique augmente, l'agitation des entités microscopiques augmente également. L'augmentation de l'agitation microscopique se traduit au niveau macroscopique par une variation de l'énergie interne U. Cette énergie interne correspond à la somme des énergies microscopiques (cinétique et potentielle) des particules.

L'énergie interne *U* d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques :
U = Ec (microscopique) + Ep (microscopique). Unité : le joule (J)

• **L'énergie mécanique E_m** d'un système macroscopique résulte de contributions macroscopiques :
E_m = Ec (macroscopique) + Ep(macroscopique) (voir chapitre 7).

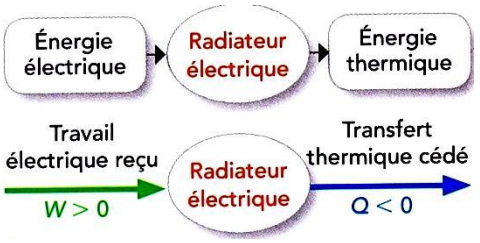


Plus la température est grande et plus l'agitation thermique est grande.

L'énergie totale E_{tot} d'un système est égale à la somme de : l'énergie mécanique macroscopique E_m du système et de l'énergie interne : $E_{tot} = E_m + U$ Unité: le joule (J)

2) Variation d'énergie interne d'un système

Dans ce chapitre, nous **considèrerons que l'énergie mécanique du système est constante**, la variation d'énergie totale est uniquement due à la variation d'énergie interne **ΔU.**
Le travail et le transfert thermique sont des modes de transfert d'énergie.



La variation d'énergie interne ΔU d'un système entre un état initial et un état final est la somme des travaux des forces extérieures W et de la chaleur Q échangée avec le milieu extérieur : $\Delta U = U_f - U_i = W + Q$

Le signe de Q et de W dépend du sens du transfert entre le système et l'extérieur.

Par convention, le travail et le transfert thermique sont comptés positivement s'ils sont reçus par le système et négativement s'ils sont cédés par le système. Un radiateur électrique convertit de l'énergie électrique en énergie thermique. Pour cela, il reçoit un travail électrique W > 0 et cède un transfert thermique Q < 0.

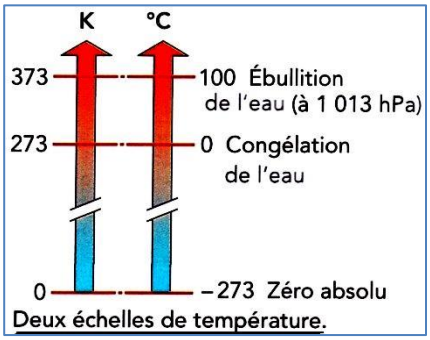
3) Capacité thermique C et capacité thermique massique c :

• Lorsque l'on chauffe de l'eau liquide jusqu'à ébullition, sa température augmente. L'énergie interne de l'eau, et plus précisément son énergie cinétique microscopique, augmente. On peut calculer l'énergie reçue par l'eau à partir de la variation de température qu'elle subit.

• **La capacité thermique C** d'un corps est l'énergie thermique que doit recevoir ce corps pour élever sa température d'un degré Celsius (ou d'un kelvin). C s'exprime en J. K^{-1} ou en J.°C^{-1}.

On utilise plus souvent la capacité thermique massique c qui dépend du corps considéré, de son état physique et de sa masse *m. L'unité de c est :* J.K^{-1}.kg^{-1} ou en J.°C^{-1}.kg^{-1} **avec *c* = C / m.**

La capacité thermique massique est l'énergie qu'il faut fournir pour augmenter de 1K (ou 1°C) la température d'un corps de masse 1kg.



Deux échelles de température.

Matériau	c (J·K^{-1}·kg^{-1})
Aluminium (s)	897
Plomb (s)	130
Éthanol (ℓ)	$2{,}43 \times 10^3$
Eau (ℓ)	$4{,}18 \times 10^3$

Capacités thermiques massiques *c* de quelques corps à la température ambiante.

