

# **CARACTÉRISATION DES SUBSTANCES**

1. Atomes et molécules.....	4
<b>1.1 L'atome .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 La molécule .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Visualisation des atomes et molécules .....</b>	<b>6</b>
2. La Masse.....	9
3. Le Volume.....	10
4. Caractériser des Substances.....	12
<b>4.1 Masse Volumique et Densité.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2 Caractérisation de substance par la température de fusion et d'ébullition</b>	<b>16</b>
<b>4.3 Caractérisation des substances par la flamme .....</b>	<b>20</b>
Tableau de référence substances.....	22

# OBJECTIFS

Définition de la masse (quantité de matière) et du volume (espace occupé par les molécules)

Caractérisation des substances par leur masse volumique

Caractérisation des substances par leurs températures de changement d'état (eau, métaux, roches,...)

Utilisation d'un modèle moléculaire pour interpréter, en termes d'agitation moléculaire et de liaison intermoléculaire, le changement de température et le changement d'état physique et pour donner du sens à quelques phénomènes et grandeurs physiques : température, dilatation, variation de pression des gaz, évaporation, et faire le lien avec des phénomènes atmosphériques

Différenciation des transformations physiques et des transformations chimiques à l'échelle macroscopique et microscopique (changement d'état, distillation, électrolyse de l'eau, pyrolyse du sucre,...)

# 1. ATOMES ET MOLÉCULES

## 1.1 L'atome

- L'atome est la plus petite unité de la matière qui conserve les propriétés chimiques d'un élément. Il est composé d'un noyau, contenant des protons et des neutrons, et d'électrons qui gravitent autour du noyau. Les protons ont une charge positive, les neutrons sont neutres, et les électrons ont une charge négative.
- **Exemple :** Un atome d'hydrogène ( ${}^1_1\text{H}$ ) est le plus simple, constitué d'un proton et d'un électron. L'atome de carbone ( ${}^{12}_6\text{C}$ ), quant à lui, a 6 protons, 6 neutrons, et 6 électrons.

Dessine les atomes de  ${}^9_4\text{Ca}$  et  ${}^{15}_7\text{N}$ . Utilise des couleurs différentes pour symboliser les protons les neutrons et les électrons.

## 1.2 La molécule

Une molécule est un assemblage d'au moins deux atomes liés entre eux par des liaisons chimiques. Les molécules peuvent être constituées d'atomes identiques ou différents.

- **Exemple** : La molécule d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) est formée de deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène. La molécule de dioxygène ( $\text{O}_2$ ) est composée de deux atomes d'oxygène.

Les atomes et les molécules sont les blocs de construction de toute la matière. Chaque substance est définie par le type et la disposition de ses atomes, ainsi que par les liaisons qui les relient.

Si on prend la molécule de sucre  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  de quels éléments est-elle formée ?

Combien a-t-elle d'atomes de chaque élément ?

Combien y a t-il de protons en tout dans cette molécule ?

## 1.3 Visualisation des atomes et molécules

Comme les atomes et les molécules sont trop petits pour être observés directement, les scientifiques utilisent des **modèles moléculaires** pour les représenter. Ces modèles sont des représentations simplifiées qui permettent de comprendre la structure des molécules et les interactions entre les atomes.

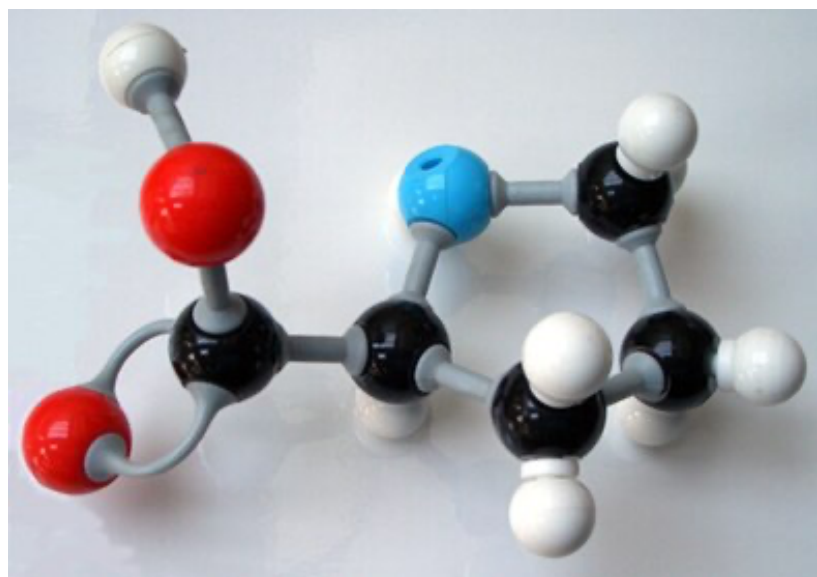
Types de modèles :

**Modèle à boules et bâtonnets** : Les atomes sont représentés par des sphères (les boules), et les liaisons entre eux par des bâtonnets. Ce modèle est utile pour visualiser la géométrie d'une molécule.

