

### Objectifs du chapitre

- Mesurer des températures et utiliser les échelles Celsius et Kelvin.
- Connaître différents types de capteurs de température (thermistance CTN, Pt100, thermocouple).
- Vérifier expérimentalement l'équilibre thermique entre deux corps en contact.
- Distinguer chaleur et température.
- Étudier les changements d'état d'un corps pur et d'un mélange.

## 1. La température

### DÉFINITION

La **température** est une grandeur physique qui traduit le **degré d'agitation** des particules (atomes, molécules) d'un corps. Plus les particules s'agitent, plus la température est élevée.

### Échelles de température

#### DEUX ÉCHELLES À CONNAÎTRE

- **Échelle Celsius (°C)** : 0 °C = température de fusion de la glace à pression normale ; 100 °C = température d'ébullition de l'eau.
- **Échelle Kelvin (K)** : le **zéro absolu** (0 K) est la température la plus basse possible. Il n'existe pas de température négative en kelvins.

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

$T$  en kelvins —  $\theta$  en degrés Celsius



### EXEMPLES DE CONVERSION

Situation	Celsius (°C)	Kelvin (K)
Fusion de la glace	0	273
Température ambiante	20	293
Ébullition de l'eau	100	373
Brasure à l'étain	250	523
Étuve pour vernis	60	333

### APPLICATION RAPIDE

Un four de séchage est réglé à 80 °C. Convertissez en kelvins. Un congélateur est à -18 °C : convertissez aussi.

### MÉTHODE — CONVERTIR CELSIUS ↔ KELVIN

- Celsius → Kelvin : **ajouter 273**. Exemple :  $20\text{ °C} = 20 + 273 = 293\text{ K}$ .
- Kelvin → Celsius : **soustraire 273**. Exemple :  $373\text{ K} = 373 - 273 = 100\text{ °C}$ .

## 2. Capteurs de température

### DÉFINITION

Un **capteur de température** est un dispositif dont une grandeur électrique (résistance, tension) **varie en fonction de la température**. Cette variation permet de mesurer la température sans lire directement un thermomètre à liquide.

## Trois types de capteurs courants

Capteur	Principe	Plage d'utilisation	Exemple d'usage
Thermistance CTN	Résistance qui <b>diminue</b> quand la température augmente	-40 °C à +150 °C	Thermostat de chauffage, four
Sonde Pt100	Résistance en platine qui <b>augmente</b> linéairement avec la température	-200 °C à +850 °C	Mesure précise en laboratoire, régulation industrielle
Thermocouple	Tension créée à la jonction de deux métaux différents	-200 °C à +2 000 °C	Brasure, soudure, contrôle de flamme

### PROPRIÉTÉ

Le choix du capteur dépend de la **plage de température** à mesurer, de la **précision** souhaitée et des **conditions d'utilisation** (milieu corrosif, vibrations, etc.).

### EXEMPLE — BRASURE ET THERMOCOUPLE

Lors d'une opération de brasure, la température atteint 250 à 450 °C selon le métal d'apport. Un **thermocouple** est le capteur adapté car il résiste à ces hautes températures et fournit une mesure rapide.

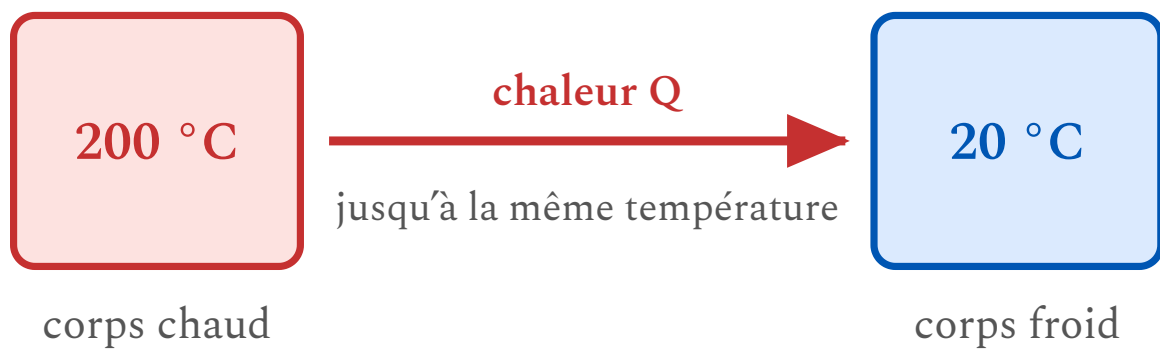
## 3. Équilibre thermique

### DÉFINITION

Deux corps en contact évoluent vers un **équilibre thermique** : le corps chaud se refroidit, le corps froid se réchauffe, jusqu'à ce qu'ils atteignent la **même température**.

