

COURS

Thermodynamique — Température et échanges thermiques

1^{re}

Programme de première générale, enseignement de spécialité — BO spécial n°1 du 22 janvier 2019

Un litre d'eau à 20 °C et une piscine à 20 °C sont à la même température, et pourtant refroidir la piscine demande des milliers de fois plus d'énergie. La température ne mesure donc pas ce qu'un corps contient : elle mesure son état. Toute la thermodynamique commence par cette distinction, et la plupart des erreurs de bilan viennent de son oubli.

1 Ce que mesure une température

DÉFINITION

La **température** est une grandeur d'état : elle traduit l'**agitation moyenne** des entités constituant le système, indépendamment de leur nombre. L'**énergie interne** U , elle, est la somme des énergies microscopiques de **toutes** ces entités : elle dépend donc aussi de la **quantité** de matière. Deux corps à la même **température** n'ont pas la même **énergie interne** s'ils n'ont pas la même masse.

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Traiter la chaleur comme une grandeur stockée dans un corps, et donc confondre la température avec l'énergie qu'il détient. — Un corps ne **contient** pas de chaleur : il possède une **énergie interne**. La **chaleur** est un **transfert** — le mode par lequel cette énergie interne varie —, comme le travail. Dire « ce corps contient de la chaleur » est aussi incorrect que dire « ce corps contient du travail ». La confusion empêche ensuite d'écrire correctement un bilan, puisqu'on additionne alors un état et un transfert.

Le réflexe : La chaleur est ce qui **pass**e, l'énergie interne ce qui **est**.

2 Le premier principe

RÈGLE

Premier principe de la **thermodynamique** : la variation d'**énergie interne** d'un système fermé est égale à la somme des transferts qu'il reçoit — le transfert **thermique** Q , appelé chaleur, et le **travail** W des forces extérieures. Les deux sont comptés **positivement** lorsqu'ils sont **reçus** par le système, **négativement** lorsqu'ils sont **cédés**. Cette convention de signe est la source de la moitié des erreurs de bilan.

$$\Delta U = Q + W$$

PROPRIÉTÉ

Pour un corps qui s'échauffe ou se refroidit **sans changer d'état**, le transfert thermique se calcule à partir de sa **capacité thermique** massique c , qui mesure l'énergie nécessaire pour élever d'un degré la température d'un kilogramme. L'eau a une **capacité thermique** massique élevée — c'est pourquoi elle chauffe lentement et se refroidit lentement, et pourquoi les océans tempèrent les climats.

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

3 Les trois modes de transfert

PROPRIÉTÉ

Un échange thermique entre deux corps emprunte trois voies. La **conduction** transfère l'énergie de proche en proche **sans déplacement de matière** : elle domine dans les solides, surtout métalliques. La **convection** transporte l'énergie **avec la matière** elle-même, par des mouvements de fluide : c'est le mode principal dans les liquides et les gaz. Le **rayonnement** transporte l'énergie par ondes électromagnétiques et **ne nécessite aucun support** : c'est ainsi que l'énergie solaire traverse le vide.

Ces trois modes coexistent le plus souvent, et une isolation efficace doit les traiter **tous**. Une paroi épaisse limite la **conduction** ; un double vitrage avec gaz immobile limite la **convection** ; une couche réfléchissante limite le **rayonnement**. Traiter un seul mode laisse une voie de fuite ouverte — c'est pourquoi une bouteille isotherme combine les trois dispositifs.

RÈGLE

Un **changement d'état** se fait à **température constante** : toute l'énergie reçue sert à modifier l'organisation de la matière, non à l'échauffer. C'est pourquoi la température d'un mélange eau-glace reste à 0 °C tant qu'il reste de la glace, alors même qu'on chauffe. Un palier sur une courbe d'échauffement signale donc un changement d'état, jamais un défaut de chauffage.

$$\text{pendant un changement d'état : } \Delta T = 0$$

ÉTABLIR UN BILAN ÉNERGÉTIQUE THERMIQUE

- ① Définir le **système** étudié et préciser s'il est isolé ou en contact avec un autre corps.
- ② Repérer si la transformation comporte un **changement d'état** : si oui, la séparer en étapes.
- ③ Pour chaque étape sans changement d'état, écrire $Q = m \times c \times \Delta T$.
 $2 \times 4180 \times 60 = 501600$
Chauffer 2 kg d'eau de 20 à 80 °C demande environ 502 kJ.
- ④ Appliquer la **convention de signe** : reçu positif, cédé négatif.
- ⑤ Écrire que l'énergie cédée par l'un est **reçue** par l'autre si l'ensemble est isolé, puis résoudre.

À VÉRIFIER

- Ai-je écrit que la **chaleur** est un **transfert**, pas un contenu ?
- Mes signes respectent-ils la convention : **reçu positif**, cédé négatif ?
- Mon ΔT est-il bien **final moins initial** ?
- Ai-je repéré un éventuel **changement d'état** avant de calculer ?
- Ai-je nommé le **mode** de transfert : conduction, convection ou rayonnement ?
- Mon résultat est-il en **joule**, avec un ordre de grandeur plausible ?

À RETENIR

- La **température** est une grandeur d'**état** : agitation **moyenne**.
- L'**énergie interne** dépend aussi de la **quantité** de matière.
- Un corps ne **contient** pas de chaleur : la chaleur est un **transfert**.
- $\Delta U = Q + W$; reçu **positif**, cédé **négatif**.
- Un échange thermique emprunte trois voies : conduction, convection, rayonnement.
- $Q = m \times c \times \Delta T$ hors changement d'état.
- La **capacité thermique** de l'eau est élevée : elle chauffe et refroidit lentement.
- **Conduction** : de proche en proche, sans déplacement de matière.
- **Convection** : la matière elle-même se déplace.
- **Rayonnement** : ondes électromagnétiques, **sans support**.
- Un **palier** sur une courbe d'échauffement signale un **changement d'état**.
- Un changement d'état se fait à **température constante**.