

La chaleur et les changements d'état

La **température** repère l'état thermique d'un corps et se mesure en degrés Celsius; la **chaleur** est l'énergie qui passe spontanément d'un corps chaud vers un corps plus froid. Pendant un **changement d'état**, la température d'un corps pur reste **constante** : la glace fond à 0 °C et l'eau bout à 100 °C sous la pression atmosphérique normale.

Physique-Chimie 1AC - Programme marocain - Mis à jour le 21/09/2026

Objectifs du chapitre

- Distinguer la température et la chaleur
- Mesurer une température avec un thermomètre et respecter les règles de lecture
- Nommer les six changements d'état et les placer sur un schéma
- Reconnaître un palier de température sur une courbe et l'interpréter
- Distinguer l'évaporation de l'ébullition
- Expliquer les changements d'état avec le modèle particulaire
- Savoir que la masse se conserve pendant un changement d'état alors que le volume change

Avant de commencer

Les trois états physiques et leurs propriétés; Le modèle particulaire et la notion d'agitation; La conservation de la masse.

1. La température et la chaleur

Température

La **température** repère l'état thermique d'un corps : elle dit s'il est chaud ou froid. On la note θ ou T , on la mesure avec un **thermomètre**, et son unité usuelle est le **degré Celsius**, noté °C.

Chaleur

La **chaleur** est l'**énergie** qui passe d'un corps à un autre lorsque leurs températures sont différentes. Elle va toujours spontanément du corps le **plus chaud** vers le corps le **plus froid**, jusqu'à ce que les deux atteignent la même température.

Attention

Chaleur et température sont deux grandeurs **différentes**. Une allumette allumée est à environ 800 °C et une baignoire d'eau tiède à 40 °C : l'allumette a la température la plus haute, mais la baignoire contient beaucoup plus de chaleur. La température se lit sur un thermomètre, la chaleur se transfère.

Méthode : Mesurer une température au thermomètre

1. Plonger le **réservoir** du thermomètre dans le corps à étudier, sans toucher le fond ni les parois du récipient.
2. Attendre que la colonne se **stabilise** : la mesure n'est valable que lorsque le thermomètre a atteint la même température que le corps.
3. Lire la graduation à **hauteur des yeux**, comme pour une éprouvette.
4. Écrire le résultat avec son **unité** : $\theta = 18\text{ °C}$.

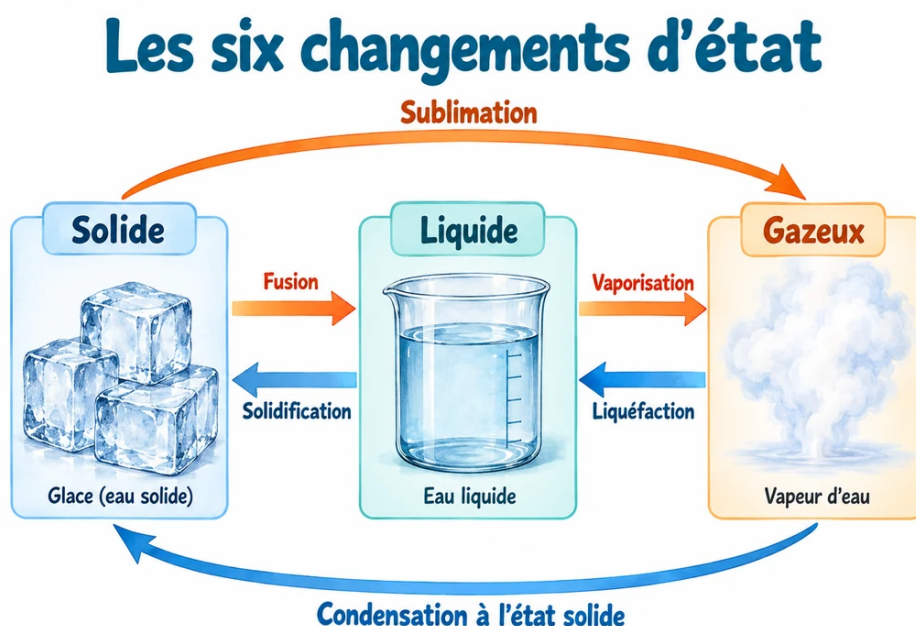
Remarque

Il existe une autre unité, le **kelvin**, noté K, utilisée au lycée. Elle part du zéro absolu, la température la plus basse possible, qui vaut $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Une variation de 1 K et une variation de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ représentent le même écart : seules les origines diffèrent.

2. Les six changements d'état

Changement d'état

Un **changement d'état** est le passage d'un corps d'un état physique à un autre. Il y en a **six**, un pour chaque couple d'états, et chacun porte un nom propre.



Les six changements d'état sont la fusion et la solidification entre solide et liquide, la vaporisation et la liquéfaction entre liquide et gaz, la sublimation et la condensation à l'état solide entre solide et gaz.

Changement	Passage	Faut-il chauffer ?	Exemple courant
Fusion	solide $\rightarrow$ liquide	oui	un glaçon qui fond
Solidification	liquide $\rightarrow$ solide	non, il faut refroidir	l'eau qui gèle
Vaporisation	liquide $\rightarrow$ gazeux	oui	l'eau qui bout
Liquéfaction	gazeux $\rightarrow$ liquide	non, il faut refroidir	la buée sur une vitre froide
Sublimation	solide $\rightarrow$ gazeux	oui	la neige qui disparaît sans fondre
Condensation à l'état solide	gazeux $\rightarrow$ solide	non, il faut refroidir	le givre sur une vitre

Les trois changements de la colonne « oui » consomment de la chaleur ; les trois autres en libèrent. Retenir le sens du transfert évite d'avoir à mémoriser six mots isolés.