Pour un système solide ou liquide, de masse m, qui n'échange que de l'énergie thermique avec l'extérieur, sans changer d'état, et dont la variation de température est ΔT, alors, la variation d'énergie interne est : $\Delta U = m.c.\Delta T = m.c.(T_f - T_i)$ où c est la capacité thermique massique du solide ou du liquide en (J .kg^{-1} .K^{-1}) ou en (J . kg^{-1} .°C^{-1}). Selon le signe de ΔT, cette variation d'énergie interne peut être positive ou négative.

Application: une cuillère sortant du congélateur est plongée dans un bol de soupe de 250 mL (considéré comme de l'eau) initialement à 50°C et finalement à 42°C. Déterminer la variation d'énergie interne de la soupe. c = $4{,}18.10^3$ J.K^{-1}. Kg^{-1}.

$\Delta U = m.c.(T_f - T_i) = 0{,}25 \times 4{,}18.10^3 (42 - 50) = -8{,}4 . 10^3$ J. Le signe - traduit que la soupe a perdu de l'énergie.

III. COMMENT S'EFFECTUENT LES TRANSFERTS THERMIQUES ?

Un système peut échanger de l'énergie avec l'extérieur par transfert thermique de plusieurs manières.

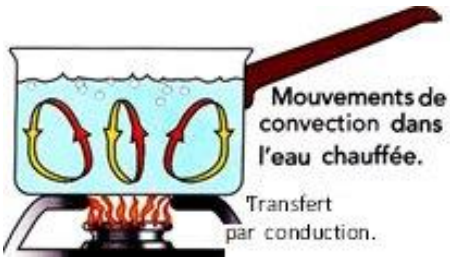
1) Différents modes de transferts thermiques

a) Transfert thermique par conduction

Elle a lieu **principalement dans des corps à l'état solide. L'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière de la partie chaude vers la partie froide sans déplacement macroscopique de matière.**

En effet, l'énergie cinétique microscopique des particules qui constituent le corps est plus importante dans la région chaude que dans la région froide. Par collisions, les particules de la partie chaude augmentent de proche en proche l'agitation thermique de celles de la partie froide.

Exemple : Une barre métallique dont l'une des extrémités est placée au-dessus d'une flamme ne peut pas être tenue longtemps par l'autre bout à main nue : la conduction thermique entraîne une élévation de la température de toute la barre.



b) Transfert thermique par convection

Elle se produit dans un fluide (corps à l'état liquide ou à l'état gazeux). **L'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière de la zone chaude, moins dense** (à cause du phénomène de dilatation) **vers la zone froide.** La zone chaude s'élève et laisse la place au fluide plus froid. Au contraire de la conduction, **la convection correspond à un déplacement macroscopique de la matière.** Exemple : Dans une pièce possédant un chauffage au sol, l'air chaud a tendance à monter réchauffant ainsi l'ensemble de la pièce ; il s'agit d'un transfert thermique par convection.

c) Transfert thermique par rayonnement

Tout corps, en raison de sa température, émet des rayonnements thermiques ; il en absorbe également.

Le rayonnement est le transfert d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques. Ce mode de transfert d'énergie ne nécessite donc pas de milieu matériel, car les ondes électromagnétiques peuvent se déplacer dans le vide. L'absorption ou l'émission de rayonnement modifie l'agitation thermique.

Exemple : Le soleil génère des transferts par rayonnement.

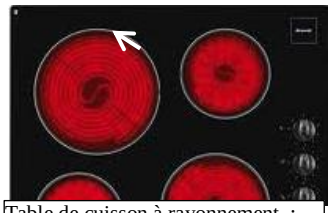


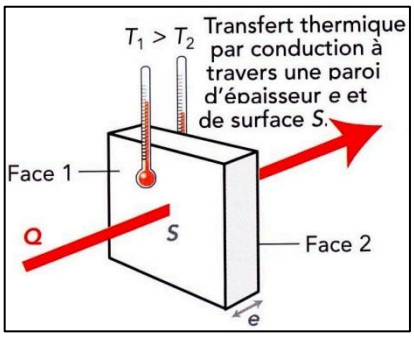
Table de cuisson à rayonnement. : plaque vitrocéramique radiant.

