

Séquence de classe

Les états de l'eau et les changements d'état

Séquence de classe

Les états de l'eau et les changements d'état

Changements
d'états / L'eau

Cycle 2 et 3

Thématiques traitées	Différents états de l'eau : solide – liquide – gazeux. Changements d'état de l'eau : vaporisation (évaporation, ébullition), liquéfaction, solidification, fusion. Volume et masse. Comparaison et mesure de température, de volume, de masse de l'eau à l'état liquide et à l'état solide.
Résumé et objectifs	Les élèves réalisent des expérimentations pour comprendre les notions d'état de la matière et de changements d'état.
Disciplines engagées	Questionner le monde du vivant, de la matière et des objets/Qu'est-ce que la matière ?
Durée	8 heures (compter une heure environ par activité)

Prise en main de la séquence

La ressource que nous vous proposons comporte 7 activités distinctes se présentant sous forme de fiches élèves

- 1 Passage de l'eau de l'état liquide à l'état solide (et inversement)
 - 1.1. Faire fondre un glaçon
 - 1.2. La température de fusion
 - 1.3. Fabriquer de la glace
 - 1.4. La conservation de la matière
- 2 Passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux (vapeur d'eau) (et inversement)
 - 2.1. La vaporisation - L'évaporation
 - 2.2. La vaporisation - L'ébullition
 - 2.3. La liquéfaction

Chaque activité contient deux fiches : la fiche consignes et la fiche correction

Toutes les informations qui sont nécessaires pour mener les séances de classe se trouvent dans les fiches élèves. Elles ont été pensées pour être utilisées en classe avec l'ensemble de vos élèves, dans le cadre de votre enseignement des sciences selon les principes de la main à la pâte (production et mise en œuvre des protocoles expérimentaux par des groupes d'élèves, échanges entre les groupes...). Elles ont pour but de faciliter la préparation de vos séances, puisque les fiches consignes et correction peuvent figurer, comme traces écrites, dans le cahier de science de chaque élève. Ces fiches vous permettent également d'envisager votre enseignement de manière plus flexible, par exemple en choisissant :

- de laisser une partie de la classe travailler en autonomie pendant que vous accompagnez un groupe d'élèves bien déterminé ;
- de demander aux élèves de réaliser une partie du travail de réflexion et de recherche à la maison, en sollicitant la participation des parents ou en autonomie ;
- d'utiliser les fiches lors de moments entièrement à distance, comme dans le cadre d'une continuité pédagogique imposée.

Au cours du cycle 2 et 3, nous vous conseillons de mettre également en œuvre avec les élèves deux séquences complémentaires qui leur permettront de stabiliser les connaissances acquises en les réinvestissant dans deux contextes différents

- Les propriétés de la matière correspondant à l'état solide, liquide et gazeux
- Le cycle de l'eau dans la nature

Connaissances sur les différents états de l'eau abordés avec les élèves au cours des activités :

- On trouve l'eau sous trois états physiques : l'eau à l'état liquide, l'eau à l'état solide (la glace) et l'eau à l'état gazeux ou vapeur d'eau.
- L'eau gèle (ou se trouve à l'état solide) lorsqu'elle est portée à une température inférieure à 0 °C et, réciproquement, la glace fond (ou l'eau se trouve à l'état liquide) lorsqu'elle est portée à une température supérieure à 0 °C.
- La vapeur d'eau présente dans l'air ambiant, état gazeux de l'eau, est invisible ; on ne peut pas la voir.
- À l'air libre et dans les conditions usuelles, l'eau bout à une température fixe voisine de 100 °C. L'ébullition se caractérise par la transformation d'eau à l'état liquide en eau à l'état gazeux au cœur même du liquide.
- Le passage de l'état liquide à l'état gazeux peut également se produire en surface (à l'interface entre l'eau et l'air) : c'est l'évaporation. Le phénomène est alors plus lent et se produit à toutes températures (au-dessus de 0 °C). Au cours de l'évaporation, l'eau ne disparaît pas. Elle se transforme en gaz (vapeur d'eau) qui se mélange à l'air ambiant.
- Au cours d'une liquéfaction, qui caractérise le passage de l'eau de l'état gazeux à l'état liquide, l'eau devient visible ; elle était déjà présente dans l'air sous forme de vapeur invisible avant le changement d'état.
- Lors d'un changement d'état, la matière se conserve : la masse reste identique.
- Le changement de l'eau de l'état liquide à solide s'accompagne d'une augmentation de volume et inversement.

Notes scientifiques et pédagogiques pour l'enseignant

- Sur Terre, selon les conditions de température et de pression, on trouve l'eau sous les trois états cités précédemment. Quel que soit son état physique, l'eau est essentiellement constituée de molécules toutes composées de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H₂O). En fonction des états, les molécules sont plus ou moins liées entre elles et plus ou moins libres de se déplacer :
 - à l'état solide, les molécules vibrent autour d'une position d'équilibre, mais ne changent pas de voisines.
 - à l'état liquide, les molécules sont moins liées et changent souvent de voisines en évoluant au sein de la matière liquide.
 - à l'état gazeux, les molécules ne sont plus liées et sont très éloignées les unes des autres, elles se croisent rarement et occupent tout le volume disponible.
- Lors de vos différentes expérimentations, les mesures de température correspondant à l'ébullition, la fusion et la solidification de l'eau avoisinent 0 °C et 100 °C, avec des fluctuations. Deux raisons expliquent cela :
 - À la pression atmosphérique correspondant au niveau de la mer (pression égale à une atmosphère), les températures de changement d'état de l'eau, 0 °C et 100 °C, sont données pour de l'eau pure : c'est-à-dire de l'eau composée exclusivement de molécules d'eau (H₂O). Or, vous allez sûrement réaliser des expériences avec de l'eau du robinet. Cette eau contient des sels minéraux et ne peut être considérée comme pure. Pour s'approcher d'une eau pure, il faudrait utiliser de l'eau distillée. Mais, même dans ce cas, elle comporterait également des traces de dioxygène et de dioxyde de carbone que l'on retrouve à l'état gazeux dissous dans l'eau. N'oubliez pas également que l'eau à l'état liquide dans la nature peut contenir, outre des sels minéraux et des « gaz » dissous, des bactéries, des pollens...
 - Les instruments de mesure, les thermomètres, ne sont pas tous calibrés de la même manière et indiquent des valeurs différentes pour la mesure d'une même température. Les instruments utilisés entraînent donc une incertitude sur la mesure effectuée. Pour sensibiliser les élèves à ce fait, vous pouvez effectuer un test facile à mettre en œuvre : laisser une série de quelques thermomètres (tous ceux qui serviront aux expérimentations) au même endroit dans la classe, pendant au moins une heure, pour constater les différences de température indiquées par les instruments.

L'important, pour les élèves, est de constater le fameux palier de température, c'est-à-dire que la température reste à peu près constante lors des changements d'état, avec coexistence de deux phases différentes de l'eau (état liquide-état solide/état liquide-état gazeux).

- Il faut être conscient, lorsqu'on parle de liquides, de solides ou de gaz, qu'on emploie souvent des raccourcis pour signifier matière à l'état liquide, matière à l'état solide et matière à l'état gazeux. L'emploi de ces raccourcis peut prêter à confusion et installer de mauvaises représentations chez les élèves. Dire, par exemple, que l'eau, celle de notre carafe, est un liquide peut laisser supposer qu'il s'agit là d'une propriété permanente concernant l'eau. Or, nous savons bien que, selon les conditions de température et de pression, n'importe quelle matière peut passer d'un état à un autre. Et que l'eau peut se trouver à l'état solide (glace, glaçon, givre, neige...) ou à l'état gazeux (vapeur d'eau). Il en va de même pour les métaux qui ne sont pas plus « des solides » que le dioxyde de carbone ou le diazote (« l'azote ») ne sont « des gaz ». Ces appellations sont trompeuses du point de vue des états de la matière et se basent sur le fait que dans des conditions de température et de pression usuelles, nous manions le plus souvent des métaux à l'état solide et rencontrons dans notre environnement le dioxyde de carbone ou le diazote à l'état gazeux.

