

# S16 – États de la matière, changements d'état, transferts thermiques et variabilité



Diagramme d'état – Changements d'état – Transferts thermiques – Pression – Variabilité statistique

## 🎯 Objectifs

À l'issue de la séance, vous serez capables de :

- **lire** un diagramme d'état ( $P$ ,  $T$ ) et identifier les zones (solide, liquide, gaz)
- **expliquer** les changements d'état et leur réversibilité
- **distinguer** les trois modes de transfert thermique (conduction, convection, rayonnement)
- **relier** pression et température aux conditions de procédé (fabrication, conservation)
- **approfondir** la variabilité statistique : calculer écart-type, tracer et interpréter un histogramme



## Pourquoi c'est important pour votre métier ?

En cosmétique, maîtriser les états de la matière et les transferts thermiques est essentiel pour :

- **Formuler** : fondre des cires, solidifier des baumes, contrôler la texture
- **Conserver** : éviter la dégradation par la chaleur (actifs thermosensibles)
- **Fabriquer** : choisir les conditions de température et de pression (autoclave, bain-marie)
- **Contrôler** : mesurer plusieurs fois une propriété (température de fusion, pH) et évaluer la fiabilité des résultats

💡 Saviez-vous que l'huile de coco est solide en dessous de 25 °C et liquide au-dessus ? C'est le diagramme d'état qui explique ce comportement !

## Accroche professionnelle

**Situation :** Vous travaillez en R&D pour un laboratoire qui formule un **baume corps à base d'huile de coco**. Le produit doit être solide en pot (texture baume) mais fondre au contact de la peau (25-30 °C).

**Problème :** En hiver, le baume est trop dur (difficile à prélever). En été, il devient trop liquide (fuite du pot). Le formateur doit comprendre les **changements d'état** et ajuster la composition pour garantir une texture stable.

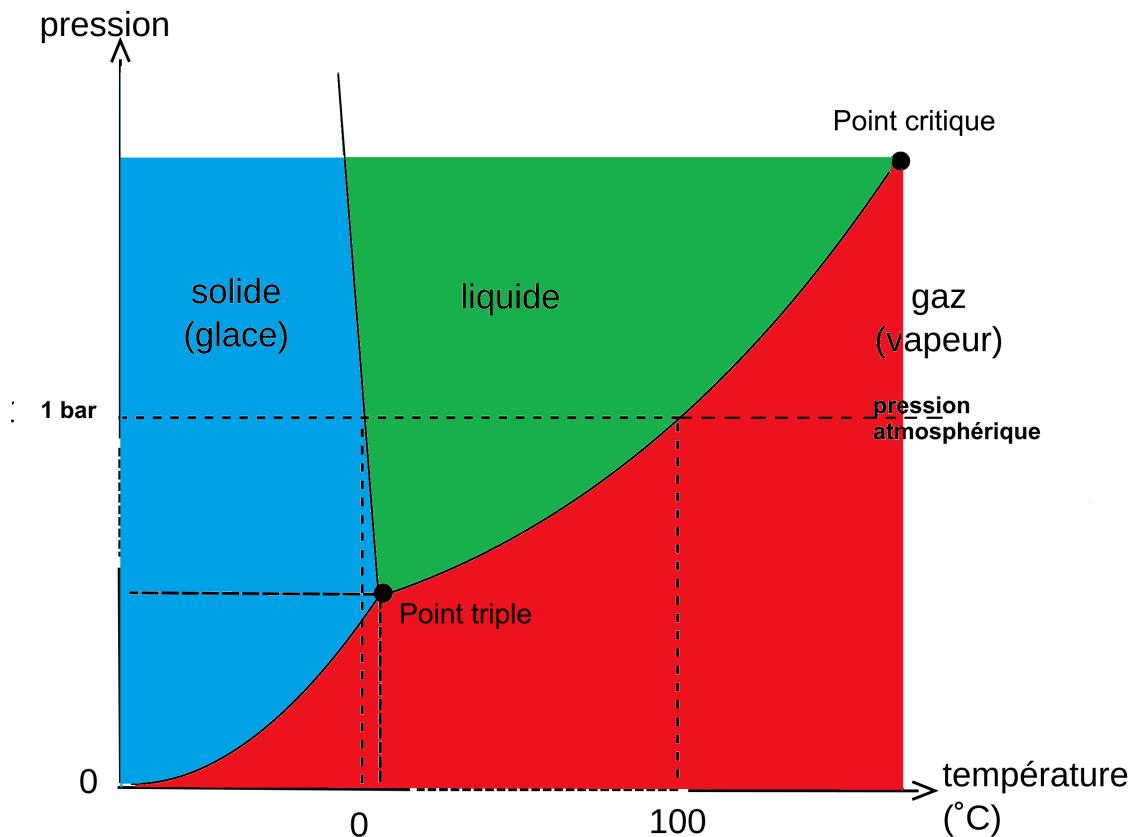
**Question :** Comment le diagramme d'état permet-il de prévoir et contrôler ces changements ? Comment mesurer la température de fusion de manière fiable ?