### PROPRIÉTÉ

- Le corps **chaud cède de l'énergie** (sa température diminue).
- Le corps **froid reçoit de l'énergie** (sa température augmente).
- À l'équilibre, les deux corps ont la **même température** et il n'y a plus de transfert net d'énergie.



La chaleur passe spontanément du corps chaud vers le corps froid jusqu'à l'équilibre thermique.

### EXEMPLE — PIÈCE MÉTALLIQUE DANS L'EAU

On plonge une pièce métallique chauffée à 200 °C dans un bac d'eau à 20 °C. La pièce se refroidit et l'eau se réchauffe. Au bout de quelques minutes, les deux sont à la même température (par exemple 25 °C) : c'est l'équilibre thermique.

## 4. Chaleur et température — ne pas confondre

### ATTENTION — CONFUSION FRÉQUENTE

**Chaleur** et **température** sont deux notions différentes :

- La **température** est une **grandeur mesurable** (en °C ou K) qui décrit l'état thermique d'un corps à un instant donné.
- La **chaleur** (notée  $Q$ ) est un **mode de transfert d'énergie** entre deux corps de températures différentes. Elle s'exprime en joules (J).

### DÉFINITION

La **chaleur** est un **transfert d'énergie thermique** qui s'effectue spontanément du corps le plus chaud vers le corps le plus froid, jusqu'à l'équilibre thermique.

### PROPRIÉTÉ

- L'**élévation** de température d'un corps nécessite un **apport d'énergie** (sous forme de chaleur).
- La **diminution** de température d'un corps correspond à une **perte d'énergie** (cédée sous forme de chaleur).

### EXEMPLE — CHAUFFAGE D'UN LOCAL

Un radiateur à 60 °C réchauffe une pièce à 15 °C. De la **chaleur** est transférée du radiateur (chaud) vers l'air de la pièce (froid). La **température** de la pièce augmente progressivement. Quand le thermostat coupe le radiateur, l'équilibre est atteint.