Pour exemple, sous une pression d'une atmosphère, on obtient :

- Du diazote à l'état liquide en refroidissant du diazote à l'état gazeux en dessous de son point d'ébullition, à environ $-195,79\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le diazote « liquide » trouve de nombreuses utilisations dans le domaine médical et industriel.
- Du dioxyde de carbone à l'état solide pour des températures inférieures à $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sous une pression d'une atmosphère et à cette température, il a la particularité de se sublimer, c'est-à-dire de passer directement de l'état solide à l'état gazeux. Le dioxyde de carbone à l'état solide possède de nombreuses appellations : « glace carbonique », « neige carbonique », « carboglace », « glace sèche » ; on le retrouve également dans de nombreuses applications industrielles.
- Du fer à l'état liquide pour des températures supérieures à $1\,538\text{ }^{\circ}\text{C}$ (température de fusion du fer).

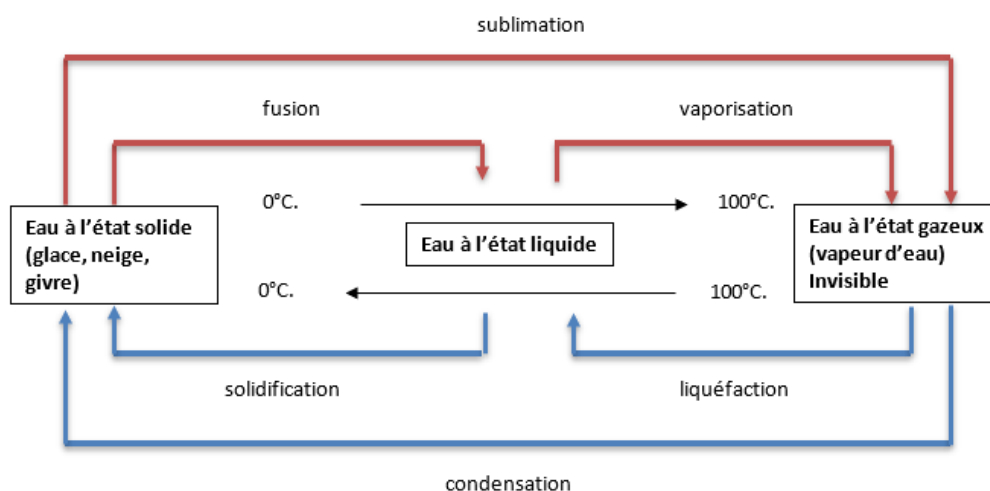
Diazote à l'état liquide



Dioxyde de carbone à l'état solide



Fer à l'état liquide



- Pour aller plus loin :
 - Visionner la vidéo « La structure de la matière et ses différents états » : <https://vimeo.com/430352506/8fdc8aedd8>
 - Consulter le tutoriel « Mise en évidence de l'air » (<https://elearning-lamap.org/course/#cid=17>) sur la plateforme L@map (<https://elearning-lamap.org>).

Note technique : le mélange réfrigérant

Au cours des séances, vous serez amené à préparer un mélange réfrigérant vous permettant d'atteindre des températures suffisamment basses pour faire solidifier de l'eau à l'état liquide sous les yeux des élèves (et non dans un congélateur fermé).

Pour réaliser le mélange réfrigérant :

- Matériel : glaçons, gros sel, marteau, torchon, des contenants de volumes différents (un grand pour accueillir le mélange, des petits pour y verser l'eau liquide et les disposer au sein du mélange), une balance, une cuillère en bois ou en plastique.
- Prenez la glace pilée. Vous pouvez en récupérer chez votre poissonnier ou en grande surface, ou pilez vous-même des glaçons avec un marteau et à l'aide d'un torchon (voir photos ci-dessous).
- Dans le grand contenant, à l'aide de la cuillère, mélangez la glace pilée à du gros sel, dans des proportions en masse 2/3 de glace pilée et 1/3 de gros sel.
- Le mélange réfrigérant permet d'atteindre des températures avoisinant les $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Présentez aux élèves le mélange réfrigérant en leur précisant qu'il servira de minicongélateur, et mettez à leur disposition de l'eau liquide et différents récipients : un petit contenant en verre, un bouchon, un tube de médicament...
- Placez les contenants au sein du mélange réfrigérant, en prenant garde de ne pas y faire entrer de liquide réfrigérant (glace pilée et gros sel).



Remarques :

- Veillez à utiliser des petits récipients pour le volume d'eau à solidifier, afin de passer de l'état liquide à l'état solide dans un temps raisonnable.
- Les basses températures obtenues à partir du liquide réfrigérant restent locales. Elles n'affectent pas la température ambiante d'une salle.

Précaution de sécurité : attention, les élèves ne doivent absolument pas toucher le mélange réfrigéré.

Note expérimentale

Nous proposons, dans les fiches, de mesurer la température de changement d'état de l'eau au cours du phénomène de fusion (passage de l'eau de l'état solide à l'état liquide). Cette température se situe aux alentours de 0 °C, ce qui est vérifié par l'expérience proposée.

Nous affirmons dans la fiche correction que la température du changement d'état inverse, c'est-à-dire la température de solidification, est également aux alentours de 0 °C. Pour des raisons de temps, nous ne proposons pas aux élèves de faire cette expérience pour vérification.

Cependant, si vous vous apercevez que ce n'est pas si évident pour les élèves ou si vous souhaitez qu'ils réalisent l'expérience inverse, vous pouvez leur proposer l'activité suivante :

- Expérimentation : déterminer la température de solidification

L'objectif de cette expérimentation est de déterminer la température du passage de l'eau à l'état liquide à l'eau à l'état solide, c'est-à-dire de la solidification. Pour cela, tu vas devoir concevoir une expérience en te servant du mélange réfrigérant et mesurer les températures tout au long de cette expérience.

Remarque : regarde bien ce qui se passe au niveau de la température lorsque les deux états sont présents en même temps.

- Imagine un protocole expérimental qui va te permettre de relever la température de l'eau régulièrement.
- Écris le protocole dans ton cahier d'expériences ; tu peux l'illustrer de schémas.
- Réalise ton expérience.

Tu peux prendre des mesures de température toutes les minutes, par exemple.

- Observe bien ce qui se passe tout au long de l'expérience et note le moment où toute l'eau liquide s'est transformée en eau solide.

Remarque : évite que le thermomètre touche le fond du tube, par exemple en le maintenant avec une pince à linge.

D'après tes résultats, quelle est la température de solidification de l'eau ?

Qu'observes-tu au niveau de la température quand de l'eau à l'état liquide et de l'eau à l'état solide sont présentes en même temps dans le récipient ?

La matière — Faire fondre un glaçon

Lors de cette activité, à partir d'un défi qui consiste à faire fondre un glaçon le plus vite possible, tu vas aborder la notion de changement d'état.

Introduction

Commence d'abord par décrire un glaçon dans ton cahier d'expériences.

