

PHYSIQUE CHIMIE

Kahina Attal
Christelle Langrand

2^{de} PRO
ENSEIGNEMENT
AGRICOLE



Manuel
numérique

Vuibert



Des transformations chimiques interviennent à différents niveaux dans la pratique d'un sport (ici, au marathon 2016 de Copenhague, Danemark) : respiration et digestion pour effectuer les mouvements, procédés chimiques appliqués à l'industrie pour obtenir vêtements et accessoires...

La chimie étudie les transformations de la matière qui ont lieu partout autour de nous mais aussi en nous. Par exemple, les changements d'état physique de l'eau au niveau de la planète : de l'évaporation des océans en passant par la condensation dans les nuages, elle retombe en pluie pour alimenter nappes phréatiques et cours d'eau.

L'agriculture n'est pas en reste pour transformer la matière. Chimistes et agriculteurs mutualisent leurs savoir-faire afin de proposer des solutions durables à la demande énergétique toujours plus forte.



Transformations



Chapitre 4 ▶ Transformations physiques	p. 62
Chapitre 5 ▶ Transformations chimiques	p. 74
Chapitre 6 ▶ Solutions aqueuses	p. 90
Études de cas n° 3 ▶ Le saccharose	p. 104
n° 4 ▶ La bière	p. 105

4

Transformations physiques

Tester les prérequis

Choisir la bonne réponse.

- 1 La vapeur d'eau est :
 a. un solide. b. un liquide. c. un gaz.
- 2 Dans quel cas l'eau ne se trouve-t-elle pas à l'état liquide et à l'état gazeux ?
 a.  b.  c. 
- 3 Le camphre est utilisé en cosmétique pour son odeur caractéristique et en médecine traditionnelle pour ses propriétés antiseptiques. Lorsque des cristaux de camphre sont chauffés, on observe des volutes blanches. Lors de cette expérience, le camphre ne se trouve pas à l'état :
 a. solide. b. liquide. c. gazeux.
- 4 Un glaçon laissé à température ambiante :
 a. fond. b. ramollit. c. se liquéfie.
- 5 Lorsque l'on expire sur une surface froide, du liquide se dépose. Le liquide provient :
 a. de la vapeur d'eau. b. du dioxyde de carbone. c. de l'air.
- 6 Pour mesurer une température, on peut utiliser :
 a. un thermoplongeur. b. un thermomètre. c. un thermos.
- 7 Sous pression atmosphérique, la température d'ébullition de l'eau pure est de :
 a. - 100 °C. b. 0 °C. c. 100 °C.
- 8 Sous pression atmosphérique, la température de fusion de l'eau pure est de :
 a. - 100 °C. b. 0 °C. c. 100 °C.
- 9 L'eau salée est :
 a. un mélange. b. un corps composé. c. un corps pur.



En raison de la fonte, de gros blocs se détachent du glacier Aialik, en Alaska.

Pourquoi le niveau des océans monte-t-il ?

Objectifs

- Lors d'un changement d'état, la masse est conservée.
▶ Activité expérimentale 1 : Le changement d'état, une transformation physique p. 64
- Un changement d'état s'effectue à température constante pour un corps pur.
▶ Activité expérimentale 1 : Le changement d'état, une transformation physique p. 64
- La pression influence la température de changement d'état.
▶ Activité documentaire 2 : Pression et température d'ébullition p. 65

ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE

1 Le changement d'état, une transformation physique

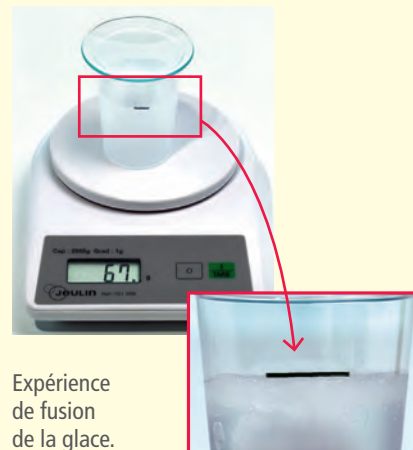
● Un glaçon qui fond ou au contraire de l'eau qui gèle, de l'eau qui bout, etc. Tout le monde est habitué aux changements d'état de l'eau.

➔ Lors d'un changement d'état, quelles grandeurs restent constantes ?

1 Matériel disponible

Balance – Bêchers de 50 et de 250 mL – Erlenmeyers de 100 mL avec bouchon à un trou – Tubes à essais – Cristalliseur – Chronomètre – Congélateur – Plaque chauffante – Thermomètres – Verres de montre – Célophane.
Eau distillée – Glace pilée.

2 Mesurer masse et volume



3 Fusion, solidification et ébullition

Le tableau ci-dessous regroupe des familles de mots.