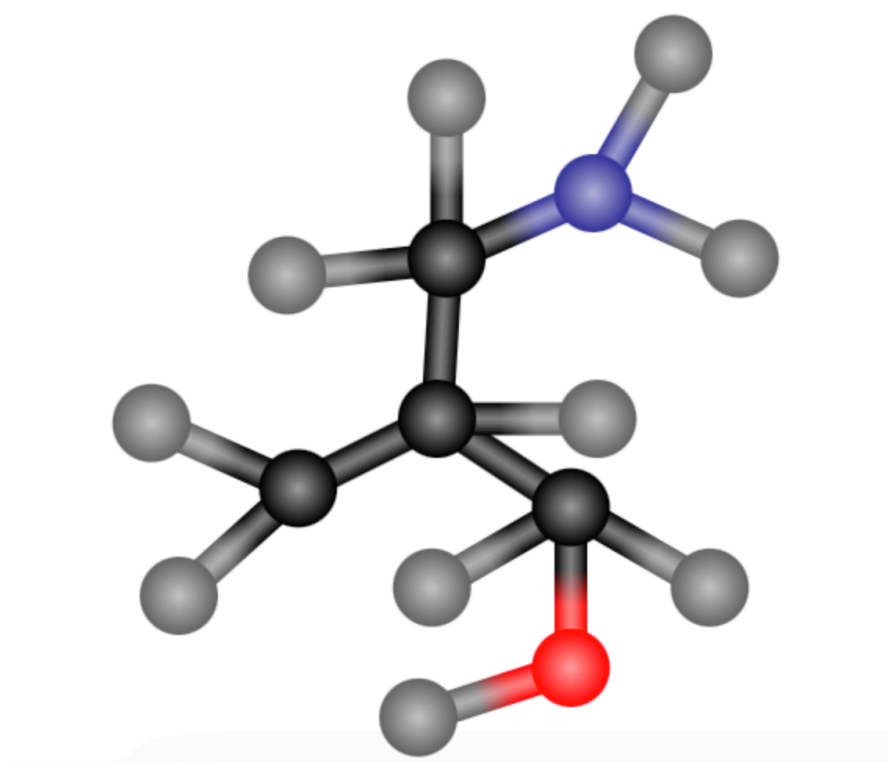
On utilise ce code couleur afin d'identifier un atome:

Élément	Symbole	Couleur	Code couleur (Hex)
Hydrogène	H	Blanc	
Carbone	C	Noir	
Oxygène	O	Rouge	
Azote	N	Bleu	
Soufre	S	Jaune	
Chlore	Cl	Vert	

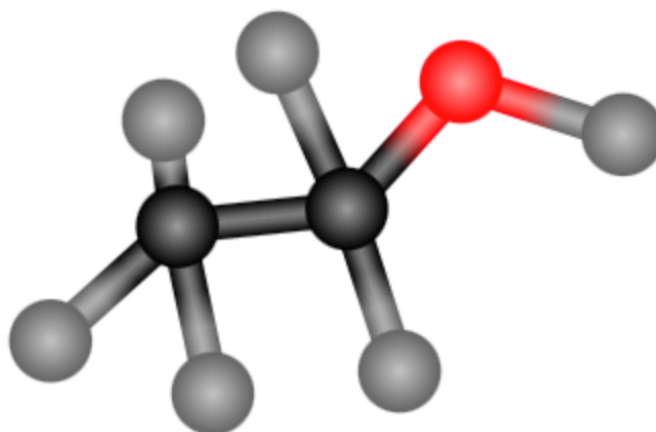
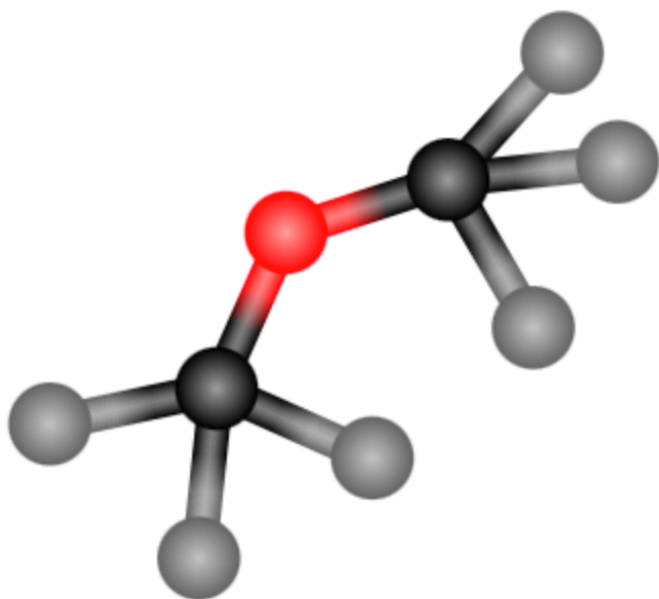
Quelle est la formule chimique de cette molécule?



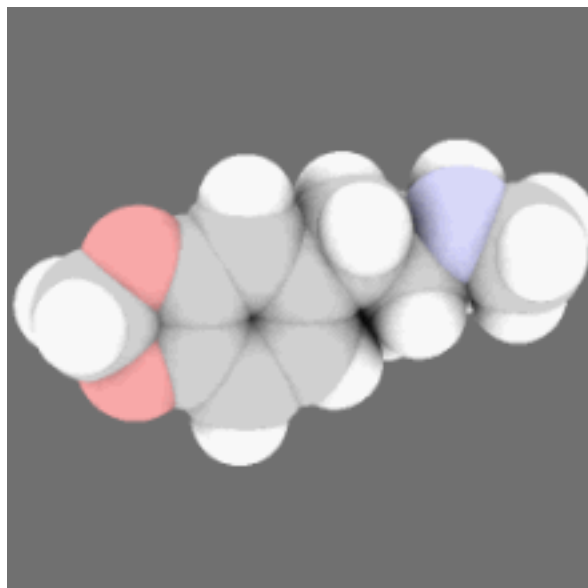
Et de cette molécule?



