

PRÉCISION PROGRAMME Au programme de Seconde : calculer l'énergie d'un **changement d'état** ($Q = m \cdot L$). Les calculs d'**échauffement** $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ qui complètent certains exemples relèvent de la Première (voir convention du chapitre 11).

Objectifs du chapitre :

- Identifier les trois états de la matière et leurs caractéristiques
- Nommer et classer les six changements d'état
- Expliquer le palier de température lors d'un changement d'état
- Utiliser la formule $Q = m \cdot L$ pour calculer une énergie
- Relier ces phénomènes aux métiers du bois (séchage, vernis, solvants)

Situation professionnelle — Séchage et application de vernis

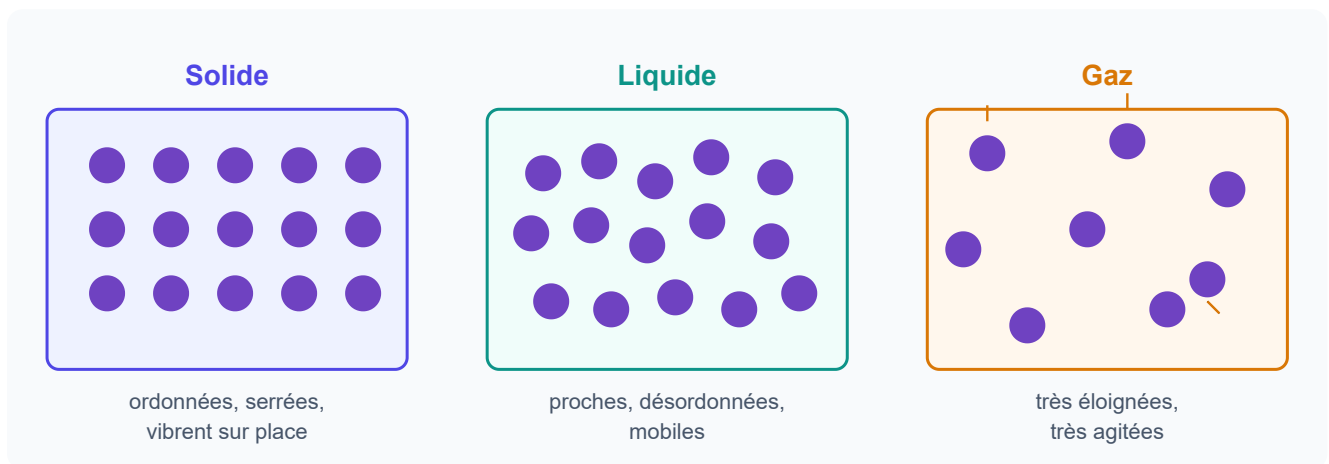
Un menuisier applique un vernis à l'eau sur des panneaux : le solvant (eau) doit s'évaporer pour que le film protecteur se forme. Il doit comprendre l'évaporation et le palier de température pour choisir les bonnes conditions de séchage (température, ventilation) sans risque de cloquage.

1. Les états de la matière

DÉFINITION

La matière peut exister sous **trois états physiques** : solide, liquide et gazeux. Ces états dépendent de la température et de la pression.

État	Forme	Volume	Arrangement des particules	Exemple en atelier
Solide	Forme propre	Volume propre	Ordonnées, très proches, vibrent sur place	Planche de bois, clou, colle en bâton
Liquide	Forme du contenant	Volume propre	Mobiles, proches, désordonnées	Eau de traitement du bois, vernis liquide, colle blanche
Gaz	Forme du contenant	Volume du contenant	Très éloignées, agitation rapide	Vapeur de solvant (acétone, white-spirit), air dans le bois



Arrangement des particules selon l'état : du solide (ordonné et compact) au gaz (dispersé et agité), c'est l'espace et l'agitation qui changent — pas les particules elles-mêmes.

LIEN PROFESSIONNEL

Les **solvants volatils** présents dans les vernis et peintures passent spontanément de l'état liquide à l'état gazeux à température ambiante : c'est pour cela qu'on sent l'odeur du vernis même sans chauffer le produit.

2. Les changements d'état

DÉFINITION

Un **changement d'état** est le passage d'un état physique à un autre. Il existe six changements d'état. Lors d'un changement d'état, la **composition chimique** du corps pur ne change pas.

Nom	Transition	Énergie
Fusion	Solide → Liquide	Absorbe de la chaleur (endothermique)
Solidification	Liquide → Solide	Dégage de la chaleur (exothermique)
Vaporisation	Liquide → Gaz	Absorbe de la chaleur (endothermique)
Condensation	Gaz → Liquide	Dégage de la chaleur (exothermique)
Sublimation	Solide → Gaz	Absorbe de la chaleur (endothermique)
Condensation solide	Gaz → Solide	Dégage de la chaleur (exothermique)

PROPRIÉTÉ

La **vaporisation** comprend deux phénomènes :

- **L'ébullition** : vaporisation rapide dans tout le liquide, à température fixée (100 °C pour l'eau à pression normale).
- **L'évaporation** : vaporisation lente à la surface, à n'importe quelle température.

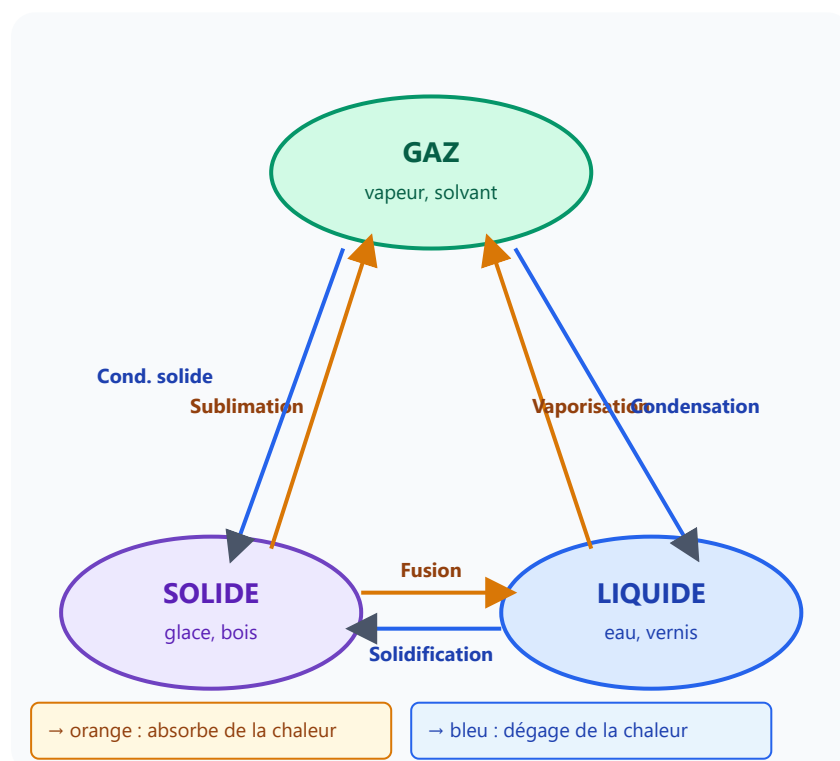


Figure 1 — Les six changements d'état de la matière

APPLICATION

Indiquer le nom du changement d'état et préciser si de la chaleur est absorbée ou dégagée :

- a. L'eau de pluie se transforme en verglas sur la route.
- b. La naphthaline (antimites) disparaît progressivement sans laisser de liquide.
- c. L'acétone d'un vernis à ongles s'évapore dans l'atelier.

3. Palier de température

PROPRIÉTÉ FONDAMENTALE

Lors d'un changement d'état d'un **corps pur**, la **température reste constante** même si on continue à apporter ou à retirer de l'énergie. Toute l'énergie reçue sert uniquement à modifier l'état physique.

EXEMPLE

Lorsqu'on chauffe de la glace :

- La température monte jusqu'à **0 °C**, puis stagne (palier de fusion).
- Une fois toute la glace fondue, la température remonte jusqu'à **100 °C**, puis stagne (palier d'ébullition).
- Après ébullition complète, la température de la vapeur monte à nouveau.