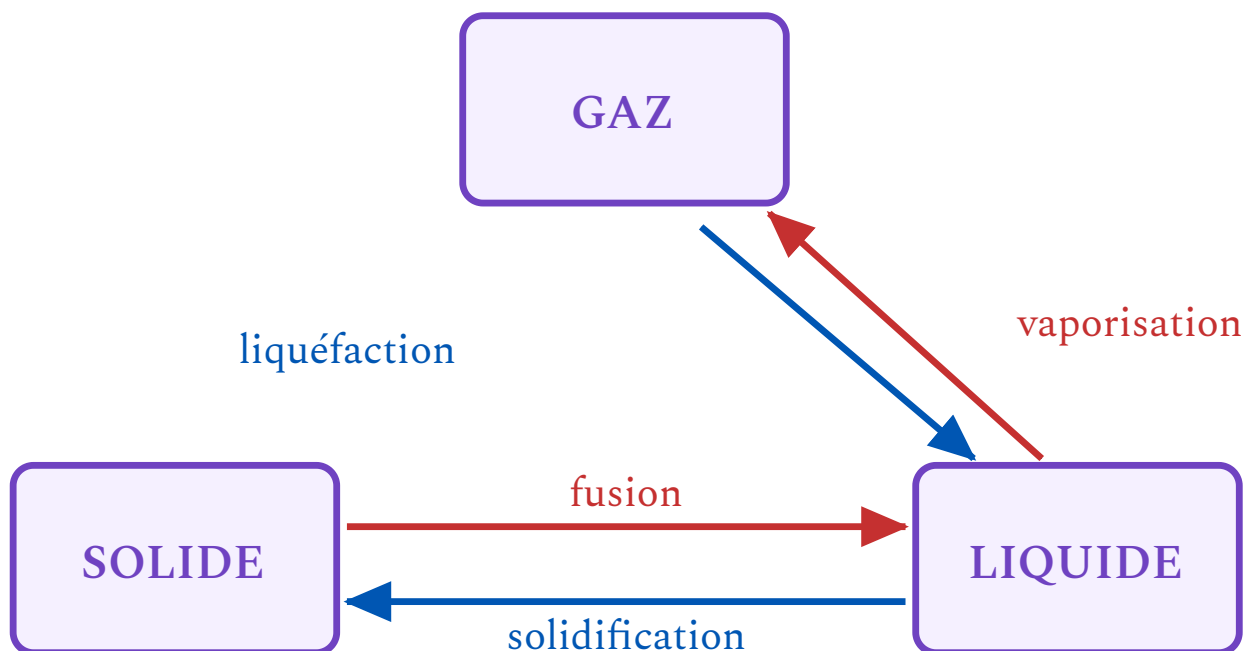
## 5. Les changements d'état

### DÉFINITION

Un **changement d'état** est le passage d'un état physique (solide, liquide, gaz) à un autre. Il se produit à une **température précise** pour un corps pur et nécessite un **transfert de chaleur**.

### Les quatre changements d'état au programme

Changement d'état	Transition	Transfert thermique
Fusion	Solide → Liquide	Le corps absorbe de la chaleur
Solidification	Liquide → Solide	Le corps libère de la chaleur
Vaporisation	Liquide → Gaz	Le corps absorbe de la chaleur
Liquéfaction	Gaz → Liquide	Le corps libère de la chaleur



rouge : absorbe la chaleur — bleu : libère la chaleur

Les quatre changements d'état au programme entre les états solide, liquide et gaz.

### PROPRIÉTÉ — PALIER DE TEMPÉRATURE

Pour un **corps pur**, la température reste **constante** pendant toute la durée du changement d'état. On observe un **palier** sur la courbe de température en fonction du temps.

### ATTENTION — CORPS PUR VS MÉLANGE

- **Corps pur** (eau pure, étain pur) : palier net, température constante pendant le changement d'état.
- **Mélange** (eau salée, alliage de brasure) : **pas de palier net**, la température évolue progressivement pendant le changement d'état.

### Températures de changement d'état — Exemples

Corps pur	Fusion (°C)	Vaporisation (°C)
Eau	0	100
Étain (brasure)	232	2 602
Plomb	327	1 749
Cuivre	1 085	2 562

### EXEMPLE — BRASURE À L'ÉTAİN

Lors d'une brasure tendre, le fil d'étain est porté au-dessus de sa température de fusion (232 °C). L'étain passe de l'état solide à l'état liquide (**fusion**), coule dans le joint, puis se refroidit et redevient solide (**solidification**) en formant la brasure.

### EXEMPLE — ÉTUVE POUR VERNIS

Un ébéniste place des pièces vernies dans une étuve réglée à 60 °C. La chaleur fournie par l'étuve accélère l'évaporation des solvants contenus dans le vernis (**vaporisation**). La température est contrôlée grâce à une sonde Pt100 reliée au thermostat.

## 6. Courbe de température lors d'un changement d'état

### APPLICATION RAPIDE

Un ébéniste plonge un fer à souder ( $250\text{ °C}$ ) dans un bac d'eau froide ( $20\text{ °C}$ ). Le fer se refroidit et l'eau se réchauffe. Quelle sera la direction du transfert de chaleur ? Vers quelle température s'orientent-ils ?