Quelles sont les formules chimiques de ces deux molécules ? Qu'est-ce qui les différencie ?



**Modèle compact** : Aussi appelé modèle de remplissage d'espace, il représente les atomes comme des sphères qui occupent l'espace, donnant une meilleure idée des volumes relatifs des atomes dans une molécule.



Exemple de molécule représentée avec le modèle compact



## 2. LA MASSE

La masse d'une substance est une mesure de la quantité de matière qu'elle contient. Elle se mesure en kilogrammes (kg) dans le système international d'unités, bien que des grammes (g) soient souvent utilisés pour des petites quantités. La masse est une caractéristique fondamentale car elle ne dépend pas du lieu où se trouve l'objet (contrairement au poids, qui dépend de la gravité).

Questions:

Qu'est-ce que la masse d'un objet ?

Si tu compares un kilogramme de plumes et un kilogramme de plomb, lequel a la plus grande masse ? Lequel pèse le plus lourd sur terre?

Si une pomme a une masse de 200 grammes, combien de pommes auront une masse totale de 1 kilogramme ?

Voici une liste d'objets : un livre (5 hg), une bouteille d'eau pleine (1 kg), un paquet de pâtes (750 g), et un téléphone portable (20 dag).

1. Classe ces objets du plus léger au plus lourd.
2. Quelle est la masse totale des objets en unité SI?

### 3. LE VOLUME

Le volume est l'espace occupé par une substance. Il se mesure en litres (L), en mètres cubes ( $m^3$  unité SI), ou en centimètres cubes ( $cm^3$ ) selon l'échelle de la substance. Le volume d'un liquide est généralement mesuré avec un cylindre gradué, tandis que celui d'un solide régulier peut être calculé à partir de ses dimensions géométriques (ex: longueur x largeur x hauteur). Pour les solides irréguliers, la méthode de déplacement de l'eau (dans un cylindre gradué) peut être utilisée.

Questions:

Qu'est-ce que le volume d'un objet ?

Quelle est l'unité SI de mesure du volume pour un liquide ? Et pour un solide ?

Si un cube a une longueur d'arête de 3 cm, quel est son volume en unité SI?

Combien de litres est contenu dans 1  $m^3$ ?

Un aquarium a une forme de parallélépipède rectangle avec une longueur de 50 cm, une largeur de 30 cm et une hauteur de 40 cm.

Calcule le volume de cet aquarium.

Si tu remplis cet aquarium avec de l'eau, quel sera le volume d'eau nécessaire en litres ?  
(Rappel :  $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$ )

## 4. CARACTÉRISER DES SUBSTANCES

Caractériser une substance veut dire que l'on va trouver ces différentes particularités (goût, odeur, visuel, réaction, toxicité, densité, dureté, état) ce qui permet de les identifier ou de les distinguer d'autres substances.

Exemples d'utilité :

1. **Identification de médicaments** : Dans l'industrie pharmaceutique, il est essentiel de caractériser les substances pour s'assurer qu'un médicament contient le bon principe actif à la bonne concentration. Cela garantit que le médicament sera efficace et sûr pour le patient. Par exemple, la caractérisation permet de distinguer entre deux substances qui peuvent avoir une apparence similaire mais des effets très différents sur le corps humain.
2. la distinction entre le fer et l'acier inoxydable, deux matériaux couramment utilisés dans l'industrie.

Comment les différencier :

- A. **Propriétés physiques** : Le fer pur est généralement plus doux et peut rouiller lorsqu'il est exposé à l'humidité et à l'oxygène. En revanche, l'acier inoxydable, qui est un alliage contenant principalement du fer, du chrome et parfois du nickel, est beaucoup plus résistant à la corrosion grâce à la couche de chrome qui forme une barrière protectrice contre l'oxydation.
- B. **Propriétés magnétiques** : Le fer est fortement magnétique, tandis que certains types d'acier inoxydable, en particulier ceux à forte teneur en nickel (comme l'acier inoxydable austénitique), sont faiblement magnétiques voire non magnétiques.

Quelles seraient les différences entre l'or et l'aluminium selon toi? Donnes-en deux:

## 4.1 Masse Volumique et Densité

La masse volumique (ou densité) est une mesure qui relie la masse d'une substance à son volume, exprimée en  $\frac{kg}{m^3}$  (SI) ou  $\frac{g}{cm^3}$ . Elle est définie par la formule :

Masse volumique

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Où le symbole  $\rho$  représente la masse volumique.

Où le symbole  $m$  représente la masse.

Où le symbole  $v$  représente le volume.

Une masse volumique représente ainsi la masse d'une substance pour une unité de volume. Cela permet de pouvoir comparer des substances et dire laquelle est la plus « lourde ».

Quelle est la masse volumique de l'eau en  $\frac{kg}{m^3}$ ?

