



Chapitre F3. Transferts et bilans thermiques

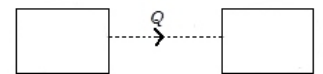


Se positionner (première partie)

- Si on veut limiter les risques de brûlures lorsqu'on touche l'extrémité de la poignée d'une casserole, on a intérêt à choisir pour le matériau la constituant :
 - le métal constituant la casserole
 - du bois
 - du plastique résistant aux fortes températures
 - peu importe
- Pour refroidir une bouteille d'eau (fermé) avec un sac de glaçons, on a intérêt à mettre le sac :
 - en haut de la bouteille
 - en bas de la bouteille
 - sur le côté de la bouteille
 - peu importe
- Quand on dit qu'un pull est chaud (il faut donc le porter quand il fait froid), cela signifie :
 - qu'il donne de l'énergie à la personne qui le porte
 - qu'il réfléchit bien l'énergie dégagée par le corps humain
 - qu'il diminue le transfert d'énergie vers l'extérieur
- Pour ralentir la fonte d'un glaçon qu'on sort du réfrigérateur, quelle action sera la plus efficace ?
 - l'envelopper de papier aluminium
 - l'envelopper de laine
 - le mettre dans de l'eau à température ambiante
- Pour ralentir le refroidissement d'une pomme de terre cuite qu'on sort de l'eau bouillante, quelle action sera la plus efficace ?
 - l'envelopper de papier aluminium
 - l'envelopper de laine
 - la mettre dans de l'eau à température ambiante

Activité 1 : Zoom sur différents modes de transferts thermiques

- On verse de l'eau chaude dans de l'eau froide dans un thermos (on peut alors considérer le mélange comme isolé). Légender les deux réservoirs ci-contre dans la chaîne qui décrit le phénomène ayant lieu.

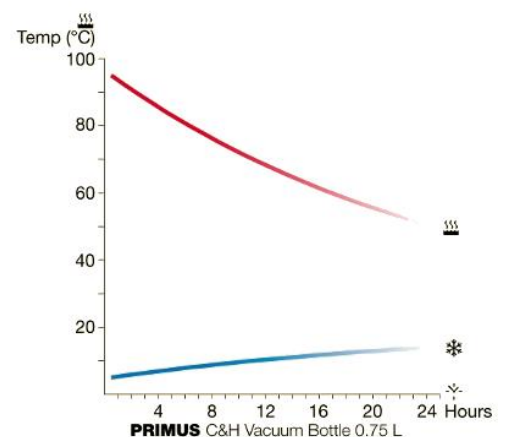


- Pourquoi deux volumes d'eau de températures différentes se mélangent-ils plus vite que si on faisait le mélange avec deux volumes de même température ?



- Donner deux interprétations au fait que de l'eau chaude présente dans un thermos isolé de l'extérieur par une zone de vide (photo de la coupe ci-contre à gauche) finisse tout de même par refroidir (courbe du haut sur la figure ci-contre à droite).

- Quelle sera la température finale de l'eau ?



Lire les § A1 et A2 du modèle



4. Dans chacune des situations suivantes, indiquer par quel mode (conduction, convection, rayonnement) l'énergie est majoritairement transférée à l'aliment cité. S'il n'est pas indiqué, préciser la nature du milieu.

Situation	Milieu assurant le transfert thermique	Mode de transfert principal
① En Sicile, les tomates sont placées en plein Soleil pour être cuites et séchées.		
② Les résistances chauffantes d'un four assurent la cuisson du poulet placé à l'intérieur.	L'air dans le four	
③ Ce même poulet pourra être réchauffé à l'aide d'un four à micro-ondes.		
④ Faire bouillir de l'eau dans une casserole. Plonger ensuite des pommes de terre pour les cuire.	Métal de la casserole	
	Eau de cuisson	
	Pommes de terre	
⑤ Il est possible de cuire un gâteau avec un four solaire.		

5. Dans un self, pourquoi est-il absurde, énergétiquement, de poser les canettes initialement à température ambiante sur une plaque réfrigérée pour les refroidir ?
6. Marre d'avoir chaud l'été : vous installez des climatiseurs. Vous les mettez en haut ou en bas ?

Activité 2 : Qui fond en premier ?

Cette scène se déroule alors qu'il fait nuit et que la température vaut -5°C depuis plusieurs heures.



- Quelle est la température approximative des deux bonhommes de neige ?
- Pourquoi le bonhomme de gauche a-t-il quand même raison d'être jaloux pour la suite ? La réponse doit contenir l'expression « transfert thermique ».