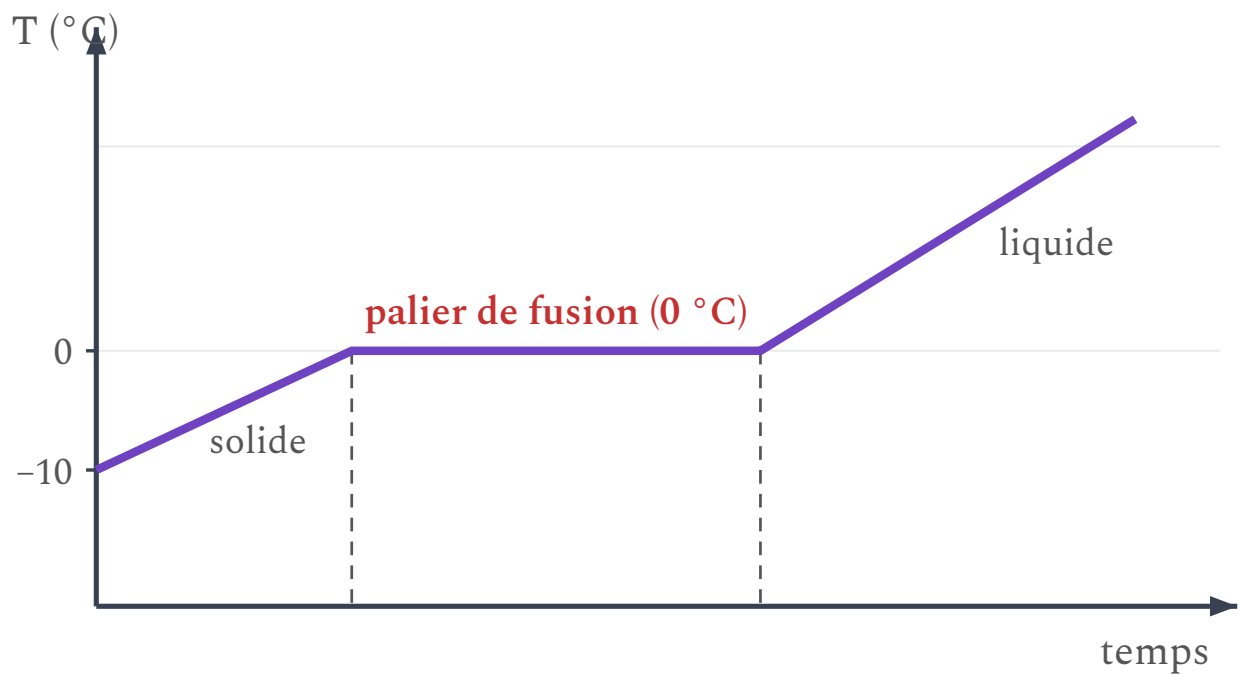
### MÉTHODE — LIRE UNE COURBE DE CHANGEMENT D'ÉTAT

1. Repérer les **parties où la température varie** : le corps est dans un seul état (chauffage ou refroidissement).
2. Repérer le **palier** (portion horizontale) : la température reste constante pendant le changement d'état.
3. Lire la **température du palier** : c'est la température de changement d'état du corps pur.
4. Identifier le changement d'état : si la température augmente avant le palier, c'est une **fusion** ou une **vaporisation** ; si elle diminue, c'est une **solidification** ou une **liquéfaction**.

### EXEMPLE — FUSION DE LA GLACE

On chauffe un glaçon initialement à  $-10\text{ °C}$  :

- De  $-10\text{ °C}$  à  $0\text{ °C}$  : la température augmente — la glace se réchauffe (solide).
- À  $0\text{ °C}$  : **palier de fusion** — la glace fond en eau liquide à température constante.
- Au-dessus de  $0\text{ °C}$  : la température augmente de nouveau — l'eau liquide se réchauffe.



Chauffage d'un glaçon : le palier horizontal à  $0$  °C correspond à la fusion (température constante pour un corps pur).

## 7. Transferts thermiques — résumé

### LES TROIS MODES DE TRANSFERT THERMIQUE

Mode	Principe	Exemple en atelier
Conduction	Transfert de proche en proche dans un matériau, sans déplacement de matière	Manche métallique d'un fer à souder qui chauffe
Convection	Transfert par déplacement d'un fluide (air, eau)	Air chaud qui monte au-dessus d'un radiateur
Rayonnement	Transfert par ondes électromagnétiques (infrarouges), sans support matériel	Chaleur ressentie face à une flamme de chalumeau

## 8. À retenir

### APPLICATION RAPIDE

Lors de la brasure d'étain (température de fusion  $232\text{ °C}$ ), on observe un palier sur la courbe de refroidissement. Ce phénomène indique-t-il que l'étain est un corps pur ou un mélange ? Justifiez.