La densité est une mesure relative de la masse volumique par rapport à une référence, souvent l'eau pour les liquides et solides. Une substance avec une densité supérieure à 1 (eau = 1 g/cm<sup>3</sup>) coulera, tandis qu'une substance avec une densité inférieure flottera.

Classe les différentes substances suivantes en fonction de si tu penses qu'elle flotte ou non.

Substances	Densité	Flotte-t-il ?
Pierre ponce	0.91	
Diamant	3.5	
Béton	2.2	
Coton	0.04	
Or	19.3	
Lithium	0.53	

Questions:

Une sphère en acier a un volume de  $0,5 \text{ m}^3$  et une masse de  $3\,900 \text{ kg}$ .

1. Calcule la masse volumique de l'acier.
2. Si la masse volumique de l'eau est de  $1\,000 \text{ kg/m}^3$ , compare la masse volumique de l'acier à celle de l'eau. L'acier coule-t-il ou flotte-t-il dans l'eau ?

On a un bloc en métal dont la masse est de  $2 \text{ kg}$  et le volume est de  $0,25 \text{ L}$ . On te donne les masses volumiques suivantes :

- Or :  $19\,300 \text{ kg/m}^3$
- Argent :  $10\,500 \text{ kg/m}^3$
- Plomb :  $11\,340 \text{ kg/m}^3$

1. Calcule la masse volumique du bloc.
2. Quelle est la substance de ce bloc ?

Un cube en bois a une arête de 10 cm et une masse de 0,8 kg. La masse volumique de l'eau est de  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

1. Calcule la densité du bois par rapport à l'eau.
2. Est-ce que le cube en bois flotte ou coule dans l'eau ?

Une couronne en argent a un volume de 0,1 L et la masse volumique de l'argent est de  $10500 \text{ kg/m}^3$  :

1. Calcule la masse de la couronne.
2. Si la couronne était faite de plomb au lieu d'argent, quelle serait sa masse ?

Une bouteille contient 3 kg d'huile. Si la masse volumique de l'huile est de  $920 \text{ kg/m}^3$ , quel est le volume d'huile dans la bouteille ?

Exercices supplémentaires: Exercices 3-4-5-6-8-9-11 (S3-4 et S3-5)

Kahoot: <https://create.kahoot.it/share/masse-volumique-et-densite/2c1d590b-a8b9-43a8-832d-515e10a1e8cb>

## 4.2 Caractérisation de substance par la température de fusion et d'ébullition

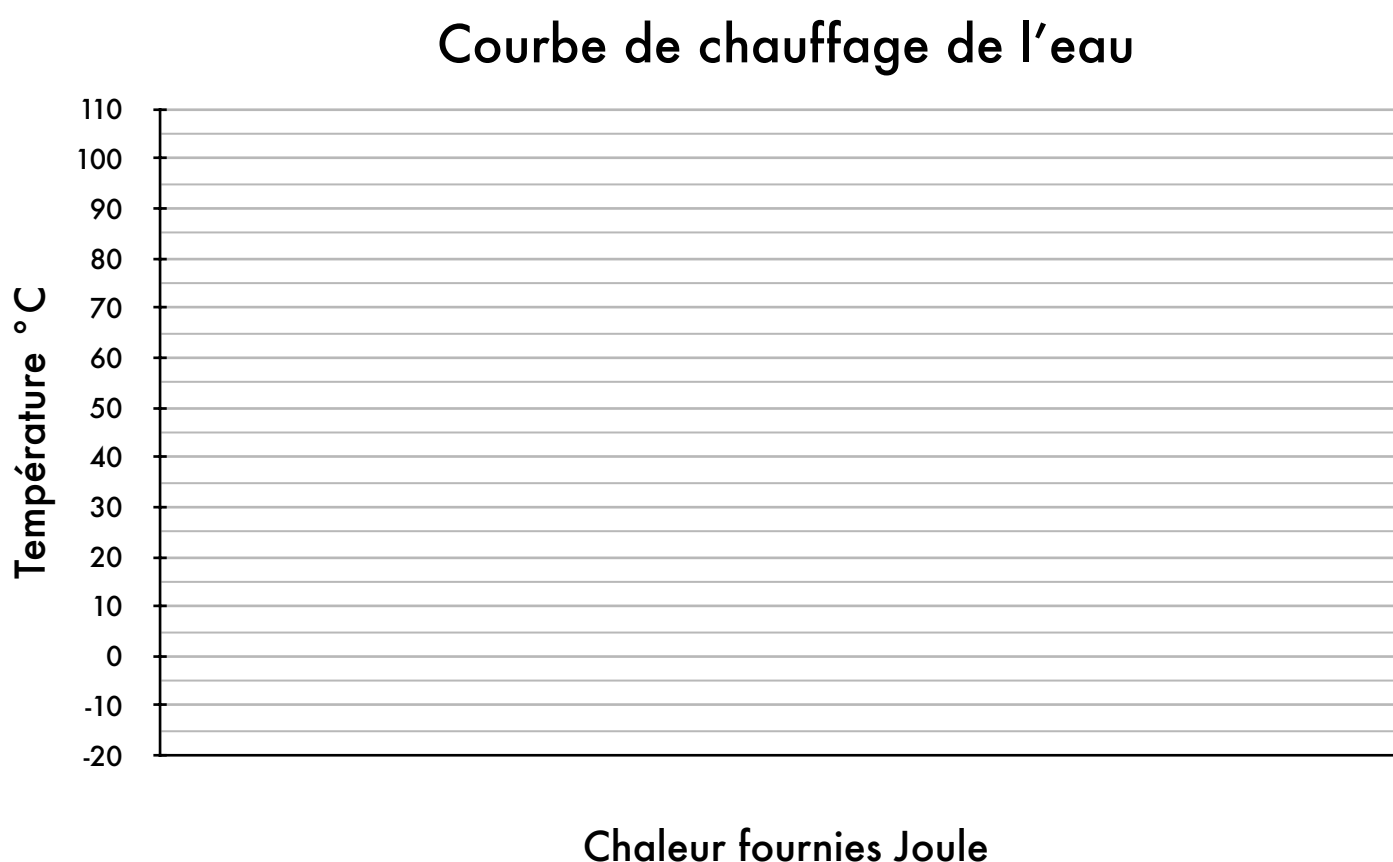
Chaque substance possède une température spécifique à laquelle elle change d'état. La **température de fusion** correspond à celle où une substance passe de l'état solide à l'état liquide, tandis que la **température d'ébullition** est celle où elle passe de l'état liquide à l'état gazeux.

