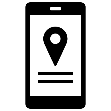
# Chapitre F3. Transferts et bilans thermiques

**Se positionner**

1. 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 :

➀ le métal constituant la casserole

➁ du bois

➂ du plastique résistant aux fortes températures

➃ peu importe

1. Pour refroidir une bouteille d’eau (fermée) avec un sac de glaçons, on a intérêt à mettre le sac :

➀ en haut de la bouteille

➁ en bas de la bouteille

➂ sur le côté de la bouteille

➃ peu importe

1. Quand on dit qu’un pull est chaud (il faut donc le porter quand il fait froid), cela signifie :

➀ qu’il donne de l’énergie à la personne qui le porte

➁ qu’il réfléchit bien l’énergie dégagée par le corps humain

➂ qu’il diminue le transfert d’énergie vers l’extérieur

1. Pour ralentir la fonte d’un glaçon qu’on sort du congélateur, quelle action parmi les trois suivantes sera la plus efficace ?

➀ l’envelopper de papier aluminium

➁ l’envelopper de laine

➂ le mettre dans de l’eau à température ambiante

1. Pour ralentir le refroidissement d’une pomme de terre cuite qu’on sort de l’eau bouillante, quelle action parmi les trois suivantes sera la plus efficace ?

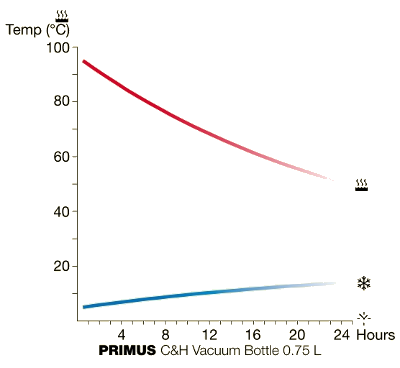
➀ l’envelopper de papier aluminium

➁ l’envelopper de laine

➂ la mettre dans de l’eau à température ambiante

# Activité 1 : Zoom sur différents modes de transferts thermiques

1. 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 chaine qui décrit le phénomène ayant lieu.
2. 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 ?



1. a. 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).

b. Quelle sera la température finale de l’eau ?

*Lire les § A1 et A2 du modèle*

1. 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** |
| * En Sicile, les tomates sont placées en plein Soleil pour être cuites et séchées. |  |  |
| * Les résistances chauffantes d’un four assurent la cuisson du poulet placé à l’intérieur. | L’air dans le four |  |
| * Ce même poulet pourra être réchauffé à l’aide d’un four à micro-ondes. |  |  |
| * 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 |  |
| * Il possible de cuire un gâteau avec un four solaire. |  |  |

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

# Activité 2 : Qui fond en premier ?

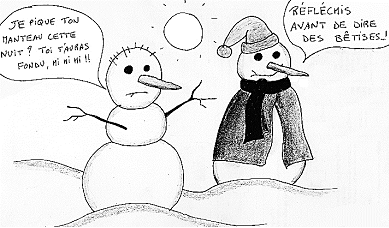
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

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



1. Quelle est la température approximative des deux bonhommes de neige ?
2. 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 °C. Voilà la suite de leur conversation :



1. Si la température se maintient à +5 °C : que va-t-il arriver à chacun de ces deux bonhommes de neige ?
2. 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.
3. 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*

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

Comparer et , puis et .

# 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 ➀** : **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 est une grandeur qui ne dépend que du matériau : c'est l'inverse de la conductivité thermique .

Dans le cas d’une paroi plane, la résistivité thermique est liée à la résistance thermique par :

* : épaisseur de la paroi
* : surface traversée par le flux thermique.
*  : conductivité thermique

**Document ➁** : **Notion de résistivité thermique**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Matériau** | **Capacité thermique massique** | **Conductivité thermique   (W.m-1.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 en gras).*

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 en gras devront être reformulées**.