Fusion	Solidification	Ébullition
Fondre	Solide	Bouillir

Questions

➤ Analyser

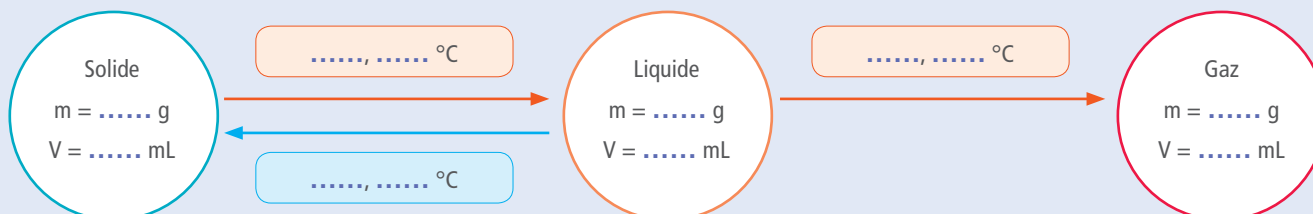
- a. Lister les grandeurs à mesurer lors de l'expérience de fusion, de solidification ou d'ébullition à l'aide du doc. 1.
b. Rédiger un protocole complet permettant d'étudier le changement d'état attribué. Une partie du protocole peut être écrite en s'appuyant sur le doc. 1 et le doc. 2.
c. Préciser les mesures de sécurité à respecter lors de l'expérience.

➤ Réaliser

- Mettre en œuvre le protocole après validation par l'enseignant.

➤ Rendre compte

- a. Regrouper les résultats expérimentaux dans des tableaux.
b. Recopier le diagramme suivant. Le compléter à l'aide des résultats de toute la classe et des mots indiqués en gras dans le doc. 3.



- Enfin, répondre à la question posée en introduction.

2 Pression et température d'ébullition

● Dans les cuisines françaises, au même titre que le four ou les casseroles, figure l'autocuiseur. Ce dernier permet de cuire plus vite les aliments et donc d'économiser du gaz ou de l'électricité.

➔ *Comment la pression influence-t-elle la température d'ébullition ?*

1 Température d'ébullition de l'eau en fonction de la pression

Le tableau ci-dessous regroupe des valeurs de température d'ébullition en fonction de la pression ambiante. La pression standard est de $1,013 \times 10^5$ Pa ou 1 atmosphère (symbole : atm).

Pression P (en atm)	0,1	0,2	0,4	0,7	1	1,5	2
Température d'ébullition θ (en °C)	33	50	70	90	100	110	120

2 Le fonctionnement d'un autocuiseur

Un autocuiseur (ou Cocotte-Minute®) est un ustensile de cuisine. Il s'agit d'un récipient aux parois métalliques épaisses, qui peut être fermé hermétiquement à l'aide d'un couvercle.

Quand de l'eau est chauffée à l'intérieur de l'autocuiseur clos, la pression augmente dans l'enceinte jusqu'à atteindre 1,8 atm. Alors, la valve de sécurité s'ouvre afin que la pression intérieure n'augmente plus.

Le temps de cuisson des aliments est en général divisé par trois.



Questions

➤ Réaliser

1. Tracer le graphique de la température d'ébullition en fonction de la pression à l'aide des données du doc. 1 (échelle du graphique : 1 cm pour 0,2 atm et 1 cm pour 10 °C).

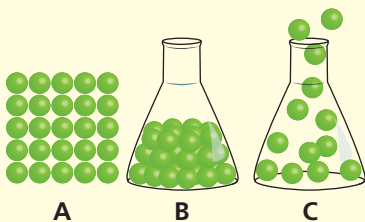
➤ Analyser

2. a. Interpréter le graphique tracé en précisant comment évolue la température d'ébullition lorsque la pression augmente.
- b. Préciser si la température d'ébullition de l'eau est supérieure ou inférieure à 100 °C dans un autocuiseur à l'aide des documents et du graphique.
- c. Expliquer pourquoi la cuisson d'aliments est plus rapide dans un autocuiseur que dans une casserole.
- d. Expliquer pourquoi des alpinistes se munissent d'un autocuiseur, sachant que plus l'altitude augmente, plus la pression diminue.

➤ Rendre compte

3. En une phrase, répondre à la question posée en introduction.

1 Modèles des trois états de la matière



- A. état solide
- B. état liquide
- C. état gazeux

2 Sublimation et condensation du diiode



Du diiode solide (billes de couleur foncée) déposé sur une couche de sable se sublime. Les vapeurs violettes de diiode se condensent en cristaux plus clairs et étoilés.

3 Évaporation



Lorsque du tissu sèche, l'eau s'évapore.