Par exemple, la glace fond à  $0^{\circ}\text{C}$  et l'eau bout à  $100^{\circ}\text{C}$  (sous pression atmosphérique normale). Ces températures sont des caractéristiques physiques fondamentales car elles sont constantes pour une substance pure, ce qui permet de l'identifier.

Lorsque l'on chauffe une substance, sa température augmente progressivement jusqu'à atteindre une température de changement d'état (fusion ou ébullition). À ce moment-là, toute l'énergie fournie sert à faire changer d'état la substance (fusionner ou entrer en ébullition), sans augmenter la température. Ce phénomène se manifeste par un **plateau de température** visible sur une courbe de chauffage. Une fois que la totalité de la substance est passée dans le nouvel état (liquide ou gazeux), la température recommence à augmenter.

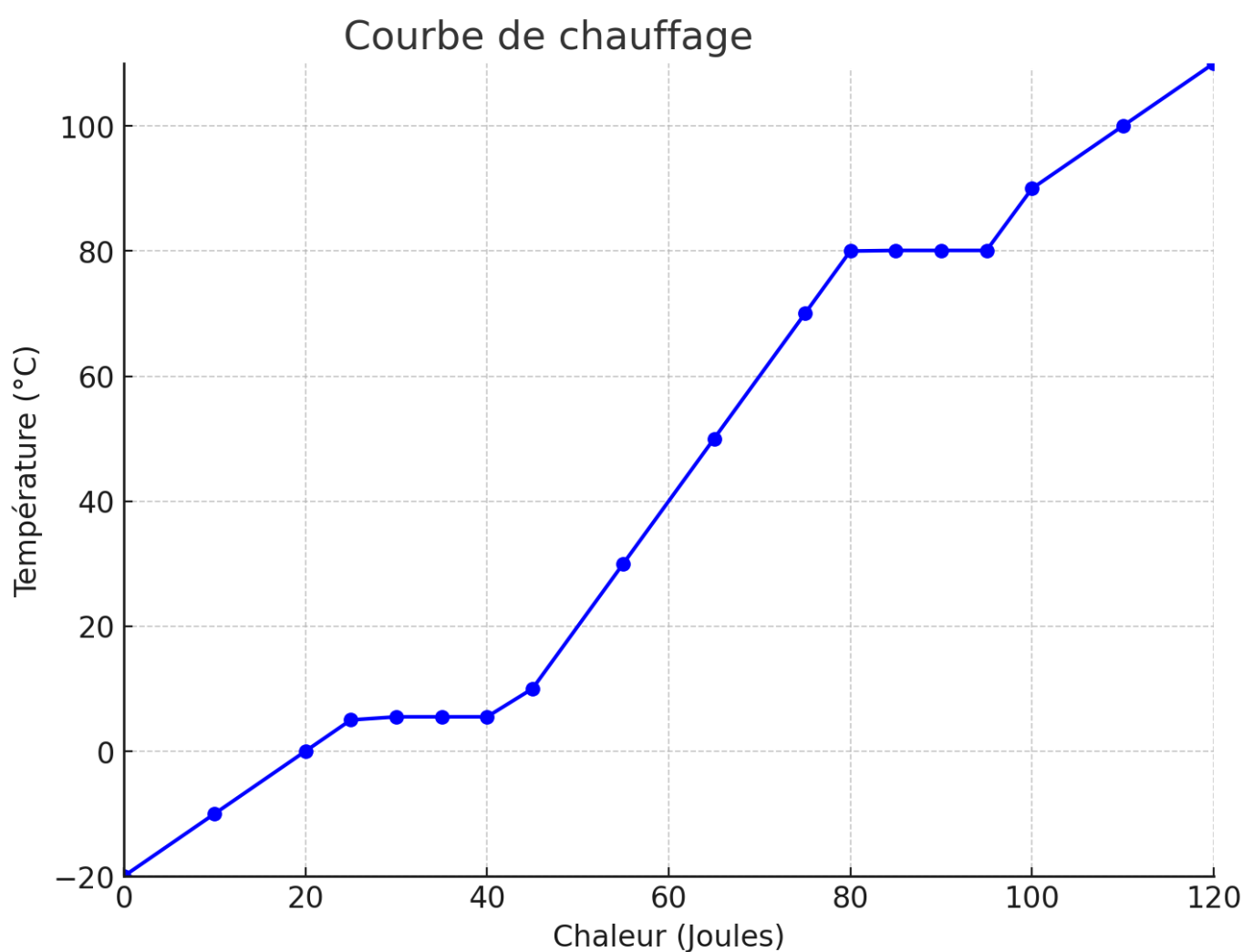
Questions:

Dessine ci-dessous la courbe de chauffage de l'eau :





On a chauffé une substance inconnue de 20°C à 120°C voici la courbe de chauffage obtenue:

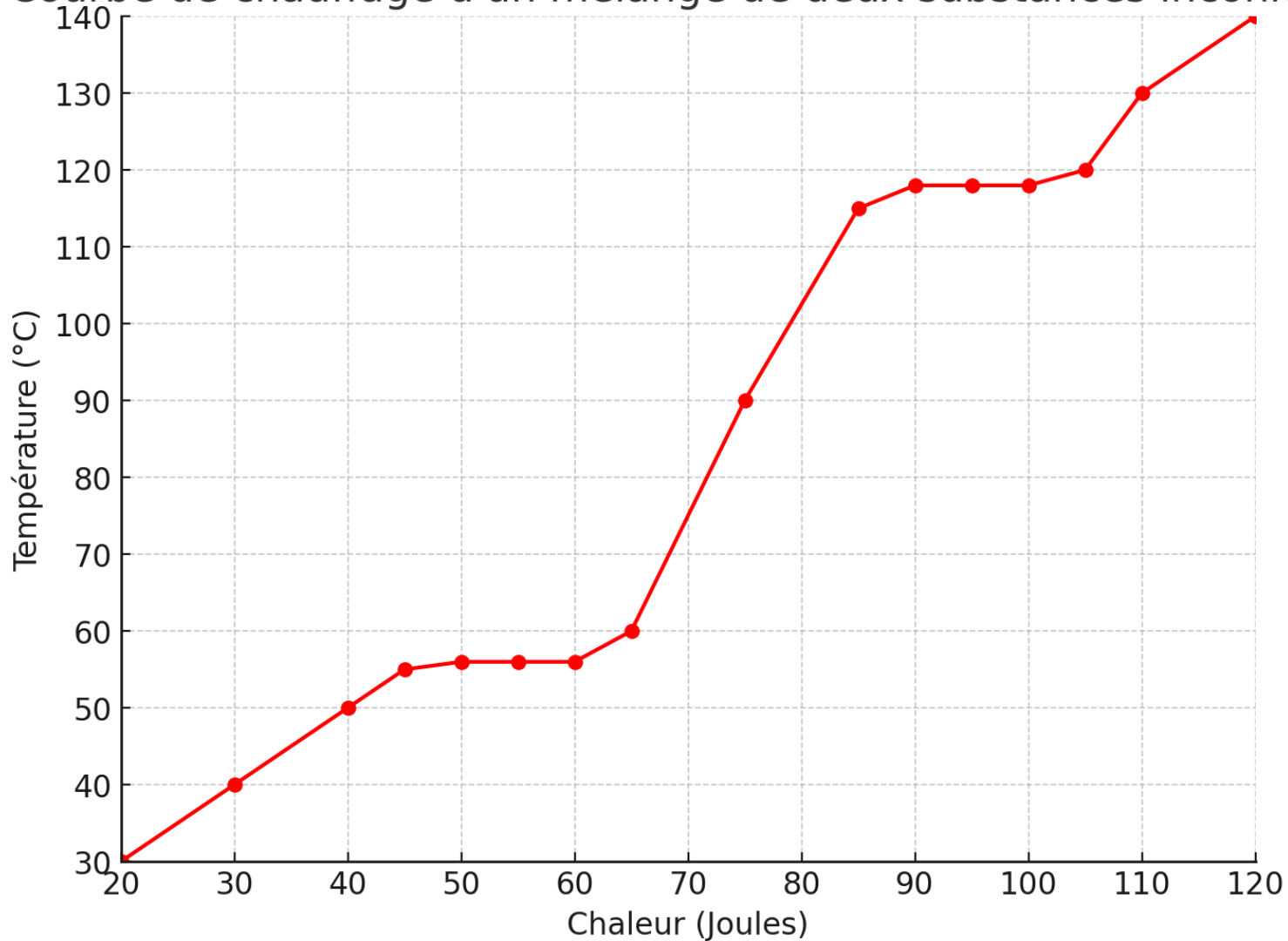


Base toi sur le tableau ci-dessous pour retrouver la substance inconnue:

Substance	Température de fusion (°C)	Température d'ébullition (°C)
Eau	0	100
Éthanol	-114,1	78,37
Acétone	-94,7	56
Méthanol	-97,6	64,7
Benzène	5,5	80,1
Diéthyl éther	-116,3	34,6
Chloroforme	-63,5	61,2
Acide acétique	16,6	118
Glycérine	17,8	290
Ammoniac	-77,7	-33,34
Hexane	-95	69

On a mélangé deux substances inconnues. Voici la courbe de chauffage que l'on obtient lorsqu'on chauffe le mélange des deux substances:

Courbe de chauffage d'un mélange de deux substances inconnues



Quelles sont ces deux substances?