## Documents

### Document 1 – Le diagramme d'état

Un **diagramme d'état** (ou diagramme de phase) est un graphique qui représente l'état physique d'une substance (solide, liquide ou gaz) en fonction de deux paramètres : la **température (T)** et la **pression (P)**.

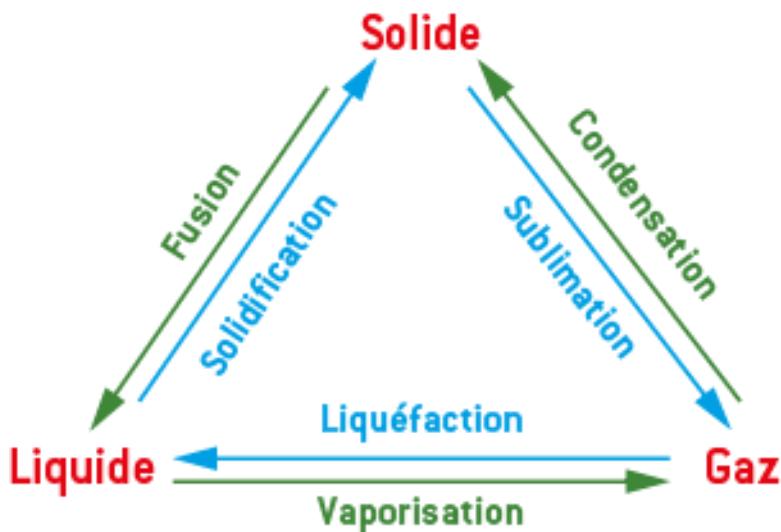
## Lecture du diagramme



Zone	État	Exemple
Zone bleue	Solide	Glace, cire solide
Zone verte	Liquide	Eau liquide, huile
Zone rouge	Gaz	Vapeur d'eau, air

Les **lignes** entre les zones représentent les **changements d'état** :

- Ligne solide/liquide : **fusion** ( $\rightarrow$ ) ou **solidification** ( $\leftarrow$ )
- Ligne liquide/gaz : **vaporisation** ( $\rightarrow$ ) ou **liquéfaction** ( $\leftarrow$ )
- Ligne solide/gaz : **sublimation** ( $\rightarrow$ ) ou **condensation** ( $\leftarrow$ )



**💡** À pression atmosphérique (1 bar), on suit la ligne horizontale en pointillés. C'est pourquoi l'eau bout à 100 °C à 1 bar.

## Document 2 – Les transferts thermiques

La **chaleur** se déplace spontanément d'un corps **chaud** vers un corps **froid**. Il existe trois modes de transfert thermique :

### 1. Conduction

Transfert de chaleur par **contact direct**, de proche en proche, sans déplacement de matière.

**Exemple :** Une cuillère métallique plongée dans une tasse de thé chaud devient chaude (la chaleur se propage dans le métal).

**En cosmétique :** Chauffage direct d'un récipient métallique contenant une cire.

### 2. Convection

Transfert de chaleur par le **mouvement d'un fluide** (liquide ou gaz).

**Exemple :** L'eau chaude monte dans une casserole, l'eau froide descend : il se crée un courant de convection.

**En cosmétique :** Bain-marie (l'eau chaude circule et chauffe le récipient intérieur).

### 3. Rayonnement

Transfert de chaleur par **ondes électromagnétiques**, sans support matériel (fonctionne même dans le vide).