Courbe de chauffage de l'eau

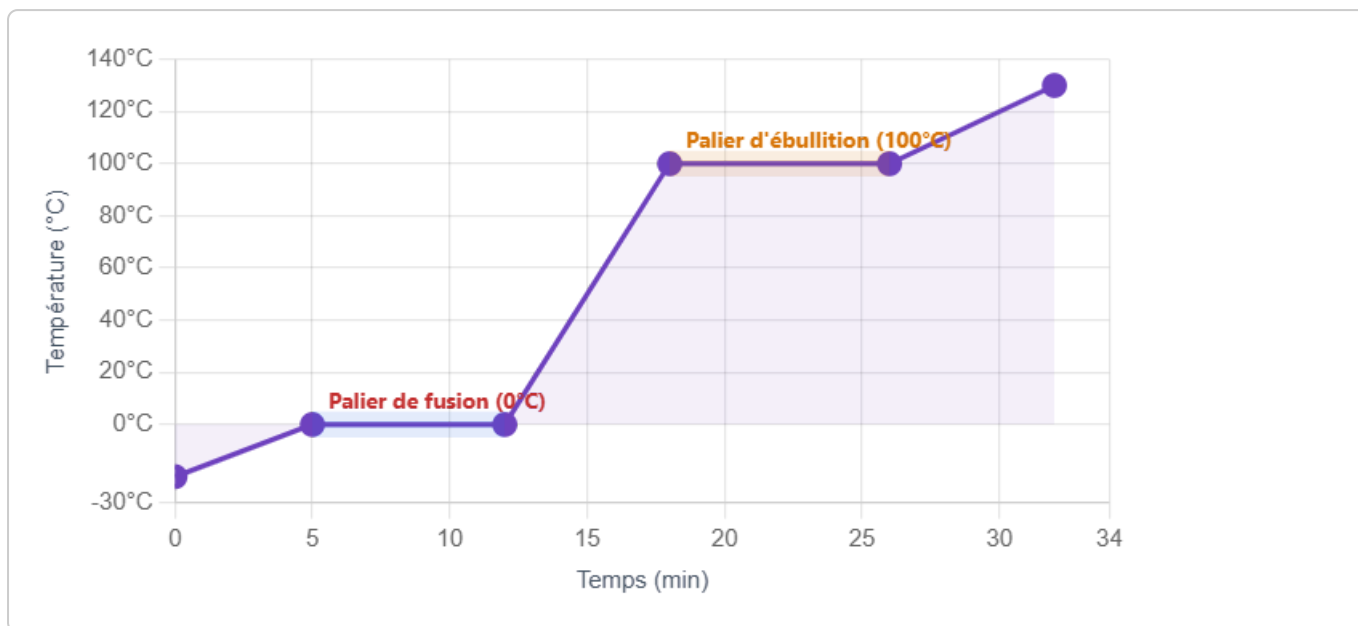


Figure 2 — Courbe de chauffage de l'eau : deux paliers de température à 0 °C et 100 °C

APPLICATION

Sur la courbe de chauffage de l'eau (figure 2 ci-dessus), répondre aux questions :

- Combien de paliers observe-t-on ? À quelles températures ?
- Que se passe-t-il pour la température pendant un palier ?
- Quel changement d'état correspond au palier à 0 °C ?

4. Énergie de changement d'état

DÉFINITION

La **chaleur latente** est l'énergie échangée par unité de masse lors d'un changement d'état à température constante.

On distingue :

- L_f : chaleur latente de **fusion** (J/kg)
- L_v : chaleur latente de **vaporisation** (J/kg)

$$Q = m \times L$$

Q : énergie thermique en joules (J) — m : masse en kilogrammes (kg) — L : chaleur latente en J/kg

Corps	Chaleur latente de fusion L_f (J/kg)	Chaleur latente de vaporisation L_v (J/kg)
Eau	334 000	2 260 000
Fer	272 000	6 090 000
Plomb	22 400	858 000
Aluminium	397 000	10 900 000

MÉTHODE — CALCULER Q

Exemple :

Quelle énergie faut-il pour faire fondre 2 kg de glace à 0 °C ?

Données :

$m = 2$ kg, $L_f = 334\,000$ J/kg

Application :

$$Q = m \times L_f = 2 \times 334\,000 = 668\,000 \text{ J} = 668 \text{ kJ}$$

Il faut

668 kJ

pour faire fondre 2 kg de glace.

APPLICATION

Un menuisier doit sécher 3 kg d'eau contenue dans un lot de planches de chêne.

Calculer l'énergie nécessaire pour vaporiser cette eau.

Donnée : $L_v(\text{eau}) = 2\,260\,000$ J/kg

5. Application — Séchage du bois

CONTEXTE MÉTIER

Le bois fraîchement coupé (bois vert) contient une grande quantité d'eau : jusqu'à **50 à 100 %** de sa masse sèche. Pour travailler le bois correctement (usinage, collage, finition), il faut l'amener à une humidité adaptée (< 12 % en général pour l'intérieur).

PHÉNOMÈNE PHYSIQUE

Le **séchage du bois** = vaporisation de l'eau contenue dans les cellules du bois. Cette vaporisation est un changement d'état (liquide → gaz) qui nécessite une **grande quantité d'énergie**.

Type de bois	Humidité approximative	Utilisation
Bois vert (abattu)	50 à 100 %	Non utilisable directement
Bois séché à l'air	15 à 20 %	Charpente, construction extérieure
Bois séché en étuve	6 à 12 %	Ameublement, menuiserie intérieure

CALCUL SIMPLIFIÉ

Une planche de 5 kg de bois vert contient 1,5 kg d'eau à évaporer. Quelle énergie faut-il pour la vaporiser ?

$$Q = m \times L_v = 1,5 \times 2\,260\,000 = 3\,390\,000 \text{ J} \approx 3,39 \text{ MJ}$$

C'est pourquoi le séchage en étuve est énergétiquement coûteux. Le séchage naturel à l'air étale cette énergie sur plusieurs mois.

6. Évaporation des solvants — sécurité en atelier

DANGER

Les **vernis, peintures, laques et colles** contiennent des solvants organiques volatils (white-spirit, acétone, toluène...). Ces liquides s'évaporent à température ambiante → les vapeurs sont **toxiques et/ou inflammables**.

PRÉCAUTIONS EN ATELIER

- **Ventilation forcée** obligatoire lors de l'application de produits solvantés.
- **Pas de source de chaleur** (flamme, étincelle) à proximité : les vapeurs peuvent s'enflammer.
- Port de **masque à cartouche** adapté aux solvants organiques.
- Stockage en **local ventilé** à l'écart des sources d'ignition.

EXEMPLE

Le white-spirit a un point d'éclair d'environ 40 °C : ses vapeurs peuvent s'enflammer dès 40 °C. En été dans un atelier mal ventilé, ce seuil peut être atteint.

7. Tableau de synthèse

Changement d'état	Transition	Énergie	Formule
Fusion	Solide → Liquide	Absorbe : $Q = m \cdot L_f$	$Q = mL_f$
Solidification	Liquide → Solide	Dégage : $Q = m \cdot L_f$	$Q = mL_f$
Vaporisation	Liquide → Gaz	Absorbe : $Q = m \cdot L_v$	$Q = mL_v$
Condensation	Gaz → Liquide	Dégage : $Q = m \cdot L_v$	$Q = mL_v$
Sublimation	Solide → Gaz	Absorbe : $Q = m \cdot L_s$	$Q = mL_s$
Condensation solide	Gaz → Solide	Dégage : $Q = m \cdot L_s$	$Q = mL_s$

8. À retenir

ESSENTIEL

1. La matière existe sous **trois états** : solide, liquide, gazeux. Les transitions entre ces états sont les **six changements d'état**.
2. Lors d'un changement d'état d'un corps pur, la **température est constante** (palier).
3. L'énergie échangée se calcule avec : $Q = m \times L$ en joules.
4. Le **séchage du bois** est une vaporisation de l'eau : il consomme beaucoup d'énergie car $L_v = 2,26 \times 10^6$ J/kg.
5. Les **solvants de vernis** s'évaporent à température ambiante → ventilation obligatoire pour raisons de santé et de sécurité incendie.