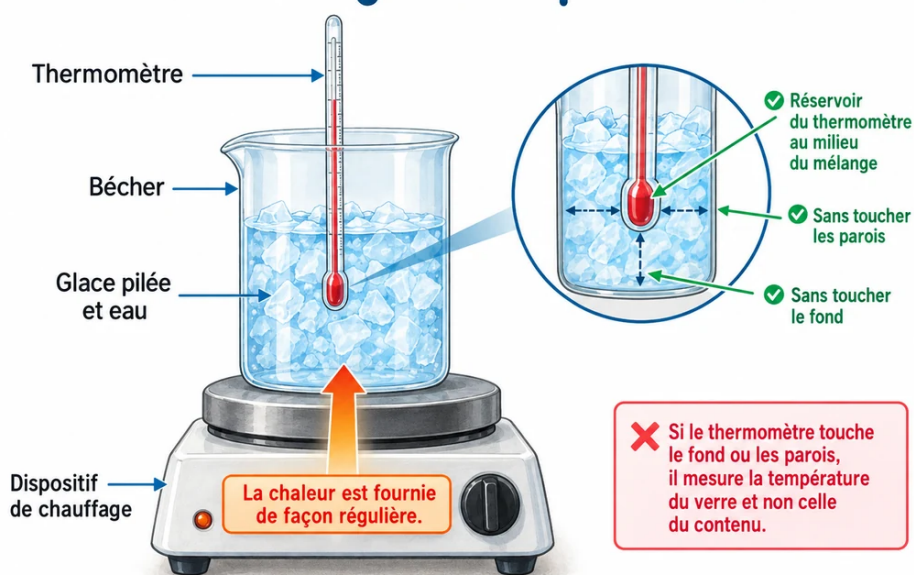
Remarque

La **sublimation** paraît exotique, elle est pourtant familière : le linge étendu par temps de gel sèche quand même, et la neige des sommets diminue sans qu'aucune eau ne coule. La naphtaline et la neige carbonique se subliment également.

3. Le palier de température

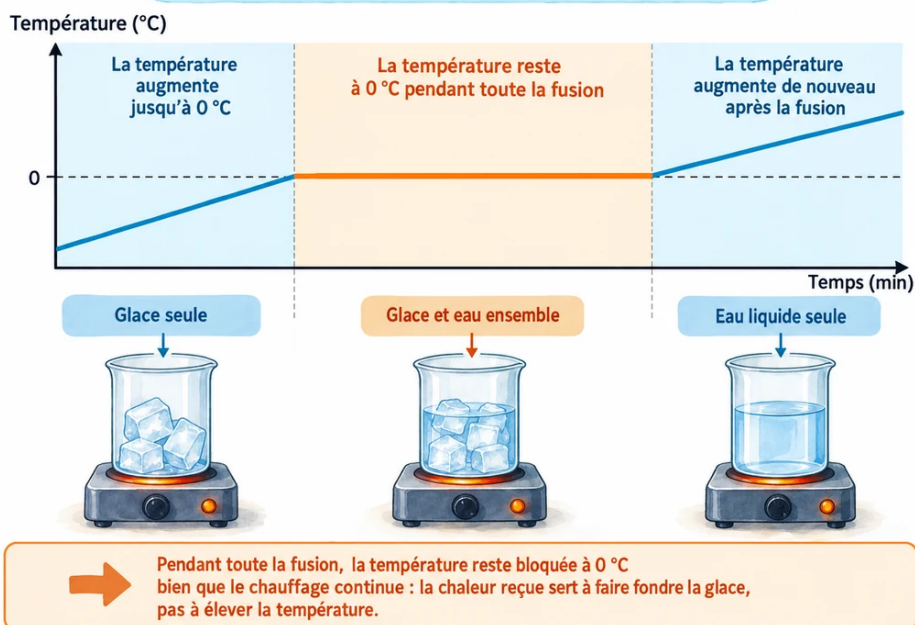
Chauffons régulièrement de la glace pilée et relevons la température toutes les minutes. Tant qu'il reste de la glace, la température **ne monte pas** : elle reste bloquée à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, alors que le chauffage continue. Ce n'est qu'une fois toute la glace fondue que la température recommence à croître.

Le montage de l'expérience



Le réservoir du thermomètre doit être plongé au milieu du mélange, sans toucher le fond ni les parois : sinon il mesure la température du verre et non celle du contenu.

La courbe de fusion de la glace



Pendant toute la fusion, la température reste bloquée à 0 °C bien que le chauffage continue : la chaleur reçue sert à faire fondre la glace, pas à élever la température.

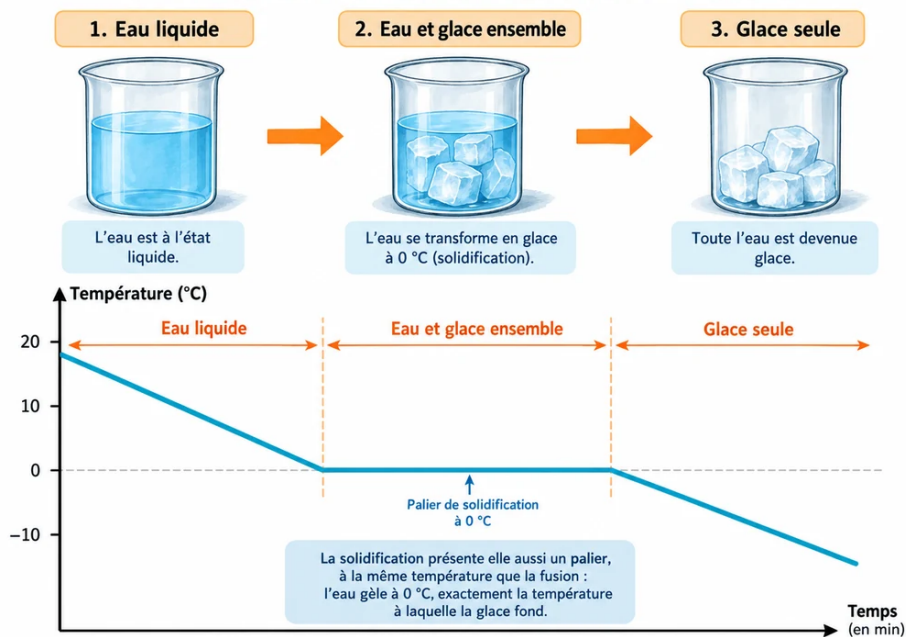
Le palier de température

Pendant tout un changement d'état, la température d'un **corps pur** reste **constante**. La chaleur reçue ou cédée ne sert pas à faire varier la température : elle sert à **changer l'état**. Sur la courbe, cela se voit comme un segment parfaitement **horizontal**, appelé **palier**.

Température de fusion

La **température de fusion** d'un corps pur est la température de son palier de fusion. Elle vaut 0 °C pour l'eau, sous la pression atmosphérique normale. La **température de solidification** est exactement la même valeur, parcourue en sens inverse.

La courbe de solidification de l'eau



La solidification présente elle aussi un palier, à la même température que la fusion : l'eau gèle à 0 °C, exactement la température à laquelle la glace fond.

Lire une courbe

Une courbe de fusion présente un palier à 0 °C entre la 4^e et la 12^e minute. Que se passe-t-il à la 3^e, à la 8^e et à la 15^e minute ?

- À la 3^e minute, on est **avant** le palier : le corps est entièrement **solide** et sa température monte.
- À la 8^e minute, on est **pendant** le palier : le solide et le liquide coexistent, et la température ne bouge pas.
- À la 15^e minute, on est **après** le palier : tout est **liquide** et la température remonte.
- La durée du palier vaut $12 - 4 = 8$ minutes.

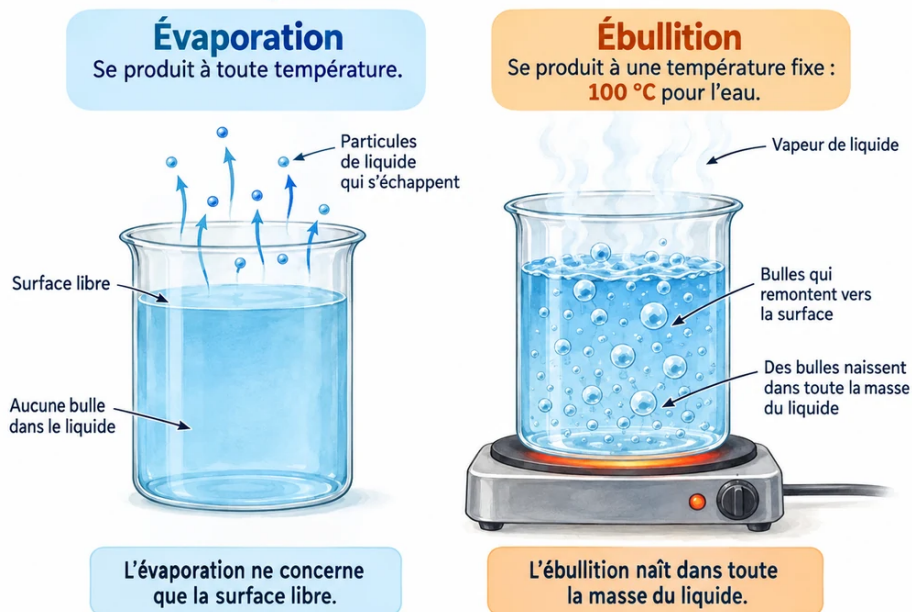
4. Évaporation et ébullition

Le passage de l'état liquide à l'état gazeux s'appelle la **vaporisation**, et il se produit de deux façons bien différentes.

	Évaporation	Ébullition
Où ?	à la surface libre seulement	dans toute la masse du liquide
À quelle température ?	à n'importe quelle température	à une température fixe, 100 °C pour l'eau
Vitesse	lente	rapide
Aspect	aucun signe visible	bulles qui montent et crèvent en surface
Exemple	le linge qui sèche, une flaque qui disparaît	l'eau d'une casserole qui bout

L'évaporation n'a pas besoin d'être chauffée : une flaque disparaît même par temps froid, simplement plus lentement.

Évaporation et ébullition



L'évaporation ne concerne que la surface libre et se produit à toute température ; l'ébullition naît dans toute la masse du liquide et se produit à une température fixe, 100 °C pour l'eau.

Attention

Les **bulles** de l'eau qui bout ne sont **pas de l'air** : c'est de la **vapeur d'eau**, née au sein même du liquide. Elles montent, crèvent en surface, et la vapeur libérée devient invisible avant de former de la buée un peu plus loin, au contact de l'air froid.

L'ébullition dépend de la pression

La température d'ébullition n'est fixe qu'à **pression donnée**. Sous la pression atmosphérique normale, l'eau bout à 100 °C. En altitude, où la pression est plus faible, elle bout à moins de 100 °C : à 2 000 m, vers 93 °C. Dans une cocotte-minute, où la pression est plus élevée, elle bout vers 118 °C.

Remarque

C'est pourquoi un œuf met plus longtemps à cuire en montagne : l'eau y bout plus tôt, donc moins chaud, donc elle cuit moins vite. La cocotte-minute exploite l'effet inverse.

5. Ce que le modèle particulaire en dit

- **Chauffer**, c'est augmenter l'**agitation** des particules. Au-delà d'un certain seuil, elles ne tiennent plus en place : l'édifice ordonné du solide se défait, c'est la **fusion**.
- En continuant de chauffer, l'agitation devient telle que les particules se **séparent** complètement les unes des autres : c'est la **vaporisation**.
- **Refroidir** produit exactement l'inverse : l'agitation diminue, les particules se rapprochent et finissent par se ranger.
- Pendant le palier, la chaleur reçue sert à **arracher les particules** à leurs voisines, et non à les agiter davantage : c'est pour cela que la température ne monte pas.

La masse se conserve, le volume change

Un changement d'état ne crée ni ne détruit aucune particule : la **masse est conservée**. En revanche l'écartement des particules change, donc le **volume varie**, et fortement lors de la vaporisation.

Attention

L'eau fait **exception** : en se solidifiant, elle **augmente** de volume au lieu de diminuer, parce que ses particules s'ordonnent selon un empilement plus aéré. C'est pourquoi une bouteille pleine et fermée éclate au congélateur, et pourquoi la glace flotte sur l'eau.

Un bilan complet

On place 200 g de glace à $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ dans un flacon fermé et on chauffe jusqu'à $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Décrire ce qui se passe et donner la masse finale.

1. De $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: la glace se réchauffe, la température monte, tout reste solide.
2. À $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: **palier de fusion**. La température reste bloquée tant qu'il reste de la glace, alors que le chauffage continue.
3. De $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $30\text{ }^{\circ}\text{C}$: toute la glace a fondu, la température remonte, tout est liquide.
4. La masse finale vaut 200 g, **exactement comme au départ** : le flacon est fermé et un changement d'état ne modifie jamais la masse. Le volume, lui, a légèrement diminué, la glace étant moins dense que l'eau.

Je retiens

- La **température** repère l'état thermique d'un corps ; elle se mesure au **thermomètre**, en **degrés Celsius**.
- La **chaleur** est l'énergie qui passe spontanément du corps le plus **chaud** vers le corps le plus **froid** ; ce n'est pas la même grandeur que la température.
- Il existe **six changements d'état** : fusion, solidification, vaporisation, liquéfaction, sublimation et condensation à l'état solide.
- Chauffer provoque la **fusion**, la **vaporisation** et la **sublimation** ; refroidir provoque les trois autres.
- Pendant un changement d'état, la température d'un **corps pur** reste **constante** : la courbe présente un **palier**.
- La glace fond à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ et l'eau gèle à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: c'est la même température, parcourue dans les deux sens.
- L'eau bout à $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ sous la pression atmosphérique normale ; cette valeur **diminue en altitude** et augmente sous pression.
- L'**évaporation** se produit à la surface libre, à toute température ; l'**ébullition** naît dans toute la masse du liquide, à température fixe.
- Les bulles de l'eau qui bout sont de la **vapeur d'eau**, pas de l'air.
- Pendant un changement d'état la **masse se conserve** ; le **volume change**, et l'eau augmente de volume en gelant.

Exercices - À chercher avant la correction

Résous les exercices sur ton cahier. Justifie les calculs, indique les unités et soigne les schémas.

Exercice 1. Nommer un changement d'état

Facile

Nommer le changement d'état correspondant à chaque situation.

1. Un glaçon fond dans un verre.
2. De l'eau gèle dans un bac.
3. De la buée se forme sur une vitre froide.
4. Une flaque disparaît au soleil.

Exercice 2. Chauffer ou refroidir

Facile

Faut-il chauffer ou refroidir pour provoquer chaque changement ?

1. La fusion
2. La solidification
3. La vaporisation
4. La liquéfaction

Exercice 3. Vrai ou faux

Facile

Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse.

1. La température se mesure en degrés Celsius.
2. La chaleur et la température sont la même grandeur.
3. Pendant la fusion de la glace, la température monte.
4. L'eau gèle et fond à la même température.

Exercice 4. Les températures de l'eau

Facile

1. À quelle température la glace fond-elle ?
2. À quelle température l'eau bout-elle sous la pression atmosphérique normale ?
3. À quelle température l'eau se solidifie-t-elle ?

Exercice 5. Évaporation ou ébullition

Facile

De quel phénomène s'agit-il ?

1. Le linge étendu sèche au soleil.
2. Des bulles montent dans une casserole d'eau chaude.

3. Une flaque disparaît en hiver.

Exercice 6. Lire une courbe simple

Facile

Une courbe de fusion montre un palier à 0°C entre la 5^e et la 11^e minute.

1. Quelle est la température de fusion du corps ?
2. Combien de temps dure le palier ?
3. Dans quel état est le corps à la 2^e minute ?

Exercice 7. La masse pendant un changement d'état

Facile

Un glaçon de 80 g fond dans un flacon fermé.

1. Quelle est la masse d'eau obtenue ?
2. Justifier.

Exercice 8. Les bulles de l'eau qui bout

Facile

1. De quoi sont faites les bulles qui montent dans l'eau bouillante ?
2. Où naissent-elles ?
3. Qu'est-ce que le nuage blanc visible au-dessus de la casserole ?

Exercice 9. Utiliser un thermomètre

Facile

Trois erreurs sont commises. Les corriger.

1. Le réservoir du thermomètre touche le fond du bécher.
2. On lit la valeur aussitôt après avoir plongé le thermomètre.
3. On lit la graduation en regardant d'en haut.

Exercice 10. Chaleur et température

Facile

Une allumette allumée est à 800°C , une baignoire d'eau tiède à 40°C .

1. Laquelle a la température la plus élevée ?
2. Laquelle contient le plus de chaleur ?
3. Que conclure ?

Exercice 11. Interpréter un palier

Intermédiaire

On chauffe régulièrement un corps pur. Sa température monte, puis reste bloquée à $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 7 minutes, puis remonte.

1. Que se passe-t-il pendant ces 7 minutes ?
2. Où va la chaleur reçue, puisque la température ne monte pas ?
3. Quelle est la température de fusion de ce corps ?

Exercice 12. Comparer deux corps

Intermédiaire

Le tableau donne les températures de fusion de trois corps purs.

- Mercure : $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Aluminium : $660\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Fer : $1\,535\text{ }^{\circ}\text{C}$

1. Dans quel état est chacun de ces corps à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$?
2. Lequel fond en premier si on chauffe les trois ensemble ?
3. Peut-on faire fondre du fer dans une casserole d'aluminium ?

Exercice 13. L'eau qui gèle

Intermédiaire

Une bouteille en plastique pleine d'eau et fermée est placée au congélateur. Le lendemain, elle est déformée et fissurée.

1. Quel changement d'état s'est produit ?
2. La masse a-t-elle changé ?
3. Expliquer la déformation.

Exercice 14. Le linge qui sèche

Intermédiaire

Du linge mouillé est étendu dehors par une journée froide, à $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il sèche pourtant en quelques heures.

1. Quel changement d'état s'est produit ?
2. Sous quelle forme, évaporation ou ébullition ?
3. Pourquoi sèche-t-il plus vite s'il y a du vent ?

Exercice 15. Deux courbes

Intermédiaire

Deux corps purs A et B sont chauffés de la même façon. A présente un palier à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ durant 6 min ; B présente un palier à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ durant 12 min.

1. S'agit-il du même corps ?

2. Qu'est-ce qui différencie les deux expériences ?
3. Que renseigne la **hauteur** du palier ? Et sa **durée** ?

Exercice 16. Bouillir en montagne

Intermédiaire

Au bord de la mer, l'eau bout à 100 °C. À 2 000 m d'altitude, elle bout vers 93 °C.

1. Pourquoi cette différence ?
2. Un œuf cuit-il plus vite ou moins vite en montagne ?
3. Que se passe-t-il dans une cocotte-minute ?

Exercice 17. La sublimation

Intermédiaire

Par temps de gel, la neige d'un sommet diminue jour après jour, alors que la température ne dépasse jamais -5 °C et qu'aucune eau ne coule.

1. Quel changement d'état s'est produit ?
2. Le passage par l'état liquide a-t-il eu lieu ?
3. Citer un autre exemple.

Exercice 18. Un corps pur inconnu

Intermédiaire

En chauffant un corps pur inconnu, on relève un palier à 78 °C, puis la température remonte, et le corps est liquide avant le palier.

1. De quel changement d'état s'agit-il ?
2. Que vaut la température d'ébullition de ce corps ?
3. Ce corps peut-il être de l'eau ?

Exercice 19. Le modèle particulaire à l'œuvre

Intermédiaire

Expliquer avec le modèle particulaire.

1. Pourquoi la glace fond-elle quand on la chauffe ?
2. Pourquoi la température ne monte-t-elle pas pendant la fusion ?
3. Pourquoi le volume augmente-t-il beaucoup lors de la vaporisation ?

Exercice 20. Le givre

Intermédiaire

Par une nuit à -3 °C , une fine couche de givre se dépose sur le pare-brise d'une voiture, alors qu'il n'a pas plu.

1. D'où vient cette eau ?
2. Quel changement d'état s'est produit ?

3. En quoi est-ce différent de la rosée ?

Exercice 21. Combien de paliers ?

Intermédiaire

On part de glace à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ et on chauffe régulièrement jusqu'à $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, sous la pression atmosphérique normale.

1. Combien de paliers la courbe présentera-t-elle ?
2. À quelles températures ?
3. Décrire l'état du corps dans chacune des cinq phases.

Exercice 22. La glace qui refroidit une boisson

Intermédiaire

On ajoute deux glaçons dans un verre de jus à température ambiante.

1. Dans quel sens la chaleur circule-t-elle ?
2. Pourquoi la boisson refroidit-elle ?
3. Pourquoi une eau glacée sans glaçons refroidit-elle moins bien la boisson ?

Exercice 23. Eau pure ou eau salée

Approfondissement

On refroidit deux échantillons, l'un d'eau pure, l'autre d'eau salée. La courbe de l'eau pure présente un palier net à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Celle de l'eau salée ne présente pas de palier horizontal : la température continue de descendre lentement pendant la solidification, qui commence vers $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1. Quelle conclusion tirer sur le palier ?
2. Comment reconnaître expérimentalement une eau pure d'une eau salée ?
3. Pourquoi sale-t-on les routes en hiver ?

Exercice 24. Construire une courbe

Approfondissement

On chauffe régulièrement un corps pur et on relève sa température toutes les deux minutes. Voici les mesures, en degrés Celsius : 20, 35, 50, 50, 50, 65, 80.

1. Repérer le palier et donner sa durée.
2. Quelle est la température de fusion de ce corps ?
3. Vérifier que la montée est bien régulière avant et après le palier.
4. Que se passerait-il si on avait chauffé deux fois plus fort ?

Exercice 25. Un raisonnement à corriger

Approfondissement

Un élève écrit trois phrases.

- « Pendant la fusion, on arrête de chauffer, c'est pour ça que la température ne monte pas. »

- « Les bulles de l'eau qui bout sont des bulles d'air. »
- « La vapeur d'eau est le nuage blanc au-dessus de la casserole. »

1. Corriger chacune de ces trois phrases.
2. Quelle est l'erreur commune aux deux dernières ?

Exercice 26. Bilan de masse et de volume

Approfondissement

On place 180 g de glace dans un flacon **fermé** de volume fixe, puis on laisse fondre entièrement. La masse volumique de la glace vaut $0,92 \text{ g/cm}^3$ et celle de l'eau liquide $1,00 \text{ g/cm}^3$.

1. Calculer le volume de la glace, puis celui de l'eau obtenue.
2. Quelle grandeur s'est conservée ? Laquelle a varié ?
3. Que se serait-il passé si l'on avait gelé 180 g d'eau dans un flacon plein et fermé ?

Exercice 27. Le thermomètre et le palier

Approfondissement

Un thermomètre non gradué est plongé successivement dans un mélange d'eau et de glace en train de fondre, puis dans de l'eau en train de bouillir, au niveau de la mer. On marque les deux positions atteintes par la colonne.

1. Quelles températures ces deux repères correspondent-ils ?
2. Pourquoi utilise-t-on des changements d'état pour graduer un thermomètre, plutôt que des températures quelconques ?
3. Pourquoi l'expérience doit-elle être faite au niveau de la mer ?

Exercice 28. Deux quantités, deux durées

Approfondissement

Deux bécjers contenant respectivement 100 g et 250 g de glace sont chauffés par des dispositifs identiques.

1. Les deux paliers seront-ils à la même hauteur ?
2. Auront-ils la même durée ?
3. Si le palier du premier dure 4 minutes, combien durera celui du second ?
4. Quelle hypothèse fait-on dans ce calcul ?

Exercice 29. Un cycle complet

Approfondissement

Dans un flacon fermé et transparent, on place un peu d'eau. On chauffe jusqu'à ébullition, puis on refroidit le haut du flacon avec un linge glacé.

1. Nommer les deux changements d'état successifs.
2. La masse totale du flacon fermé varie-t-elle au cours de l'expérience ?
3. Où se trouve l'eau à la fin ?
4. En quoi cette expérience reproduit-elle le cycle de l'eau ?

Exercice 30. Synthèse : lire une courbe complète

Approfondissement

On refroidit régulièrement de la vapeur d'eau à 130 °C jusqu'à -20 °C , sous la pression atmosphérique normale, dans un récipient fermé.

1. Décrire les cinq phases de la courbe obtenue.
2. Combien de paliers, et à quelles températures ?
3. Nommer les deux changements d'état concernés.
4. Ces paliers seraient-ils aux mêmes températures si on chauffait au lieu de refroidir ?
5. La masse varie-t-elle pendant l'expérience ? Et le volume ?

Corrections expliquées des exercices

Exercice 1. Nommer un changement d'état

1. La **fusion**.
2. La **solidification**.
3. La **liquéfaction**.
4. La **vaporisation**, ici sous forme d'évaporation.

Exercice 2. Chauffer ou refroidir

1. Chauffer.
2. Refroidir.
3. Chauffer.
4. Refroidir.

Exercice 3. Vrai ou faux

1. **Vrai**.
2. **Faux**. La température se lit sur un thermomètre, la chaleur est une énergie qui se transfère.
3. **Faux**. Elle reste bloquée à 0 °C : c'est le palier.
4. **Vrai**. 0 °C dans les deux sens.

Exercice 4. Les températures de l'eau

1. 0 °C.
2. 100 °C.
3. 0 °C, la même que la fusion.

Exercice 5. Évaporation ou ébullition

1. L'**évaporation**.
2. L'**ébullition**.
3. L'**évaporation** : elle se produit à toute température, simplement plus lentement quand il fait froid.

Exercice 6. Lire une courbe simple

1. 0 °C.
2. $11 - 5 = 6$ minutes.
3. Entièrement **solide** : on est avant le palier.

Exercice 7. La masse pendant un changement d'état

1. 80 g.
2. Un changement d'état ne crée ni ne détruit aucune particule : leur nombre est constant, donc la masse aussi.

Exercice 8. Les bulles de l'eau qui bout

1. De **vapeur d'eau**, pas d'air.
2. Dans **toute la masse** du liquide, jusqu'au fond.
3. De la **buée** : la vapeur, invisible, s'est liquéfiée au contact de l'air froid.

Exercice 9. Utiliser un thermomètre

1. Le réservoir doit être **au milieu** du contenu, sans toucher ni le fond ni les parois : sinon il mesure la température du verre.
2. Il faut attendre que la colonne se **stabilise**.
3. Il faut lire à **hauteur des yeux**.

Exercice 10. Chaleur et température

1. L'**allumette**.
2. La **baignoire**, de très loin.
3. Une température élevée ne signifie pas une grande quantité de chaleur : ce sont deux grandeurs différentes.

Exercice 11. Interpréter un palier

1. Le corps **change d'état** : le solide et le liquide coexistent dans le récipient.
2. Elle sert à **changer l'état**, c'est-à-dire à arracher les particules à leurs voisines, et non à augmenter leur agitation. Tant que la transformation n'est pas terminée, la température ne peut pas varier.
3. 80 °C, la valeur du palier.

Exercice 12. Comparer deux corps

1. Le mercure est **liquide** ($20 > -39$) ; l'aluminium et le fer sont **solides**.
2. Le **mercure**, qui est d'ailleurs déjà liquide.
3. **Non**. La casserole fondrait bien avant le fer, puisque 660 °C est très inférieur à 1 535 °C. Il faut un creuset dont la température de fusion dépasse celle du métal à fondre.

Exercice 13. L'eau qui gèle

1. La **solidification**.
2. **Non**, la bouteille était fermée : rien n'est entré ni sorti.
3. L'eau **augmente de volume** en gelant, parce que ses particules s'ordonnent selon un empilement plus aéré. La bouteille étant pleine et fermée, ce volume supplémentaire n'a nulle part où aller : la paroi cède.

Exercice 14. Le linge qui sèche

1. La **vaporisation** : l'eau est passée à l'état gazeux.
2. L'**évaporation**, qui se produit à toute température et seulement à la surface libre. L'ébullition exigerait 100 °C.
3. Le vent emporte la vapeur d'eau qui vient de se former au-dessus du tissu. L'air au contact du linge reste donc sec, et l'évaporation peut se poursuivre au lieu de ralentir.

Exercice 15. Deux courbes

1. Probablement **oui** : les deux fondent à la même température, ce qui est la caractéristique du corps.
2. La **quantité** de corps. Il y a environ deux fois plus de matière dans l'expérience B, donc il faut deux fois plus de chaleur, donc deux fois plus de temps, pour tout faire fondre.
3. La **hauteur** du palier renseigne sur la **nature** du corps : c'est sa température de fusion. La **durée** renseigne sur la **quantité** de matière et sur la puissance du chauffage, pas sur la nature du corps.

Exercice 16. Bouillir en montagne

1. Parce que la **pression atmosphérique** est plus faible en altitude, et que la température d'ébullition dépend de la pression.

2. Moins vite : l'eau y bout plus tôt, donc à une température plus basse, donc elle cuit moins efficacement. On peut y faire bouillir l'eau plus rapidement, mais on y cuit plus lentement.

3. La pression y est **plus élevée** que la pression atmosphérique, donc l'eau y bout vers 118 °C. La cuisson est alors nettement plus rapide.

Exercice 17. La sublimation

1. La sublimation : le passage direct du solide au gazeux.

2. Non, et c'est ce qui définit la sublimation : la neige est passée directement à l'état de vapeur d'eau.

3. Le linge étendu qui sèche par temps de gel, la naphthaline qui disparaît d'une armoire, ou la neige carbonique qui fume sans laisser de flaque.

Exercice 18. Un corps pur inconnu

1. D'une vaporisation, puisque le corps était liquide avant le palier.

2. 78 °C.

3. Non : l'eau bout à 100 °C sous la pression atmosphérique normale. Une valeur de 78 °C correspond plutôt à l'alcool éthylique. La température de changement d'état est une caractéristique du corps, donc elle permet de l'identifier.

Exercice 19. Le modèle particulaire à l'œuvre

1. Chauffer augmente l'**agitation** des particules. Au-delà d'un certain seuil, elles ne tiennent plus dans l'empilement ordonné du solide : l'ordre se défait et le corps devient liquide.

2. Parce que la chaleur reçue sert à **arracher les particules** les unes aux autres et non à les agiter plus vite. Or c'est la vitesse d'agitation que mesure la température : tant que l'énergie sert à défaire l'édifice, la température ne peut pas monter.

3. Parce que les particules d'un gaz sont **très éloignées** les unes des autres, alors que celles d'un liquide se touchent. Passer de l'une à l'autre disposition demande énormément plus de place, à nombre de particules identique.

Exercice 20. Le givre

1. De la vapeur d'eau contenue dans l'air.

2. Une condensation à l'état solide : la vapeur est passée directement de l'état gazeux à l'état solide, sans passer par le liquide.

3. La rosée est une **liquéfaction** : la vapeur y devient liquide, parce que la surface est froide mais reste au-dessus de 0 °C. Le givre se forme quand la surface est **sous** 0 °C.

Exercice 21. Combien de paliers ?

1. Deux paliers.

2. À 0 °C, la fusion, et à 100 °C, la vaporisation.

3. De -20 à 0 °C : glace solide qui se réchauffe. À 0 °C : glace et eau, palier de fusion. De 0 à 100 °C : eau liquide qui se réchauffe. À 100 °C : eau et vapeur, palier de vaporisation. De 100 à 120 °C : vapeur d'eau qui se réchauffe.

Exercice 22. La glace qui refroidit une boisson

1. Du corps le plus chaud vers le plus froid, donc du **jus vers les glaçons**.

2. Parce qu'elle **cède** de la chaleur aux glaçons. Cette chaleur sert d'abord à les faire fondre, sans que leur température monte : c'est le palier de fusion.

3. Parce qu'une eau glacée qui se réchauffe se contente d'élever sa température, alors qu'un glaçon absorbe en plus toute la chaleur nécessaire à sa fusion, à température constante. À masse égale, la glace prend donc bien plus de chaleur à la boisson que de l'eau froide.

Exercice 23. Eau pure ou eau salée

1. Le palier net est la signature d'un **corps pur**. Un mélange ne présente pas de palier horizontal : sa température varie pendant le changement d'état.
2. En traçant la courbe de solidification, ou celle de fusion. Un palier parfaitement horizontal à 0 °C signe une eau pure ; l'absence de palier, ou un palier situé plus bas, signale la présence d'autre chose. C'est le critère du chapitre suivant.
3. Parce que le sel **abaisse la température de solidification** de l'eau. L'eau salée reste liquide en dessous de 0 °C, donc la route ne verglace pas tant que la température ne descend pas trop bas.

Exercice 24. Construire une courbe

1. Le palier va de la 4^e à la 10^e minute, soit **six minutes**, puisque la valeur 50 est relevée quatre fois de suite à deux minutes d'intervalle.
2. 50 °C.
3. Avant le palier : 20 → 35 → 50, soit +15 °C toutes les deux minutes. Après : 50 → 65 → 80, soit également +15 °C. La montée est bien régulière et identique de part et d'autre.
4. Les deux montées seraient deux fois plus rapides et le palier deux fois plus **court**, mais il resterait à la **même hauteur**, 50 °C. La puissance du chauffage change la durée, jamais la température de fusion.

Exercice 25. Un raisonnement à corriger

1. On continue au contraire de chauffer pendant tout le palier. La température ne monte pas parce que la chaleur reçue sert à **changer l'état**, en arrachant les particules à leurs voisines, et non à augmenter leur agitation.
2. Ce sont des bulles de **vapeur d'eau**, formées dans toute la masse du liquide. L'air dissous donne quelques petites bulles bien avant l'ébullition, mais les grosses bulles qui montent en continu sont de l'eau à l'état gazeux.
3. La vapeur d'eau est **invisible**. Le nuage blanc est de la **buée**, c'est-à-dire des gouttelettes d'eau **liquide** formées quand la vapeur rencontre l'air froid.
2. Les deux dernières erreurs viennent de la même habitude : croire que ce qu'on **voit** est le gaz. Or un gaz est incolore et invisible ; tout ce qui est blanc et opaque au-dessus d'une casserole est déjà redevenu liquide.

Exercice 26. Bilan de masse et de volume

1. Glace : $V = \frac{180}{0,92} \approx 195,7 \text{ cm}^3$. Eau : $V = \frac{180}{1,00} = 180 \text{ cm}^3$.
2. La **masse** s'est conservée, 180 g avant comme après. Le **volume** a diminué d'environ 15,7 cm³, soit près de 8 %.
3. Le volume aurait **augmenté** de la même quantité. Dans un flacon plein et fermé, ce volume supplémentaire n'a nulle part où aller : la paroi aurait cédé. C'est exactement ce qui arrive à une bouteille oubliée au congélateur, et c'est aussi ce qui fait éclater les roches en montagne.

Exercice 27. Le thermomètre et le palier

1. 0 °C pour le premier, 100 °C pour le second.
2. Parce qu'un changement d'état de corps pur se produit à une température **fixe et reproductible** : n'importe qui, n'importe où, obtient exactement la même valeur. Une température quelconque, elle, dépend des conditions du jour et ne peut servir de référence.
3. Parce que la température d'**ébullition dépend de la pression**. En altitude, l'eau bout en dessous de 100 °C, donc le second repère serait faux. La fusion, elle, est bien moins sensible à la pression : c'est le repère le plus robuste des deux.

Exercice 28. Deux quantités, deux durées

- Oui**, tous deux à 0 °C : la température de fusion est une caractéristique du corps et ne dépend pas de la quantité.
- Non**. Il faut plus de chaleur pour faire fondre plus de glace, donc plus de temps à puissance de chauffage égale.
- La durée est proportionnelle à la masse : $4 \times \frac{250}{100} = 10$ minutes.
- On suppose que les deux dispositifs fournissent la chaleur à la **même vitesse**, et que toute la chaleur fournie sert effectivement à faire fondre la glace, sans pertes vers l'extérieur. Dans une salle plus froide, une partie de la chaleur s'échapperait et le palier serait plus long que prévu.

Exercice 29. Un cycle complet

- D'abord une **vaporisation**, sous forme d'ébullition, puis une **liquéfaction** au contact de la paroi refroidie.
- Non**, à aucun moment. Le flacon est fermé : rien n'entre ni ne sort, donc la masse est constante du début à la fin, quel que soit l'état de l'eau à l'intérieur.
- Partie sous forme de gouttes redescendues au fond, partie sous forme de gouttelettes accrochées à la paroi froide, partie sous forme de vapeur invisible dans l'espace du flacon. Toute l'eau du départ est toujours là.
- C'est exactement le cycle de l'eau en modèle réduit : l'évaporation à la surface des mers correspond au chauffage, la condensation en altitude au linge glacé, et les gouttes qui retombent aux précipitations. La quantité totale d'eau ne varie ni dans le flacon ni sur la Terre.

Exercice 30. Synthèse : lire une courbe complète

- De 130 à 100 °C : la vapeur se refroidit, la température baisse. À 100 °C : palier, la vapeur devient liquide. De 100 à 0 °C : l'eau liquide se refroidit. À 0 °C : palier, l'eau devient glace. De 0 à -20 °C : la glace se refroidit.
- Deux** paliers, à 100 °C et à 0 °C.
- La **liquéfaction** à 100 °C, puis la **solidification** à 0 °C.
- Oui**, exactement aux mêmes températures. Un corps pur fond et se solidifie à la même valeur, et il bout et se liquéfie à la même valeur : seul le sens du transfert de chaleur change. C'est d'ailleurs pourquoi ces températures peuvent servir de repères pour graduer un thermomètre.
- La **masse** ne varie pas : le récipient est fermé et un changement d'état ne crée ni ne détruit de particules. Le **volume**, lui, varie énormément : la vapeur occupe une place sans commune mesure avec celle du liquide, et la glace occupe un peu plus de place que l'eau liquide dont elle provient.

Questions fréquentes

Quels sont les six changements d'état ?

La fusion fait passer du solide au liquide, la solidification du liquide au solide. La vaporisation fait passer du liquide au gazeux, la liquéfaction du gazeux au liquide. La sublimation fait passer directement du solide au gazeux, et la condensation à l'état solide, du gazeux au solide. Fusion, vaporisation et sublimation demandent de chauffer.

Qu'est-ce qu'un palier de température ?

C'est le segment horizontal que présente la courbe de température d'un corps pur pendant un changement d'état. La température reste constante bien que le chauffage ou le refroidissement continue, parce que la chaleur échangée sert à changer l'état et non à faire varier la température. La glace fond ainsi à 0 °C pendant toute la durée de sa fusion.

Quelle est la différence entre la chaleur et la température ?

La température repère l'état thermique d'un corps et se lit sur un thermomètre, en degrés Celsius. La chaleur est l'énergie qui passe d'un corps à un autre lorsque leurs températures diffèrent, toujours du plus chaud vers le plus froid. Une allumette allumée est plus chaude qu'une baignoire tiède, mais la baignoire peut céder bien plus de chaleur.

Quelle est la différence entre l'évaporation et l'ébullition ?

Ce sont deux formes de la vaporisation. L'évaporation ne concerne que la surface du liquide, se produit à toute température et reste lente et invisible : elle fait sécher le linge. L'ébullition naît dans toute la masse du liquide, à une température fixe, 100 °C pour l'eau sous pression normale, et produit des bulles visibles.

Pourquoi la température ne monte-t-elle pas pendant la fusion ?

Parce que la chaleur reçue sert à arracher les particules à leurs voisines pour défaire l'édifice ordonné du solide, et non à augmenter leur agitation. Or c'est cette agitation que mesure la température. Tant que la fusion n'est pas terminée, toute l'énergie apportée passe dans le changement d'état, donc la température reste bloquée.

De quoi sont faites les bulles de l'eau qui bout ?

De vapeur d'eau, et non d'air. Elles naissent au sein même du liquide, montent vers la surface et y crèvent. La vapeur ainsi libérée est invisible ; elle ne devient visible qu'un peu plus loin, sous forme de buée, quand elle se liquéfie au contact de l'air froid.

Pourquoi l'eau bout-elle à moins de 100 °C en altitude ?

Parce que la température d'ébullition dépend de la pression, et que la pression atmosphérique diminue avec l'altitude. À 2 000 m, l'eau bout vers 93 °C. C'est pourquoi les aliments cuisent plus lentement en montagne, et pourquoi une cocotte-minute, où la pression est plus élevée, fait bouillir l'eau vers 118 °C et accélère la cuisson.

Pourquoi une bouteille d'eau pleine éclate-t-elle au congélateur ?

Parce que l'eau augmente de volume en gelant, contrairement à la plupart des corps : ses particules s'organisent selon un empilement plus aéré que dans le liquide. Dans une bouteille pleine et fermée, ce volume supplémentaire n'a nulle part où aller, et la paroi cède. C'est aussi pourquoi la glace flotte.

La masse change-t-elle pendant un changement d'état ?

Non. Un changement d'état ne crée ni ne détruit aucune particule : il ne fait que les redistribuer, donc la masse se conserve. Un glaçon de 80 g donne 80 g d'eau. Le volume, en revanche, change à chaque fois, et très fortement lors d'une vaporisation, puisque les particules d'un gaz sont beaucoup plus écartées que celles d'un liquide.

Comment distinguer une eau pure d'une eau salée par une courbe ?

En traçant sa courbe de solidification ou de fusion. Une eau pure présente un palier parfaitement horizontal à 0 °C. Une eau salée, qui est un mélange, ne présente pas de palier net : sa température continue de descendre lentement pendant la solidification, et celle-ci commence en dessous de 0 °C. Le palier net est donc la signature d'un corps pur.



Mathfjib - Physique-Chimie 1AC

Suis les consignes et la progression de ton professeur.

[Retrouver le cours, les images et les activités en ligne.](#)