**Exemple :** Le Soleil nous chauffe par rayonnement. Un four infrarouge émet des ondes IR.

**En cosmétique :** Lampe infrarouge en cabine esthétique.

## Document 3 – La variabilité statistique (approfondissement de S08)

En S08, vous avez appris à calculer la **moyenne** et l'**étendue** d'une série de mesures. On va maintenant approfondir avec l'**écart-type** et l'**histogramme**.

### L'écart-type ( $\sigma$ )

L'**écart-type** mesure la **dispersion** des valeurs autour de la moyenne. Plus  $\sigma$  est grand, plus les valeurs sont dispersées.

**Formule :**

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Symbole	Signification
$\sigma$	Écart-type
n	Nombre de mesures
$x_i$	Valeur de la mesure i
$\bar{x}$	Moyenne

**Interprétation :**

$\sigma$	Signification
<b>Petit</b> (< 5% de $\bar{x}$ )	Mesures très regroupées → bonne répétabilité
<b>Moyen</b> (5–10% de $\bar{x}$ )	Mesures dispersées → répétabilité acceptable
<b>Grand</b> (> 10% de $\bar{x}$ )	Mesures très dispersées → problème de méthode ou d'appareil

## L'histogramme

Un **histogramme** est un graphique en barres qui représente la **répartition** des mesures par intervalles de valeurs.

### Utilité :

- Visualiser d'un coup d'œil la dispersion
- Identifier des valeurs aberrantes (très éloignées du groupe)
- Évaluer la symétrie de la distribution (autour de la moyenne)



## Travail 1 – Lire un diagramme d'état (15 min)

### Compétence E2 : Analyser

À partir du **Document 1** (diagramme d'état simplifié de l'eau) :

### 1.1 – Placer des points sur le diagramme

Sur le diagramme (ou sur une copie), placez les points suivants et indiquez l'état de l'eau :

Point	Température	Pression	État ?
A	50 °C	1 bar	_____
B	120 °C	1 bar	_____
C	-10 °C	1 bar	_____

### 1.2 – Nommer les changements d'état

Indiquez sur chaque flèche le nom du changement d'état :

- Solide → Liquide : \_\_\_\_\_
- Liquide → Gaz : \_\_\_\_\_
- Liquide → Solide : \_\_\_\_\_
- Gaz → Liquide : \_\_\_\_\_
- Solide → Gaz : \_\_\_\_\_
- Gaz → Solide : \_\_\_\_\_

## 1.3 – Interpréter le rôle de la pression atmosphérique

À **pression atmosphérique** (1 bar, ligne pointillée), indiquez :

1. En dessous de quelle température l'eau est-elle solide ? \_\_\_\_\_
2. Entre quelles températures l'eau est-elle liquide ? \_\_\_\_\_
3. Au-dessus de quelle température l'eau est-elle gazeuse ? \_\_\_\_\_

## 1.4 – Expliquer l'effet de la pression

Un autoclave (appareil de stérilisation) fonctionne à **2 bar** et **120 °C**.

1. À 2 bar, la température d'ébullition de l'eau est-elle supérieure ou inférieure à 100 °C ? Justifiez en utilisant le diagramme.

2. Pourquoi utilise-t-on une pression supérieure à 1 bar dans un autoclave ?

## 🔥 Travail 2 – Identifier les modes de transfert thermique (15 min)

### 🎯 Compétence E2 : Mobiliser, Interpréter

À partir du **Document 2**, complétez le tableau suivant en identifiant le mode de transfert thermique principal pour chaque situation cosmétique :

Situation cosmétique	Mode de transfert	Justification
<b>Bain-marie</b> pour fondre une cire	_____	_____
<b>Cire chauffée</b> dans un pot métallique posé sur une plaque	_____	_____
<b>Lampe infrarouge</b> en cabine esthétique	_____	_____
<b>Air chaud</b> dans un four (pour sécher)	_____	_____

Situation cosmétique	Mode de transfert	Justification
Bouilloire électrique (résistance immergée)	_____	_____

## 2.1 – Application professionnelle

Vous devez **fondre du beurre de karité** (température de fusion  $\approx 35$  °C) sans le dégrader.