Simulation interactive

[Courbe de chauffage — Changements d'état](#)

Changements d'état et énergie thermique

Changements d'état | Physique-Chimie | 2nde Bac Pro

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir

 Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

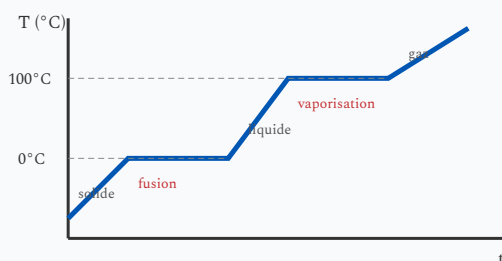


Diagramme T(t) : paliers de changement d'état (fusion à 0°C, vaporisation à 100°C)

Rappels essentiels : La matière existe sous **trois états** (solide, liquide, gazeux). Les **six changements d'état** sont les passages d'un état à un autre. Lors d'un changement d'état d'un corps pur, la **température reste constante** (palier) : toute l'énergie apportée sert uniquement à changer l'état. L'énergie échangée lors d'un changement d'état se calcule avec : $E = m \cdot L$ où L est la chaleur latente (J/kg) et m la masse (kg).

Objectifs des exercices :

- Nommer et identifier les six changements d'état
- Lire et interpréter une courbe de chauffe avec paliers
- Calculer une énergie de changement d'état ($E = m \cdot L_f$ ou $E = m \cdot L_v$)
- Appliquer ces notions aux contextes du métier : séchage du bois, soudage, atelier de menuiserie

Méthode — Choisir la bonne formule

- Changement d'état **solide** ↔ **liquide** (fusion / solidification) : $E = m \cdot L_f$
- Changement d'état **liquide** ↔ **gaz** (vaporisation / condensation) : $E = m \cdot L_v$

Identifier d'abord QUEL changement d'état se produit, puis appliquer la bonne chaleur latente.

Attention — Ne pas confondre L_f et L_v !

Pour l'eau : $L_f = 334\,000$ J/kg (fusion) et $L_v = 2\,260\,000$ J/kg (vaporisation).

La chaleur latente de vaporisation est environ **6,8 fois plus grande** que celle de fusion.

Utiliser L_v pour la fusion serait une erreur de calcul majeure.

À retenir — Formules et valeurs pour l'eau

$E = m \cdot L$ avec :

- $L_f(\text{eau}) = 334\,000$ J/kg = 334 kJ/kg (fusion à 0 °C)
- $L_v(\text{eau}) = 2\,260\,000$ J/kg = 2,26 MJ/kg (vaporisation à 100 °C)
- Chaleur sensible : $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ avec $c(\text{eau}) = 4\,180$ J/(kg·K)

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Les six changements d'état — schéma triangle

SOCLE

Observer le schéma ci-dessous représentant le triangle des changements d'état.

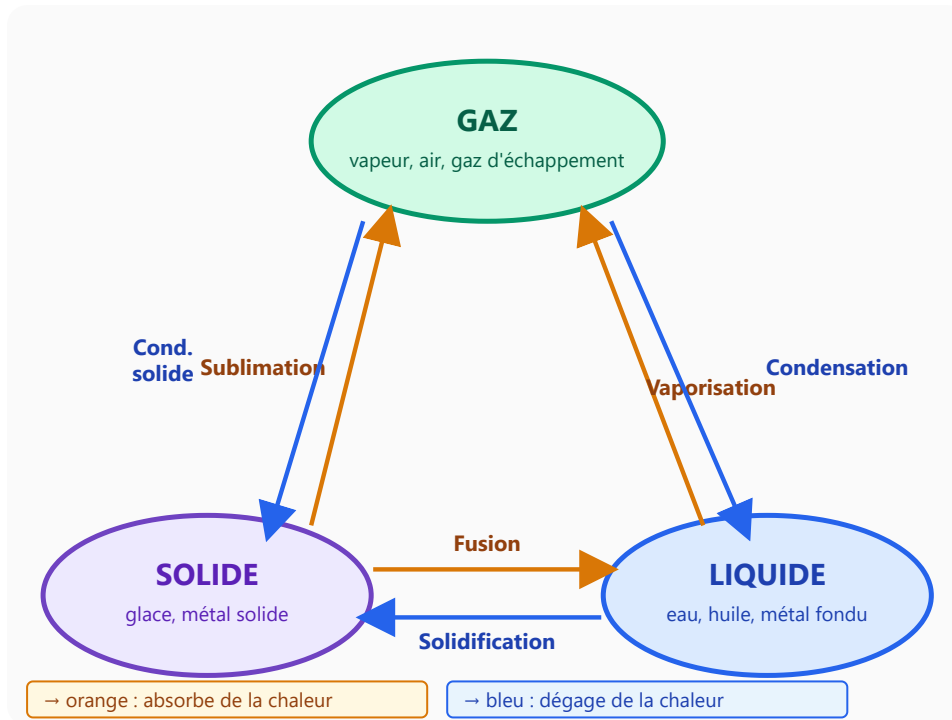


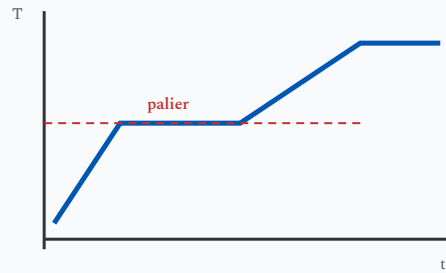
Figure 1 — Triangle des six changements d'état

1. Nommer les six changements d'état en indiquant la transition (de quel état vers quel état).
2. Classer les six changements d'état en deux groupes : ceux qui *absorbent* de l'énergie et ceux qui en *dégagent*.
3. Donner un exemple concret de chaque changement d'état dans un atelier de menuiserie ou d'agencement.

Mes calculs :

EXERCICE 2 Identifier le changement d'état d'après une description

SOCLE



Courbe $T(t)$ avec palier

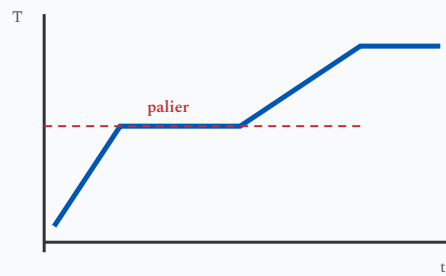
Pour chaque situation, identifier le changement d'état, indiquer si de la chaleur est absorbée ou dégagée, et préciser les états initial et final.

- En hiver, la pluie se transforme en verglas sur la chaussée.
- La colle thermofusible chauffe dans le pistolet à colle et des bulles apparaissent dans la cartouche (surchauffe).
- De la buée se forme sur les panneaux froids d'un atelier de menuiserie quand on ouvre l'étuve de séchage.
- Un mécanicien utilise de la glace carbonique (CO_2 solide, $-78\text{ }^\circ\text{C}$) pour refroidir une pièce métallique : la CO_2 disparaît sans laisser de liquide.
- Lors du soudage à l'arc, l'acier se liquéfie au point de contact de l'électrode.

Mes calculs :

EXERCICE 3 Lire une courbe de chauffe — palier à 100 °C

SOCLE



Courbe T(t) avec palier

On chauffe 500 g d'eau liquide initialement à 20 °C avec un appareil de chauffage constant. Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la température en fonction du temps.