2) Flux et résistance thermique d'une paroi plane :

Lorsque l'on coupe le chauffage d'une habitation en hiver, sa température va décroître d'autant plus vite que l'amplitude thermique est importante entre l'extérieur et l'intérieur et que les murs sont mal isolés.

Le flux thermique φ traduit la vitesse du transfert thermique à travers une paroi. φ est l'énergie transférée à travers une paroi par unité de temps. $\varphi = \frac{Q}{\Delta t}$ **avec φ en watt (W), l'énergie thermique Q en joule (J) et la durée Δt en seconde (s). φ est aussi appelée « puissance thermique ».**

Ce transfert se fait spontanément de la source chaude vers la source froide ; il est naturellement irréversible*.



* Une transformation est qualifiée d'irréversible si elle ne peut pas repasser naturellement de l'état final à l'état initial. Un transfert thermique se fait naturellement d'une source chaude vers une source froide et non l'inverse.

Le flux thermique dépend du matériau utilisé et de la différence de température ΔT entre 2 faces de la paroi. Unités : T_1 et T_2 en K ou en °C et $T_1 > T_2$

$$\varphi = \frac{T_1 - T_2}{R_{th}}$$

R_{th} : résistance thermique de la paroi en $K.W^{-1}$ ou $°C.W^{-1}$.

- **Plus la résistance thermique de la paroi est grande, plus le flux thermique est faible.**
- **Une paroi de grande résistance thermique est un bon isolant thermique**

Remarques : La résistance thermique d'une paroi dépend principalement de son épaisseur et des matériaux qui le constituent. Plus la résistance thermique R_{th} est grande, meilleure est l'isolation.

- R_{th} d'une paroi plane dépend de la conductivité thermique λ du matériau, de son épaisseur e et de la surface S traversée par le flux. Elle est proportionnelle à e et inversement proportionnelle à λ et à S : $\mathbf{R_{th} = \frac{e}{\lambda S}}$

  Unité : e en m, S en m^2, λ en $K.m^{-1}.K^{-1}$ et R en $K.W^{-1}$ (ou en $°C.W^{-1}$).
- La conductivité thermique λ caractérise un matériau. (voir tableau ci-contre).
- Lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi. On peut écrire : $\mathbf{R_{th_tot} = R_{th1} + R_{th2} + R_{th3} + \ldots}$ et $\varphi = \frac{|T_1 - T_2|}{R_{th_tot}}$ (on utilise des valeurs absolues afin de travailler sur des flux positifs).

Matériau	λ ($W.m^{-1}.K^{-1}$)
Cuivre	400
Aluminium	250
Verre	≈ 1
Béton	≈ 1
Bois	≈ 0,1

Conductivité thermique λ de quelques matériaux, à la température ambiante

- Les fabricants d'isolant indiquent en général la valeur de la résistance thermique ramenée à une surface de 1 m^2; elle est alors notée R et exprimée en $m^2.K.W^{-1}$, mais cette unité est souvent omise. Ex : plaque de laine de verre → Dimensions : 2,10 x 1,2 m ; Epaisseur : 240 mm ; R = 6,85.

  Dans le secteur de l'isolation des bâtiments, les différentes grandeurs sont habituellement ramenées à une surface de 1 m^2.

  Le flux thermique φ s'exprime alors en $W.m^{-2}$. Dans ce cas, il représente l'énergie transférée par unité de temps et par unité de surface de l'isolant.

IV. COMMENT ETABLIR UN BILAN D'ENERGIE?

Pour établir un bilan énergétique, il faut :
– définir le système macroscopique étudié;
– relever la nature des transferts énergétiques (par travail ou par transfert thermique) entre ce système et l'extérieur;
– repérer le sens de ces transferts et leur attribuer un signe positif si le système reçoit de l'énergie ou négatif s'il en perd.