### Erreurs fréquentes à éviter

- **Confondre chaleur et température** : la température ( $^{\circ}\text{C}$  ou  $\text{K}$ ) mesure l'état thermique d'un corps. La chaleur ( $\text{J}$ ) est l'énergie transférée d'un corps chaud vers un corps froid.
- **Croire que  $0\text{ °C} = 0\text{ K}$**  : le zéro absolu est  $0\text{ K} = -273\text{ °C}$ . Il n'existe pas de température négative en kelvins.
- **Penser qu'un mélange a un palier net** : seul un corps pur a un palier horizontal pendant le changement d'état. Un alliage (mélange) change d'état sur une plage de températures.
- **Choisir le mauvais capteur** : la CTN est adaptée pour des températures modérées ( $-40$  à  $+150\text{ °C}$ ). Pour une brasure à  $400\text{ °C}$ , il faut un thermocouple.

## À RETENIR

1. La **température** se mesure en **degrés Celsius** ( $^{\circ}\text{C}$ ) ou en **kelvins** (**K**). Conversion :  
$$T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273.$$
  2. Les capteurs de température courants sont la **thermistance CTN** (résistance diminue), la **sonde Pt100** (résistance augmente linéairement) et le **thermocouple** (tension aux bornes de deux métaux différents).
  3. Deux corps en contact évoluent vers un **équilibre thermique** : même température finale.
  4. La **chaleur** est un transfert d'énergie du corps chaud vers le corps froid. Elle ne doit pas être confondue avec la **température**.
  5. Les quatre changements d'état : **fusion** ( $\text{S} \rightarrow \text{L}$ ), **solidification** ( $\text{L} \rightarrow \text{S}$ ), **vaporisation** ( $\text{L} \rightarrow \text{G}$ ), **liquéfaction** ( $\text{G} \rightarrow \text{L}$ ).
  6. Pour un **corps pur**, la température reste **constante** pendant le changement d'état (palier). Pour un **mélange**, elle varie progressivement.
  7. Un changement d'état nécessite toujours un **transfert de chaleur** : absorption (fusion, vaporisation) ou libération (solidification, liquéfaction).
-

 Objectifs du chapitre[cliquer pour développer](#)**Rappels :**

$T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$  |  $\theta(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$  | CTN :  $R$  diminue quand  $\theta$  augmente  
| Pt100 :  $R$  augmente linéairement avec  $\theta$

**Conversions Celsius ↔ Kelvin****Exercice 1 — Conversions Celsius → Kelvin**

Convertir les températures suivantes en kelvins :

- $\theta = 25^{\circ}\text{C}$  (température ambiante)
- $\theta = 0^{\circ}\text{C}$  (fusion de la glace)
- $\theta = 100^{\circ}\text{C}$  (ébullition de l'eau)
- $\theta = -20^{\circ}\text{C}$  (congélateur)
- $\theta = 232^{\circ}\text{C}$  (fusion de l'étain)

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Exercice 2 — Conversions Kelvin → Celsius

Convertir les températures suivantes en degrés Celsius :

a.  $T = 310 \text{ K}$  (température du corps humain)

b.  $T = 0 \text{ K}$  (zéro absolu)

c.  $T = 523 \text{ K}$

d.  $T = 373 \text{ K}$

e.  $T = 200 \text{ K}$

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 3 — Températures en plomberie

Un plombier chauffagiste relève les températures suivantes sur un chantier :

Mesure	Température (°C)
Eau chaude sanitaire	55
Eau froide du réseau	12
Départ chauffage	70
Retour chauffage	45

- Convertir toutes ces températures en kelvins.
- Quel est l'écart de température entre le départ et le retour chauffage ? Cet écart est-il le même en °C et en K ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Capteurs de température

### Exercice 4 — Choisir le bon capteur

Pour chaque situation, indiquer quel capteur de température est le plus adapté (CTN, Pt100 ou thermocouple) et justifier :

- Mesurer la température d'un four de séchage pour vernis (à 60 °C).
- Contrôler la température d'une brasure à l'étain (250 °C).
- Réguler le thermostat d'un chauffage domestique (15 à 25 °C).
- Mesurer la température d'un four de céramique (1 200 °C).