Expérimentation : faire fondre un glaçon le plus vite possible

Tu vas maintenant devoir répondre au défi suivant : comment faire fondre un glaçon le plus vite possible (sans le mettre dans la bouche) ? Ou, autrement dit, comment accélérer le plus possible la fonte du glaçon ?

- Voici des exemples de matériel que tu peux utiliser pour relever le défi :
 - divers supports : du bois, du plastique, du papier ;
 - des boîtes avec ou sans couvercle ;
 - des bols d'eau chaude ou froide ;
 - un chronomètre (par exemple sur ta montre ou ton téléphone...).
- Imagine différentes expériences pour faire fondre le glaçon le plus vite possible. Compare les résultats obtenus pour déterminer l'expérience qui répond le mieux au défi.
- Décris ta démarche dans ton cahier d'expériences ; tu peux l'illustrer avec des schémas ou des photos.

Aide expérimentale :

Si tu veux comparer les effets de différentes conditions ou différents matériaux sur la fonte du glaçon, il va falloir respecter certaines règles et, notamment, ne faire varier qu'un paramètre à la fois entre deux dispositifs expérimentaux :

- tu dois utiliser des glaçons de même volume (environ) ;
- si tu utilises des contenants, assure-toi qu'ils sont identiques ;
- pour comparer tes différents dispositifs, tu peux utiliser un glaçon témoin qui te servira de référence et pourra te donner la fin de la mise en œuvre de ton protocole expérimental ;
- pense à la manière dont tu vas relever les données, c'est-à-dire ce que tu vas regarder ou faire pour constater l'avancée de la fonte du glaçon.

Mets en œuvre ton protocole.

Analyse tes résultats : que peux-tu en conclure ?

Essaie de donner une explication en quelques phrases, en utilisant les termes « état liquide », « état solide », « température ».

La matière — Faire fondre un glaçon

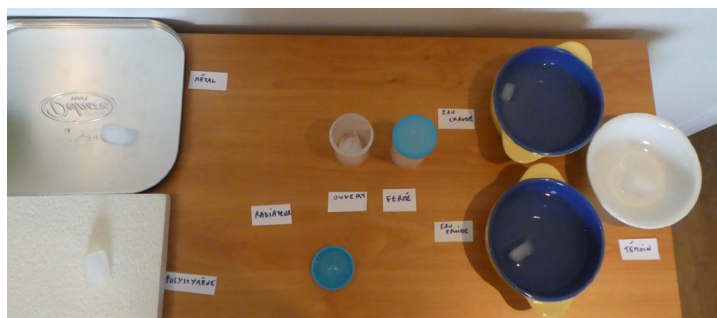
Défi : faire fondre un glaçon le plus vite possible

Proposition de protocole basé sur quatre dispositifs différents :

- Mettre un glaçon dans de l'eau chaude issue d'une bouilloire/dans de l'eau froide prise au robinet.
- Mettre un glaçon dans un récipient en plastique ouvert/dans un récipient en plastique fermé.
- Mettre un glaçon à l'air libre à température ambiante/sur un radiateur.

Remarque : pour ces trois expériences, on utilise des contenants identiques.

- Tester différents matériaux : mettre un glaçon sur du métal/sur du polystyrène.



Résultats obtenus

Dispositif 1	Heure de départ	Heure de fin	Temps de fonte
Eau chaude	14 h 10	14 h 12	2 min
Eau froide	14 h 10	14 h 15	5 min
Dispositif 2	Heure de départ	Heure de fin	Temps de fonte
Radiateur	14 h 10	14 h 32	22 min
Air libre porcelaine	14 h 10	14 h 52	42 min
Dispositif 3	Heure de départ	Heure de fin	Temps de fonte
Métal	14 h 10	14 h 40	30 min
Polystyrène	14 h 10	15 h 46	1 h 36
Dispositif 4	Heure de départ	Heure de fin	Temps de fonte
Récipient ouvert	14 h 10	15 h 46	1 h 36
Récipient fermé	14 h 10	15 h 46	1 h 36

Analyse des résultats obtenus à partir des quatre dispositifs pour répondre au défi

- les dispositifs 1 et 2 montrent que plus la température est élevée, plus le glaçon fond vite ;
- le dispositif 3 montre que le temps de fonte dépend du matériau en contact avec le glaçon ;
- pour le dispositif 4, il n'y a pas de différence de temps de fonte entre l'utilisation d'un récipient fermé ou ouvert ;
- pour conclure, le dispositif utilisant de l'eau chaude est le plus efficace pour répondre au défi.

Explication utilisant les termes « état liquide », « état solide », « température »

L'eau peut se présenter à l'état solide, sous forme de glace/glaçon, et passer à l'état liquide ; ce changement d'état de l'eau, passage de l'état solide à l'état liquide, s'appelle la fusion. Lorsqu'on expérimente en ne faisant varier qu'un seul paramètre, plus la température est élevée, plus le glaçon fond vite. C'est ce que montrent les résultats des dispositifs 1 et 2 du précédent défi.

Cette conclusion correspond-elle à la description que tu avais faite du glaçon en début d'activité ?

La matière — Température de fusion

Lors de cette activité, à partir d'une expérience, tu vas déterminer la température de fusion de l'eau, c'est-à-dire déterminer la température lorsque l'eau à l'état solide se transforme en eau à l'état liquide.

Introduction

Commence d'abord par écrire dans ton cahier d'expériences la ou les températures auxquelles tu penses que la glace (eau à l'état solide) se transforme en eau à l'état liquide.

Expérimentation : déterminer la température de fusion

L'objectif de cette expérimentation est de déterminer la température du passage de l'eau à l'état solide à l'eau à l'état liquide, c'est-à-dire la température de fusion.

Pour cela, tu vas devoir concevoir une expérience et mesurer les températures tout au long de cette expérience.

- Imagine un protocole expérimental qui va te permettre de déterminer la température de fusion de l'eau. Pour cela, décris le matériel dont tu auras besoin et la manière dont tu vas relever la température de l'eau.
- Écris le protocole dans ton cahier d'expériences ; tu peux l'illustrer de schémas.
- Réalise ton expérience.

Aide expérimentale :

- Demande à ton enseignant de te fournir de la glace pilée qui facilite la prise de température au cœur de la glace dès le début de l'expérience.
- Évite que le thermomètre touche le fond du tube en le maintenant au cœur de la glace avec un système de ton choix.
- Prévois des intervalles de temps réguliers pour relever la température, par exemple toutes les minutes.
- Entraîne-toi, avec l'aide de ton enseignant, à lire la température affichée par les thermomètres que tu vas utiliser.
- Regarde bien ce qui se passe au niveau de la température lorsque les deux états de l'eau (solide et liquide) sont présents en même temps.
- Observe bien ce qui se passe tout au long de l'expérience et note le moment où toute l'eau solide s'est transformée en eau liquide.

D'après tes résultats, quelle est la température de fusion de l'eau ?

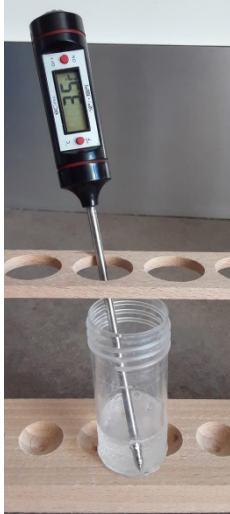
Qu'observes-tu au niveau de la température quand de l'eau à l'état solide et de l'eau à l'état liquide sont présentes en même temps en proportions équivalentes dans le récipient ?