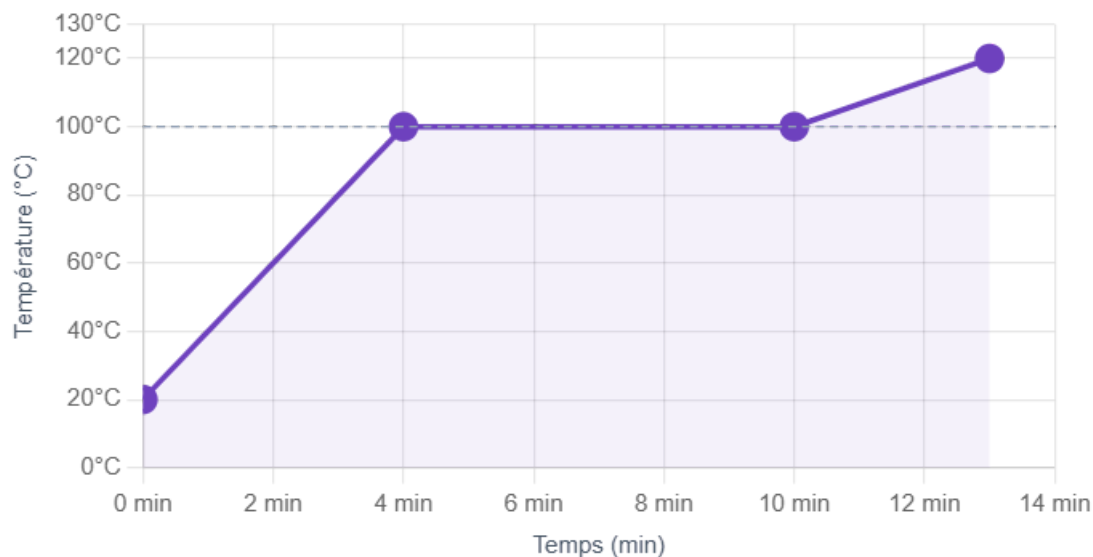


Figure 2 — Courbe de chauffe de l'eau (20 °C → vapeur) avec palier à 100 °C

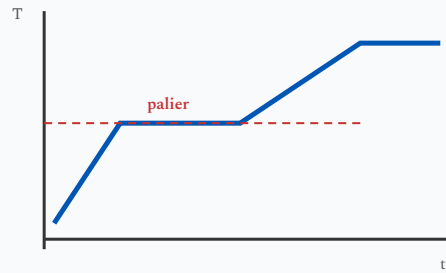
1. Combien de phases distinctes observe-t-on sur cette courbe ? Les décrire.
2. Pourquoi la température reste-t-elle constante à 100 °C alors qu'on continue à chauffer ?
3. À quel moment commence l'ébullition ? Quand se termine-t-elle ?
4. Quel est l'état de l'eau après le palier ?

Mes calculs :

A rectangular box with a dashed border and two horizontal lines inside, likely a placeholder for a title or header.

EXERCICE 4 Fusion de la glace — calcul guidé

SOCLE



Courbe T(t) avec palier

Formule à utiliser : $E = m \times L_f$

- m = masse en kg • L_f = chaleur latente de fusion = **334 000 J/kg**
- Résultat en joules (J). Pour convertir en kJ : diviser par 1 000.

Un menuisier agenceur utilise de la glace pour refroidir ses outils après une longue série de coupes. Il dispose de **0,3 kg de glace à 0 °C**.

Étape 1 — Identifier le changement d'état :

La glace (solide) → eau (liquide) : c'est une (fusion / vaporisation / condensation ?)

Étape 2 — Choisir la chaleur latente :

Comme c'est une fusion, on utilise $L_f = \dots\dots\dots$ J/kg

Étape 3 — Appliquer la formule :

$E = m \times L_f = \dots \times \dots = \dots\dots\dots$ J = $\dots\dots\dots$ kJ

Mes calculs :

EXERCICE 5 Séchage d'une planche — vaporisation guidée

SOCLE

Atelier de menuiserie

Dans un atelier de menuiserie, une étuve sèche des planches de bois. Une planche contient $150 \text{ g} = 0,15 \text{ kg}$ d'eau. Cette eau s'évapore entièrement.

Donnée : $L_v = 2\,260\,000 \text{ J/kg}$

Étape 1 : Quel changement d'état se produit ? (l'eau liquide \rightarrow vapeur =)

Étape 2 : Quelle chaleur latente choisir ? L_f ou L_v ?

Réponse : on choisit $L_{\dots} = \dots \text{ J/kg}$

Étape 3 : Calculer $E = m \times L_v$

$E = 0,15 \times \dots = \dots \text{ J} = \dots \text{ kJ}$

Mes calculs :

EXERCICE 6 Lire une courbe de chauffe — questions guidées**SOCLE**

On chauffe de l'eau. La courbe montre l'évolution de la température.

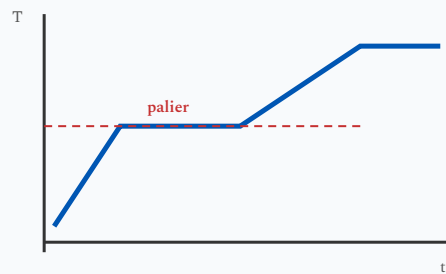
Temps (min)	Température (°C)	Phase
0	20	Début
4	100	Arrive à 100°C
10	100	Palier
13	120	Après le palier

1. Entre 0 et 4 min, la température augmente. L'eau est-elle à l'état solide, liquide ou gazeux ?
2. Entre 4 et 10 min, la température reste à 100°C même si on continue à chauffer. Que se passe-t-il ?
3. Après 10 min, l'eau est complètement à l'état (solide / liquide / gazeux).

Mes calculs :

EXERCICE 7 Identifier le changement d'état — tableau à compléter

SOCLE

Courbe $T(t)$ avec palier

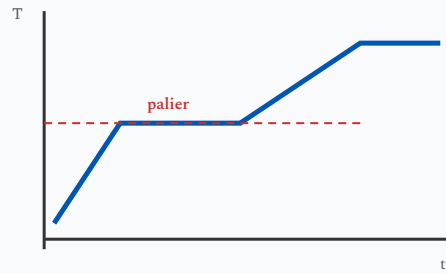
Compléter le tableau suivant en indiquant le nom du changement d'état, l'état initial et l'état final.

Situation	État initial	État final	Nom du changement
La glace fond dans un verre
Le linge sèche au soleil
De la buée se forme sur une vitre froide
De l'eau gèle dans le congélateur

Mes calculs :

EXERCICE 8 Vrai ou faux — changements d'état

SOCLE



Courbe $T(t)$ avec palier

Pour chaque affirmation, répondre par **vrai** ou **faux**. Corriger les affirmations fausses.

- a. Lors de la fusion de la glace, la température augmente progressivement.
- b. La vaporisation est le passage de l'état liquide à l'état gazeux.
- c. La solidification dégage de la chaleur.
- d. La sublimation est le passage du gaz au solide.
- e. L'eau bout toujours à $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, quelle que soit la pression.

Mes calculs :

EXERCICE 9 Calcul guidé — solidification d'eau dans un moule à glaçons

SOCLE

Formule : $E = m \times L_f$ avec $L_f = 334\,000$ J/kg.

On place **0,2 kg d'eau** à **0 °C** dans un congélateur. Toute l'eau se transforme en glace.

Étape 1 : Quel changement d'état se produit ? Liquide → =

Étape 2 : Ce changement absorbe-t-il ou dégage-t-il de la chaleur ?

Étape 3 : Calculer $E = 0,2 \times \dots = \dots$ J = kJ

Mes calculs :

EXERCICE 10 La colle thermofusible — identifier et décrire

SOCLE

Atelier de menuiserie

Un menuisier utilise un pistolet à colle. Le bâton de colle solide est introduit dans le pistolet, chauffé, puis appliqué sous forme liquide sur le bois. En refroidissant, la colle redevient solide et fixe les pièces.

1. Quel changement d'état se produit quand le bâton de colle fond dans le pistolet ?
2. Quel changement d'état se produit quand la colle durcit sur le bois ?
3. Lequel de ces deux changements absorbe de la chaleur ? Lequel en dégage ?

Mes calculs :

EXERCICE 11 Fusion d'un glaçon dans une boisson — calcul simple

SOCLE

Rappel : $E = m \times L_f$ • $L_f = 334\,000 \text{ J/kg}$ • $1 \text{ kJ} = 1\,000 \text{ J}$

On place un glaçon de $50 \text{ g} = 0,05 \text{ kg}$ dans un verre de jus de fruits. Le glaçon fond complètement.

1. Quel changement d'état subit le glaçon ?
2. Calculer l'énergie absorbée par le glaçon : $E = 0,05 \times \dots = \dots \text{ J} = \dots \text{ kJ}$
3. D'où vient cette énergie ? Que devient la température de la boisson ?

Mes calculs :

EXERCICE 12 Séchage du vernis — quel changement d'état ?