1. Changements d'état

A Les états physiques de la matière

La matière se présente sous trois états ► **doc 1** :

- l'état solide où la matière a sa propre forme ;
- l'état liquide où la matière prend la forme du récipient ;
- l'état gazeux où la matière occupe tout l'espace disponible.

B Les changements d'état

Un changement d'état est une **transformation physique** lors de laquelle la matière change d'état physique.

Le tableau ci-dessous regroupe les six changements d'état existant entre les trois états de la matière.

Nom du changement d'état	De l'état ... vers l'état ...
Fusion	solide → liquide
Vaporisation	liquide → gaz
Sublimation	solide → gaz
Solidification	liquide → solide
Liquéfaction	gaz → liquide
Condensation	gaz → solide

► Exemples

- Le changement d'état réciproque de la fusion est la solidification.
- Lorsque du diiode solide est chauffé, il se sublime : un gaz violet est visible sans aucune trace de liquide. Le gaz se condense sur une paroi froide ► **doc 2**.

Remarques

- Le terme « vaporisation » regroupe deux phénomènes :
 - l'évaporation, phénomène de surface ► **doc 3** ;
 - l'ébullition, où des bulles de gaz se forment à l'intérieur du liquide.
- La fusion, la vaporisation et la solidification se font grâce à un apport extérieur de chaleur, contrairement à la solidification, la liquéfaction et la condensation.

C Conservation de la masse

Lors d'un changement d'état, la masse de la matière reste constante. On dit qu'il y a **conservation de la masse**.

Remarque

Lors d'un changement d'état, le volume de la matière varie. Par exemple, la glace occupe un volume plus grand que l'eau liquide, à masse identique.

2. Température de changement d'état

A Définition

L'évolution de la température d'un corps pur chauffé ou refroidi montre que la température reste la même lors d'un changement d'état.

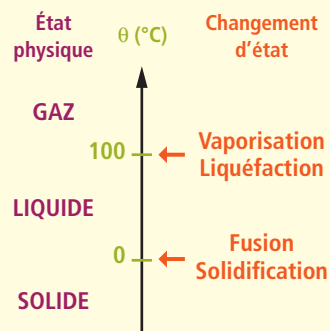
Un **corps pur** change d'état physique à **température constante**. Cette température a la même valeur pour les changements réciproques.

► Exemple

La température de fusion ou de solidification de l'eau pure est de 0 °C sous pression atmosphérique. En-dessous de 0 °C, l'eau pure est solide (il s'agit de la glace) et, au-dessus, elle est liquide.

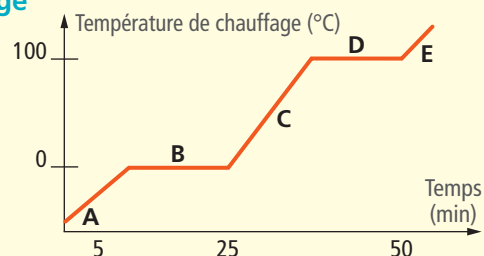
Dans les mêmes conditions de pression, l'eau passe de l'état liquide à l'état vapeur et réciproquement à 100 °C. ► doc 4 et 5

4 États physiques de l'eau pure selon la température



5 Température et états physiques d'eau pure en cours de chauffage

- A : l'eau est solide ;
- B : fusion de l'eau qui se trouve dans les états solide et liquide ;
- C : l'eau est liquide ;
- D : vaporisation de l'eau qui se trouve dans les états liquide et gaz ;
- E : l'eau est sous forme gazeuse.



B Influence de la pression

En général, lorsque la **pression augmente**, les **températures de changement d'état augmentent**.

► Exemple

Plus l'altitude augmente, plus la pression diminue. C'est pourquoi dans la ville de Mexico (à 2 250 m d'altitude), la température d'ébullition de l'eau n'est que de 90 °C. Par conséquent, la cuisson des aliments prend plus de temps à Mexico qu'à Paris.

C Cas des mélanges

Un mélange est composé d'au moins deux corps purs ; par exemple, l'eau salée est un mélange d'eau pure et de chlorure de sodium (le sel). Il change d'état mais pas à température constante. Par ailleurs, sa fusion se fait à des températures plus basses et son ébullition à des températures plus hautes, par comparaison avec le corps pur majoritaire.

► Exemple

Par temps de verglas et de neige, du sel est dispersé sur les chaussées ► doc 6. En effet, l'eau salée a des températures de solidification inférieures à 0 °C. Le risque de chaussée glissante est donc diminué tant que l'eau salée reste liquide.

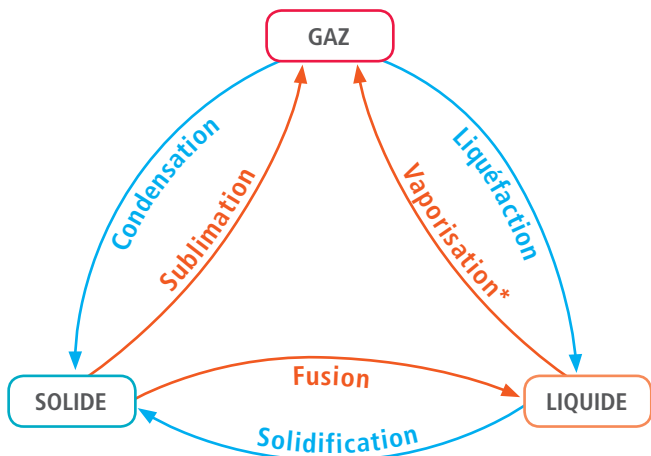
6 Salage des routes



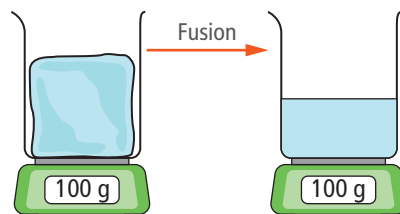
Changement d'état

La matière se trouve sous trois états physiques : solide – liquide – gaz.

Un changement d'état est une transformation physique lors de laquelle un corps change d'état physique.



Lors d'un changement d'état,
 – la masse se conserve ;
 – le volume varie.

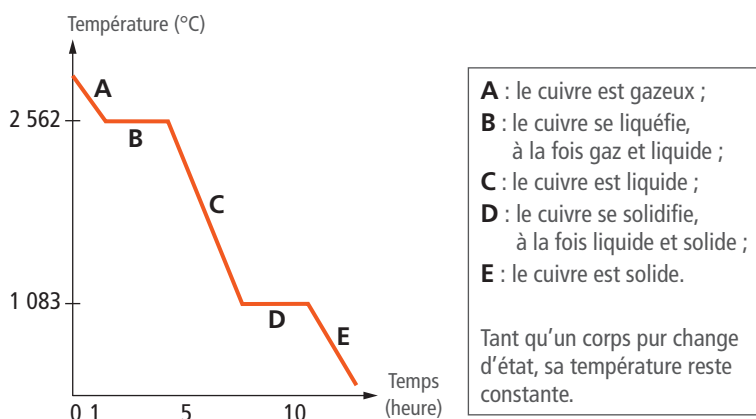


* vaporisation : évaporation et/ou ébullition

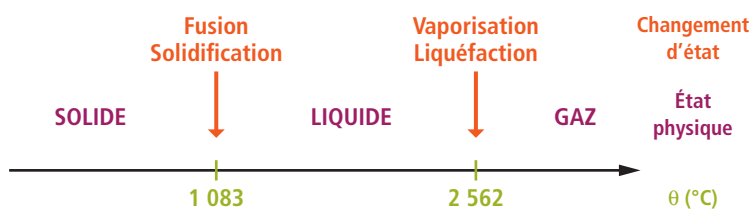
Température de changement d'état

● Elle reste constante lors du changement d'état d'un corps pur.

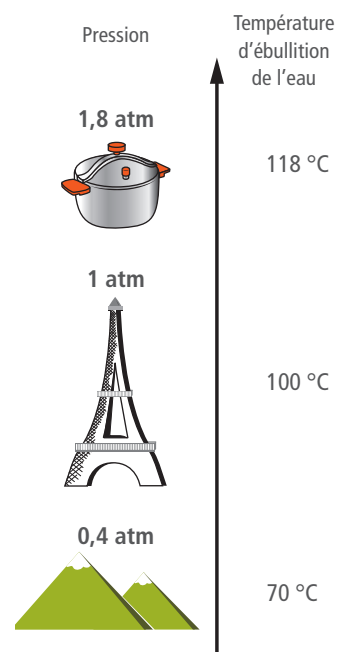
▶ **Exemple** : solidification du cuivre pur sous 1 atm
 – évolution de la température en fonction du temps :



– états physiques du cuivre pur en fonction de la température :



● Elle change avec la pression.



En général, plus la pression augmente, plus la température de changement d'état est élevée.

Comprendre le cours ▶ p. 66-67

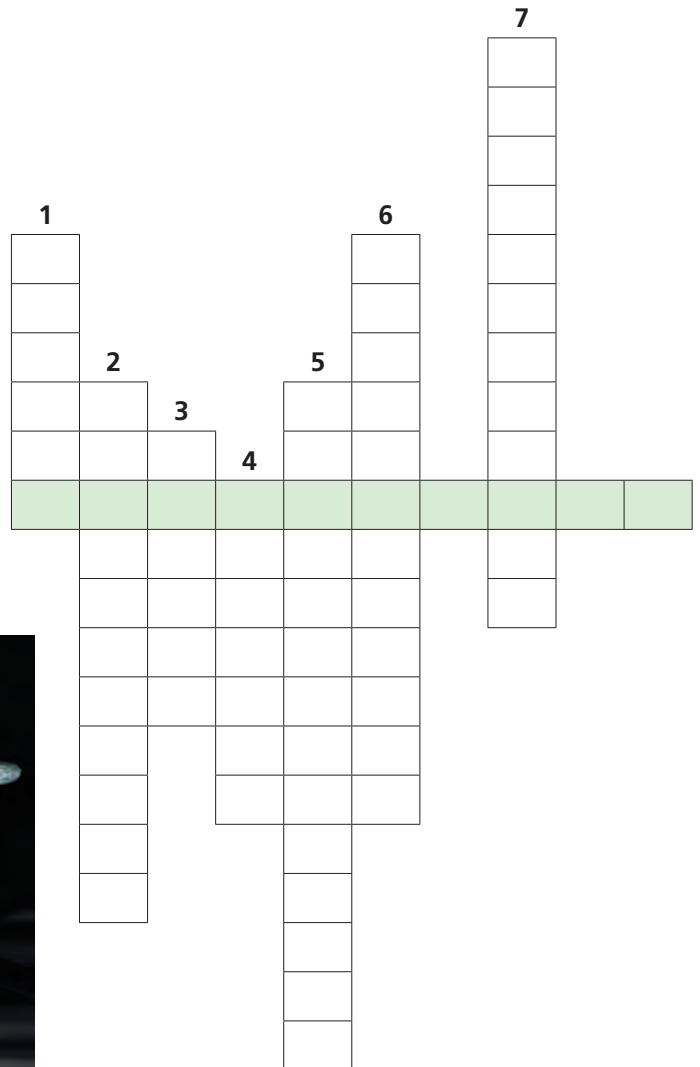
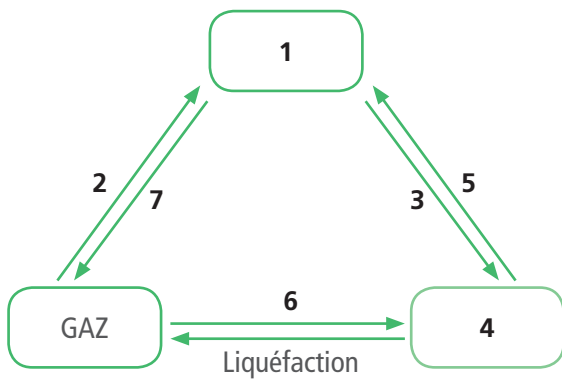
A. Recopier et compléter chaque phrase avec le(s) mot(s) ou formule(s) adéquat(s).

- 1 Un d'..... est une transformation physique.
- 2 Lors d'un changement d'état, la et la température se conservent.
- 3 Un corps pur change d'état physique à température
- 4 Plus la augmente et plus la température de changement d'état augmente.

B. Trouver le mot caché.

Le diagramme ci-dessous regroupe les états de la matière et les changements d'état.

- 5 Compléter la grille, fournie par l'enseignant, avec les mots correspondant aux numéros du diagramme.



Le mot à découvrir (cases colorées) est :

Appliquer le cours

Changement d'état ▶ cours 1 p. 66

1 Nommer un changement d'état

D'après BEPA E1 Polynésie, 2016

Pour obtenir le résidu sec d'une eau d'Hépar®, on fait bouillir 1 L de cette eau minérale. Toutes les molécules d'eau passent à l'état de vapeur, les composés ioniques demeurent au fond du récipient à l'état solide.

Nommer le changement d'état subi par l'eau.

2 Identifier des états et un changement d'état

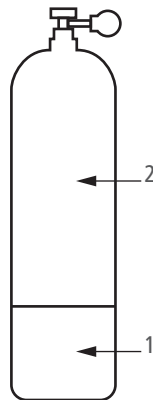
Les personnes en gêne respiratoire sévère disposent de bouteilles d'oxygène médical à leur domicile.

Lorsque l'on secoue une telle bouteille, on entend le bruit caractéristique d'un liquide.

1. Recopier le schéma ci-contre. Le légèder en indiquant les états physiques 1 et 2 du dioxygène.

2. Lorsque le malade ouvre la bouteille munie d'un détendeur, le dioxygène sort sous forme gazeuse exclusivement.

Nommer le changement d'état qui s'est opéré entre l'état 1 et l'état gazeux.



3 Schématiser un phénomène

On met 0,5 g de diiode solide dans un tube à essais qui est ensuite chauffé au bain-marie vers 50 °C. On voit du gaz violet s'élever dans le tube.

1. Schématiser cette expérience et indiquer les états physiques du diiode.

2. Nommer le changement d'état.

4 Distinguer masse et volume

Une bouteille plastique de 1,5 L est remplie d'eau à ras bord puis bouchée. Sa masse est de 1,55 kg. Pendant 24 heures, cette bouteille est stockée dans un congélateur à la température de -18 °C. On sort la bouteille dont la paroi est déformée.

1. Préciser (après les 24 heures) :

- l'état physique de l'eau ;
- la masse de cette bouteille ;
- si le volume est égal à 1,5 L.

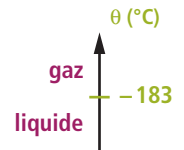
2. Expliquer pourquoi il faut éviter de faire la même expérience avec une bouteille en verre.

Température de changement d'état ▶ cours 2 p. 67

5 Interpréter un diagramme

Le diagramme ci-contre regroupe des informations au sujet du dioxygène.

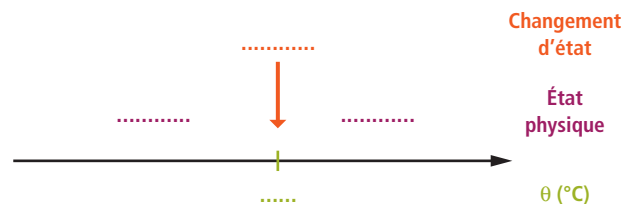
Indiquer dans quel état physique se trouve le dioxygène à 0 °C.



6 Compléter un diagramme

L'or pur fond à 1 064 °C.

Recopier et compléter le diagramme ci-dessous en indiquant les états physiques, le changement d'état et sa température.



7 Analyser les données d'un tableau

Le tableau ci-dessous regroupe des valeurs de températures de changement d'état sous la pression atmosphérique.

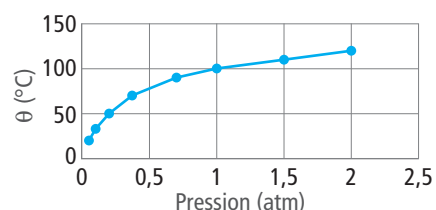
Corps pur	Solidification	Liquéfaction
Ammoniac	-78 °C	-33,5 °C
Eau	0 °C	100 °C
Éthanol	-114 °C	24 °C

Indiquer :

- la température de fusion de l'ammoniac ;
- l'état physique de l'éthanol à 0 °C.

8 Analyser les données d'un graphique

Le graphique ci-dessous représente l'évolution de la température d'ébullition θ de l'eau en fonction de la pression.



Quelle est l'influence de la pression sur la température d'ébullition ?

Exercice résolu

Les changements d'état de l'eau

D'après BEPA E1 Polynésie, 2015

Énoncé

Le cycle de l'eau est essentiel à la vie sur notre planète. Il fait intervenir plusieurs états physiques de l'eau.

1. Le processus inverse des précipitations est la vaporisation.

Recopier et compléter le schéma ci-dessous.



2. On a relevé la température θ d'un échantillon d'eau pure, de masse $m = 200$ g, au cours de sa fusion. Le tableau de valeurs et une partie de la courbe correspondante sont donnés ci-dessous et ci-contre.

Temps (min)	0	1	2	3	7	8	9	10
θ (°C)	-6,4	-4,5	-2,8	0	0	2,6	7,6	12,4

a. Recopier puis compléter le tableau de valeurs ci-dessus à l'aide de la représentation graphique ci-contre.

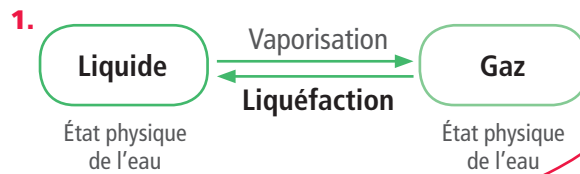
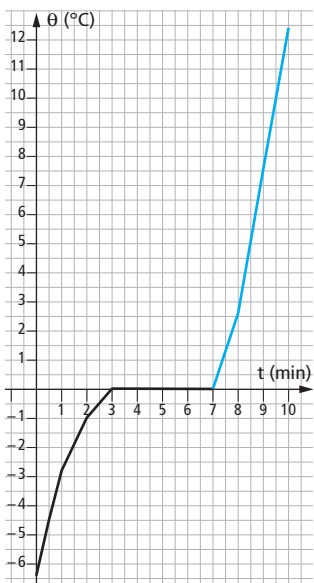
b. Recopier le graphique ci-contre, puis terminer de le tracer à l'aide du tableau.

c. Dans le cadre de cette expérience, préciser :

- la valeur de la température de solidification de l'eau ;
- pendant combien de temps l'eau pure ne se trouve que sous forme de glace ;
- la masse d'eau liquide à $t = 10$ min.

d. Expliquer pourquoi on peut être certain que l'échantillon est de l'eau pure.