Qu'est-ce qu'un plateau sur une courbe de chauffage ? Que représente-t-il ?

À quelle température observe-t-on un plateau pour le benzène ? Que se passe-t-il à cette température ?

Pourquoi la température ne change-t-elle pas pendant un changement d'état, même si de l'énergie est ajoutée ?

Expliquez la différence entre la température de fusion et la température d'ébullition.

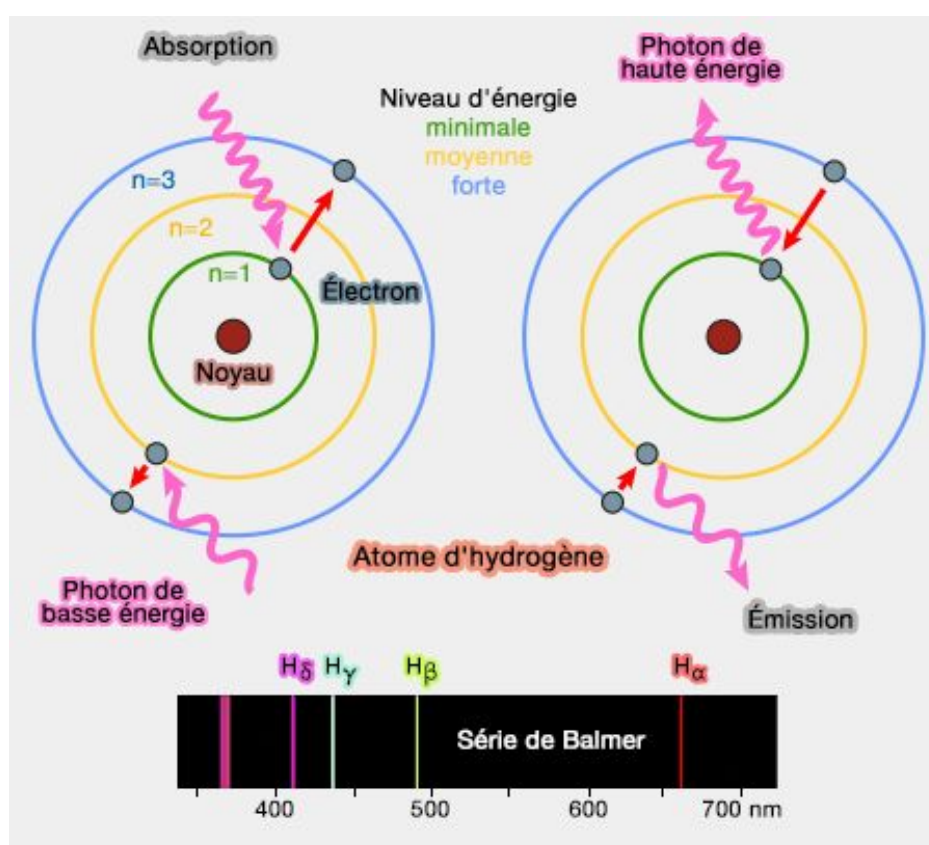
Expliquez comment on peut séparer deux liquides qui ont des températures d'ébullition différentes.

Exercices supplémentaires: S3-7 à S3-11 exercices 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

## 4.3 Caractérisation des substances par la flamme

Le test de la flamme permet d'identifier certains métaux dans des composés chimiques en observant la couleur que prend la flamme lorsqu'on chauffe ces composés. Cette couleur est unique à certains métaux car elle est liée à la structure atomique de l'élément.

Lorsqu'un composé contenant un métal est exposé à une flamme, les **atomes du métal absorbent de l'énergie**. Cette énergie supplémentaire excite les **électrons** de l'atome, qui passent de leur **état fondamental** (l'état d'énergie le plus bas) à un **état excité** (un niveau d'énergie plus élevé).



Cependant, cet état excité est **instable**, et les électrons reviennent rapidement à leur état fondamental. Lorsqu'ils reviennent à cet état plus stable, ils **libèrent l'énergie** qu'ils ont absorbée sous forme de **lumière**. La **longueur d'onde** de cette lumière détermine la couleur visible.

Chaque métal libère une quantité d'énergie spécifique, donc la lumière émise lors du retour à l'état fondamental produit une couleur unique à ce métal. C'est grâce à ce phénomène que l'on peut colorer de différentes façons les feux d'artifice.



- **Sodium (Na)** : Jaune vif
- **Fer (Fe)** : Jaune pâle
- **Potassium (K)** : Violet clair
- **Calcium (Ca)** : Rouge brique
- **Cuivre (Cu)** : Vert
- **Lithium (Li)** : Rouge cramoisi
- **Strontium (Sr)** : Rouge vif



Lien : [https://youtu.be/TMz\\_XR3o5mg](https://youtu.be/TMz_XR3o5mg)

Questions :

Qu'est-ce qui provoque le saut des électrons vers un état d'énergie plus élevé dans le test de la flamme ?

Que signifie "état excité" pour un électron, et pourquoi cet état est-il instable ?



