

1 Premier principe de la thermodynamique

Énergie interne d'un système

énergies cinétiques microscopiques (J)

énergie interne (J) $\rightarrow U = E_{c\text{micro}} + E_{pp\text{micro}}$

énergies potentielles microscopiques (J)

Énergie totale d'un système

énergie cinétique (J)

énergie totale (J) $\rightarrow E_{\text{tot}} = E_c + E_{pp} + U$

énergie potentielle de pesanteur (J)

système au repos $\Delta E_{\text{tot}} = \Delta U$

Premier principe de la thermodynamique

variation énergie interne du système (J) $\rightarrow \Delta U = W + Q$

travail (J)

transfert thermique (J)

Dans le cas d'un système incompressible :

$$\Delta U = Q$$

2 Transferts et flux thermiques

Transfert thermique

transfert thermique (J) $\rightarrow Q = C \cdot \Delta T$

variation de température du système (K)

capacité thermique du système ($J \cdot K^{-1}$) $\rightarrow C = m \cdot c$

masse (kg)

capacité thermique massique ($J \cdot kg^{-1} K^{-1}$)

Flux thermique

transfert thermique (J)

flux thermique (W) $\rightarrow \Phi = \frac{Q}{\Delta t}$

durée du transfert (s)

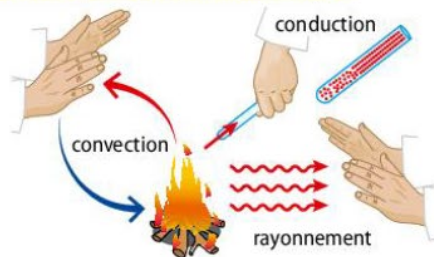
température de la « source chaude » (J)

température de la « source froide » (J)

flux thermique (W) $\rightarrow \Phi = \frac{T_c - T_f}{R_{th}}$

résistance thermique du système ($K \cdot W^{-1}$)

Modes de transfert thermique



épaisseur de la paroi (m)

résistance thermique ($K \cdot m^{-1}$) $\rightarrow R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$

surface de la paroi (m^2)

conductivité thermique de la paroi ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)

flux thermique Φ

température T_c

température T_f

paroi

épaisseur e

surface S

conductivité thermique λ

3 Deux lois thermiques

Loi de Stefan-Boltzmann

flux thermique par unité de surface ($W \cdot m^{-2}$) $\rightarrow F = \sigma \cdot T^4$

température du « corps noir » (K)

$\sigma = 5,67 \times 10^{-2} (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4})$

Loi thermique de Newton

taux de variation de la température du système ($K \cdot s^{-1}$) $\rightarrow \frac{dT}{dt} = -\gamma \cdot (T - T_{th})$

constante (s^{-1})

température du thermostat (K)

température du système (K)

Température moyenne terrestre théorique

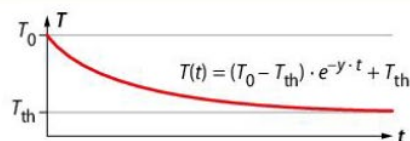
$F_{\text{reçu du Soleil}} = 342 W \cdot m^{-2}$

$T_{\text{terrestre moyenne théorique}} = 6^\circ C$

albédo terrestre de 0,3

effet de serre

$T_{\text{terrestre moyenne théorique}} = 15^\circ C$



1 Le modèle du gaz parfait et quelques limites

- Ce modèle est limité à des gaz à faible pression et dont les entités ponctuelles n'interagissent pas.
- Le volume V du gaz, sa pression P , sa température T et sa quantité de matière n sont liés par l'équation d'état :

$$P \times V = n \times R \times T$$

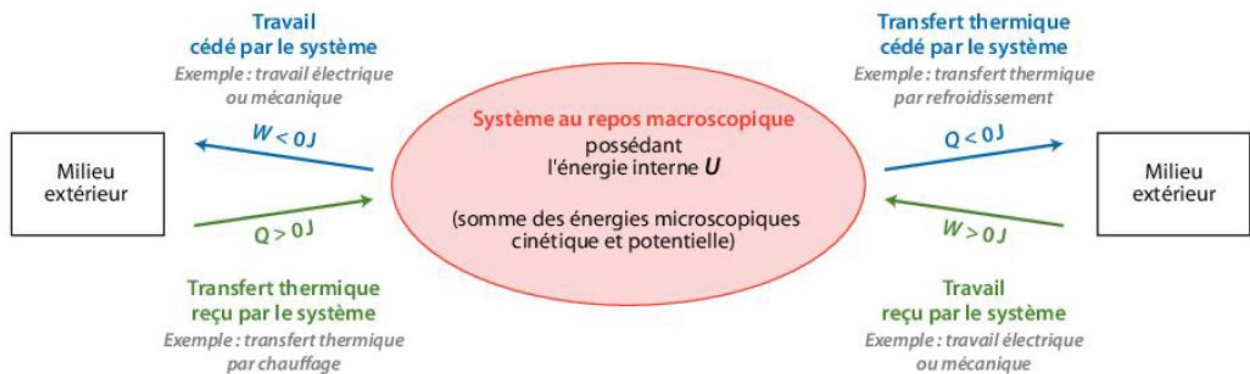
n en mol
 P en Pa
 V en m^3
 T en K
 Constante des gaz parfaits en $Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