Le jour s'est levé, la température extérieure vaut désormais $+5^{\circ}\text{C}$. Voilà la suite de leur conversation :



- Si la température se maintient à $+5^{\circ}\text{C}$: que va-t-il arriver à chacun de ces deux bonhommes de neige ?
- Les deux bonhommes de neige semblent tous les deux optimistes à propos de leur avenir... mais lequel a raison ? Lequel fondra le premier ? Justifier en citant le transfert thermique pertinent et en précisant son sens.

5. Dans le langage courant, on dit souvent qu'un bon manteau est un vêtement qui « tient chaud ». Reformuler cette affirmation en respectant les lois de la physique.

Lire le § B1 du modèle

6. On note Δt_G la durée mise par le bonhomme de gauche pour fondre et Δt_D celle mise par le bonhomme de droite. De la même façon on note Q_G et Q_D les transferts thermiques que chacun des bonhommes reçoit, puis ϕ_G et ϕ_D les flux thermiques reçus pendant ces durées.

Comparer Q_G et Q_D , puis ϕ_G et ϕ_D .



Activité 3 : Transferts thermiques et situations courantes : comment utiliser les concepts de résistance thermique, conductivité thermique, capacité thermique ?

Pour cette activité, vous disposez du § B du modèle ainsi que des deux documents ci-dessous.

Document ① : Notion de résistivité thermique

La résistance thermique définie au paragraphe C3 dépend non seulement du matériau qui constitue l'objet considéré mais aussi de sa forme.

Sa résistivité thermique r_{th} est une grandeur qui ne dépend que du matériau : c'est l'inverse de la conductivité thermique λ .

Dans le cas d'une paroi plane, la résistivité thermique r_{th} est liée à la résistance thermique R_{th} par :

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







- ▷ e : épaisseur de la paroi
- ▷ S : surface traversée par le flux thermique.
- ▷ λ : conductivité thermique

Document ② : Notion de résistivité thermique

Matériau	Capacité thermique massique $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	Conductivité thermique λ $(W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$
verre	720	1,2
laine	1500	0,05
acier	444	80
fonte	540	100
air	1004	0,026
caoutchouc	1200	0,38
eau douce	4180	0,61
eau salée	3929	0,60

Les affirmations ci-dessous correspondent à des observations courantes mais parfois décrites dans la vie quotidienne à l'aide d'expressions incorrectes du point de vue de la physique (expressions entre guillemets).

Pour chacune de ces affirmations, rédiger en dessous une justification utilisant les notions vues dans ce chapitre. Chaque réponse doit mentionner **au moins un mode de transfert d'énergie** et **citer au moins une information extraite des documents**. Les citations entre guillemets devront être reformulées.

1	Une vitre assure une isolation thermique d'autant plus efficace que la vitre est épaisse.	
2	Un double vitrage assure une meilleur isolation qu'une vitre épaisse.	
3	un plat est gardé au chaud plus longtemps lorsqu'il est placé dans une cocote en fonte que dans une cocote en acier.	
4	Les secouristes, afin d'éviter qu'une victime n'entre en hypothermie, enveloppent celle-ci d'une couverture de survie	
5	Un duvet en plume est « très chaud » car il emprisonne beaucoup d'air.	
6	Si on touche la partie métallique du guidon d'un Vélo'V « on a bien plus froid » que si on touche les poignées en caoutchouc. → La température du guidon est-elle la même partout (le Vélo'V étant en station depuis quelques heures...)? → Quel phénomène est responsable de la sensation « de froid » lorsque l'on touche le guidon ?	
7	Avec une même gazinière et une même casserole, on met plus longtemps pour porter à 80°C de l'eau douce que de l'eau salée	



Activité 4 : Pourquoi il nous faut réagir : différents modèles pour différentes températures à la surface de la Terre...

Dans cette activité on teste deux modèles décrivant les transferts thermiques fournis et reçus par le système {Terre + atmosphère}. Le test consiste à comparer la température terrestre prévue par chaque modèle et la température moyenne constatée à la surface de la terre.

On considère que, en moyenne sur une durée assez longue, la température de la Terre est constante. Son énergie interne est, en moyenne, elle aussi constante : $\Delta U = 0$.