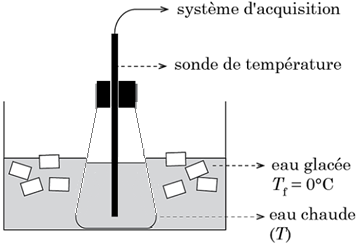
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Avec une même gazinière et une même casserole, on met plus longtemps pour porter à 80°C de l’eau douce que de l’eau salée. | Une image contenant casserole, ustensiles de cuisine  Description générée automatiquement |
| 2 | Une vitre assure une isolation thermique d’autant plus efficace que la vitre est épaisse. | https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ9srA0tuM-rV1y0y4ieH4_mhfHOtiKdMYZNErmcBnH1u5pR0e_ |
| 3 | Un double vitrage assure une meilleure isolation qu’une vitre épaisse. |  |
| 4 | Un duvet en plume est **« très chaud »** car il emprisonne beaucoup d’air. |  |
| 5 | 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 ? | http://www.ter-velo-rhonealpes.com/image/velovImg1.jpg |
| 6 | un plat est gardé au chaud plus longtemps lorsqu’il est placé dans une cocote en fonte que dans une cocote en acier. |  |
| 7 | Les secouristes, afin d’éviter qu’une victime n’entre en hypothermie, enveloppent celle-ci d’une couverture de survie | http://images.internetstores.de/products/2985028e%5b1000x700%5d.jpg?forceSize=true&forceAspectRatio=true |

# Activité 4 : ça refroidit, mais à quelle « vitesse » ?

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

*On cherche ici à décrire l’évolution de la température d’un système mis au contact d’un environnement considéré comme à température constante (on nomme un tel système un* ***thermostat****).*

*A l’issue des mesures, on teste la validité d’une loi dite « phénoménologique » (basée sur des observations mais faisant appel à des grandeurs théoriques) pour décrire l’évolution constatée.*

****1ère partie : Suivi temporel du refroidissement de l’eau**

**Acquisition des données**

*Attention tous les groupes ne réalisent pas exactement la même expérience : vous réalisez soit l’expérience A soit l’expérience B selon ce que qui est indiqué sur votre paillasse. Vous comparerez vos résultats à l’issue des mesures.*

− Préparer la sonde thermométrique de façon à ce qu’elle mesure la température de l’eau qui sera versée dans un erlenmeyer (voir schéma ci-contre).

- Connecter le thermomètre à une carte d’acquisition (borne jaune du thermomètre sur la borne + de l’entrée EA1 de la carte).

**Ce que mesure la carte d’acquisition…**

La température mesurée est à chaque instant une fonction *affine* de la tension délivrée à la carte d’acquisition.

Cette relation affine est telle

que -20°C correspond à -5,0V

et 120 °C correspond à 5,0V.

On peut facilement montrer (faites-le !) que la droite passant par ces deux points a pour équation :

T(en °C) = 14 x U(en V) + 50

- Régler les paramètres d’acquisition suivants :

*Durée totale : 1500 s ; nombre de points : 301 points.* (laisser les autres réglages inchangés).

- Préparer un cristallisoir contenant de l’eau et des glaçons.

− Pour deux groupes, chauffer environ 500 mL d’eau avec une bouilloire jusqu’à ébullition.

− Verser environ 200 mL d’eau chaude dans l’erlenmeyer (on se servira des graduations) et fermer avec le bouchon muni de la sonde thermométrique (l’objectif est de limiter au maximum l’évaporation).

*Si vous réalisez l’****expérience B****, vous devez entourer l’erlenmeyer de papier aluminium avant de le mettre dans l’eau.*

− Attendre que la température affichée par le thermomètre atteigne 80°C pour placer l’erlenmeyer dans le bain d’eau glacée et pour déclencher l’acquisition en cliquant sur le bouton .

*- - - - - - - - Pendant les 25 minutes de mesures, répondre aux questions suivantes- - - - - - -*

**Exploitation**

1. Sans souci d’échelle, représenter ci-contre l’allure de l’évolution de la température de l’eau.
2. Compléter la phrase suivante :

*la température décroit . . . . . . . . . . . . . . . lorsque qu’elle est élevée puis sa variation est de plus en plus . . . . . . . . .*

1. Quelle différence notable peut-on noter, dès les premières minutes, entre les deux évolutions sans et avec l’aluminium ? Ajouter sur le graphe ci-dessus l’allure de la courbe obtenue par un binôme qui n’a pas fait la même expérience que la vôtre

Les résistivités thermiques des matériaux utilisés valent :

→ 𝑟*th*(eau) ≈ 2 K⋅m⋅W−1 → 𝑟*th*(verre) ≈ 0,8 K⋅m⋅W−1 → 𝑟*th* (𝐴l) ≈ 5 × 10−9 K⋅m⋅W−1

1. La différence entre les deux courbes peut-elle s’expliquer par une modification de la conduction thermique due à l’aluminium ? Exploiter les valeurs des résistivités pour répondre.
2. Quel mode de transfert thermique est nettement limité par la présence de l’aluminium ?

**Lorsque l’acquisition est terminée :**

- Copier les données dans le presse-papier et les ouvrir dans *Regressi*.

- Créer une nouvelle variable T = 14\*u1+50.

- Afficher l’évolution de T en fonction du temps (on choisira des points seulement, pas de ligne).

- Imprimer le graphe obtenu.

**2e partie : Test d’un modèle**

**La loi phénoménologique de Newton**

Lorsque le transfert thermique a lieu principalement par convection, un système de température *T* en contact avec un thermostat de température *Tf* constante reçoit un flux thermique de valeur :

est la surface d’échange entre le système et le thermostat et ℎ le coefficient d’échange.

**Expression théorique de la température fournie par le modèle**

Le système étudié est l’eau chaude contenue dans l’erlenmeyer. On note sa masse et la capacité thermique massique de l’eau.

1. Compléter le schéma ci-dessous en indiquant les températures et , ainsi que le flux .

Eau dans  
l’erlenmeyer

Eau + glaçons

1. Indiquer ce qui joue dans l’expérience réalisée le rôle du thermostat. En déduire la valeur attendue pour l’une des grandeurs figurant dans la loi ci-dessus.

On considère une durée infinitésimale (entre deux dates infiniment proches) notée .

La variation d’énergie interne au cours de cette durée est notée , la variation de température et le transfert thermique .

1. En écrivant le premier principe de la thermodynamique à l’eau contenu dans l’erlenmeyer et l’expression de la variation d’énergie interne d’un système dont la température varie, établir la relation entre et .
2. Exploiter la définition du flux (§B1 du modèle) pour exprimer le flux en fonction de et .
3. En utilisant la loi phénoménologique de Newton, en déduire que la température vérifie l’équation différentielle suivante : où est une constante dont on donnera l’expression.
4. Montrer que l’expression est solution de cette équation différentielle.

**Rappel sur la fonction exponentielle**

Si la fonction est définie par , alors sa fonction dérivée est telle que .

**Traitement des données**

1. Modéliser les données obtenues dans la partie 1.
2. La loi phénoménologique de Newton vous parait-elle adaptée pour décrire l’évolution de la température ?
3. En déduire une estimation de pour les deux expériences.

# Activité 5 : 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 : .

**Premier modèle testé : la Terre comme un corps noir**

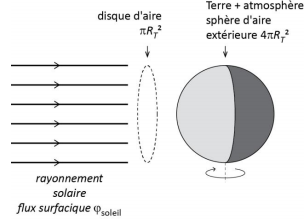
Les astronomes utilisent ce modèle pour calculer la température des planètes dépourvues d’atmosphère. Ce modèle suppose que la planète réémet toute l’énergie absorbée par rayonnement, selon la loi de Stefan-Boltzmann. Comme la Terre tourne sur elle-même, le flux thermique qui traverse le disque de rayon 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 :   
  où est le flux en W, est la surface en m2.
* Loi de Stefan-Boltzmann : un corps noir de température absolue constante cède par rayonnement un flux surfacique de valeur :   
  où 𝜎 = 5,67 x 10-8 W∙m-2∙K-4

est la constante de Stefan-Boltzmann.

* Flux surfacique transféré du Soleil à la Terre : 1360 W∙m-2



1. En appliquant le premier principe au système {Terre + atmosphère}, montrer que :
2. Exprimer, puis calculer la température *T* à la surface de la Terre prévue par ce modèle. Convertir cette valeur en °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 réfléchie : | **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 *AES* de l’énergie rayonnée par la Terre et la réémettent dans sa direction (figure ci-dessous). |

1. 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.
2. En déduire l’expression suivante de la température moyenne de la surface terrestre :
3. Actuellement, on a en moyenne : 30% et : 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.