- Le café chaud contenu dans une tasse (doc.) transfère de l'énergie vers l'extérieur :

- la boisson chaude transfère de l'énergie thermique par conduction à la tasse qui la contient et à l'air environnant car elle est plus chaude qu'eux.
- Elle transfère aussi de l'énergie thermique par rayonnement, car tout corps chaud émet des rayonnements électromagnétiques.
- Elle reçoit de l'énergie par rayonnement du milieu extérieur, mais, ce rayonnement reçu est négligeable devant les autres transferts d'énergie.

Les principaux transferts correspondent donc à des pertes, ils sont négatifs : **l'énergie interne du café diminue, sa température aussi.**

- Une capsule spatiale entrant dans l'atmosphère est soumise à des forces de frottement dont le travail a pour conséquence d'augmenter sa température. Elle reçoit donc un travail, compté positivement (W > 0). Elle transfère alors de l'énergie vers l'extérieur par conduction et par rayonnement. Ces deux transferts sont comptés négativement Q < O. Globalement, l'énergie interne de la capsule augmente puisque sa température augmente.

Ch.14. Exercices. TRANSFERTS MACROSCOPIQUES D'ENERGIE

Exercice résolu. Interpréter des transferts thermiques. p : 362 n°5 Compétences : Calculer, Extraire des informations.

Un igloo est construit en superposant des blocs de neige compacte. Malgré une température extérieure de -40 °C, la température intérieure peut être maintenue à 0 °C. On considère un bloc de neige parallélépipédique de 1,0 m de longueur, 40 cm de hauteur et 20 cm d'épaisseur.

1. Quelles sont les températures des faces extérieure et intérieure du bloc de neige ?
2. Les températures des deux faces du bloc étant constantes, calculer la valeur du flux thermique qui traverse ce bloc.
3.a. Sur un schéma, représenter un bloc de neige et le sens du transfert d'énergie correspondant à ce flux. Justifier.
b. Comment devrait évoluer la température à l'intérieur de l'igloo ? Quelle source énergétique permet de maintenir une température intérieure constante et égale à 0 °C?

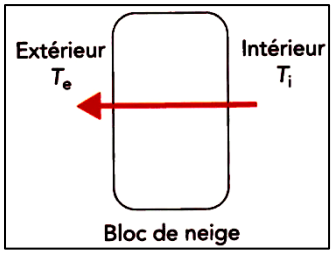
Données: La résistance thermique d'une paroi de neige compacte d'une surface de 0,40 m^2 et d'une épaisseur de 20 cm est $\mathbf{R_{th\ neige}} = 3{,}3\ K.W^{-1}$.

Le flux thermique à travers une paroi plane a pour expression $\varphi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{|T_1 - T_2|}{R_{th}}$

Solution :

1.La face intérieure du bloc de neige est à une température $T_1 = 0$ °C, la face extérieure à une température $T_2 = -40$ °C (température extérieure).

2.Flux qui traverse le bloc de glace : $\varphi = \frac{|T_1 - T_2|}{R_{th_neige}}$ donc $\varphi = \frac{|0 - (-40)|}{3{,}3} = 12\ W$ Le flux thermique qui traverse ce bloc est de 12 W



3.a. Le transfert d'énergie s'effectue toujours de la zone chaude vers la zone froide.

3.b. **Evolution de la température à l'intérieur de l'igloo** : Le transfert d'énergie est dirigé de l'intérieur vers l'extérieur. L'air à l'intérieur de l'igloo perd de l'énergie, donc sa température devrait donc diminuer.

Source énergétique permettant de maintenir une température intérieure constante et égale à 0 °C : La seule source d'énergie permettant de maintenir la température intérieure à 0°C provient des personnes qui se trouvent à l'intérieur de l'igloo.

Application immédiate (à faire). **Transferts thermiques p : 362 n°5.**

Pour isoler les murs d'une maison, on peut utiliser des panneaux en bois dont la résistance thermique, pour une surface de 0,40 m^2, s'exprime en fonction de l'épaisseur e utilisée par $R_{th_bois} = 16 \times e\ K.W^{-1}$, avec e exprimé en mètre.

Quelle est l'épaisseur du panneau de bois nécessaire pour obtenir un flux thermique de 12 W si la différence de température entre les deux faces est de 30 °C ?