Grandeur macroscopique	Propriété microscopique
Température T (en K)	Agitation des entités du gaz
Pression P (en Pa) faible	Peu de chocs et uniquement entre entités et parois
Masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$ (en $kg \cdot m^{-3}$) faible	Entités éloignées les unes des autres

2 L'énergie interne et les modes de transfert de l'énergie

Les entités microscopiques qui constituent un système possèdent de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle.

Deux modes de transfert de l'énergie :
 – le travail W
 – le transfert thermique Q



3 Le premier principe de la thermodynamique

Énoncé du premier principe

Variation d'énergie interne d'un système qui n'échange pas de matière avec l'extérieur, au repos macroscopique ($\Delta \mathcal{E}_m = 0$)

Somme des transferts d'énergie entre système et milieu extérieur par travail W et/ou transfert thermique Q

$$\Delta U_{i \rightarrow f} \text{ en J} \quad \Delta U_{i \rightarrow f} = W + Q \quad W \text{ et } Q \text{ en J}$$

Variation d'énergie interne $\Delta U_{i \rightarrow f}$

Pour un système incompressible de masse m et de capacité thermique massique c , dont la température varie :

$$\Delta U_{i \rightarrow f} \text{ en J} = m \times c \times (T_f - T_i) = m \times c \times (\theta_f - \theta_i)$$

m en kg
 c en $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ou $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$
 T en K
 θ en $^\circ C$

1 Le transfert thermique

	Modes de transfert thermique		
	Conduction	Convection	Rayonnement
Milieu(x)	Surtout les solides	Surtout les fluides	Tous, y compris le vide
Transfert	De proche en proche	Via des courants de fluide	Via l'émission, l'absorption de photons

Flux Φ ou puissance \mathcal{P}_{th} thermique

$$\Phi \text{ et } \mathcal{P}_{th} \text{ en W} \quad \Phi = \mathcal{P}_{th} = \frac{Q}{\Delta t} \quad \begin{array}{l} Q \text{ en J} \\ \Delta t \text{ en s} \end{array}$$

Résistance thermique R_{th}

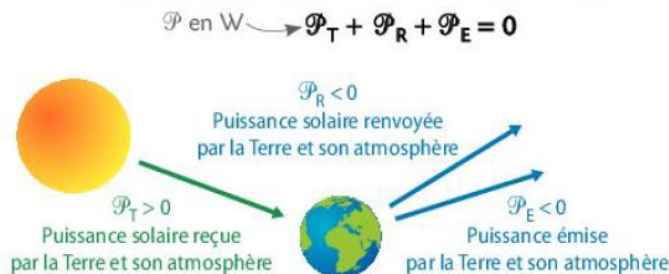
Positive, elle caractérise l'opposition d'un milieu au transfert thermique entre deux points A et B respectivement à la température T_A (ou θ_A) et T_B (ou θ_B).

$$\Phi = \frac{T_A - T_B}{R_{th}} = \frac{\theta_A - \theta_B}{R_{th}}$$

T en K, θ en $^{\circ}\text{C}$
 R_{th} en $\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, R_{th} en $^{\circ}\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$

2 La température terrestre moyenne

Bilan radiatif terrestre issu du premier principe de la thermodynamique



Albédo α

\mathcal{P}_r : puissance renvoyée par la surface S en W

$$\alpha = \frac{|\mathcal{P}_r|}{\mathcal{P}_i}$$

\mathcal{P}_i : puissance incidente sur cette même surface en W

La température terrestre moyenne :

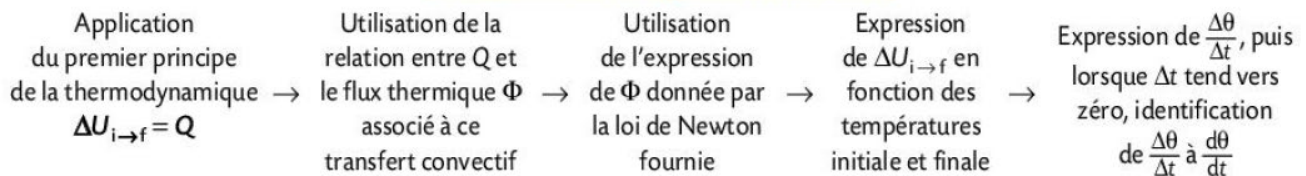
- augmente avec l'effet de serre ;
- diminue avec l'albédo.