Solution



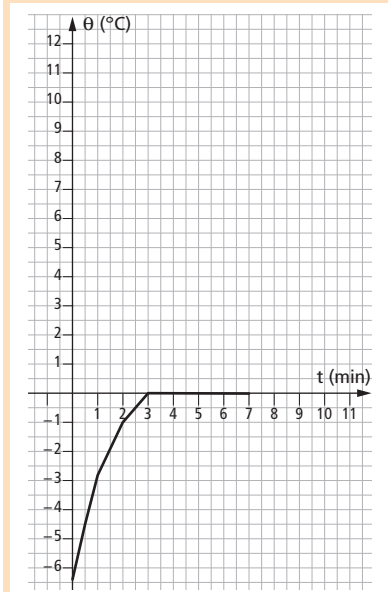
2. a. $t = 0,5$ min pour $\theta = -4,5$ °C ;
à $t = 2$ min, $\theta = -1$ °C.

b. Graphique complété ci-contre.

c. Température de solidification de l'eau pure : 0 °C. L'eau pure ne se trouve que sous forme de glace pendant 3 minutes.

À $t = 10$ min, la masse de l'échantillon est donc de 200 g car, lors d'un changement d'état, la masse se conserve.

d. La température de changement d'état reste constante lors de cette expérience ; il s'agit donc d'un corps pur.



Réaliser

Relever les points sur le graphique et lire les valeurs sur les axes.

Rendre compte

Repérer les trois points manquants sur les axes et la grille du graphique. Utiliser une règle.

Analyser

Interpréter les données fournies par le texte, le tableau et le graphique.

S'entraîner

* 1 La lyophilisation

D'après E4 Technicien en vente et conseil, Métropole, Antilles, remplacement 2011

La lyophilisation est un procédé de déshydratation, utilisé pour conserver des produits alimentaires comme le lait. Le produit alimentaire est tout d'abord congelé à une température de -20 °C . Puis il est soumis à une très faible pression ; la glace se transforme alors en vapeur d'eau, sans passer par l'état liquide. La vapeur d'eau est ensuite éliminée.

1. Préciser les états physiques de l'eau au cours de ce procédé.
2. Nommer les changements d'état subis par l'eau lors de ces deux étapes.
3. Expliquer pourquoi la seconde étape s'effectue sous très faible pression.

* 2 Autocuiseur

D'après BEPA E1 Polynésie, 2014

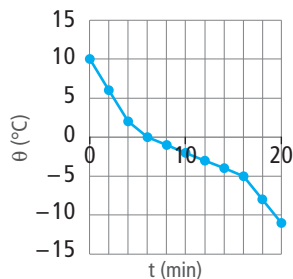
Pour faire cuire du riz, on a utilisé un autocuiseur dans lequel la température atteint 107 °C . Trois propositions sont avancées pour expliquer la valeur de cette température :

- (a) la pression dans l'autocuiseur est supérieure à la pression atmosphérique ;
- (b) la pression dans l'autocuiseur est inférieure à la pression atmosphérique ;
- (c) la vapeur d'eau s'échappe par la soupape.

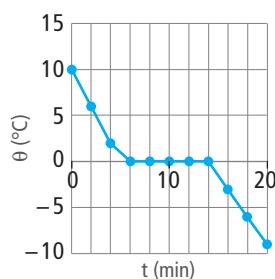
Choisir la proposition exacte en justifiant.

* 3 Mélange réfrigérant

Par temps de gel ou de neige, il est d'usage de verser du gros sel sur les trottoirs et les routes. Pour justifier cette pratique, on compare l'évolution de la température de deux échantillons de même masse ; l'un contient de l'eau distillée et l'autre de l'eau salée. Les deux graphiques (A) et (B) ci-dessous sont obtenus.



(A)



(B)

1. Identifier le graphique qui correspond au refroidissement de l'eau salée. Justifier.

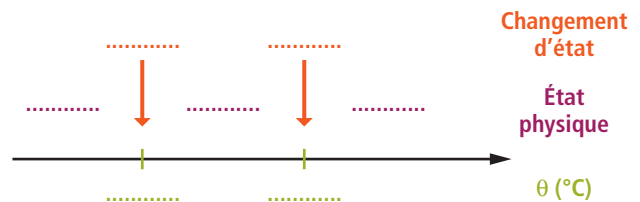
2. Proposer une explication de l'expression « mélange réfrigérant ».