Exercice résolu. p : 363 n°6. Faire un bilan d'énergie. Compétences : Extraire des informations. Analyser. Exploiter une relation.

La chaleur sèche d'une cabine de sauna provoque l'évaporation de l'eau liquide obtenue par transpiration à la surface de la peau. Ceci permet au corps de maintenir une température $T_0 = 37$ °C. Une cabine et l'air qu'elle contient sont chauffés par un radiateur électrique. Les pertes thermiques entre la cabine et l'air extérieur, de température $T_e = 20$ °C, sont caractérisées par le flux thermique φ. De même, le flux thermique entre la cabine et une personne s'y trouvant s'exprime par φ'. Dans ces conditions de fonctionnement, la température constante à l'intérieur de la cabine est $T_1 = 80$ °C.

On étudie le système {cabine + radiateur + air intérieur}. Une personne est dans la cabine.

1.Quel travail est échangé entre ce système et le milieu extérieur ? Préciser son signe.

2.Quel(s) transfert(s) thermique(s) est (sont) échangé(s) entre ce système et le milieu extérieur ? Préciser le signe de ce(s) transfert(s).

3.Représenter le bilan énergétique pour ce système à l'aide d'un schéma.

4.Comment varie, dans ces conditions, l'énergie interne du système? Interpréter le résultat.

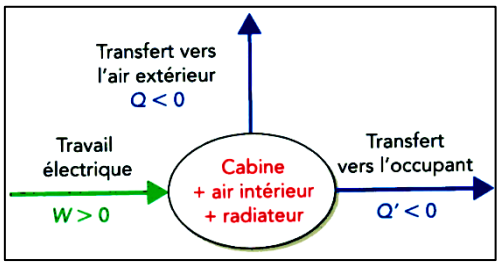
Solution rédigée

1. **Travail échangé entre le système{cabine + radiateur + air intérieur} et le milieu extérieur :** Le système échange du travail électrique (grâce à l'alimentation électrique du radiateur) avec le milieu extérieur. Ce travail est reçu par le système, donc W > 0.

2 **Transfert(s) thermique(s) échangé(s) entre ce système et le milieu extérieur :** Le système échange de l'énergie thermique avec l'extérieur.

- Comme l'air extérieur est plus froid que le système, le système perd de l'énergie et donc Q < 0.
- Comme la personne est à une température inférieure à celle du système, le système lui cède de l'énergie et donc Q' < 0.

3. **Schéma du bilan énergétique pour ce système** :
Le bilan fait apparaître trois transferts entre le système et l'extérieur.



4. **Variation de l'énergie interne du système :** Puisque la température du système est maintenue constante ($T_1 = 80$ °C) , son énergie interne est constante : ΔU = 0.
Or ΔU = W + Q + Q', d'où W = - (Q + Q').
Dans les conditions décrites, les pertes d'énergie du système par transfert thermique sont compensées par l'apport d'énergie par travail.

Application immédiate (à faire) **p : 363 n°6.**

Le radiateur de la cabine s'éteint suite à une coupure électrique.

1.Représenter le bilan énergétique pour le système précédent juste après la coupure.

2.Comment varie, dans ces conditions, l'énergie interne du système ? Interpréter le résultat.

EXERCICES. Enoncés. p : 364.Ch.14. TRANSFERTS MACROSCOPIQUES D'ENERGIE.

Comment passer du macroscopique au microscopique ?

N°7 : Connaître l'intérêt de la constante d'Avogadro.

1. Que représente la constante d'Avogadro N_A ?
2. En quels mondes la constante d'Avogadro crée-t-elle un lien ?

N°8 : Prendre conscience de la valeur de N_A.

La dune du Pyla, située en Gironde est la plus haute dune d'Europe. Avec 1700 m de long, 500 m de large et plus de 100 m de haut en moyenne, elle contient environ 60 $x10^6$ m^3 de sable.