Quel mode de chauffage recommandez-vous ? Justifiez en 3 à 5 lignes.

## Travail 3 – Approfondir la variabilité : écart-type et histogramme (20 min)

### Compétence E2 : Interpréter, Analyser

**Situation :** Un laboratoire mesure la **température de fusion** d'une cire cosmétique 10 fois pour valider la répétabilité de la méthode.

**Résultats (en °C) :**

Mesure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T (°C)	24,8	25,2	24,9	25,1	25,3	24,7	25,0	25,2	24,8	25,0

## 3.1 – Calculer la moyenne et l'écart-type

**Étape 1 :** Calculez la **moyenne**  $\bar{x}$  :

**Étape 2 :** Calculez l'**écart-type**  $\sigma$  (utilisez la formule du Document 3 ou le mode STAT de votre calculatrice) :

**Étape 3 :** Interprétez : est-ce que  $\sigma$  est petit ( $< 5\%$  de  $\bar{x}$ ) ? La répétabilité est-elle bonne ?

## 3.2 – Tracer un histogramme

**Étape 1 :** Complétez le tableau des effectifs par intervalle :

Intervalle (°C)	Effectif (nombre de mesures)
[24,5 – 24,8[	_____
[24,8 – 25,1[	_____
[25,1 – 25,4[	_____

**Étape 2 :** Tracez l'histogramme à l'aide d'un tableur :

- Axe horizontal : intervalles de température
- Axe vertical : effectif

## 3.3 – Interpréter l'histogramme

1. La distribution des mesures est-elle symétrique autour de la moyenne ?

2. Y a-t-il des valeurs aberrantes (très éloignées des autres) ?

3. Conclusion : les mesures sont-elles fiables ? Justifiez.



## Synthèse personnelle

Rédigez une synthèse de **8 à 12 lignes** qui explique comment les états de la matière, les changements d'état, les transferts thermiques et la variabilité statistique sont utilisés en cosmétique.

**Mots obligatoires à utiliser :** diagramme d'état, changement d'état, pression, température, conduction, convection, rayonnement, écart-type.

## Entrainement filé

**Situation :** Vous êtes technicien(ne) qualité dans un laboratoire. Un actif cosmétique (vitamine C) est **thermosensible** : il se dégrade au-dessus de 30 °C.

**Question :** Rédigez une recommandation professionnelle (5 à 8 lignes) pour le **stockage** et le **transport** de cet actif. Votre réponse doit mentionner :

- La température de conservation
- Le mode de transfert thermique à éviter
- Le type de conditionnement recommandé

## Auto-évaluation

Je sais...	Pas du tout	Un peu	Plutôt bien	Très bien
Lire un diagramme d'état (P, T)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nommer les changements d'état	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Distinguer conduction, convection, rayonnement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Je sais...	Pas du tout	Un peu	Plutôt bien	Très bien
Calculer un écart-type	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tracer et interpréter un histogramme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Relier température/pression à un procédé cosmétique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Si vous avez coché "Pas du tout" ou "Un peu" :

Notion à retravailler	Action
Diagramme d'état	Revoir le Document 1, refaire le Travail 1
Transferts thermiques	Revoir le Document 2, refaire le Travail 2
Écart-type	Revoir la formule, refaire le calcul avec d'autres valeurs
Histogramme	Refaire le Travail 3.2 avec un autre jeu de données

## 🔧 Outils méthodologiques

➡ Fiche méthode 01 – Justifier une réponse scientifique (O.A.C.J.)

## 📺 Pour réviser en vidéo

🎬 **Les états de la matière et les changements d'état** – 7 min

*Comprendre solide, liquide, gaz et les transitions.*

🎬 **Les transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement** – 8 min

*Visualiser les trois modes de transfert.*

🎬 **Écart-type et histogramme : interpréter la dispersion** – 6 min

*Calculer et interpréter l'écart-type.*

## Lien avec la suite

-  Séance précédente : [S15 – TP2 : Titrage pH-métrique](#)
-  Séance suivante : [S17 – Représentations des molécules organiques](#)