3 La loi de Newton

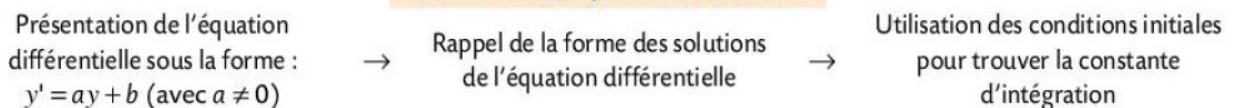
Évolution de la température θ (ou T) d'un système incompressible en fonction du temps

Le système incompressible échange uniquement par transfert thermique convectif Q avec un milieu extérieur de température constante (thermostat), le système ou le milieu extérieur étant fluide.

Établissement de l'équation différentielle



Résolution de l'équation différentielle



DONNÉES	
▶ Loi de Stefan-Boltzmann	$F = \sigma \cdot T^4$
▶ Loi thermique de Newton	$\frac{dT}{dt} = -\gamma \cdot (T - T_{th})$

1 Premier principe de la thermodynamique

	A	B	C
1 L'énergie interne U d'un système :	est l'énergie propre d'un système.	est égale à $E_c + E_{pp}$.	est liée à la température du système.
2 La variation d'énergie interne :	s'écrit ΔU .	s'exprime en watt.	s'exprime en joule.
3 Si un système est au repos :	$E_{totale} = E_c + E_{pp} + U$.	$\Delta E_{totale} = \Delta U$.	$\Delta E_{totale} = 0$ J.
4 Pour un système fermé au repos et incompressible :	$\Delta E_{totale} = \Delta U = W$	$\Delta E_{totale} = \Delta U = Q$	$\Delta E_{totale} = \Delta U = W + Q$

2 Transferts et flux thermiques

	A	B	C
5 Un transfert thermique :	s'écrit Q .	est égale à $C \cdot \Delta T$.	est égale à $C \cdot \Delta t$.
6 S'il y a mouvement de matière on parle de :	conduction.	convection.	flux thermique.
7 Le transfert thermique est orienté :	uniquement dans un sens.	de la source froide à la source chaude.	s'il y a un écart de température.
8 Le flux thermique Φ :	est égale à $\Delta t / Q$.	est égale à $Q \cdot \Delta t$.	est égale à $Q / \Delta t$.
9 La résistance thermique :	est égale à $\Delta T / \Phi$.	est égale à $\emptyset \cdot \Delta T$.	est égale à $\emptyset / \Delta T$.

3 Deux lois thermiques

	A	B	C
10 La loi de Stefan-Boltzmann :	n'est valable que pour un corps noir.	s'écrit $F = \sigma \cdot T^2$.	s'écrit $F = \sigma \cdot T^4$.
11 La température moyenne terrestre est influencée :	par l'albédo de la Terre et son atmosphère.	par l'effet de serre.	par le flux thermique reçu du Soleil.
12 La loi de refroidissement de Newton :	est une équation différentielle.	montre que dT/dt est lié à $(T - T_{th})$.	traduit le fait que T tend vers T_{th} .
13 La température d'un système en contact avec un thermostat :	tend vers la température du thermostat.	a pour expression $T(t) = T_{th} \cdot e^{-\gamma t}$	varie d'autant plus rapidement que sa valeur est écartée de celle du thermostat.

Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s)

A


B

C


1 Le modèle du gaz parfait et quelques limites

1. La masse volumique d'un gaz de masse m et de volume V s'écrit :	$m \times V$	$\frac{m}{V}$	$\frac{V}{m}$
2. Les entités d'un gaz considéré comme parfait :	sont ponctuelles.	sont en interaction.	ne sont pas en interaction.
3. Les entités d'un gaz qui ne peut être considéré comme parfait :	sont ponctuelles.	ont un volume propre.	ne sont pas en interaction.

2 L'énergie interne et les modes de transfert de l'énergie

4. L'énergie interne U d'un système macroscopique est égale à la somme des énergies :	cinétique et potentielle, de toutes les entités microscopiques qui constituent le système.	cinétiques de toutes les entités microscopiques qui constituent le système.	potentielles de toutes les entités microscopiques qui constituent le système.
5. L'énergie totale d'un système est égale à :	son énergie interne.	la somme de ses énergies mécanique et interne.	son énergie mécanique.
6. L'énergie peut être transférée par :	travail.	transfert thermique.	travail et transfert thermique.
7. Pour le système {cornet de glace}, le transfert thermique Q avec l'extérieur : 	est positif.	est négatif.	s'effectue du cornet vers l'extérieur.