1. Evaluer le nombre de grains de sable dans cette dune, sachant que le volume moyen d'un grain de sable est de l'ordre de 0,05 mm^3 et que l'on néglige l'espace entre les grains.
2. Exprimer en moles le nombre de grains de sable contenus dans la dune du Pyla.
3. Combien de dunes du Pyla faudrait-il pour avoir une mole de grains de sable ?

Comment varie l'énergie interne d'un système ?

N°9 : Savoir définir l'énergie interne.

Expliquer la phrase : « l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques ».

N°10 : Comprendre la variation d'énergie interne d'un système.

1. Quelles sont les causes possibles d'une variation de l'énergie interne d'un système ?
2. Quelle est la signification du signe de la variation de l'énergie interne d'un système ?

N°11 : Connaître la relation entre ΔU et c :

On considère un corps de masse m dans un état condensé. Il passe de la température T_i à la température T_f sans changer d'état.

1. Quand dit-on qu'un corps est dans un état condensé ?
2. Qu'appelle-t-on la capacité thermique massique c d'un corps ? Quelle est son unité ?
3. Quelle est la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé ? On indiquera les unités des différentes grandeurs.

N°12 : Calculer la variation d'énergie interne d'un système.

Un bain-marie utilisé en chimie contient 1,7 L d'eau initialement à une température T_1 = 20°C.
Au bout de quelques minutes, la résistance chauffante du bain-marie permet d'obtenir ce même volume d'eau à une température T_2 = 64 °C.
Calculer la variation d'énergie interne de ce volume d'eau.
Données : $c_{eau} = 4{,}18.10^3$ $J.kg^{-1}.K^{-1}$; $\rho_{eau} = 1{,}00$ $kg.L^{-1}$.

EXERCICES DE CALORIMETRIE

EXERCICE 1 : Détermination de la capacité thermique d'un calorimètre:

Un calorimètre contient une masse m_1 = 250g d'eau. La température initiale de l'ensemble est θ_1 =18°C. On ajoute une masse m_2 = 300g d'eau à la température θ_2 = 80°C.

1. Quelle serait la température d'équilibre thermique θ_e de l'ensemble si la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires était négligeable?

2. On mesure en fait une température d'équilibre thermique θ_e=50°C. Déterminer la capacité thermique C du calorimètre et de ses accessoires.

Données: Chaleur massique de l'eau : c_e= 4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$; Masse volumique de l'eau : μ=1000 $kg.m^{-3}$.

EXERCICE 2 : Bain à 37°C:

On désire obtenir un bain d'eau tiède à la température θ = 37°C, d'un volume total V = 250 litres, en mélangeant un volume V_1 d'eau chaude à la température initiale θ_1 =70°C et un volume V_2 d'eau froide à la température initiale θ_2 =15°C.
Déterminer V_1 et V_2 en supposant négligeables toutes les fuites thermiques lors du mélange.

Données: Chaleur massique de l'eau : c_e = 4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$; Masse volumique de l'eau : μ = 1000 $kg.m^{-3}$.

EXERCICE 3 : Chaleur massique du plomb:

On sort un bloc de plomb de masse m_1=280g d'une étuve à la température θ_1= 98°C. On le plonge dans un calorimètre de capacité thermique C=209$J.K^{-1}$ contenant une masse m_2 =350g d'eau. L'ensemble est à la température initiale θ_2=16°C. On mesure la température d'équilibre thermique θ_e = 17,7 °C. Déterminer la chaleur massique du plomb.

Données: Chaleur massique de l'eau : c_e = 4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$; Masse volumique de l'eau : μ = 1000 $kg.m^{-3}$.

EXERCICE 4 : Bloc de fer plongé dans l'eau:

Un morceau de fer de masse m_1=500g est sorti d'un congélateur à la température θ_1= - 30°C.
Il est plongé dans un calorimètre, de capacité thermique négligeable, contenant une masse m_2 = 200g d'eau à la température initiale θ_2 = 4°C. Déterminer l'état final d'équilibre du système (température finale, masse des différents corps présents dans le calorimètre).