La matière — Température de fusion

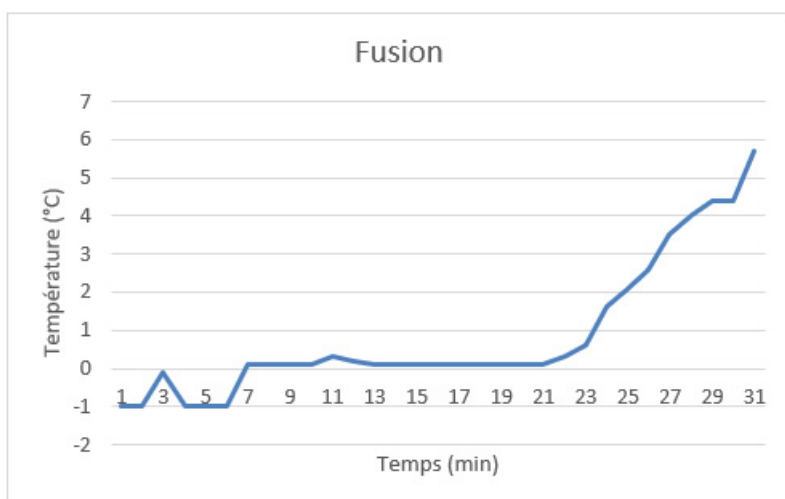
Expérimentation : la température de fusion de l'eau

Voici un exemple de protocole que nous te proposons :

- piler de la glace ;
- remplir un petit récipient de glace pilée au 1/3 de sa hauteur ;
- noter la température initiale, mesurée à l'aide d'un thermomètre ;
- relever la température de l'eau du récipient toutes les minutes jusqu'à ce que l'eau à l'état solide (la glace) se soit complètement transformée en eau à l'état liquide ;
- recueillir les données dans un tableau et les organiser en graphique.

		
<p>Début de l'expérience : eau à l'état solide (glace pilée) Température : -1°C</p>	<p>Milieu de l'expérience : eau à l'état solide et eau à l'état liquide Température : $+0,2^{\circ}\text{C}$</p>	<p>Fin de l'expérience : eau à l'état liquide Température : $+3,5^{\circ}\text{C}$</p>

Voici le graphique des données que nous avons relevées durant 31 minutes :



Observations réalisées durant l'expérience

Quand tu observes le contenu du récipient, tu remarques qu'aux alentours de 0 °C, l'eau à l'état solide change progressivement d'état physique et passe à l'état liquide. Ce passage de l'eau de l'état solide à l'état liquide est appelé « fusion ».

On voit apparaître un palier de température aux alentours de 0 °C, c'est-à-dire que la température reste fixe, et ce, tant que la majorité de l'eau à l'état solide n'est pas transformée en eau à l'état liquide.

Si tu fais l'expérience inverse, c'est-à-dire mesurer la température de solidification (passage de l'eau de l'état liquide à l'état solide), tu verras que la température de changement d'état est également autour de 0 °C et que cette température reste constante tant que la majorité de l'eau à l'état liquide ne s'est pas transformée en eau à l'état solide.

Conclusion

La fusion désigne le passage de l'eau de l'état solide à l'état liquide. Elle a lieu à des températures du milieu extérieur strictement supérieures à 0°C. Durant la fusion, la température de l'eau est de 0°C (à la pression atmosphérique).

La matière — Fabriquer de la glace

Introduction

Lors de cette activité, à partir d'une expérience qui consiste à transformer de l'eau à l'état liquide en glaçon, tu vas aborder la notion de changement d'état.

Expérimentation : transformer de l'eau à l'état liquide en eau à l'état solide, c'est-à-dire en glace

Tu as devant toi un mélange réfrigérant qui te servira de minicongélateur. Tu as également de l'eau à l'état liquide et différents récipients : un petit contenant en verre, un bouchon, un tube de médicament...

Précaution à prendre pour ta sécurité : attention, tu ne dois absolument pas mettre tes doigts dans le mélange réfrigérant. Utilise une cuillère en bois si tu dois remuer le mélange.

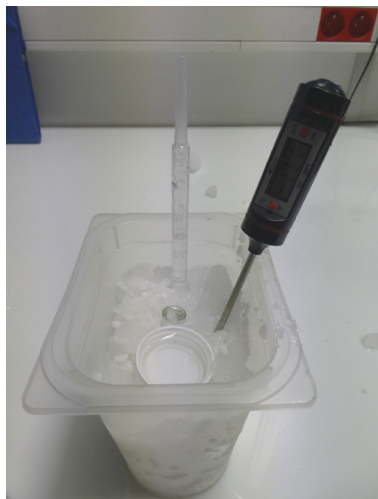
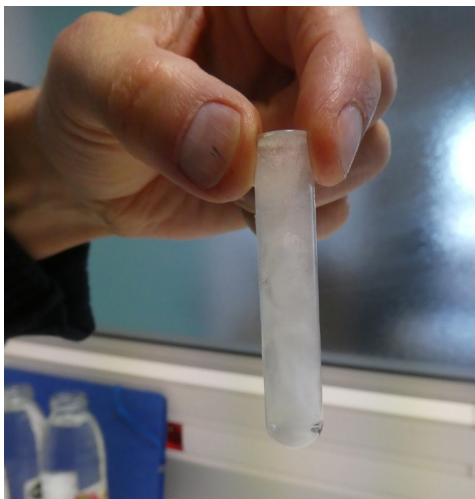
- Imagine un protocole expérimental qui va te permettre de tester tes idées pour obtenir un glaçon.
- Écris le protocole dans ton cahier d'expériences ; tu peux l'illustrer de schémas.
- Réalise ton expérience et note l'heure de départ.
- Observe bien ce qui se passe tout au long de l'expérience et note l'heure à laquelle toute l'eau liquide s'est transformée en eau solide.

Analyse tes résultats : que peux-tu en conclure ?

Essaie de donner une explication en quelques phrases, en utilisant les termes « température », « état liquide », « état solide ».

La matière — Fabriquer de la glace

Expérimentation : transformer de l'eau à l'état liquide en eau à l'état solide, c'est-à-dire en glace



- Dans notre expérience, on choisit trois récipients de dimensions différentes, mais ne contenant qu'un petit volume d'eau liquide : un compte-gouttes en plastique, un petit tube en verre, un bouchon en plastique.
- On verse de l'eau liquide dans chacun des récipients que l'on plonge dans le mélange réfrigérant dont la température est de -15°C .
- Attention, le mélange réfrigérant ne doit pas pénétrer à l'intérieur des récipients pour ne pas fausser l'expérience. Le mélange réfrigérant peut être considéré ici comme un minicongélateur à « ciel ouvert ».

Analyse des résultats de l'expérience

On constate, au bout d'un moment, que dans le bouchon en plastique apparaissent des paillettes de glace. Si on attend suffisamment longtemps, l'eau des trois récipients se transforme en glace (30 minutes environ). L'eau est progressivement passée de l'état liquide à l'état solide.

Explication utilisant les termes « état liquide », « état solide », « température »

L'eau peut passer de l'état liquide à l'état solide (devenir de la glace, un glaçon) ; ce changement d'état de la matière est appelé la solidification.

Le passage de l'eau de l'état solide à l'état liquide n'est possible qu'à des températures inférieures à 0 °C. Le mélange réfrigérant utilisé pour l'expérience permet d'atteindre localement des températures inférieures à 0 °C (environ - 10 °C), qui entraînent la solidification de l'eau.

Conclusion générale

Le passage de l'eau de l'état liquide à l'état solide peut se faire en sens inverse, on dit que cette transformation est réversible :

- La solidification est le passage de l'eau de l'état liquide à l'état solide. Elle a lieu pour des températures du milieu extérieur strictement inférieures à 0°C.
- La fusion est le passage de l'eau de l'état solide à l'état liquide. Elle a lieu pour des températures du milieu extérieur strictement supérieures à 0°C.