SOCLE

Atelier de menuiserie

Un artisan menuisier applique du vernis sur un meuble en bois. Après quelques heures, le vernis est sec : le solvant contenu dans le vernis s'est évaporé dans l'air.

1. Le solvant passe de l'état à l'état Ce changement d'état s'appelle la
2. Ce changement d'état absorbe ou dégage de la chaleur ?
3. Pourquoi le vernis sèche-t-il plus vite dans un atelier bien ventilé ?

Mes calculs :

EXERCICE 13 Température et palier — compléter des phrases

SOCLE

Compléter chaque phrase avec les mots suivants : *constante, palier, vaporisation, 0 °C, 100 °C, corps pur, absorbe*.

- a. Lors d'un changement d'état d'un, la température reste
- b. La glace fond à L'eau bout à
- c. Sur une courbe de chauffage, un changement d'état se repère par un de température.
- d. La est le passage du liquide au gaz. Elle de la chaleur.

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 14 Fusion de la glace — calcul de $E = m \cdot L_f$ STANDARD

Un technicien utilise un bac de glace pour refroidir des pièces métalliques après usinage. Il dispose de **0,5 kg de glace** à **0 °C**.

Donnée : Chaleur latente de fusion de l'eau : $L_f = 334\,000 \text{ J/kg}$

1. Quel changement d'état se produit quand la glace fond ? Est-il endothermique ou exothermique ?
2. Calculer l'énergie E absorbée par la glace pour fondre complètement.
3. Exprimer ce résultat en kilojoules (kJ).
4. D'où provient cette énergie ? Quelle est la conséquence sur les pièces métalliques en contact avec la glace ?

Guide de résolution :

- Identifier le changement d'état (fusion : solide \rightarrow liquide)
- Choisir la bonne chaleur latente : L_f pour la fusion
- Appliquer : $E = m \times L_f$
- Vérifier les unités : $[\text{kg}] \times [\text{J/kg}] = [\text{J}]$

Mes calculs :

EXERCICE 15 Vaporisation de l'eau — calcul de $E = m \cdot L_v$

STANDARD

Un générateur de vapeur utilisé dans un atelier de menuiserie vaporise 1 kg d'eau à 100 °C pour traiter les surfaces en bois à la vapeur.

Donnée : Chaleur latente de vaporisation de l'eau : $L_v = 2,26 \times 10^6 \text{ J/kg} = 2,26 \text{ MJ/kg}$

1. Quel changement d'état se produit ? Nommer ce changement.
2. Calculer l'énergie nécessaire pour vaporiser 1 kg d'eau à 100 °C.
3. Comparer cette valeur à l'énergie nécessaire pour *chauffer* 1 kg d'eau de 0 °C à 100 °C ($Q_{ch} = m \cdot c \cdot \Delta T = 1 \times 4180 \times 100 = 418\,000 \text{ J}$). Qu'en déduire ?

Mes calculs :

EXERCICE 16

Energie totale pour chauffer et vaporiser de l'eau ($20\text{ °C} \rightarrow$ vapeur 100 °C)

STANDARD

Un atelier dispose d'un générateur de vapeur qui part de l'eau à 20 °C et produit de la vapeur d'eau à 100 °C . La masse d'eau traitée est $m = 2\text{ kg}$.

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau : $c = 4\,180\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{°C})$
- Chaleur latente de vaporisation : $L_v = 2\,260\,000\text{ J}/\text{kg}$
- Température initiale : $T_1 = 20\text{ °C}$; température finale (vapeur) : $T_2 = 100\text{ °C}$

1. Calculer l'énergie Q_1 nécessaire pour chauffer l'eau de 20 °C à 100 °C (sans changer d'état).
2. Calculer l'énergie Q_2 nécessaire pour vaporiser toute l'eau à 100 °C .
3. Calculer l'énergie totale $E_{totale} = Q_1 + Q_2$. Exprimer le résultat en mégajoules (MJ).
4. Quelle part (en %) de l'énergie totale est utilisée pour le chauffage ? Pour la vaporisation ?

Mes calculs :

EXERCICE 17 Condensation dans un atelier froid — calcul et humidité

STANDARD

Un atelier de carrosserie est chauffé à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ avec un taux d'humidité de 70% . Le lundi matin, après un week-end sans chauffage, les murs métalliques sont à $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. À $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ et 70% d'humidité relative, la teneur en vapeur d'eau de l'air est d'environ 12 g/m^3 . Le point de rosée (température à laquelle la vapeur condense) est d'environ $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour ces conditions.

1. Quel phénomène physique se produit sur les parois métalliques à $8\text{ }^{\circ}\text{C}$? Nommer le changement d'état.
2. Pourquoi la condensation se produit-elle précisément sur les parois ? (Relier avec la notion de point de rosée.)
3. Si le volume de l'atelier est de 200 m^3 et que 4 g/m^3 de vapeur se condensent, calculer la masse totale d'eau liquide déposée sur les parois.
4. Calculer l'énergie dégagée lors de cette condensation. ($L_v = 2\,260\,000\text{ J/kg}$)
5. Pourquoi cette condensation est-elle problématique dans un atelier de carrosserie ?

Mes calculs :

EXERCICE 18 Fonte de la cire d'abeille — calcul d'énergie

STANDARD

Atelier d'ébénisterie

Un ébéniste fait fondre **0,4 kg de cire d'abeille** pour traiter des meubles en bois massif. La cire fond à environ $63\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Donnée : Chaleur latente de fusion de la cire d'abeille : $L_f = 176\,000\text{ J/kg}$

1. Quel changement d'état se produit ? Est-il endothermique ou exothermique ?
2. Calculer l'énergie absorbée par la cire pour fondre entièrement.
3. Convertir le résultat en kilojoules.
4. Quand la cire refroidit sur le meuble, quel changement d'état se produit ? Que devient l'énergie ?

Mes calculs :

EXERCICE 19 Cuisson des pâtes — palier d'ébullition **STANDARD**

En cuisine, on porte 1,5 L d'eau à ébullition pour cuire des pâtes. L'eau bout à 100 °C.

Données : $c = 4\,180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ • $L_v = 2\,260\,000 \text{ J}/\text{kg}$ • 1 L d'eau \approx 1 kg • Température initiale : 18 °C

1. Calculer l'énergie Q_1 nécessaire pour chauffer 1,5 kg d'eau de 18 °C à 100 °C.
2. Pendant la cuisson, 200 g d'eau s'évaporent. Calculer l'énergie Q_2 correspondante.
3. Pourquoi la température de l'eau ne dépasse-t-elle pas 100 °C même si on augmente le feu ?

Mes calculs :

EXERCICE 20 Comparer deux énergies de changement d'état

STANDARD

On dispose de 0,5 kg de glace à 0 °C.

Données : $L_f = 334\,000 \text{ J/kg}$ • $L_v = 2\,260\,000 \text{ J/kg}$

1. Calculer l'énergie nécessaire pour faire fondre toute la glace (fusion à 0 °C).
2. Calculer l'énergie qu'il faudrait pour vaporiser la même masse d'eau (à 100 °C).
3. Combien de fois l'énergie de vaporisation est-elle plus grande que l'énergie de fusion ?
4. Quelle conséquence pratique cela a-t-il sur la consommation d'énergie des appareils à vapeur ?

Mes calculs :

EXERCICE 21 Condensation sur un miroir — point de rosée simplifié

STANDARD

Après une douche chaude, le miroir de la salle de bain se couvre de buée.

1. Nommer le changement d'état qui produit la buée sur le miroir.
2. Ce changement d'état est-il endothermique ou exothermique ?
3. Pourquoi la buée se forme-t-elle précisément sur le miroir (et pas dans l'air au milieu de la pièce) ?
4. Expliquer pourquoi ouvrir la fenêtre fait disparaître la buée.

Mes calculs :

EXERCICE 22 Patinoire — énergie de solidification

STANDARD

Pour fabriquer une patinoire, on doit transformer 12 000 kg d'eau en glace à 0 °C.