Données:
Chaleur massique de l'eau : c_e=4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur massique de la glace: c_g=2090 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur massique du fer: c_{Fe} = 460 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur latente de fusion de la glace: L_f =3,34.10^5 $J.kg^{-1}$

EXERCICE 5 : Fusion d'un glaçon:

Un calorimètre de capacité thermique C =150$J.K^{-1}$ contient une masse m_1 = 200g d'eau à la température initiale θ_1 =70°C. On y place un glaçon de masse m_2=80g sortant du congélateur à la température θ_2 = - 23°C.
Déterminer l'état final d'équilibre du système (température finale, masse des différents corps présents dans le calorimètre).

Données:
Chaleur massique de l'eau : c_e = 4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur massique de la glace: c_g = 2090 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur latente de fusion de la glace: L_f =3 ,34.10^5 $J.kg^{-1}$.

Ch.14. Exercices corrigés p : 362 N°5 ; p : 363 n°6. TRANSFERTS MACROSCOPIQUES D'ENERGIE

Exercices : Application immédiate.

p : 362 n°5. Interpréter des transferts thermiques.

Compétences : Calculer, Extraire des informations.

Application immédiate (à faire).

Pour isoler les murs d'une maison, on peut utiliser des panneaux en bois dont la résistance thermique, pour une surface de 0,40 m^2, s'exprime en fonction de l'épaisseur e utilisée par R_{th_bois}=16 x e $K.W^{-1}$, avec e exprimé en mètre.
Quelle est l'épaisseur du panneau de bois nécessaire pour obtenir un flux thermique de 12 W si la différence de température entre les deux faces est de 30 °C ?

Le flux thermique est défini par $\varphi = \frac{\Delta T}{R t_{h_bois}} = \frac{\Delta T}{16\ e}$ donc $e = \frac{\Delta T}{16.\varphi}$

A.N. : $e = \frac{30}{16 \times 12}$ = 0,16 m, soit e = 16 cm.

Il faudrait un panneau de bois de 16 cm d'épaisseur pour obtenir un flux thermique de 12 W.

p : 363 n°6. Faire un bilan d'énergie

Compétences : Extraire des informations. Analyser. Exploiter une relation.

Application immédiate (à faire).

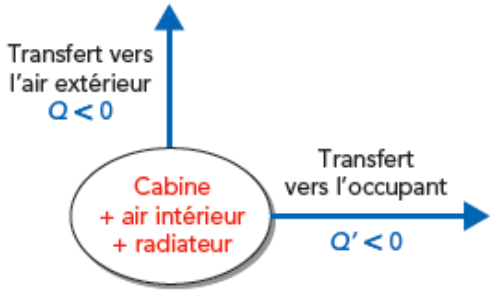
Le radiateur de la cabine s'éteint suite à une coupure électrique.

1.Représenter le bilan énergétique pour le système précédent juste après la coupure.

2.Comment varie, dans ces conditions, l'énergie interne du système ? Interpréter le résultat.

1. Après la coupure électrique, le système dont fait partie le radiateur ne reçoit plus de travail électrique. Il y a deux transferts d'énergie à faire intervenir :
   - un transfert vers l'air extérieur et
   - un transfert vers l'occupant.
   Ces deux transferts sont négatifs pour le système.

2. Par ailleurs, pour le système $\Delta U = Q + Q'$. Q et Q' sont deux grandeurs négatives, donc la variation d'énergie interne l'est aussi.
   La température du système diminue puisque son énergie interne diminue.

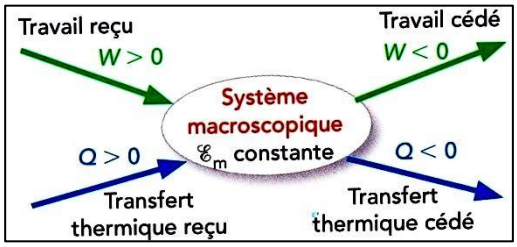


L'ESSENTIEL (d'après livre Hachette)

Du macroscopique au microscopique

• La constante d'Avogadro permet de dénombrer le nombre d'entités contenues dans une mole : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$.
Elle lie les mondes macroscopique et microscopique.