Lors de la fusion et de la solidification, la température de l'eau est de 0°C (à pression atmosphérique).

N'oublie pas que quel que soit son état, liquide ou solide, cela reste de l'eau. Lorsqu'on parle d'eau quotidiennement, on parle en général d'eau à l'état liquide. Dans la vie courante, nous serions très surpris de demander de l'eau à quelqu'un et qu'il nous apporte de la glace. Pourtant, la glace, c'est de l'eau, et la personne aurait raison du point de vue de la science, tant qu'on n'a pas précisé son état liquide ou solide.

La matière — La conservation de la matière

Introduction

Tu as pu constater que l'eau pouvait passer de l'état liquide à l'état solide (ou glace) pour des températures inférieures à 0 °C. Inversement, l'eau peut passer de l'état solide à l'état liquide pour des températures supérieures à 0 °C.

D'après toi, la masse et le volume de l'eau au cours de ces changements d'état sont-ils constants ? Augmentent-ils ? Diminuent-ils ?

Activité 1 : la masse

Penses-tu que lors de la transformation de l'eau à l'état liquide en eau à l'état solide, il y a une augmentation, diminution ou conservation de la masse ? Autrement dit, l'eau liquide pèse-t-elle plus lourd, moins lourd ou la même chose lorsqu'elle se transforme en eau solide ?

- Note dans ton cahier d'expériences ta réponse à cette question.
- Propose une expérience pour répondre à la question et vérifier ta réponse. Dessine-la dans ton cahier.
- Mets-la en œuvre et note toutes les données utiles dans ton cahier d'expériences.

Que peux-tu en conclure sur la masse de l'eau lors du changement d'état liquide/solide ?

Note ta conclusion dans ton cahier d'expériences.

Inversement, que se passe-t-il quand une même quantité d'eau passe de l'état solide à l'état liquide ?

- Note dans ton cahier d'expériences ta réponse à cette question.
- Propose une expérience pour répondre à la question et vérifier ta réponse. Dessine-la dans ton cahier.
- Mets-la en œuvre et note toutes les données utiles dans ton cahier d'expériences.

Que peux-tu en conclure sur la masse de l'eau lors du changement d'état solide/liquide ?

Note ta conclusion dans ton cahier d'expériences.

Activité 2 : le volume

Penses-tu que, pour une même quantité d'eau, l'espace occupé par l'eau à l'état liquide et celui occupé par l'eau à l'état solide soient différents ? Autrement dit, y a-t-il un changement de volume ? (Est-ce que l'eau à l'état liquide occupe plus d'espace, moins d'espace ou le même espace que lorsqu'elle est à l'état solide – sous forme glace ?)

- Note dans ton cahier d'expériences ta réponse à ces questions.
- Propose une expérience pour répondre à la question et vérifier ta réponse. Dessine-la dans ton cahier.
- Mets-la en œuvre et note toutes les données utiles et tes mesures dans ton cahier d'expériences.

Que peux-tu en conclure sur le volume de l'eau pendant le changement d'état liquide/solide ?

Note ta conclusion dans ton cahier d'expériences.

La matière — La conservation de la matière

Activité 1 : la masse

Pour répondre à la première question, tu peux, à l'aide d'une balance, mesurer la masse d'eau avant et après le changement d'état. Tu peux donc refaire l'expérience de la transformation de l'eau à l'état liquide en eau à l'état solide (glace) dans le mélange réfrigérant ou dans un congélateur, et peser la quantité d'eau avant et après. Note dans ton cahier d'expériences la masse de l'eau à l'état liquide, puis celle après transformation en eau à l'état solide pour comparer les deux résultats.

Pour répondre à la deuxième question, tu peux disposer un glaçon dans un contenant et poser le tout sur une balance afin d'en connaître la masse. Conserve ton dispositif sur la balance et laisse fondre ton glaçon à l'air libre. Définis un temps pour relever régulièrement la masse, toutes les cinq minutes, par exemple, et note les résultats dans ton cahier d'expériences.

Tu constateras que la masse affichée durant toute l'expérience ne varie (change) pas.



En analysant les résultats des deux expériences, tu constates qu'une même quantité d'eau possède la même masse à l'état liquide et à l'état solide ; c'est toujours le cas lors d'un changement d'état de la matière.

Activité 2 : le volume

Pour répondre à la question, tu peux faire l'expérience suivante :

- prends une petite bouteille de verre remplie partiellement d'eau à l'état liquide ;
- note la hauteur initiale de l'eau sur la bouteille ;
- place la bouteille dans un seau rempli de mélange réfrigérant ou place-la dans un congélateur ;
- attends suffisamment de temps pour que l'eau se solidifie et observe le résultat.

Tu peux également réaliser l'expérience avec différents récipients.

Tu constateras que la hauteur de la glace (eau à l'état solide) est plus élevée que celle de l'eau à l'état liquide : l'eau à l'état solide occupe donc un plus grand volume (plus d'espace) que l'eau à l'état liquide. La solidification de l'eau s'accompagne d'une augmentation de volume.



Remarque : si la bouteille bouchée avait été totalement remplie, elle se serait brisée. Il ne faut donc pas mettre une bouteille bouchée remplie à ras bord dans un congélateur. Dans la nature, en montagne, par exemple, l'augmentation de volume lors de la solidification de l'eau est capable de fracturer les rochers. On parle alors d'érosion due au gel.

Conclusion générale

L'eau « liquide » et l'eau « solide » sont deux états d'une même matière, l'eau. Le changement d'état d'un corps se fait toujours avec conservation de la matière, c'est-à-dire sans changement de masse. La solidification de l'eau, passage de l'état liquide à l'état solide, s'accompagne d'une augmentation de volume.

Inversement, le passage de l'état solide à l'état liquide de l'eau entraîne une diminution de volume.

La matière — Vaporisation — Évaporation

Introduction

Voici deux situations du quotidien :

- Il a plu. Il y avait des flaques d'eau sur le sol et maintenant, il n'y en a plus.
- Le linge a été étendu. Les vêtements étaient mouillés et maintenant, ils sont secs.

Peux-tu expliquer ce qui s'est passé en quelques phrases dans ton cahier d'expériences ?

Activité : l'évaporation

L'objectif de cette séance va être de trouver dans quelle(s) condition(s) le linge sèche plus vite, puis d'expliquer ce que devient l'eau une fois que le linge est sec.

1 – Premier défi :

Matériel : plusieurs carrés de tissu identiques, eau...

Le défi est de faire sécher un carré de tissu le plus vite possible.

- Prends un carré de tissu, trempe-le dans l'eau et étends-le.
- Propose une ou des expériences pour répondre au défi avec le matériel de ton choix.
- Dessine-les dans ton cahier d'expériences et note les résultats attendus.
- Mets-les en œuvre et note les résultats obtenus dans ton cahier.

Quelles sont tes conclusions ?

Peux-tu écrire quelques phrases pour expliquer comment le linge sèche ?

Remarque : dans chaque expérience, tu devras utiliser deux carrés identiques de tissu humide. L'un avec lequel tu feras ton expérience, l'autre qui servira de témoin.