3 Le premier principe de la thermodynamique

8. La variation ΔU d'énergie interne d'un système au repos macroscopique est :	$W + Q$	$W - Q$	$W \times Q$
9. L'ampoule électrique étant le système étudié, on attribue : 	un signe positif à l'énergie qui sort du système.	un signe négatif à l'énergie qui sort du système.	la valeur 0 J à l'énergie qui sort du système.
10. La variation ΔU d'énergie interne d'un système incompressible de masse m , de capacité thermique massique c , qui passe d'une température initiale T_i à une température finale T_f s'écrit :	$\Delta U = m \times c \times (T_f - T_i)$	$\Delta U = m \times c \times (T_i - T_f)$	$\Delta U = m \times c \times (T_f + T_i)$
11. Si la température d'un système incompressible augmente, alors son énergie interne :	augmente.	diminue.	ne varie pas.

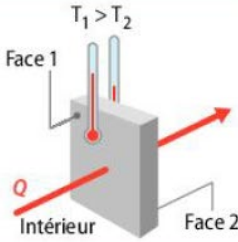
Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s)

A

B

C

1 Le transfert thermique

1. Dans un fluide, le transfert thermique a lieu principalement par :	convection.	conduction.	travail.
2. Les trois modes de transfert thermique entre un système et le milieu extérieur :	peuvent avoir lieu simultanément.	nécessitent tous un milieu matériel.	contribuent à la variation d'énergie interne du système.
3. Q étant le transfert thermique échangé par le système {air intérieur}, le flux thermique Φ est : 	négatif.	positif.	nul.
4. Plus la résistance thermique R_{th} du matériau constituant la cloison de la question 3 est grande :	plus la cloison favorise le transfert thermique.	plus le flux thermique traversant la cloison est petit, $(T_2 - T_1)$ étant fixé.	plus le flux thermique traversant la cloison est grand, $(T_2 - T_1)$ étant fixé.

2 La température terrestre moyenne

5. Pour déterminer la température terrestre moyenne, il est nécessaire :	d'utiliser la loi de Stefan-Boltzmann.	d'utiliser le premier principe de la thermodynamique.	de considérer la Terre comme un corps noir.
6. Si l'albédo de la Terre augmente :	la puissance renvoyée par la Terre augmente.	la puissance absorbée par la Terre augmente.	la température terrestre moyenne augmente.
7. Une photographie illustrant l'effet de serre est :			

3 La loi de Newton

8. La loi de Newton s'écrit $\Phi = h \times S \times (\theta_e - \theta)$ avec h le coefficient d'échange convectif et S la surface d'échange entre le système à la température θ et l'extérieur à la température θ_e . Elle s'applique pour :	la convection entre un système incompressible et le milieu extérieur, l'un des deux étant fluide.	la conduction entre un système incompressible et le milieu extérieur, l'un des deux étant fluide.	tous les transferts thermiques entre un système incompressible et le milieu extérieur, l'un des deux étant fluide.
9. Dans la loi de Newton rappelée question 8, le flux convectif est :	reçu par le système si $\theta > \theta_e$.	proportionnel à θ .	cédé par le système si $\theta > \theta_e$.
10. L'équation différentielle $\frac{d\theta}{dt} = -\frac{h \times S}{m \times c} \times \theta + \frac{h \times S}{m \times c} \times \theta_e$ a pour solutions :	$\theta = K \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t} - \theta_e$	$\theta = K \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t} + \theta_e$	$\theta = K \times e^{-\frac{h \times S}{m \times c} \times t}$

16 Qui a le plus d'énergie ?

On considère deux systèmes constitués respectivement de 100 g de vapeur d'eau et de 100 g d'eau liquide, tous les deux à 100 °C.

1. Quelle contribution énergétique à l'énergie interne prédomine pour chaque système ?
2. Quel système a l'énergie interne la plus grande ?

18 Chocolat fouetté

Dans un récipient, 500 g de chocolat chaud encore liquide refroidissent et sont brassés à l'aide d'un fouet électrique.

1. Effectuer l'étude énergétique du système (chocolat) en s'appuyant sur un diagramme énergétique.
2. a. Écrire le premier principe de la thermodynamique en justifiant que le système est au repos.
b. Distinguer le terme correspondant à la variation de l'énergie du système des termes correspondant à des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.
c. Sachant que l'énergie perdue par le chocolat en se refroidissant est de 50 kJ et que l'énergie reçue par le fouet est de 10 kJ, déterminer la variation d'énergie interne du système.



20 Pertes thermiques d'une habitation

Pour évaluer les pertes thermiques d'une habitation, on procède à l'expérience suivante : la masse m d'air à l'intérieur de la maison étant initialement à la température $T_1 = 19,0$ °C, on coupe le système de chauffage pendant une durée $\Delta t = 1,00$ h. On mesure une température finale $T_2 = 15,6$ °C.