Variation de l'énergie interne d'un système



• L'énergie interne U d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques. Elle est égale à la somme de l'énergie cinétique microscopique et de l'énergie potentielle microscopique.

• La variation d'énergie interne ΔU d'un système dont l'énergie mécanique est constante est la conséquence d'échanges d'énergie avec l'extérieur par travail W ou par transfert thermique Q :

$$\Delta U = W + Q$$

Le travail et le transfert thermique sont des modes de transfert d'énergie. Ils sont comptés positivement s'ils sont reçus par le système et négativement s'ils sont cédés par le système.

• La variation d'énergie interne d'un corps de masse m dans un état condensé, passant de la température initiale Ti à la température finale T_f est : $\Delta U = m.c.(T_f - T_i) = m.c.\Delta T$

J kg K ou °C.

c est la capacité thermique massique de ce corps et s'exprime en joule par kg et par kelvin ($J.kg^{-1}.K^{-1}$) ou ($J.kg^{-1}.°C^{-1}$).

Transferts thermiques

Un transfert thermique s'effectue suivant plusieurs modes :

• **Par conduction :** l'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière, mais sans déplacement d'ensemble de celle-ci. Elle se produit principalement dans les solides.

• **Par convection :** l'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière et avec déplacement d'ensemble de celle-ci. Elle se produit dans les fluides dont la température n'est pas homogène.

• **Par rayonnement :** l'absorption ou l'émission de rayonnement modifie l'agitation thermique. Ce mode de transfert s'effectue même dans le vide.

Le flux thermique est l'énergie transférée à travers une paroi par unité de temps. Ce transfert se fait spontanément de la source chaude vers la source froide; il est naturellement **irréversible**. Il s'exprime en watt. Pour un même écart de température entre les deux faces, plus le flux thermique est faible, plus la résistance thermique de la paroi est élevée. On dit alors que la paroi est un bon isolant thermique.
La résistance thermique d'une paroi s'exprime en $K.W^{-1}$ ou $°C.W^{-1}$.

Bilan d'énergie

Pour établir un bilan énergétique, il faut :
- définir le système macroscopique étudié ;
- repérer les modes de transfert d'énergie et leur affecter un signe positif si le système reçoit de l'énergie et négatif s'il en cède au milieu extérieur

Ch.14. TRANSFERTS MACROSCOPIQUES D'ENERGIE.

BAC. REUSSIR L'EPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Avoir les bons réflexes.

SI L'ENONCE DEMANDE DE :	IL EST NECESSAIRE DE :
Évaluer des ordres de grandeur relatifs aux domaines microscopique et macroscopique.	• Déterminer l'ordre de grandeur de la grandeur physique étudiée. • Utiliser la constante d'Avogadro pour passer d'un domaine à l'autre.
Calculer la variation de l'énergie interne d'un système macroscopique.	• Relever tous les échanges énergétiques entre le système et l'extérieur. • Appliquer la formule $\Delta U = W + Q$ en attribuant un signe positif ou négatif à Q et à W suivant le sens du transfert. • Relever la variation de température du système à l'état condensé et appliquer la formule $\Delta U = m.c.\Delta T$.
Identifier les modes de transfert thermique.	• Relever l'état physique des systèmes mis en jeu. La conduction a principalement lieu dans les solides, la convection dans les fluides. • Savoir que tout corps chaud émet des rayonnements. • Savoir décrire macroscopiquement ou microscopiquement un mode de transfert.
Exploiter la relation du flux thermique φ à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces	• Savoir qu'un flux thermique est une énergie transférée par unité de temps. • Connaître la signification de chacun des termes qui interviennent dans l'expression du flux thermique φ, $\varphi = Q / \Delta t$ ainsi que leurs unités. • Savoir que la relation $\varphi = \lvert \Delta T \rvert / R_{th}$ n'est utilisable que lorsque l'écart de températures est constant au cours du temps.
Faire un bilan énergétique.	• Définir le système macroscopique. • Relever tous les transferts énergétiques par travail ou transfert thermique. • Attribuer à chacun des transferts un signe positif si le système gagne de l'énergie ou négatif s'il en perd.