2 – Expériences pour confirmer tes premières conclusions :

- Tu as à ta disposition des gobelets en plastique, des contenants de formes et de tailles différentes (hauteur, largeur...), du film plastique, des bouchons, un feutre pour noter le niveau. À l'aide de ce matériel uniquement, propose une ou des expériences pour confirmer tes explications précédentes et les enrichir.
- Identifie le paramètre que tu testes pour chacune de tes expériences.
- Dessine-les dans ton cahier d'expériences et note les résultats attendus.
- Mets-les en œuvre et note les résultats obtenus dans ton cahier.

Qu' observes-tu ? Que peux-tu conclure de tes résultats et observations ?

Conseils :

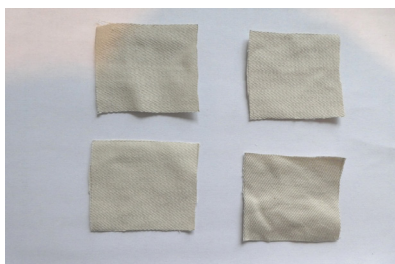
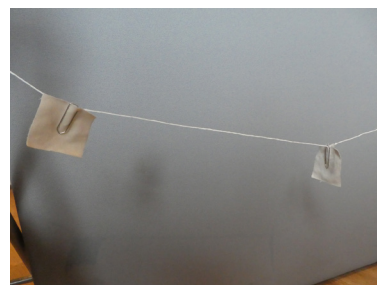
- tu dois définir le rythme de tes observations (deux fois par jour, par exemple) ;
- tu peux placer un récipient témoin avec un film plastique (ou sans, en fonction de ton expérience), pour pouvoir comparer les résultats obtenus ;
- il ne faut changer qu'un seul paramètre à la fois pour chaque expérience ;
- n'oublie pas de repérer le niveau de l'eau avec une marque, par exemple sur l'extérieur d'un récipient transparent ou une graduation en papier collé.

La matière — Vaporisation — Évaporation

1 – Premier défi : faire sécher un carré de tissu le plus vite possible

Nous avons fait l'expérience en utilisant des carrés de tissu de 5 cm de côté et trois dispositifs de « séchage » différents :

- sur un radiateur ;
- avec un sèche-cheveux ;
- à l'air libre.



Résultats

Avec un sèche-cheveux : temps de séchage : 4 minutes 20 secondes.

Sur un radiateur : temps de séchage : 19 minutes.

À l'air libre : temps de séchage : 2 heures.

Conclusion

Le séchage est accéléré par des températures élevées et la ventilation.

Explication

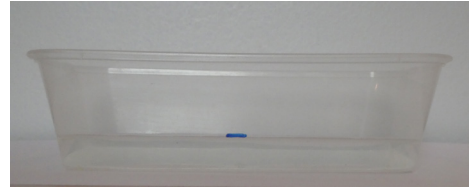
L'eau à l'état liquide a quitté le tissu en passant à l'état gazeux pour se mêler à l'air environnant.

2 – Expériences pour confirmer tes premières conclusions :

Pour trouver dans quelle(s) condition(s) le linge sèche plus vite et ce que devient l'eau une fois que le linge est sec, voilà un exemple de protocole possible :

- Utiliser trois paires de contenants identiques :
 - deux verres transparents qu'on laissera ouverts ;
 - deux verres transparents identiques aux deux verres précédents qu'on recouvrira d'un film plastique ;
 - deux bacs en plastique présentant une ouverture au moins deux fois plus grande que celle des verres précédents.
- Verser dans l'ensemble des contenants la même quantité d'eau.
- Marquer le niveau d'eau dans chaque contenant à l'aide d'un feutre.
- Disposer un verre « ouvert », un verre « fermé » et un bac en plastique sur un radiateur, et les contenants restants sur un meuble à l'air libre, dans la même pièce.

Verre doseur permettant de mesurer et de verser la même quantité d'eau dans chaque contenant.



Situations de départ



Au bout de plusieurs heures (une demi-journée environ), tu peux déjà constater plusieurs choses :

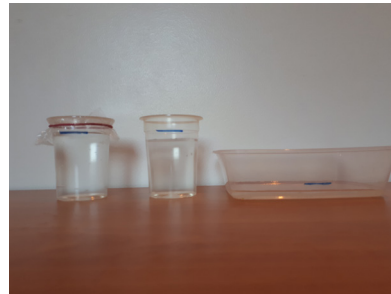
- Le niveau d'eau n'évolue pas dans les verres recouverts d'un film plastique. L'eau va mettre des jours (plus d'une semaine) à s'évaporer, même sur le radiateur.
- Dans le bac qui a une grande surface, l'eau s'évapore plus vite que dans les verres ouverts, même à l'air libre.
- Sur le radiateur, l'eau s'évapore plus vite qu'à température ambiante.

Après une semaine :

Sur le radiateur



À l'air libre



Tu constates donc qu'une plus grande surface de contact avec l'air et/ou une température plus élevée accélèrent la « disparition » de l'eau liquide.

L'eau liquide n'a pas disparu, elle s'est évaporée. Elle s'est transformée en gaz (ou vapeur d'eau) et est maintenant dans l'air, mais on ne la voit pas. L'eau sous forme de gaz est INVISIBLE !

Conclusion

Lorsqu'un linge mouillé sèche, que se passe-t-il ?

Le linge mouillé contient de l'eau à l'état liquide. Il sèche, car l'eau à l'état liquide passe à l'état gazeux (se transforme en gaz, en vapeur d'eau – l'eau sous forme de gaz est invisible). Ce phénomène s'appelle l'évaporation. Lorsque l'eau liquide se transforme en gaz, elle quitte le linge pour se mélanger à l'air ambiant.

Naturellement, à température ambiante, l'eau à l'état liquide s'évapore.

La vitesse de l'évaporation dépend de la température de l'air environnant (plus la température de l'air est élevée, plus l'eau s'évapore vite) et de la surface d'échange entre l'air et l'eau (plus la surface est grande, plus l'eau s'évapore vite).

Les mouvements d'air (comme le vent) accélèrent également l'évaporation de l'eau liquide.

La matière — Vaporisation — Ébullition

Introduction

Une casserole d'eau est posée sur le feu avec, à l'intérieur, un thermomètre. L'eau se met à bouillir...

Dessine dans ton cahier d'expériences ce qui se passe dans la casserole et autour de la casserole. Légende ton schéma à l'aide de flèches pour montrer et/ou expliquer ce qui se passe.

Réponds également à ces questions, avec des explications courtes :

- Ce que l'on voit au-dessus d'une casserole pleine d'eau sur le feu, pour toi, qu'est-ce que c'est ?
- D'après toi, le thermomètre indique quelle température quand l'eau bout ?
- D'après toi, d'où viennent les bulles qui apparaissent au fond de la casserole ?
- Si on laisse l'eau bouillir trop longtemps, qu'est-ce qui se passe ?
- Est-ce que la température d'ébullition dépend de la quantité d'eau ?

Activité : l'ébullition

Matériel :

- des plaques chauffantes ;
- deux casseroles ;
- un récipient gradué ;
- trois thermomètres pouvant aller jusqu'à 100 °C ;
- trois pinces à linge ;
- une éponge ;
- des chiffons ou tissus.

Afin de vérifier de manière expérimentale les réponses proposées aux questions précédentes et de tenter d'expliquer ce qui se passe quand l'eau bout, tu vas mettre en œuvre, avec ton enseignant, le protocole expérimental suivant :

1. Mesurer la même quantité d'eau à mettre dans deux casseroles.
2. Mettre un thermomètre dans chaque casserole.
3. Mettre les casseroles sur deux plaques différentes à différentes puissances.
4. Observer ce qui se passe dans les casseroles, relever les températures toutes les minutes.
5. Laisser bouillir cinq minutes.
6. Éteindre les plaques, laisser refroidir et mesurer les quantités d'eau.