Donnée : $L_f = 334\,000 \text{ J/kg}$

1. Quel changement d'état se produit ?
2. Calculer l'énergie que le système de réfrigération doit évacuer.
3. Exprimer le résultat en gigajoules (1 GJ = 10^9 J).
4. Si le système de réfrigération a une puissance de 200 kW, combien de temps (en heures) faut-il pour solidifier toute l'eau ? (Rappel : $P = \frac{E}{t}$ donc $t = \frac{E}{P}$)

Mes calculs :

EXERCICE 23 Évaporation du solvant d'une lasure

STANDARD

Chantier de menuiserie

Un artisan menuisier applique une lasure sur une clôture en bois. La lasure contient 30 % de solvant. Pour traiter toute la clôture, il utilise 2 kg de lasure.

Données : Chaleur latente de vaporisation du solvant : $L_v = 850\,000 \text{ J/kg}$

1. Calculer la masse de solvant contenue dans les 2 kg de lasure.
2. Quel changement d'état subit le solvant lors du séchage ?
3. Calculer l'énergie absorbée par le solvant pour s'évaporer entièrement.

Mes calculs :

EXERCICE 24 Courbe de refroidissement du naphthalène

STANDARD

On laisse refroidir du naphthalène (antimite) initialement liquide à 100 °C. On relève la température toutes les 2 minutes :

Temps (min)	0	2	4	6	8	10	12	14
T (°C)	100	90	80	80	80	70	60	50

1. Tracer l'allure de la courbe de refroidissement sur votre cahier.
2. Repérer le palier de température. À quelle température se situe-t-il ? Pendant combien de temps dure-t-il ?
3. Quel changement d'état correspond à ce palier ? Le naphthalène est-il un corps pur ? Justifier.
4. Décrire l'état physique du naphthalène à $t = 0$ min, $t = 6$ min et $t = 14$ min.

Mes calculs :

EXERCICE 25 Énergie du chauffage central — condensation de la vapeur

STANDARD

Dans un système de chauffage à condensation, la chaudière récupère l'énergie dégagée par la **condensation** de la vapeur d'eau présente dans les fumées. On estime que **0,08 kg de vapeur d'eau** condense chaque minute.

Donnée : $L_v = 2\,260\,000 \text{ J/kg}$

1. Quel changement d'état se produit ? Est-il endothermique ou exothermique ?
2. Calculer l'énergie récupérée par la chaudière chaque minute.
3. En une heure de fonctionnement, quelle énergie totale est récupérée (en kJ puis en MJ) ?

Mes calculs :

EXERCICE 26 Trouver la masse à partir de l'énergie

STANDARD

Un appareil fournit une énergie de 1 130 kJ pour faire fondre entièrement un bloc de glace à 0 °C.

Donnée : $L_f = 334\,000 \text{ J/kg}$

1. Écrire la formule $E = m \times L_f$ et l'isoler pour exprimer m en fonction de E et L_f .
2. Convertir l'énergie en joules.
3. Calculer la masse de glace fondue.

Mes calculs :

EXERCICE 27 Le cycle de l'eau — changements d'état dans la nature

STANDARD

Le cycle de l'eau fait intervenir plusieurs changements d'état dans la nature.

1. Le soleil chauffe la surface des océans. Quel changement d'état se produit ? Est-il endothermique ou exothermique ?
2. En altitude, la vapeur d'eau forme des nuages (gouttelettes). Quel changement d'état se produit ?
3. En hiver, il neige. Quel changement d'état permet de passer de la vapeur d'eau au flocon de neige (solide) ?
4. Au printemps, la neige fond. Nommer ce changement d'état.

Mes calculs :

EXERCICE 28 Météorologie — cycle de l'eau et changements d'état

STANDARD

Le cycle de l'eau dans la nature implique de nombreux changements d'état. Voici quelques étapes :

- L'eau des mers et des lacs s'évapore sous l'effet du rayonnement solaire.
- En altitude, la vapeur d'eau se condense en gouttelettes pour former les nuages.
- Par temps froid, la pluie se transforme en neige ou en grêle.
- La neige fond au printemps et alimente les rivières.

1. Identifiez le changement d'état pour chacune des quatre étapes décrites. (Vaporisation, condensation, solidification, fusion.)
2. Lors de la condensation, l'eau cède-t-elle de l'énergie ou en absorbe-t-elle ? Justifiez.
3. Un orage produit 50 kg de grêle. Calculez l'énergie libérée lors de la solidification de cette eau, sachant que $L_f(\text{eau}) = 334\,000 \text{ J/kg}$.

Mes calculs :

EXERCICE 29 Corps humain — transpiration et refroidissement**STANDARD**

Par temps chaud, le corps humain se refroidit en évaporant de la sueur. Lors d'un effort sportif intense, un athlète transpire en moyenne 1,5 L d'eau par heure. La chaleur latente de vaporisation de l'eau à 35 °C (température de la peau) est approximativement $L_v = 2,42 \times 10^6 \text{ J/kg}$. On assimile 1 L d'eau à 1 kg.

1. Calculez l'énergie prélevée au corps par la transpiration en une heure.
2. Exprimez cette énergie en kJ.
3. La puissance métabolique d'un athlète en effort est d'environ $P = 800 \text{ W}$. Quelle fraction de cette puissance est dissipée par transpiration ? (La puissance dissipée par transpiration est l'énergie calculée à la question 1 divisée par la durée d'une heure en secondes.)

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 30

Bain de trempe — point de congélation d'une solution antigel pour étuve

APPROFONDISSEMENT

Dans certains ateliers de menuiserie, une étuve de séchage est refroidie par un circuit d'eau. En hiver, l'eau pure du circuit gèle à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ et peut endommager les canalisations (dilatation de la glace). Pour éviter cela, on ajoute du glycol, qui abaisse le point de congélation : c'est l'**abaissement cryoscopique**.

Proportion de glycol (%)	Point de congélation ($^{\circ}\text{C}$)	Point d'ébullition ($^{\circ}\text{C}$)
0 % (eau pure)	0	100
25 %	-12	104
33 %	-20	106
50 %	-37	109
60 %	-52	111

1. Quel changement d'état est évité par l'ajout de glycol ? Pourquoi ce changement d'état est-il dangereux pour les canalisations ?
2. Un technicien doit préparer le circuit pour des températures hivernales pouvant descendre jusqu'à $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quelle proportion minimale de glycol doit-il utiliser ? (Consulter le tableau.)
3. Avec 50 % de glycol, le fluide bout à $109\text{ }^{\circ}\text{C}$ au lieu de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quel est l'avantage pour le circuit de l'étuve en fonctionnement normal (température de fonctionnement $\approx 80\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$) ?
4. Si le circuit contient 5 kg de fluide pur (eau) et que l'eau gèle entièrement, calculer l'énergie libérée lors de cette solidification. ($L_f = 334\,000\text{ J/kg}$)

Mes calculs :

A rectangular box with a dashed border and four horizontal lines inside, intended for text input.

EXERCICE 31 Soudage — fusion de l'acier, énergie nécessaire

APPROFONDISSEMENT

Lors du soudage à l'arc ou au chalumeau, il faut porter localement l'acier à sa **température de fusion** ($\approx 1\,500\text{ °C}$) pour former le cordon de soudure.

Données pour l'acier :

- Température de fusion : $T_f = 1\,500\text{ °C}$
- Chaleur latente de fusion de l'acier : $L_{f,\text{acier}} = 272\,000\text{ J/kg}$
- Capacité thermique massique de l'acier : $c_{\text{acier}} = 500\text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}$
- Température ambiante (pièce initiale) : $T_0 = 20\text{ °C}$

On considère que le cordon de soudure porte à fusion une masse de métal de $m = 0,020\text{ kg}$ (20 g).

1. Quel changement d'état se produit lors du soudage ? Et lors du refroidissement du cordon ?
2. Calculer l'énergie Q_1 nécessaire pour chauffer 20 g d'acier de 20 °C à $1\,500\text{ °C}$.
3. Calculer l'énergie Q_2 nécessaire pour fondre cet acier à $1\,500\text{ °C}$ (sans changement de température).
4. Calculer l'énergie totale E_{totale} nécessaire. Comparer avec l'énergie nécessaire pour vaporiser 20 g d'eau (à partir de 100 °C , $L_v = 2\,260\,000\text{ J/kg}$). Commenter.
5. Pourquoi le soudeur doit-il protéger le cordon de soudure après l'opération ? (Réfléchir en termes de changement d'état et de vitesse de refroidissement.)