Données : capacité thermique massique de l'air :

$c_a = 1\,000 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; volume intérieur de la maison : $V = 400 \text{ m}^3$; masse volumique de l'air : $\rho = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

1. Exprimer, puis calculer, la variation de l'énergie interne ΔU de l'air contenu dans la maison.
2. Interpréter le signe du résultat obtenu à la question précédente.

21 Mug de thé au micro-ondes

On réchauffe l'eau de son thé à l'aide d'un four à micro-ondes. Le volume d'eau dans le mug est de $V = 250 \text{ mL}$. Lorsque les micro-ondes atteignent les molécules d'eau, celles-ci se mettent à osciller. La mise en mouvement des molécules d'eau produit la chaleur nécessaire pour réchauffer les aliments. Le four est réglé sur la position de puissance $P = 900 \text{ W}$. La température de l'eau passe ainsi de 10 °C à 90 °C. On suppose que le four à micro-ondes est bien isolé.

Données : masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$;

capacité thermique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4\,180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

l'énergie transférée à un système avec une puissance P pendant la durée Δt est : $E = P \cdot \Delta t$.

1. Calculer la variation d'énergie interne de l'eau contenue dans le mug.
2. Au bout de combien de temps l'eau du thé sera-t-elle prête ?

23 Café chaud dans un thermos

Dans une bouteille thermos, on verse 1,0 L de café à la température de 60 °C. La température de l'ensemble se stabilise à 52 °C. La capacité thermique et la masse volumique du café seront prises égales à celle de l'eau.

Données : capacité thermique massique de l'eau :

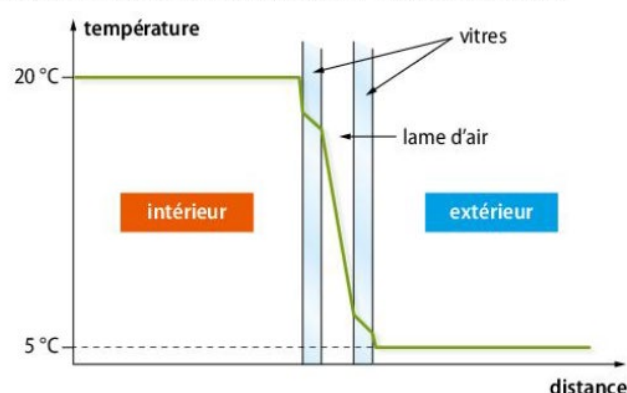
$c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; masse volumique de l'eau :

$\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

1. Calculer la valeur de la variation d'énergie interne du café.
2. En supposant que la bouteille thermos est parfaitement isolée, déterminer la variation d'énergie interne du système (thermos + café).
3. En déduire la valeur de la variation d'énergie interne de la bouteille thermos.

24 Double vitrage

On a représenté ci-contre l'évaluation de la température à la traversée d'un double vitrage, pour un flux constant :



1. Dans quel sens se fait le transfert thermique ?
2. Comparer qualitativement les résistances thermiques du verre et de l'air.
3. De l'air ou du verre, quel est le meilleur isolant thermique ?

17 Connaître le premier principe

CONGÉ Mobiliser et organiser ses connaissances.

Le premier principe, pour un système au repos macroscopique échangeant de l'énergie mais pas de matière avec l'extérieur et qui évolue d'un état initial à un état final, s'écrit : $\Delta U_{i \rightarrow f} = W + Q$.

1. Indiquer le nom et l'unité de chaque grandeur.
2. Préciser la convention qui détermine leur signe.

18 Énoncer le premier principe

Utiliser un vocabulaire scientifique adapté et rigoureux.

L'eau de la théière ci-contre est chauffée jusqu'à la température de 80 °C. On néglige tout échange par le bec verseur.

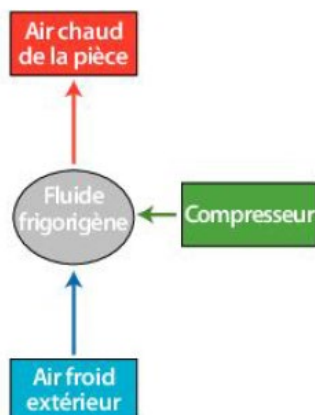


1. Identifier les transferts d'énergie entre le système {eau et théière} et le milieu extérieur.
2. Énoncer puis écrire le premier principe pour ce système.

19 Utiliser le premier principe (1)

Exploiter des informations.

Le fluide frigorigène d'une pompe à chaleur prend de l'énergie à l'air froid extérieur et en transfère à l'air de la pièce à chauffer. Pour cela, un compresseur transfère de l'énergie par travail mécanique au fluide frigorigène.



1. Reproduire le schéma ci-dessus et le compléter avec les trois transferts d'énergie ayant lieu entre le système {fluide frigorigène} et le milieu extérieur.

2. Écrire le premier principe pour ce système.

20 Utiliser le premier principe (2)

Mobiliser et organiser ses connaissances.

Pour préparer un cocktail sans alcool, une barmaid mélange dans un shaker 35 cL de jus d'orange et 5 cL de jus de citron vert. On admettra que le shaker est un récipient hermétique qui n'échange pas d'énergie avec le milieu extérieur pendant la durée de préparation du cocktail.

Le shaker et le jus de citron sont à 20 °C initialement. Le jus d'orange est à 5 °C.

1. Écrire le premier principe pour le système {shaker, jus de citron vert et jus d'orange} entre le moment où les ingrédients sont introduits et la fin du mélange.

2. Le cocktail est versé dans un verre en terrasse où la température est égale à 30 °C. Identifier le corps duquel le cocktail reçoit de l'énergie par transfert thermique.



21 Prévoir l'évolution d'une énergie interne

Mobiliser et organiser ses connaissances.

On souhaite refroidir de 5 °C une masse m de jus de fruit considéré comme incompressible.

1. Donner l'expression de la variation d'énergie interne $\Delta U_{i \rightarrow f}$ du système {jus de fruit} en fonction notamment de la masse du système et de sa variation de température entre l'état initial et l'état final.

2. Prévoir le signe de la variation d'énergie interne de ce système.

22 Calculer une variation d'énergie interne

Effectuer des calculs.

Pour préparer une soupe « miso » instantanée, on verse sur le contenu du sachet une masse m d'eau de 150 g initialement à la température $\theta_i = 20$ °C. Le système {eau} est considéré comme incompressible.



On néglige l'influence du contenu du sachet.

On chauffe l'eau pour l'amener à la température finale souhaitée θ_f .

1. Exprimer la variation d'énergie interne $\Delta U_{i \rightarrow f}$ de l'eau, en fonction notamment de sa masse et de sa variation de température entre l'état initial et l'état final.

2. La variation d'énergie interne $\Delta U_{i \rightarrow f}$ de l'eau à obtenir, pour que la température de l'eau atteigne la valeur finale souhaitée θ_f , est égale à $4,2 \times 10^4$ J. Calculer θ_f .

Donnée

Capacité thermique massique de l'eau :

$$c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

24 Aluminium, toujours !

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs.



L'aluminium est l'élément métallique le plus abondant dans l'écorce terrestre. Pour réaliser des bâtiments, il est utilisé en alliage avec du magnésium. L'alliage est composé de 90 % en masse d'aluminium et 10 % en masse de magnésium.

Pour améliorer sa résistance mécanique, une pièce d'alliage de masse $m = 10$ kg subit une trempe thermique. Pour cela, elle est portée à haute température $\theta_1 = 540$ °C, puis refroidie rapidement dans un bain d'eau de masse $m_{\text{eau}} = 1,00$ tonne et de température initiale $\theta_2 = 19$ °C. Lors de la trempe thermique, il est nécessaire de prévoir l'élévation maximale de la température du bain. L'eau et l'alliage sont supposés incompressibles.

1. La capacité thermique massique d'un alliage est égale à la somme des capacités thermiques massiques de ses constituants coefficientées par leur pourcentage massique. Montrer que la capacité thermique massique de l'alliage d'aluminium est $c = 909 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

2. a. Quelle est la forme d'énergie du système 1 {pièce d'alliage} qui est modifiée lorsqu'il vient au contact de l'eau ?
- b. Exprimer la variation d'énergie interne ΔU_1 du système 1, puis ΔU_2 du système 2 {eau du bain} au cours de la trempe.
3. On néglige tout échange avec l'air ou la cuve contenant l'eau.
- a. Écrire le premier principe pour le système 1, puis pour le système 2.
- b. En déduire que $\Delta U_1 = -\Delta U_2$.
4. À l'aide des réponses précédentes, calculer la température finale du bain θ_f .

Données

Capacités thermiques massiques :

- de l'aluminium : $c_{\text{Al(s)}} = 897 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.
- du magnésium : $c_{\text{Mg(s)}} = 1,02 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.
- de l'eau : $c_{\text{eau(l)}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

8 Discuter de l'influence de l'albédo (1)

CONSIGNE Mobiliser et organiser ses connaissances.

- Compléter les affirmations suivantes avec certains des termes ci-dessous :

absorbé(e) 70 % inférieur(e)
30 % supérieur(e) renvoyé(e)

- a. L'albédo est le pourcentage de la puissance solaire qui est par le système {Terre et atmosphère}.
- b. L'albédo de la glace est à celui des forêts.
- c. Sans albédo, la température terrestre moyenne serait à celle avec albédo.