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 5 — Caractéristique d'une CTN

On mesure la résistance d'une thermistance CTN à différentes températures :

$\theta$ (°C)	0	20	40	60	80	100
$R$ ( $\Omega$ )	15 000	6 800	3 200	1 600	850	480

- Quand la température augmente, la résistance de la CTN augmente-t-elle ou diminue-t-elle ?
- La variation est-elle linéaire (proportionnelle) ? Justifier.
- Un technicien chauffagiste mesure  $R = 3\,200\ \Omega$  sur la CTN d'un thermostat. Quelle est la température approximative ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 6 — Caractéristique d'une sonde Pt100

La résistance d'une sonde Pt100 vaut  $100 \Omega$  à  $0^\circ\text{C}$  et augmente de  $0,385 \Omega$  par degré Celsius.

- Calculer la résistance de la sonde à  $20^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$  et  $100^\circ\text{C}$ .
- Un ébéniste utilise une étuve équipée d'une sonde Pt100. Le multimètre affiche  $R = 123,1 \Omega$ . Quelle est la température dans l'étuve ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Équilibre thermique et transferts de chaleur

### Exercice 7 — Équilibre thermique (compréhension)

On plonge une pièce de cuivre chauffée à  $150^\circ\text{C}$  dans un bac d'eau à  $20^\circ\text{C}$ . Après 10 minutes, la température du cuivre et de l'eau est de  $28^\circ\text{C}$ .

- Comment a évolué la température du cuivre ? Et celle de l'eau ?
- Le cuivre a-t-il cédé ou reçu de l'énergie ? Et l'eau ?
- Qu'appelle-t-on l'état final où les deux corps sont à la même température ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 8 — Radiateur et chauffage d'un local

Un installateur thermique met en service un radiateur à eau chaude dans un local à  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . L'eau circule à  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  dans le radiateur.

- Quel corps est « chaud » et quel corps est « froid » ?
- Dans quel sens s'effectue le transfert de chaleur ?
- La température du local va-t-elle augmenter ou diminuer ? Pourquoi ?
- Quand le thermostat coupe le radiateur (à  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), le local continuera-t-il à se réchauffer ? Pourquoi ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 9 — Distinguer chaleur et température

Pour chaque affirmation, indiquer si elle parle de **température** ou de **chaleur** :

- « L'eau du bain est à  $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ . »
- « Le radiateur libère de l'énergie dans la pièce. »
- « La cheminée réchauffe le salon. »
- « Le thermomètre affiche  $37,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . »
- « Le glaçon absorbe de l'énergie pour fondre. »

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Changements d'état

### Exercice 10 — Nommer les changements d'état

Identifier le changement d'état dans chaque situation et préciser le sens du transfert de chaleur (absorption ou libération) :

- a. Un glaçon fond dans un verre d'eau.
- b. De la buée apparaît sur une vitre froide.
- c. L'eau d'une casserole bout et produit de la vapeur.
- d. Un fil d'étain fond sous l'action du fer à souder.
- e. De l'eau gelée se forme dans un tuyau en hiver.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Exercice 11 — Températures de changement d'état

Voici un tableau de températures de changement d'état de corps purs :

Corps pur	Fusion (°C)	Vaporisation (°C)
Eau	0	100
Étain	232	2 602
Cuivre	1 085	2 562
Plomb	327	1 749

- Quel est l'état physique de l'étain à 20 °C ? À 300 °C ? À 3 000 °C ?
- Un plombier chauffagiste soude un tuyau en cuivre avec de l'étain. Le chalumeau chauffe à 400 °C. L'étain fond-il ? Le cuivre fond-il ? Justifier.
- Convertir la température de fusion de l'étain en kelvins.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 12 — Lecture de courbe de changement d'état

On chauffe régulièrement de la glace initialement à  $-15\text{ °C}$ . Voici les températures relevées :

$t$ (min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
$\theta$ (°C)	-15	-5	0	0	0	0	5	15	25

- À quelle température observe-t-on un palier ?
- Quel est le changement d'état correspondant ?
- Pendant combien de temps dure le palier ?
- Ce comportement est-il celui d'un corps pur ou d'un mélange ? Justifier.
- De  $t = 0$  à  $t = 4$  min, dans quel état est l'eau ?
- De  $t = 10$  à  $t = 16$  min, dans quel état est l'eau ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 13 — Brasure à l'étain

Un plombier chauffagiste réalise une brasure tendre sur un raccord en cuivre. Il chauffe le fil d'étain avec un chalumeau.

- a. Quel changement d'état subit l'étain lorsqu'il est chauffé par le chalumeau ?
- b. À quelle température ce changement d'état se produit-il ?
- c. Après avoir coulé dans le joint, l'étain refroidit et redevient solide. Comment s'appelle ce changement d'état ?
- d. Lors de la solidification, l'étain absorbe-t-il ou libère-t-il de la chaleur ?
- e. Convertir  $232\text{ }^{\circ}\text{C}$  en kelvins.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 14 — Étuve pour vernis

Un ébéniste place des pièces vernies dans une étuve réglée à  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  pour accélérer le séchage du vernis.

- a. Quel changement d'état subissent les solvants du vernis dans l'étuve ?
- b. Les solvants absorbent-ils ou libèrent-ils de la chaleur pendant ce processus ?
- c. Convertir  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  en kelvins.
- d. L'étuve est équipée d'une sonde Pt100 (résistance de  $100\ \Omega$  à  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , augmentation de  $0,385\ \Omega/^{\circ}\text{C}$ ). Quelle résistance affiche la sonde quand l'étuve est à  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Modes de transfert thermique

### Exercice 15 — Identifier le mode de transfert

Pour chaque situation, indiquer le mode de transfert thermique principal (conduction, convection ou rayonnement) :

- a. Le manche métallique d'un fer à souder devient brûlant.
- b. L'air chaud monte au-dessus d'un radiateur.
- c. On sent la chaleur d'un feu de cheminée à distance.
- d. Une cuillère en métal dans un bol de soupe brûlante chauffe progressivement.
- e. Le Soleil réchauffe la Terre à travers le vide spatial.
- f. L'eau chaude d'un circuit de chauffage circule dans les radiateurs.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

## Exercices de synthèse

### Exercice 16 — Vrai ou faux

Pour chaque affirmation, indiquer si elle est vraie ou fausse en justifiant :

- 0 K correspond à 0 °C.
- La résistance d'une CTN augmente quand la température augmente.
- Pendant un changement d'état d'un corps pur, la température reste constante.
- La chaleur se transfère du corps froid vers le corps chaud.
- Un thermocouple peut mesurer des températures supérieures à 1 000 °C.
- Lors d'une solidification, le corps absorbe de la chaleur.

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 17 — Gel d'un tuyau en hiver

Un plombier chauffagiste intervient en urgence car un tuyau d'eau a gelé dans un garage non chauffé. La température extérieure est de  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- a. Convertir  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  en kelvins.
- b. Quel changement d'état a subi l'eau dans le tuyau ?
- c. À quelle température ce changement s'est-il produit ?
- d. Le plombier utilise un chalumeau doux pour dégeler le tuyau. Quel changement d'état se produit alors ?
- e. Pourquoi le gel de l'eau dans un tuyau peut-il provoquer la rupture du tuyau ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---

### Exercice 18 — Problème complet — Installation d'un plancher chauffant

Un installateur thermique met en service un plancher chauffant. L'eau de la chaudière circule à  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  dans le circuit du plancher. La température initiale de la pièce est de  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Le thermostat est réglé à  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  et utilise une sonde CTN.

- Convertir  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$  en kelvins.
- Dans quel sens s'effectue le transfert de chaleur ? Par quel mode (conduction, convection, rayonnement) ?
- La température de la pièce va-t-elle augmenter ou diminuer ?
- Quand la pièce atteint  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la sonde CTN a une résistance de  $6\,800\ \Omega$ . Si la température monte à  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la résistance sera-t-elle plus grande ou plus petite que  $6\,800\ \Omega$  ? Justifier.
- Quel est l'intérêt d'un plancher chauffant à basse température ( $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) par rapport à un radiateur classique ( $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ?

*Mes calculs :*

---

---

---

---