Mes calculs :

EXERCICE 32 Étuve industrielle — bilan énergétique complet du séchage

APPROFONDISSEMENT

Industrie du bois

Une étuve de séchage industrielle doit sécher un lot de planches de chêne. L'eau contenue dans le bois est initialement à 25 °C. Elle doit être amenée à 100 °C puis entièrement évaporée. La masse totale d'eau à éliminer est $m = 80 \text{ kg}$.

Données :

- $c = 4\,180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$
- $L_v = 2\,260\,000 \text{ J}/\text{kg}$
- Coût de l'électricité : 0,18 €/kWh
- Rendement de l'étuve : 70 %

1. Calculer l'énergie Q_1 pour chauffer l'eau de 25 °C à 100 °C.
2. Calculer l'énergie Q_2 pour vaporiser toute l'eau à 100 °C.
3. Calculer l'énergie utile totale $E_{\text{utile}} = Q_1 + Q_2$.
4. Compte tenu du rendement de 70 %, calculer l'énergie électrique consommée :

$$E_{\text{elec}} = \frac{E_{\text{utile}}}{0,70}.$$

5. Convertir en kWh (1 kWh = $3,6 \times 10^6$ J) et calculer le coût en euros.

Mes calculs :

EXERCICE 33 Pompe à chaleur — exploiter un changement d'état

APPROFONDISSEMENT

Une pompe à chaleur (PAC) utilise un fluide frigorigène qui subit des changements d'état en boucle fermée pour chauffer un bâtiment.

Le cycle simplifié du fluide :

1. Le fluide liquide s'évapore dans l'évaporateur (extérieur) en absorbant la chaleur de l'air extérieur.
2. Le compresseur augmente la pression et la température du gaz.
3. Le gaz chaud se condense dans le condenseur (intérieur) en cédant de la chaleur au bâtiment.
4. Le détendeur fait chuter la pression : le fluide redevient froid et le cycle recommence.

1. Identifier le changement d'état qui se produit à l'étape 1. Est-il endothermique ou exothermique ?

2. Identifier le changement d'état qui se produit à l'étape 3. Est-il endothermique ou exothermique ?

3. Expliquer pourquoi la PAC « transfère » de la chaleur de l'extérieur vers l'intérieur, même quand il fait froid dehors.

4. Si le fluide évapore 0,05 kg par cycle et que $L_v = 200\,000$ J/kg pour ce fluide, calculer l'énergie absorbée à l'extérieur et cédée à l'intérieur à chaque cycle (en négligeant les pertes).

Mes calculs :

EXERCICE 34 Fonte de la neige sur un toit — problème complet

APPROFONDISSEMENT

Après une chute de neige, 50 kg de neige à 0 °C recouvrent le toit d'un atelier de menuiserie. Le soleil et la chaleur de l'atelier font fondre cette neige, et l'eau produite se réchauffe jusqu'à 15 °C avant de s'écouler dans la gouttière.

Données : $L_f = 334\,000 \text{ J/kg}$ • $c = 4\,180 \text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}$

1. Calculer l'énergie Q_1 absorbée par la neige pour fondre entièrement (fusion à 0 °C).
2. Calculer l'énergie Q_2 absorbée par l'eau pour passer de 0 °C à 15 °C.
3. Calculer l'énergie totale absorbée. Quel pourcentage est dû à la fusion ?
4. Si la puissance de chauffage reçue du soleil et de l'atelier est de 500 W, combien de temps (en heures) faut-il pour fondre et réchauffer toute la neige ?

Mes calculs :

EXERCICE 35 Autoclave — ébullition sous pression**APPROFONDISSEMENT**

Un autoclave est un appareil qui chauffe de l'eau sous pression. En augmentant la pression, la température d'ébullition de l'eau augmente :

Pression (bar)	1	1,5	2	3	5
Tébull (°C)	100	111	120	134	152

1. À quelle température l'eau bout-elle sous une pression de 2 bar ?
2. Pourquoi la température d'ébullition change-t-elle avec la pression ? (Expliquer en termes de facilité de vaporisation.)
3. En altitude (sommet du Mont-Blanc, pression $\approx 0,55$ bar), la température d'ébullition est d'environ 82 °C. Expliquer pourquoi il est plus difficile de cuire des aliments en altitude.
4. Un technicien de maintenance stérilise des outils dans un autoclave à 3 bar. L'autoclave contient 2 kg d'eau. Si 0,3 kg d'eau s'évaporent, calculer l'énergie absorbée ($L_v = 2\,260\,000$ J/kg).

Mes calculs :

EXERCICE 36 Coulée d'aluminium — fonderie**APPROFONDISSEMENT**

Dans une fonderie, on fait fondre 5 kg d'aluminium pour couler des pièces de quincaillerie (poignées, charnières). L'aluminium est initialement à 25 °C.

Données pour l'aluminium :

- Température de fusion : $T_f = 660 \text{ °C}$
- Chaleur latente de fusion : $L_f = 397\,000 \text{ J/kg}$
- Capacité thermique massique : $c = 897 \text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}$

1. Calculer l'énergie Q_1 nécessaire pour chauffer l'aluminium de 25 °C à 660 °C.
2. Calculer l'énergie Q_2 nécessaire pour fondre l'aluminium à 660 °C.
3. Calculer l'énergie totale. Quel pourcentage représente la fusion par rapport au chauffage ?
4. Lors du refroidissement dans le moule, l'aluminium se solidifie. L'énergie libérée lors de la solidification est-elle la même que Q_2 ? Justifier.

Mes calculs :

EXERCICE 37

Brûlure par la vapeur ou par l'eau bouillante — comparaison énergétique

APPROFONDISSEMENT

Un technicien de maintenance se brûle la main. On compare deux scénarios :

- Cas A : 10 g d'eau bouillante à 100 °C sont projetés sur la peau (l'eau se refroidit de 100 °C à 37 °C).
- Cas B : 10 g de vapeur d'eau à 100 °C se condensent sur la peau (la vapeur se condense puis l'eau se refroidit de 100 °C à 37 °C).

Données : $c = 4\,180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ • $L_v = 2\,260\,000 \text{ J}/\text{kg}$

1. Cas A : Calculer l'énergie cédée à la peau par l'eau bouillante qui se refroidit de 100 °C à 37 °C.
2. Cas B : Calculer l'énergie cédée lors de la condensation de la vapeur. Puis ajouter l'énergie cédée par l'eau en refroidissant (comme dans le cas A).
3. Comparer les deux résultats. Combien de fois la brûlure par la vapeur est-elle plus énergétique ?
4. Expliquer pourquoi les brûlures par la vapeur sont beaucoup plus graves que les brûlures par l'eau bouillante.

Mes calculs :

EXERCICE 38 Réfrigérateur — cycle frigorifique et changements d'état

APPROFONDISSEMENT

Un réfrigérateur domestique maintient l'intérieur à $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Son cycle frigorifique repose sur la vaporisation et la condensation d'un fluide frigorigène. Dans l'évaporateur (à l'intérieur du réfrigérateur), le fluide se vaporise en absorbant de la chaleur. Dans le condenseur (derrière l'appareil), il se condense en libérant de la chaleur.

En une heure, le réfrigérateur vaporise $0,8\text{ kg}$ de fluide frigorigène dont la chaleur latente de vaporisation est $L_v = 180\,000\text{ J/kg}$.

1. Calculez l'énergie Q_{froid} prélevée à l'intérieur du réfrigérateur par vaporisation.
2. Le compresseur consomme une énergie électrique $E_{\text{elec}} = 100\text{ Wh}$ en une heure. Convertissez cette énergie en joules.
3. L'énergie rejetée à l'extérieur (par le condenseur) est $Q_{\text{chaud}} = Q_{\text{froid}} + E_{\text{elec}}$. Calculez Q_{chaud} .
4. Le coefficient de performance (COP) est défini par $\text{COP} = \frac{Q_{\text{froid}}}{E_{\text{elec}}}$. Calculez-le. Que signifie un COP supérieur à 1 ?