# TABEAU DE RÉFÉRENCE SUBSTANCES

## RÉFÉRENCES

## AIDE-MÉMOIRE

### Tableau de quelques masses volumiques et températures de changement d'état

Substance	Masse volumique g/cm <sup>3</sup>	Température de fusion °C	Température d'ébullition °C
Acier (99% Fe; 0,2% C; ... )	7,8 à 7,9	1 515	≈ 2 500
Acétone	0,79	- 95	56
Acétylène	0,00117	- 84	- 81
Acide sulfurique	1,84	10	338
Air	0,00129	- 220	- 194
Alcool à brûler	0,8	- 117	79
Aluminium	2,7	660	2 467
Antigel	1,04		103
Antimoine	6,67	631	1 750
Argent	10,5	962	2 212
Argon	0,00178	- 189,2	- 186
Béton	2,2 à 2,5		
Bois de chêne	0,6 à 0,75		
Bois de hêtre	0,82 à 0,98		
Bois de sapin	0,3 à 0,5		
Brique	1,1 à 1,2		
Bronze (alliage Cu et Sn)	8,5 à 8,73	≈ 1 000	
Butane	0,0027	- 138,4	- 0,5
Cadmium	8,65	321	765
Calcaire	2,6		
Calcium	1,55	839	1 484
Caoutchouc naturel	0,93	≈ 75	
Caoutchouc synthétique	1,25	110	
Carbone (diamant)	3,51	3 547	
Carbone (graphite)	2,25	3 827	4 827
Chlore	0,00321	- 101	- 34
Chrome	7,18	1 857	2 672
Cobalt	8,9	1 495	2 870
Constantan (60% Cu; 40% Ni)	8,9	≈ 1 200	
Cuivre	8,92	1 083	2 567
Diazone (azote*)	0,00125	- 210	- 196
Dioxyde de carbone (gaz carbonique*)	0,00198	- 79	- 57
Dihydrogène (hydrogène*)	0,00009	- 259	- 253
Dioxygène (oxygène*)	0,00143	- 218	- 183
Eau (liquide)	1	0	100

\* le nom utilisé dans le "langage courant"

## Tableau de quelques masses volumiques et températures de changement d'état

Substance	Masse volumique g/cm <sup>3</sup>	Température de fusion °C	Température d'ébullition °C
Eau de mer	1,03		
Essence	0,68 à 0,75		82 à 108
Étain	7,35	232	2 260
Éthanol	0,79	- 114	79
Éthylène	0,00126	- 169	-103,7
Fer	7,86	1 535	2 750
Fluor	0,00169	- 220	- 188
Fonte grise	7,1 à 7,3	1177	
Gaz de ville (90% de méthane)	0,00075 à 0,00081	- 182	- 164
Glace (eau)	0,91 à 0,92	0	100
Glycérine	1,26	20	290
Graisse	0,92 à 0,94	30 à 175	
Granit	2,6	≈ 1 250	
Hélium	0,00018	- 272	- 269
Huile de tournesol	0,88	≈ - 10	≈ 300
Huile d'olive	0,88	≈ - 5	≈ 300
Iode	4,93	114	184
Invar (64% Fe; 36% Ni)	8,13	≈ 1 450	
Iridium	22,42	2 447	
Kérosène	0,78	- 48 à - 26	150 à 300
Lait	1,02		
Laiton (70% Cu; 30% Zn)	8,47	932	
Liège	0,12 à 0,26		
Magnésium	1,74	649	1 107
Manganèse	7,3	1 244	1 962
Marbre	2,7	≈ 800	
Mazout	0,84		170 à 390
Mercure	13,6	- 39	357
Méthane	0,00072	- 182,5	- 161,5
Méthanol	0,791	- 98	65
Molybdène	10,2	2 617	4 612
Monoxyde de carbone	0,00125	- 199	- 191,5
Naphtaline	0,96	80	218



## Tableau de quelques masses volumiques et températures de changement d'état

Substance	Masse volumique g/cm <sup>3</sup>	Température de fusion °C	Température d'ébullition °C
Néon	0,0009	- 249	- 246
Nichrome (60% Ni; 28% Fe; 12% Cr)	8,2	≈ 1 400	≈ 3 000
Nickel	8,9	1 455	2 730
Nylon	1,14	215	
Or	19,3	1 064	3 080
Osmium	22,57	3 045	5 027
Paradichlorobenzène	1,2	53,1	174
Paraffine	0,85 à 0,95	50 à 57	
Pétrole lampant	0,77		150 à 300
Platine	21,5	1 772	3 827
Plexiglas	1,18	210	
Plomb	11,3	328	1 740
Polyester (fibre de verre*)	1,6		
Propane	0,00202	- 190	- 42,1
PVC (polychlorure de vinyle*)	1,35	160	
Quartz	2,5 à 2,8	1 610	2 400
Sagex	0,015 à 0,02		
Silicium	2,33	1 410	2 355
Silicone	1,25		
Sodium	0,97	98	883
Soufre	2,07	113	445
Stéarine (cire de bougie*)	0,9408	68,8	383
Tantale	16,6	2 996	5 425
Titane	4,54	1 660	3 287
Tungstène	19,4	3 410	5 660
Uranium	19	1 132	3 818
Vanadium	6,1	1 890	3 380
Verre ordinaire	2,5	700 à 1 200	
Verre pyrex	2,32	700 à 1 200	
Vin	0,92		
Zinc	7,14	420	907

\* le nom utilisé dans le "langage courant"