9 Discuter de l'influence de l'albédo (2)

CONSIGNE Effectuer des calculs.

La puissance solaire incidente surfacique p_T reçue en moyenne par le système {Terre et atmosphère} est $344 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. La puissance solaire surfacique moyenne $p_{T(\text{abs})}$ absorbée par le système est $241 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.



1. Calculer l'albédo α de ce système.
2. Calculer la puissance surfacique solaire p_a absorbée par le désert du Sahara et par la neige de la banquise.

Données

Albédo du sable : 0,32 ; albédo de la neige : 0,90.

27 Loi de Stefan-Boltzmann

La loi de Stefan-Boltzmann définit la relation qui existe entre le flux thermique par unité de surface F (en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) d'un objet et la température T (en K) de l'objet considéré comme un « corps noir », objet idéal qui émet sous forme d'un rayonnement toute l'énergie qu'il reçoit : $F = \sigma \cdot T^4$ avec $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ SI}$.

Donnée : $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$

Le flux thermique reçu du Soleil et réparti sur la totalité de la surface de la Terre vaut $342 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

1. Établir le bilan d'énergie qui peut permettre d'estimer la température terrestre moyenne.
2. a. Retrouver l'unité de la constante de Boltzmann.
b. À l'aide de la loi de Stefan-Boltzmann et du bilan d'énergie établi, estimer la température terrestre moyenne.
3. La température terrestre moyenne est de 15°C . Comment expliquer l'écart avec la valeur déterminée à l'aide de la loi de Stefan-Boltzmann.

28 Refroidissement d'une tasse de café

On considère une tasse de café initialement à la température de 75°C dans une pièce à 25°C .

Après 5 minutes le café est à 50°C .

On suppose que la vitesse de refroidissement du café est proportionnelle à la différence des températures (autrement dit que la température du café suit la loi de Newton) : cela signifie qu'il existe une constante $\gamma < 0$ telle que la température vérifie l'équation différentielle de premier ordre : $dT(t)/dt = \gamma(T(t) - T_{\text{amb}})$

1. Effectuer un bilan énergie pour le système (café).
2. Donner la valeur de T_{amb} .
3. Résoudre l'équation différentielle en donnant l'expression de $T(t)$ en fonction de γ .
4. a. Déterminer la valeur numérique de la constante de refroidissement γ .
b. En déduire l'expression générale de $T(t)$.

10 Comprendre la loi de Newton

CONSIGNE Mobiliser et organiser ses connaissances.

Le flux thermique transféré entre un système en convection et un thermostat, milieu extérieur à température constante, est modélisé par la loi de Newton :

$$\Phi = h \times S \times (T_e - T)$$

- Indiquer ce que représentent les grandeurs S , T_e et T dans cette loi et préciser les unités de h et Φ .

11 Exploiter la loi de Newton

CONSIGNE Effectuer des calculs.

La paroi d'un système incompressible à la température $T = 323 \text{ K}$ est mise en contact avec un fluide à la température constante $T_e = 293 \text{ K}$.

On suppose ici que le coefficient d'échange convectif h du fluide est $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

- Calculer le flux convectif Φ entre le système et l'extérieur à travers une paroi dont la surface est $S = 1,0 \text{ m}^2$.

Donnée

Loi de Newton : $\Phi = h \times S \times (T_e - T)$.

14 Résoudre une équation différentielle

À la sortie du four, un gâteau dans son moule est à la température $\theta_i = 180^\circ\text{C}$. Le système {gâteau et moule} est laissé à la température ambiante constante de $\theta_e = 20^\circ\text{C}$.



L'équation différentielle vérifiée par la température du système est : $\frac{d\theta}{dt} = a \times (\theta - \theta_e)$.

Dans cette relation, a est une constante négative qui dépend du système et du fluide étudiés.

1. Montrer, en résolvant l'équation différentielle, que $\theta = \theta_e + (\theta_i - \theta_e) \times e^{a \times t}$.
2. Quelle sera la température du gâteau une heure après sa sortie du four ?

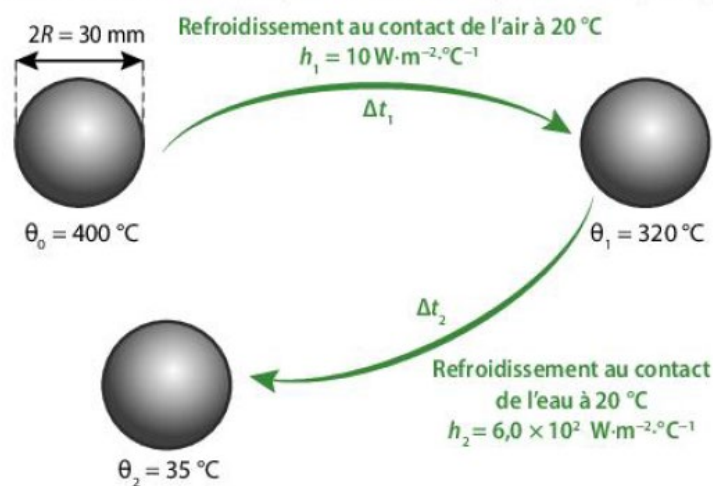
Données

- On considère que le système {gâteau et moule} est un système incompressible.
- On néglige les échanges de matière entre le système et le milieu extérieur ; le seul transfert thermique est convectif.
- Dans la situation étudiée, $a = -3,8 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

16 Un métal bien trempé

Utiliser un modèle pour prévoir ; effectuer des calculs.

Pour améliorer la dureté de métaux, on leur fait subir une trempe : le métal est initialement porté à haute température, puis refroidi au contact d'un fluide de température constante, en deux étapes de durées respectives Δt_1 et Δt_2 .



1. Par application du premier principe de la thermodynamique au système {bille}, établir l'équation différentielle vérifiée par la température de la bille métallique étudiée lors de chacun des deux transferts thermiques convectifs.
2. a. Donner l'expression de l'évolution de la température θ de la bille en fonction du temps lors de l'étape 1.
b. Déterminer la durée Δt_1 de la première étape.
3. Procéder de même pour l'étape 2.
4. Quel fluide assure le refroidissement le plus rapide ?

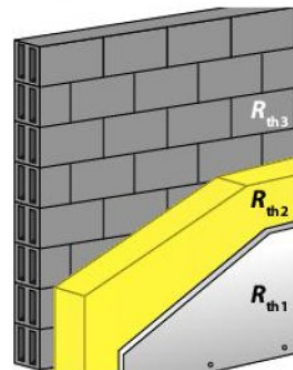
Données

- Masse volumique de la bille : $\rho = 3\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- Surface d'une sphère : $S = 4\pi \times R^2$.
- Volume d'une sphère : $V = \frac{4}{3}\pi \times R^3$.
- Capacité thermique massique de la bille : $c = 1,00 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.
- Loi de Newton : $\Phi = h \times S \times (\theta_e - \theta)$.
- On considère que le seul transfert thermique est convectif.

19 Pertes thermiques

Effectuer des calculs ; faire un schéma adapté.

Un mur est constitué d'une cloison de plâtre de résistance thermique R_{th1} collée à une couche de laine de verre de résistance thermique R_{th2} . L'ensemble est fixé à une paroi de béton de résistance thermique R_{th3} . La surface S du mur est 20 m^2 . La température à l'intérieur de la pièce est 20°C ; celle du milieu extérieur est 5°C .



1. Schématiser la situation en indiquant par une flèche le sens des transferts thermiques à travers le mur.
2. Indiquer le mode de transfert thermique mis en jeu.
3. Calculer la résistance thermique totale du mur R_{th} .
4. Calculer le flux thermique Φ traversant le mur.
5. Comparer Φ avec le flux thermique traversant une simple paroi de béton pour une même différence de température.

Données

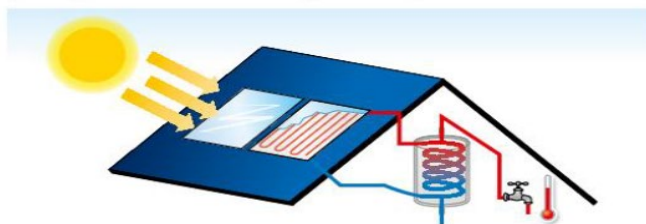
- Résistances thermiques en $^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$ pour $S = 20 \text{ m}^2$:

Plâtre	Laine de verre	Béton
0,039	0,125	0,013

- La résistance totale d'un mur constitué de couches accolées est égale à la somme des résistances thermiques de chacune des couches.

37 Panneau thermique

Simplement décrit, un panneau solaire thermique est une boîte noire mate isolée, coiffée d'une vitre. À l'intérieur se trouve un serpentin de même couleur à travers lequel circule un fluide caloporteur. Le rayonnement solaire absorbé par le panneau chauffe le liquide caloporteur.



Données :

- Puissance solaire surfacique reçue au niveau du sol : $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- constante de la loi de Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
- $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$

En supposant que le fond du panneau rayonne en respectant la loi de Stefan-Boltzmann, calculer la température théorique T_{th} de celui-ci.

En réalité, le fluide caloporteur est à l'équilibre thermique à $\theta = 50^\circ\text{C}$. Expliquer cette différence.