Mes calculs :

Changement d'état	Transition	Energie	Formule	Exemple en atelier
Fusion	Solide → Liquide	Absorbe	$E = m \cdot L_f$	Soudure, fonte de métal
Solidification	Liquide → Solide	Dégage	$E = m \cdot L_f$	Refroidissement cordon soudure, solidification colle thermofusible
Vaporisation	Liquide → Gaz	Absorbe	$E = m \cdot L_v$	Générateur vapeur atelier, sèche-bois
Condensation	Gaz → Liquide	Dégage	$E = m \cdot L_v$	Buée sur panneaux froids, condensation dans l'étuve
Sublimation	Solide → Gaz	Absorbe	$E = m \cdot L_s$	CO2 sec pour refroidissement de pièce en atelier
Cond. solide	Gaz → Solide	Dégage	$E = m \cdot L_s$	Givre sur les canalisations de l'atelier en hiver

Valeurs à retenir pour l'eau

- $L_f(\text{eau}) = 334\,000 \text{ J/kg}$ — fusion / solidification à 0 °C
- $L_v(\text{eau}) = 2\,260\,000 \text{ J/kg}$ — vaporisation / condensation à 100 °C
- $L_v \approx 6,8 \times L_f$: vaporiser est beaucoup plus coûteux en énergie que fondre
- Pendant un changement d'état (corps pur) : température **constante** = palier

Changements d'état et énergie thermique

Changements d'état et énergie thermique | 2de Bac Pro

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir

Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

 **Durée** : 1 heure  **Calculatrice** : autorisée  **Barème** : 20 points

 **Documents** : non autorisés

APP - S'Approprier

ANA - Analyser

REA - Réaliser

VAL - Valider

COM - Communiquer

SOCLE

DS Socle — Changements d'état

Les formules utiles sont rappelées. Les étapes de calcul sont guidées.

Partie A – Reconnaître les changements d'état

8 pts

2 pts/question.

1. **APP** Compléter : La matière peut exister sous trois états :, et

2. **APP** Relier chaque changement d'état à sa définition :

Fusion	• Liquide → Gaz
Vaporisation	• Solide → Liquide
Solidification	• Liquide → Solide

3. **ANA** Lors d'un changement d'état d'un corps pur, la température :

augmente reste constante (palier) diminue

Entourer la bonne réponse et expliquer en une phrase.

4. **APP** Pour l'eau : température de fusion =°C ; température de vaporisation =°C

Partie B – Calculer une énergie de changement d'état

12 pts

Formule à utiliser : $E = m \times L$

- Fusion : $L_f = 334\,000 \text{ J/kg} = 334 \text{ kJ/kg}$
- Vaporisation : $L_v = 2\,260\,000 \text{ J/kg} = 2\,260 \text{ kJ/kg}$

1. **APP** (3 pts) Écrire la formule $E = m \times L$ et préciser les unités de chaque grandeur.

$E = \dots\dots\dots$ en ; $m = \dots\dots\dots$ en ; $L = \dots\dots\dots$ en

2. **REA** (4 pts) **Atelier de menuiserie** Un menuisier fait fondre 500 g de glace pour refroidir ses outils. $L_f = 334\,000 \text{ J/kg}$.

Étape 1 — Convertir la masse en kg : 500 g = kg

Étape 2 — Identifier L : s'agit-il de fusion ou vaporisation ? On utilise $L_{\dots} = \dots\dots\dots \text{ J/kg}$

Étape 3 — Calculer : $E = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ J} = \dots\dots\dots \text{ kJ}$

3. **REA** (3 pts) **Atelier de menuiserie** L'étuve de séchage bois évapore 200 g d'eau contenue dans une planche. $L_v = 2\,260\,000 \text{ J/kg}$.

Calculer l'énergie E nécessaire :

$m = 200 \text{ g} = \dots\dots\dots \text{ kg}$

$E = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ J} = \dots\dots\dots \text{ kJ}$

-
-
4. **COM** (2 pts) Lors du séchage du bois, l'eau s'évapore. Cela peut dégager des solvants. Citer **une précaution** à prendre dans l'atelier.
-

STANDARD

DS Standard — Changements d'état

Contextes professionnels — rédaction et justification attendues.

Partie A – États de la matière et changements d'état

8 pts

2 pts/question.

1. **APP** Citer les trois états de la matière et donner un exemple de chacun pour l'eau.

2. **APP** Nommer les six changements d'état et indiquer lesquels nécessitent un apport d'énergie.

3. **ANA** Que se passe-t-il à la température lors d'un changement d'état ? Justifier en lien avec le concept de palier de température.

4. **APP** Quelle est la température de fusion de l'eau à pression atmosphérique ? Celle de vaporisation ?

Partie B – Calculs d'énergie de changement d'état

12 pts

1. **APP** (3 pts) Écrire la formule de l'énergie de changement d'état $Q = m \cdot L$. Donner l'unité de la chaleur latente L .

2. **REA** (4 pts) On fait fondre 500 g de glace à 0 °C. La chaleur latente de fusion de l'eau est $L_f = 334 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Calculer l'énergie nécessaire.

3. **REA** (3 pts) Dans un atelier de menuiserie, on sèche une planche de bois contenant 200 g d'eau. La chaleur latente de vaporisation de l'eau est $L_v = 2\,260 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Quelle énergie faut-il fournir pour évaporer toute cette eau ?

4. **COM** (2 pts) Pourquoi l'évaporation des solvants en atelier représente-t-elle un risque pour la sécurité ? Citer une précaution à prendre.

APPROFONDISSEMENT

DS Approfondissement — Changements d'état

Problèmes ouverts, plusieurs étapes, calculs combinés chaleur sensible + chaleur latente.

Partie A – Analyse des changements d'état en atelier

8 pts

2 pts/question.

1. **ANA** Un agenceur utilise un pistolet à colle thermofusible. La colle est solide à 20°C et devient liquide à 80°C. Lorsqu'une bulle apparaît dans la cartouche en surchauffe, un nouveau changement d'état se produit. Nommer les deux changements d'état successifs et préciser les états initial et final de chacun.

2. **ANA** Un technicien chauffe de l'eau dans un générateur de vapeur utilisé pour le traitement de surfaces bois. Sur la courbe de chauffe, on observe un palier à 100°C . Expliquer précisément pourquoi la température reste constante à ce palier, en faisant le lien avec l'énergie échangée.

3. **APP** Un technicien prépare un fluide caloporteur pour l'étuve de séchage. L'eau pure gèle à 0°C , ce qui endommagerait les canalisations. Il ajoute du glycol : avec 33 % de glycol, le point de congélation passe à -20°C .

a) Quel changement d'état est évité par cet ajout ?

b) Pourquoi la dilatation lors de ce changement d'état est-elle dangereuse pour les canalisations ?

4. **COM** Dans un atelier de carrosserie, de la buée se forme sur les carrosseries froides le matin. Nommer ce changement d'état et expliquer son impact sur la qualité de la peinture qui sera appliquée.

Partie B – Calculs combinés — Séchage et énergie

12 pts

1. **APP** (3 pts) **Atelier de menuiserie** Un générateur de vapeur pour traitement de surfaces bois utilise de l'eau à 20°C .

Écrire les deux étapes nécessaires pour obtenir de la vapeur à 100°C à partir d'eau à 20°C (sans calcul). Nommer l'énergie échangée à chaque étape.

2. **REA** (5 pts) Calculer l'énergie totale nécessaire pour transformer 1,5 kg d'eau à 20°C en vapeur à 100°C .

Données : $c_{eau} = 4180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$; $L_v = 2\,260\,000 \text{ J}/\text{kg}$

a) Énergie de chauffage de 20°C à 100°C : $Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta T =$

b) Énergie de vaporisation : $Q_2 = m \cdot L_v =$

c) Énergie totale : $E_{tot} = Q_1 + Q_2 =$

3. **VAL** (2 pts) Calculer le pourcentage de l'énergie totale consacrée à la vaporisation seule. Commenter : pourquoi les générateurs de vapeur consomment-ils beaucoup d'électricité ?

4. **COM** (2 pts) En comparant L_f et L_v de l'eau, expliquer en deux phrases pourquoi il est plus énergivore de faire bouillir de l'eau que de la faire fondre.