À tour de rôle, un élève peut relever la température et l'annoncer à la classe (fréquence : chaque minute).

- Prends des mesures de température à intervalles réguliers. Note tes résultats dans ton cahier d'expériences, en remplissant le tableau suivant :

Temps	Température (en °C)	Présence de bulles (oui/non)	Autres remarques
1 minute			
2 minutes			
3 minutes			
...			

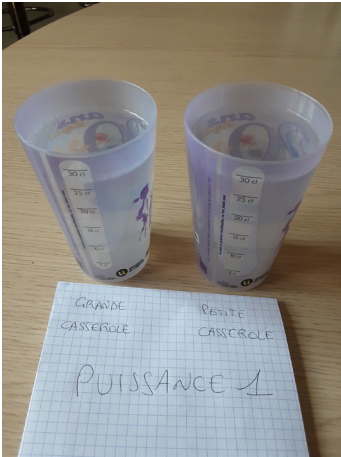
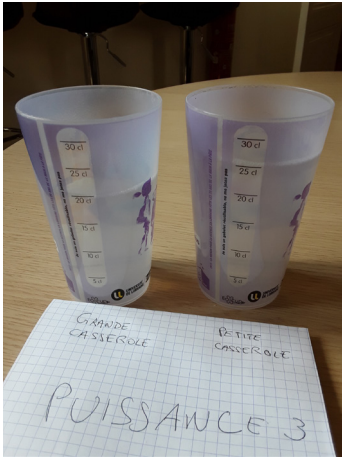
- Rédige quelques phrases pour répondre plus précisément aux questions posées en début d'activité, en te basant sur tes résultats et observations.

La matière — Vaporisation — Ébullition

Activité : l'ébullition

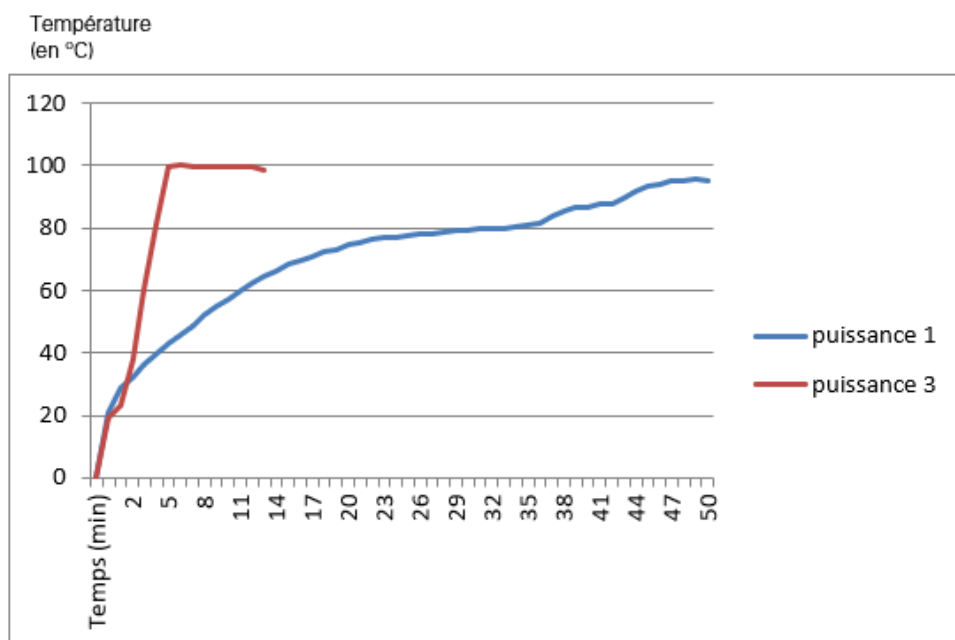
Avec deux casseroles différentes (une grande et une petite), nous avons fait l'expérimentation deux fois, une fois à puissance 3, une fois à puissance 1.

La quantité initiale d'eau versée dans les deux casseroles (eau du robinet) est de 40 ml.

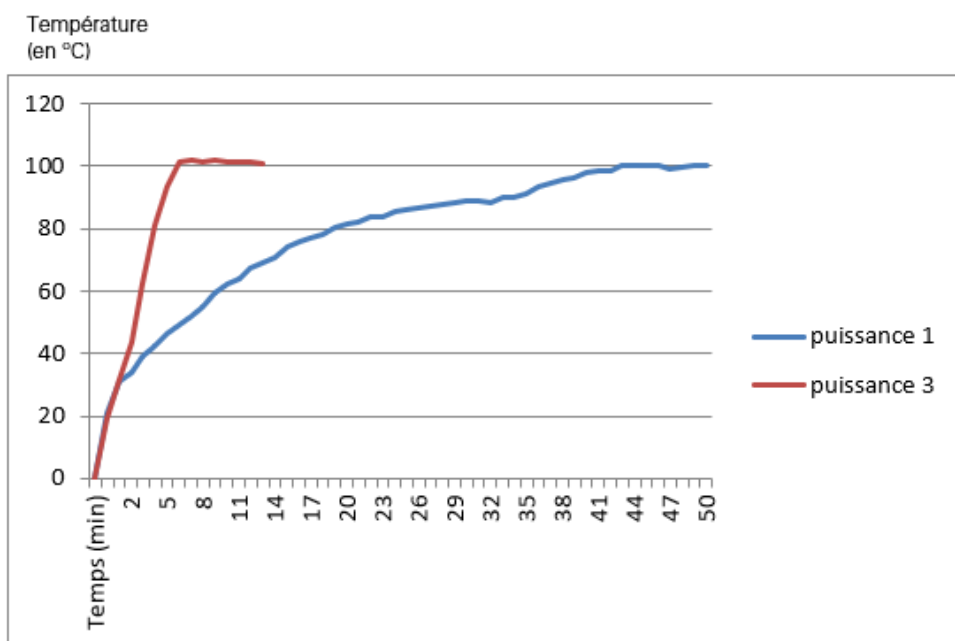
Préparation de l'expérience	Mise en route	Apparition des premières bulles (d'air)
		
Ébullition	Quantité d'eau restant après cinq minutes d'ébullition dans la grande et la petite casserole à puissance 1 et 3	
		
<p>La quantité d'eau restante est différente dans les deux casseroles.</p> <p>Puissance 1 : Grande casserole : reste 27 ml ; petite casserole : reste 29,5 ml</p> <p>Puissance 3 : Grande casserole : reste 20 ml ; petite casserole : reste 25 ml</p>		

Résultats obtenus : mesures de température à intervalles réguliers

Grande casserole



Petite casserole



Réponses aux questions posées

- Ce que l'on voit au-dessus d'une casserole pleine d'eau sur le feu, pour toi, qu'est-ce que c'est ?

Au-dessus de la casserole, tu vois apparaître un « nuage » qui disparaît ensuite. C'est de l'eau à l'état liquide, sous forme de minuscules gouttelettes, en suspension dans l'air, exactement comme dans certains nuages.

En effet, la vapeur d'eau issue de l'évaporation à la surface de l'eau, ou apparue dans le liquide et remontant à la surface, se mélange à l'air au-dessus de la casserole. L'air ayant une température plus basse que celle de la casserole, la vapeur d'eau subit alors un refroidissement et se liquéfie : elle passe de l'état gazeux à l'état liquide, sous forme de minuscules gouttelettes. Le nuage visible (ou brouillard) est donc constitué d'eau liquide, de gouttelettes en suspension dans l'air, qui passent à nouveau à l'état gazeux lorsqu'elles s'éloignent de la casserole.

