

Version professeur

Physique-chimie – Seconde Bac Pro

Cours

Chapitre 11

Transferts thermiques et équilibre thermique

Édition : 24 septembre 2026 – Naïm Azzouz

Rappel de cours — Avant de commencer

On sait mesurer une température et l'exprimer en °C ou en K. Une température décrit un état ; un transfert thermique décrit de l'énergie échangée. Avant de calculer, identifier quels corps échangent, dans quelles conditions et ce que mesure l'instrument.

Repères et ordre de travail

Les codes désignent les capacités du chapitre, pas des codes officiels.

Capacité et intitulé complet	Partie du cours	Page
C1 – Identifier la notion d'équilibre thermique	1. Équilibre	1 él. 1
C5 – Identifier les trois modes de transfert thermique	2. Modes	2 él. 2
C2 – Calculer un flux thermique	3. Flux	2 él. 3
C3 – Appliquer la relation $Q = mc\Delta T$	4. Énergie	3 él. 3
C4 – Calculer une résistance thermique et l'interpréter	5. Isolation	3 él. 4

« él. » : page du cours élève de cette même édition.

Méthode — Mode d'emploi

Lire la notion et l'exemple résolu, puis chercher l'application avant de passer à la notion suivante. Le travail peut être accompagné en classe ou repris seul. Les corrections suivent les applications dans cette version. C1 correspond au cœur expérimental du programme. C2 à C5 sont des prolongements locaux du site, utiles notamment en bâtiment, mais ne doivent pas remplacer l'observation de l'équilibre réel. Les codes suivent les sections détaillées de la banque d'exercices du chapitre.

1 Deux corps vers l'équilibre

Page élève : 1.

Deux corps de températures initiales différentes, placés en contact thermique, peuvent échanger de l'énergie. Le transfert thermique net spontané se fait du plus chaud vers le plus froid. Dans un système suffisamment isolé, les températures se rapprochent et l'état d'**équilibre thermique** correspond à une température commune. L'évolution n'est pas instantanée ; l'air extérieur et le récipient peuvent aussi intervenir.

Définition — Chaleur, température, énergie

La **chaleur** désigne ici un mode de transfert d'énergie entre corps à températures différentes, pas une substance contenue dans l'objet. L'énergie échangée sous forme thermique s'exprime en **joules** (J). Une

température s'exprime en $^{\circ}\text{C}$ ou en K ; ce n'est pas une quantité d'énergie.

Exemple — Exemple raisonné

Un objet à 60°C et un autre à 20°C sont mis en contact dans une enceinte isolée. L'objet chaud cède de l'énergie et tend à se refroidir ; l'autre en reçoit et tend à se réchauffer. Sans masses ni propriétés thermiques, on ne calcule pas la température finale, même si elle se situe entre les deux températures initiales dans ce modèle simple.

Application 1 – Prévoir puis observer

Le professeur prépare deux récipients à températures non dangereuses, deux sondes compatibles et une mise en contact validée. Prévoir le sens du transfert, puis relever les *mesures réelles* initiales et successives jusqu'à une évolution plus lente. Ne préremplir aucune température.

Instant	Départ	1	2	3
Corps A ($^{\circ}\text{C}$)	_____	_____	_____	_____
Corps B ($^{\circ}\text{C}$)	_____	_____	_____	_____

Décrire ce qui appuie ou non l'idée d'un équilibre et citer une limite du montage.

Correction

Correction conditionnelle : comparer les températures réellement relevées et leur rapprochement, sans inventer de valeur finale. Le transfert net attendu va du plus chaud vers le plus froid. Discuter pertes vers l'air, temps d'attente, position et temps de réponse des sondes. Le geste est observé en classe.

2 Trois modes de transfert

Page élève : 2.

La **conduction** transfère de l'énergie à travers une matière sans déplacement global de cette matière, par exemple dans une cuillère métallique chauffée à une extrémité. La **convection** associe transfert et mouvement d'un fluide, par exemple l'air chauffé près d'un radiateur. Le **rayonnement** transporte de l'énergie par ondes électromagnétiques, notamment infrarouges ; il peut traverser le vide. Plusieurs modes coexistent souvent.

Exemple — Un bâtiment en hiver

De l'énergie passe à travers un mur par conduction ; des mouvements d'air contribuent aux échanges près des surfaces ; une surface émet et reçoit du rayonnement. Dire seulement « le froid entre » masque le sens du transfert net d'énergie depuis l'intérieur plus chaud vers l'extérieur plus froid.

Application 2 – Décrire sans tout attribuer à un seul mode

Pour une cuillère métallique plongée par son extrémité dans de l'eau tiède, pour de l'air brassé près d'un chauffage et pour le Soleil reçu à travers le vide, nommer le mode qui illustre le mieux chaque situation. Pourquoi le mot « principal » est-il utile ?

Correction

Cuillère : conduction ; air brassé : convection ; Soleil à travers le vide : rayonnement. « Principal » évite d'affirmer qu'un seul mode agit dans une situation réelle ; la surface de la cuillère échange aussi avec l'air.

3 Un transfert d'énergie par unité de temps

Page élève : 3.

Méthode — Prolongement local C2 – puissance moyenne

Si une énergie E est transférée pendant une durée Δt , la **puissance moyenne** associée vaut $P = E/\Delta t$, avec E en J, Δt en s et P en W ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$). Dans ce chapitre, la banque du site nomme aussi cette puissance « flux thermique » ; préciser la surface si l'on parle ensuite d'un flux *surf*acique en W/m^2 .

Exemple — Exemple résolu

Une énergie de 6000 J traverse une paroi en 120 s : la puissance moyenne vaut $6000/120 = 50 \text{ W}$. Ce nombre ne donne pas la température de la paroi.

Application 3 – Convertir la durée

Une énergie fictive de 36 000 J est transférée en 10 min. Calculer la durée en secondes et la puissance moyenne. Dire ce que devient cette puissance si la même énergie est transférée deux fois plus vite.

Correction

10 min = 600 s ; $P = 36000/600 = 60 \text{ W}$. En 5 min, soit 300 s, la même énergie correspondrait à 120 W de puissance moyenne.

4 Énergie reçue sans changement d'état

Page élève : 3.

Méthode — Prolongement local C3 – modèle sensible

Pour un corps homogène qui ne change pas d'état, le modèle $Q = mc\Delta\theta$ relie l'énergie reçue Q (J), la masse m (kg), la capacité thermique massique c ($\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$) et la variation de température $\Delta\theta$ ($^\circ\text{C}$). Une variation en K a la même valeur numérique. Si le corps refroidit, son Q reçu est négatif ; la valeur positive de l'énergie qu'il cède est $-Q$. Le modèle suppose les données adaptées à la plage et néglige les pertes annoncées.

Exemple — Exemple résolu sur données fictives

Pour $m = 1 \text{ kg}$ d'eau, $c = 4180 \text{ J}/(\text{kg K})$ et une hausse de 5 K, on obtient $Q = 1 \times 4180 \times 5 = 20\,900 \text{ J}$ reçus par l'eau dans ce modèle.

Application 4 – Calculer puis limiter la conclusion

On fournit $m = 2 \text{ kg}$ d'eau et $c = 4180 \text{ J}/(\text{kg K})$. La température passe de 20 à 30 $^\circ\text{C}$. Calculer Q reçu selon le modèle. Pourquoi l'énergie fournie par un appareil réel peut-elle être supérieure ?

Correction

$\Delta\theta = 10^\circ\text{C} = 10 \text{ K}$; $Q = 2 \times 4180 \times 10 = 83\,600 \text{ J}$ pour l'eau. Un appareil doit aussi chauffer le récipient et compenser les pertes vers l'environnement ; on ne conclut pas à son énergie consommée avec la seule valeur Q de l'eau.

5 Comparer des isolants avec les bonnes grandeurs

Page élève : 4.

Méthode — Prolongement local C4 – résistance surfacique d'une couche

Pour une couche homogène plane d'épaisseur e (m) et de conductivité λ ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$), la **résistance thermique surfacique** vaut $R_s = e/\lambda$ en $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Plus R_s est grand, plus cette couche s'oppose au transfert par conduction *dans ce modèle*. Pour une paroi réelle, les surfaces, interfaces, ponts thermiques et autres modes comptent ; la formule seule ne donne pas la performance complète du bâtiment.

Exemple — Deux couches fictives

Pour $e = 0,10 \text{ m}$ et $\lambda = 0,04 \text{ W/(m K)}$, $R_s = 0,10/0,04 = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. À conductivité identique, doubler l'épaisseur double la résistance surfacique de la couche.

Application 5 – Comparer à conductivité donnée

Les couches fictives A et B ont la même épaisseur $e = 0,08 \text{ m}$; $\lambda_A = 0,04 \text{ W/(m K)}$ et $\lambda_B = 0,08 \text{ W/(m K)}$. Calculer $R_{s,A}$ et $R_{s,B}$, puis choisir celle qui s'oppose le plus à la conduction dans ce modèle.

Correction

$R_{s,A} = 0,08/0,04 = 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$; $R_{s,B} = 0,08/0,08 = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. A s'oppose davantage à la conduction dans le modèle de couche homogène. Cela ne compare pas à lui seul deux bâtiments entiers.

Application 6 – Retour à l'expérience

Après une vraie mise en contact de deux corps étudiés en classe, tracer ou décrire l'évolution de leurs deux températures. Peut-on dire que l'équilibre a été atteint dans la durée observée ? Citer un indice et une limite expérimentale.

Correction

Réponse conditionnelle sur données réelles : les températures doivent se rapprocher et devenir compatibles avec une valeur commune à la précision des instruments. Sans stabilisation suffisante, ne pas annoncer un équilibre atteint. Discuter échange avec l'air, temps de réponse et placement des sondes.

À retenir

Bilan. Un transfert thermique est un transfert d'énergie, compté en J, qui tend à rapprocher les températures de deux corps en contact ; une mesure réelle permet de rechercher l'équilibre. Conduction, convection et rayonnement peuvent coexister. Les relations $P = E/\Delta t$, $Q = mc\Delta\theta$ et $R_s = e/\lambda$ sont des prolongements de ce chapitre ; leurs unités et leurs hypothèses sont indispensables.