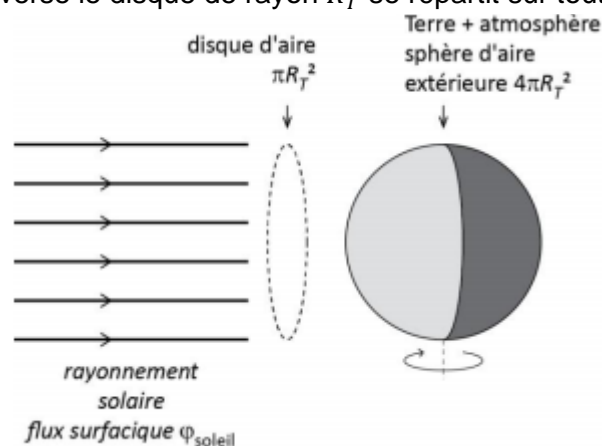
Premier modèle testé : la Terre comme un corps noir

Les astronomes utilisent ce modèle pour calculer la température des planètes dépourvues d'atmosphère. Ce modèle suppose que la planète réémet toute l'énergie absorbée par rayonnement, selon la loi de Stefan-Boltzmann.

Comme la Terre tourne sur elle-même, le flux thermique qui traverse le disque de rayon R_T se répartit sur toute la surface du globe terrestre.

DONNÉES et relations utiles

- On appelle flux surfacique un flux thermique par unité de surface sur laquelle il est réparti : $\phi = \frac{\Phi}{S}$
où ϕ est le flux en W, S est la surface en m^2 .
- Loi de Stefan-Boltzmann : un corps noir de température absolue constante T cède par rayonnement un flux surfacique de valeur :
 $|\phi_{\text{rayonné}}| = \sigma T^4$
où $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$ est la constante de Stefan-Boltzmann.
- Flux surfacique transféré du Soleil à la Terre : $\phi_{\text{Soleil}} = 1360 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$



- En appliquant le premier principe au système {Terre + atmosphère}, montrer que :

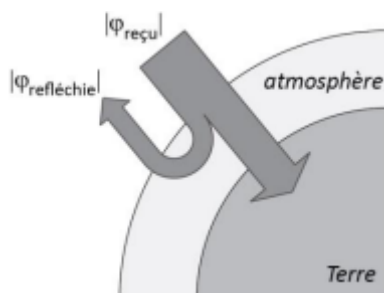
$$4\sigma T^4 = \phi_{\text{Soleil}}$$

- Exprimer, puis calculer la température T à la surface de la Terre prévue par ce modèle. Convertir cette valeur en $^{\circ}\text{C}$ et discuter la validité du modèle utilisé.

Deuxième modèle testé : Prise en compte de l'albédo et de l'effet de serre

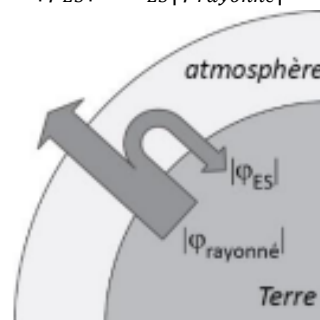
L'**albédo** est un phénomène de réflexion par l'atmosphère : une fraction A du flux surfacique incident est réfléchi :

$$|\phi_{\text{réfléchi}}| = A|\phi_{\text{reçu}}|$$



L'**effet de serre** est le second phénomène à prendre en compte : la vapeur d'eau de l'atmosphère, l'ozone, le dioxyde de carbone, le méthane, etc. en sont responsables (gaz à *effet de serre*). Ces gaz absorbent une fraction A_{ES} de l'énergie rayonnée par la Terre et la réémettent dans sa direction (figure ci-dessous).

$$|\phi_{ES}| = A_{ES}|\phi_{\text{rayonné}}|$$





3. Reprendre le bilan effectué à la question 1 et réécrire l'expression du premier principe de la thermodynamique en tenant compte, cette fois, de l'albédo et de l'effet de serre, en fonction des flux surfaciques mis en jeu.
4. En déduire l'expression suivante de la température moyenne de la surface terrestre :

$$T = \left(\frac{\varphi_{Soleil}(1 - A)}{4\sigma(1 - A_{ES})} \right)^{1/4}$$

5. Actuellement, on a en moyenne : $A \approx 30\%$ et : $A_{ES} \approx 42\%$. Calculer numériquement la température prévue par ce modèle et discuter sa validité par rapport au modèle précédent.

Pour aller plus loin...

Calculer, selon ce modèle :

- la température qu'aurait la Terre sans aucun effet de serre ;
- la température qu'aurait la Terre si le coefficient d'effet de serre augmentait de 10% par rapport à la valeur actuelle. Commenter les valeurs obtenues.