* 4 L'ammoniac

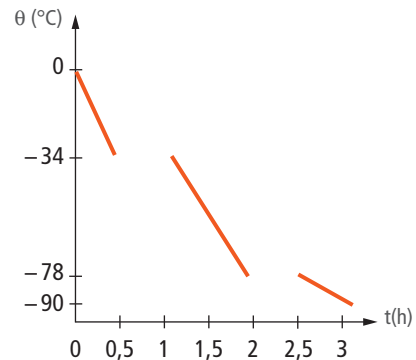
L'ammoniac, NH_3 , est l'un des produits chimiques les plus synthétisés au monde ; il fait partie de la filière des fertilisants.

Sous pression atmosphérique (1 bar), ses températures de changement d'état sont : -78 °C et -34 °C .

1. Recopier et compléter le diagramme suivant.



2. Recopier et compléter le graphique suivant.



3. Indiquer l'état physique de l'ammoniac à 20 °C et sous 1 bar.

4. Sous 8 bars et à 20 °C , NH_3 est liquide.

Expliquer pourquoi il est possible de changer l'état physique d'un corps en faisant varier la pression.

* 5 Lave-glace été ou hiver ?

Dans son garage, un particulier a entreposé deux bidons identiques. L'un contient du lave-glace été et l'autre du lave-glace hiver -15 °C . Les deux liquides ont la même couleur et la même odeur.

1. Les étiquettes des bidons ont été arrachées. Proposer une expérience qui permettrait de savoir quel bidon contient le lave-glace été.

2. Ce particulier n'aura pas assez de lave-glace hiver pour cet hiver. Il décide de mélanger les deux lave-glace.

Indiquer si le mélange des deux liquides sera aussi efficace que le lave-glace hiver. Justifier.

Donnée : la température maximale atteinte dans un congélateur de frigidaire est de -10 °C .

Changements d'état et cuisine

La physique fait partie du quotidien et est d'une aide précieuse en cuisine. Cuire, conserver, séparer sont des pratiques courantes au fil des recettes et sont basés sur des propriétés et des transformations physiques.

1 La marmite de Papin, le premier autocuiseur

5 juillet 1679. Laboratoire de Boyle. Denis Papin, assistant du savant anglais, consigne ses observations. Depuis plus d'un mois, il fait cuire de la viande dans sa dernière machine – un double récipient cylindrique fermé hermétiquement à l'aide d'un couvercle serré par deux vis et muni d'une soupape de sûreté. Chaque jour, il varie un

paramètre afin de trouver la meilleure *manière d'amollir les os et de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de temps, et à peu de frais* comme le précise le titre de son traité. L'enjeu de ces expériences est de taille : optimiser les conditions de chauffage pour économiser du combustible sans entamer le goût des aliments.

Extrait de *La Belle Histoire de la physique*, C. Langrand et J. Cattelin, De Boeck, 2017.

2 Conserver des aliments

Depuis la préhistoire, l'homme cherche à mieux conserver les aliments.

Il faut avant tout éliminer la prolifération des bactéries.

Pour cela, plusieurs voies sont explorées et utilisées :

- priver les bactéries d'eau liquide grâce au salage (ou salaison), à la congélation, la lyophilisation ;
- priver de dioxygène les bactéries aérobies* par mise sous vide ou appertisation** ;
- éliminer un grand nombre de bactéries par pasteurisation ou traitement thermique.



Conserves de fruits ou légumes.

* Aérobie : se dit d'un micro-organisme qui a besoin de dioxygène pour vivre.

** Appertisation : procédé de conservation des aliments par stérilisation à la chaleur.

3 Le dioxyde de carbone supercritique

L'industrie agro-alimentaire s'est penchée sur la valorisation du dioxyde de carbone, CO_2 , l'un des gaz à effet de serre.

En effet, le dioxyde de carbone s'avère être un solvant très efficace de certaines espèces chimiques, comme celles responsables du goût de bouchon dans le vin.

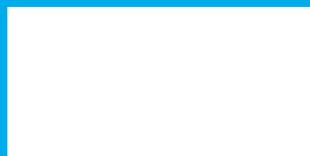
Pour cela, le dioxyde de carbone doit se trouver dans un état physique particulier : le « CO_2 supercritique ». Cet état est atteint sous forte pression, vers 30°C ; le dioxyde de carbone a des propriétés intermédiaires entre un liquide et un gaz. Cela lui permet d'extraire des molécules indésirables du liège par exemple avant d'être facilement recyclé.



PHYSIQUE CHIMIE

2^{de} PRO ENSEIGNEMENT
AGRICOLE

ISBN : 978-2-311-60042-1



Cet ouvrage a été imprimé sur du papier
provenant de forêts gérées durablement.

Vuibert
www.vuibert.fr