- D'après toi, quelle température le thermomètre indique-t-il quand l'eau bout ? Est-ce que la température d'ébullition dépend de la quantité d'eau ?

La température augmente petit à petit, pour atteindre environ 98 à 100 °C. Elle se stabilise alors, même lorsqu'on continue de chauffer. Il s'agit de la température d'ébullition qui n'est ni affectée par la durée du chauffage, ni par la puissance de la source, ni par la quantité d'eau à l'état liquide. La quantité d'eau à l'état liquide a diminué dans les deux casseroles et la température d'ébullition reste constante (aux alentours de 100 °C).

Tu as normalement pu vérifier que la température d'ébullition est la même dans les deux casseroles. Elle varie autour de 100 °C.

Les températures affichées dépendent des thermomètres eux-mêmes. Lorsqu'on utilise deux thermomètres différents, ils n'affichent pas forcément exactement la même mesure. Il existe toujours des incertitudes liées aux instruments de mesure.

Avant d'utiliser plusieurs thermomètres dans la classe, vérifie avec tes camarades et l'enseignant les écarts de température affichés par les thermomètres pour en tenir compte dans tes interprétations.

- D'après toi, d'où viennent les bulles qui apparaissent au fond de la casserole ?

Au cours de l'ébullition, les toutes petites bulles qui apparaissent généralement sur les bords de la casserole à partir de 40 °C sont constituées d'air qui était dissous dans l'eau. Les plus grosses bulles qui apparaissent ensuite au cœur de l'eau liquide à 100 °C et qui remontent à la surface sont, elles, constituées d'eau à l'état gazeux. Il s'agit de vapeur d'eau qui se forme en pleine eau à l'état liquide.

- Si on laisse l'eau bouillir trop longtemps, qu'est-ce qui se passe ?

Après un certain temps d'ébullition, la quantité d'eau à l'état liquide a diminué dans les casseroles, car une partie de l'eau à l'état liquide est passée à l'état gazeux. Avec la plaque la plus puissante, on remarque que la quantité d'eau restant dans la casserole est plus petite ; dans ce cas, une plus grande quantité d'eau est passée à l'état gazeux, la température d'ébullition étant pourtant la même dans les deux casseroles.

Conclusion générale sur la vaporisation

- L'eau peut exister à l'état gazeux : la vapeur d'eau, qui est invisible.
- Le passage de l'état gazeux à l'état liquide s'appelle la liquéfaction. C'est ce changement d'état qui s'opère lorsque tu observes du brouillard (fines gouttelettes d'eau à l'état liquide) au-dessus de la casserole.
- Le passage de l'état liquide à l'état gazeux s'appelle la vaporisation.
- Il existe deux types différents de vaporisation : l'évaporation et l'ébullition.
 - L'évaporation se produit uniquement en surface des liquides et pour des températures ambiantes.
 - L'ébullition se produit au cœur même du liquide pour des températures proches de 100 °C.

La matière — La liquéfaction

Tu vas réaliser quelques expériences pour mettre en évidence le phénomène de liquéfaction.

Première expérience

- Lis la description de l'expérience suivante :
 - mettre de l'eau très chaude dans une casserole ;
 - vider l'eau de la casserole dans un évier ou dans un bac à côté ;
 - mettre un couvercle en verre transparent sur la casserole ;
 - observer ce qui se passe sur le couvercle.
- Si tu devais réaliser cette expérience, que penses-tu que tu observerais ?

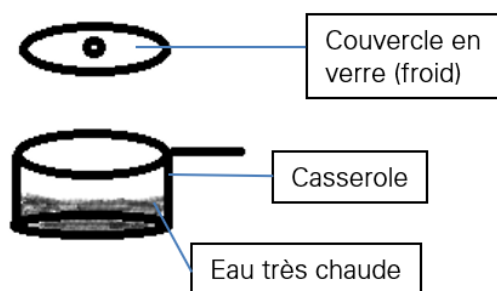
Écris ta réponse et dessine l'expérience.

Réalise ensuite cette expérience avec ton enseignant ou un adulte. Que constates-tu ? Est-ce ce à quoi tu t'attendais ?

Donne une explication au phénomène observé.

Seconde expérience

- Regarde le schéma de l'expérience ci-dessous. D'après toi, que vas-tu observer quand tu feras l'expérience ?
- Décris en quelques phrases dans ton cahier d'expériences ce que tu penses observer.



- Réalise l'expérience avec ton enseignant ou un adulte. Qu' observes-tu ? Est-ce ce à quoi tu t'attendais ?
- Décris en quelques phrases tes observations et explique les phénomènes observés.

La matière — La liquéfaction

Première expérience

Un exemple de réalisation en images :

Mettre de l'eau très chaude dans une casserole.	Vider l'eau de la casserole dans un évier ou dans un bac à côté.	La casserole ne contient plus d'eau liquide.
		
Mettre un couvercle en verre transparent sur la casserole.	Observer la buée qui se forme sur le couvercle.	
		

En réalisant cette expérience, tu observes que de la buée se dépose sur le couvercle. Si tu passes ton doigt sur l'intérieur du couvercle, celui-ci est mouillé.



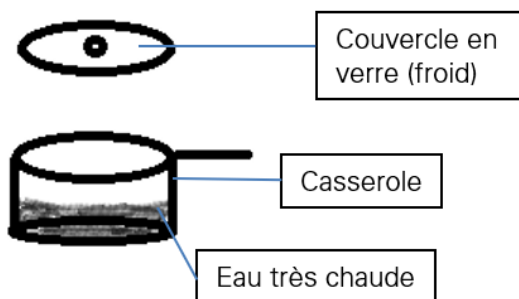
Quelques explications :

Mais d'où vient cette buée ?

Le fait de faire chauffer de l'eau à l'état liquide favorise l'évaporation, soit l'apparition de vapeur d'eau à sa surface (eau à l'état gazeux). Et quand tu verses l'eau chaude à l'état liquide dans un bac et que tu poses un couvercle sur la casserole, il reste à l'intérieur de l'eau à l'état gazeux, de la vapeur, invisible. Au contact du couvercle, plus froid que l'intérieur de la casserole, l'eau à l'état gazeux se transforme en eau à l'état liquide.

L'eau à l'état liquide que tu as sur ton doigt provient donc d'un changement d'état ou, dans notre expérience, d'une série de deux changements d'état consécutifs. Dans un premier temps, une vaporisation, puis une liquéfaction (passage de l'état gazeux à l'état liquide).

Deuxième expérience



En réalisant l'expérience ci-dessus, tu observes l'apparition de buée sur le couvercle en verre et constates en passant le doigt sur ce couvercle qu'il s'agit bien d'eau à l'état liquide.

L'eau à l'état liquide contenue dans le bac s'est évaporée dans l'air sous forme de gaz (invisible). L'eau sous forme de gaz est appelée vapeur d'eau. Au contact du couvercle, plus froid que l'air environnant, la vapeur d'eau se retransforme en eau à l'état liquide.

Conclusion

L'eau peut passer de l'état gazeux (invisible) à l'état liquide, à la suite d'un refroidissement. Cela s'appelle un changement d'état de la matière : ce passage de l'état gazeux à l'état liquide est appelé liquéfaction.

Auteurs

Anne LEJEUNE, Frédéric PEREZ, travail collectif : Fondation *La main à la pâte*

Remerciements

Tamar SAISON, Philippe DELFORGE

Date de publication

Mars 2022

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes
75 006 Paris
01 85 08 71 79
contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

 FONDATION
La main à la pâte
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE