La classe, un laboratoire…

> PAR NICOLAS FÉDÉLICH, PROFESSEUR DES ÉCOLES

Place dans les programmes

SCIENCES EXPÉRIMENTALES ET TECHNOLOGIE
La matière • États et changements d'état de l'eau, mélanges et solutions.

CULTURE HUMANISTE
Histoire • Une Europe en expansion industrielle, le temps du travail en usine, des progrès techniques.

ÉDUCATION CIVIQUE ET MORALE
Acquisition des règles de sécurité • Savoir si une activité, un jeu ou un geste de la vie courante présente un danger vital.

Objectifs et démarche

Qu'est-ce que la chimie ? • Cette séquence pédagogique souhaite sensibiliser les élèves du cycle 3 à l'utilisation qu'ils font de la chimie dans tous les aspects de leur vie. En tant que consommateurs de produits industriels, nous sommes les derniers usagers d'une chaîne logistique longue et complexe sans pour autant nous intéresser toujours à leur provenance et à leur transformation.

La chimie est la science de la matière et de ses transformations et n'est pas au programme de l'école. Mais les changements d'état qui relèvent du domaine de la physique s'étudient au cycle 3. Pour une première approche, on va s'intéresser à certains d'entre eux qui, grâce à des protocoles expérimentaux, sont facilement reproductibles en classe et explorent des domaines variés.

La chimie industrielle dans l'histoire • Malgré les pratiques et les savoirs empiriques des artisans, et après les essais de transmutation des alchimistes, la chimie moderne, en tant que science exacte, est née assez tardivement, avec Antoine Lavoisier (1743-1794). Au XIXe siècle sont réalisés de grands progrès scientifiques dans lesquels la chimie trouve une place de choix, notamment avec le développement massif de la métallurgie. Le tableau d'Adolf Friedrich Erdmann von Menzel, *La Forge* (**DOC A**), date de cette période et illustre la séparation du métal et du minerai grâce à des opérations chimiques.

Le **DOC B** représente quelques objets traditionnels en verre, instruments de base du chimiste dont la dénomination permettra l'acquisition d'un vocabulaire spécifique.

Les états de la matière • La caractérisation de la matière par ses trois états constitue une deuxième partie de la séquence pédagogique en liaison avec le programme du cycle 3 (**DOC C**). L'élève doit se montrer capable de différencier les états solide, liquide ou gazeux résultant chacun d'un ordre ou d'un désordre des atomes, et acquérir quelques notions sur leur transformation.

Mettre en scène la matière • Faire des sciences à l'école ne consiste pas seulement à lire des documents mais à mettre en œuvre une démarche expérimentale qui nécessite l'utilisation d'objets techniques et la réalisation d'expériences. Cette étape constitue la plus grande partie de la séquence. Elle permet d'explorer également quelques aspects du programme : considérations physiques (mélanges, solutions et états de l'eau dans les **DOCS C** à **F**) et chimiques (réactions dans la réalisation de bulles de savon du **DOC G** et dégagement gazeux de dioxyde de carbone lors de la fabrication de la maquette d'un volcan du **DOC H**). Cette physique-chimie de l'expérience trouve des applications dans la vie quotidienne : l'eau salée (**DOC D**), par exemple, a un point de congélation plus faible que l'eau seule, c'est la raison pour laquelle elle est utilisée sur les routes les jours de gel.

Les protocoles expérimentaux des **DOCS D** à **H** réalisés sous le contrôle de l'enseignant sont complétés par les **Activités 3** et **4**, p. 44-45. L'**Activité 2** p. 44 s'appuie davantage sur le **DOC C**, elle peut être travaillée individuellement. L'**Activité 1** p. 44 permet une réflexion générale à partir des **DOCS A** et **B**.

Prolongement • De nombreuses ressources existent sur internet. Dans un souci d'approfondissement pédagogique, le site de « La Main à la pâte » a l'avantage d'être mis à jour régulièrement et de répondre aux questions d'enseignants qui pratiquent une démarche expérimentale dans leur classe. Il existe également de nombreuses associations, toutes convaincues de la nécessité d'enrichir l'apprentissage des sciences expérimentales à l'école, qui proposent des interventions en classe afin d'aider les enseignants à s'aventurer dans ce domaine.

SAVOIR +

- *TDC,* n° 789, « Déchets ménagers, l'affaire de tous », 1er février 2000.
- *TDC,* n° 826, « Pétrole, vers la pénurie », 15 décembre 2001.
- www.cea.fr/var/cea/storage/static/fr/jeunes/animation/playBac2/03_etats_matiere.html

>> DOCUMENTS

A La fabrication des métaux

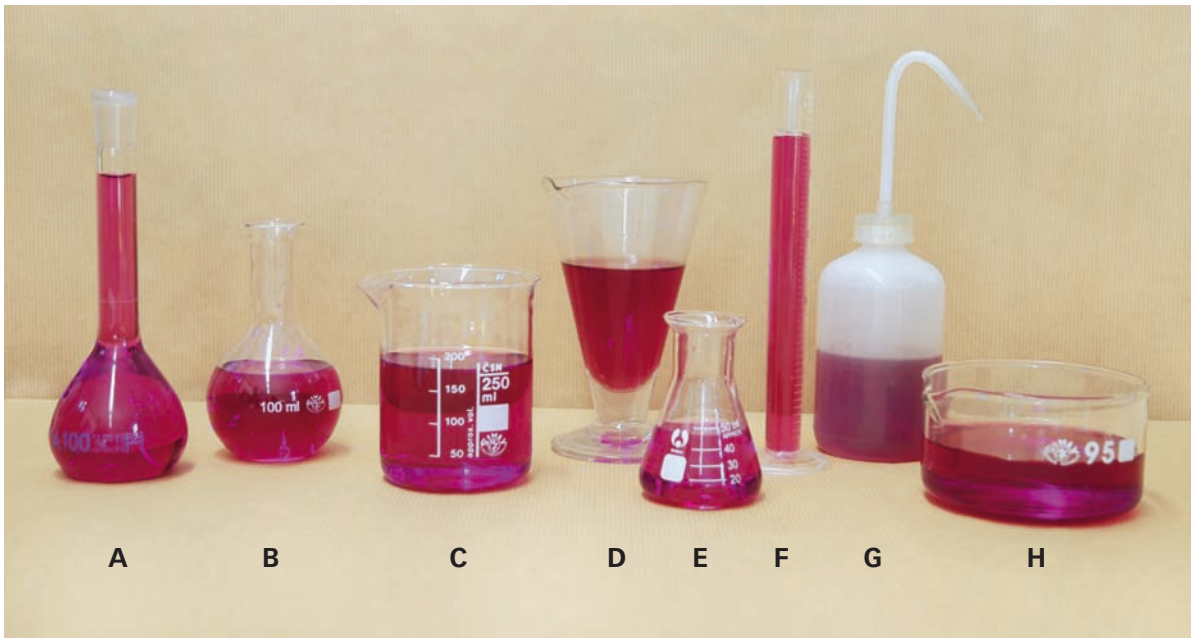
● **Adolf Friedrich Erdmann von Menzel (1815-1905), *La Forge (Cyclopes modernes)*, 1875.** Huile sur toile, 158 x 254 cm. Berlin, Alte Nationalgalerie.



© BPK, BERLIN, DIST'R RMN/KLAUS GÖKEN

B La verrerie des laboratoires

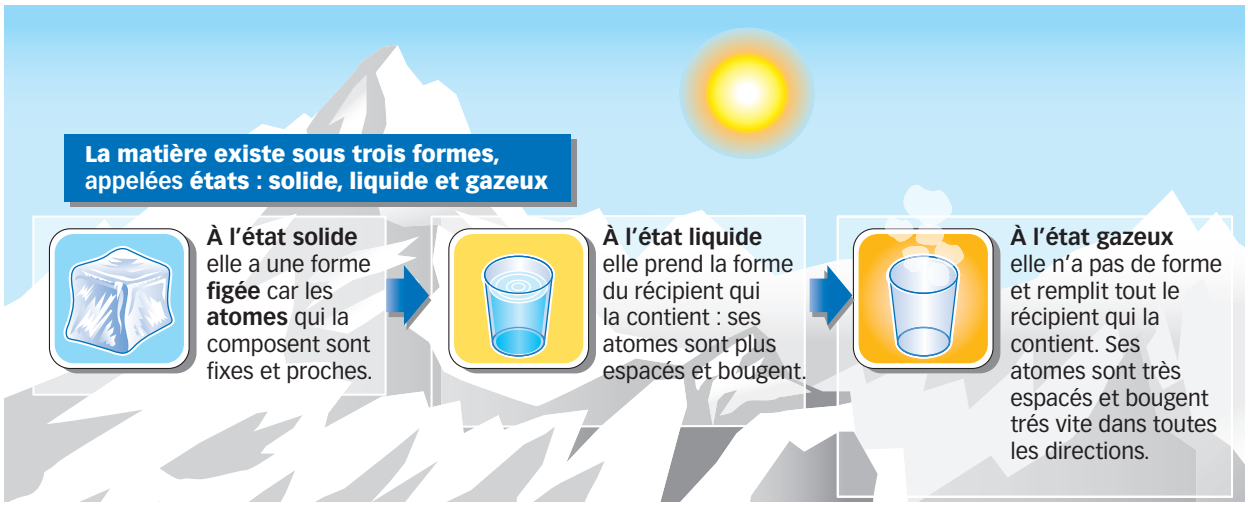
● **Une fiole (A) ; un ballon à fond plat (B) ; un bécher (C) ; un verre à pied (D) ; un erlenmeyer (E) ; une éprouvette (F) ; une pissette (G) ; un cristallisoir (H).**



© PIERRE PHILIPPON

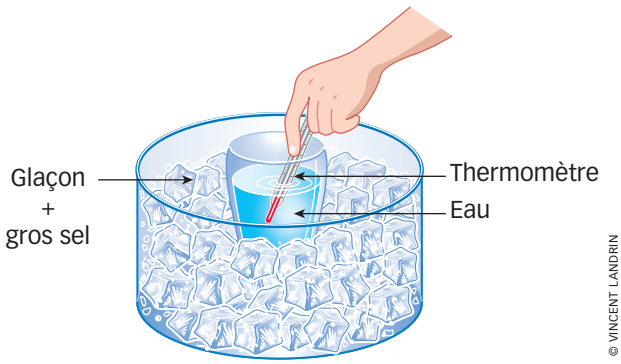
C Les trois états de la matière et leur transformation

• Il y a « fusion » lorsqu'un solide passe à l'état liquide, « évaporation » lorsque le liquide devient gaz, « condensation » lorsque le gaz devient liquide, « solidification » lorsque le liquide devient solide.



D Fabriquer de la glace

• Ce mélange réfrigérant contient de la glace et du sel. Sa température étant très basse, l'eau liquide est en train de devenir eau solide (glace).



E Filtrer de l'eau

• L'eau du robinet est souvent obtenue par potabilisation : après des filtrations successives, elle est débarrassée des impuretés. On peut reproduire l'une de ces filtrations.



F Connaître les propriétés des mélanges

• Dans chacun de ces verres, deux constituants ont été mélangés. On dit que deux liquides sont « miscibles » si l'on ne peut plus les distinguer : le mélange est alors « homogène » ; sinon, il est « hétérogène ». Dans une « solution », un constituant, souvent solide, se dissout dans un « solvant » liquide. Ici, le solvant est l'eau.



eau + sirop | **eau + huile** | **eau + sel** | **eau + sable**

© VINCENT LANDRIN

G Des bulles de savon

● Ce protocole expérimental permet la réalisation d'un liquide à bulles de savon. Chacun des ingrédients a une action pour que la bulle naisse et tienne.

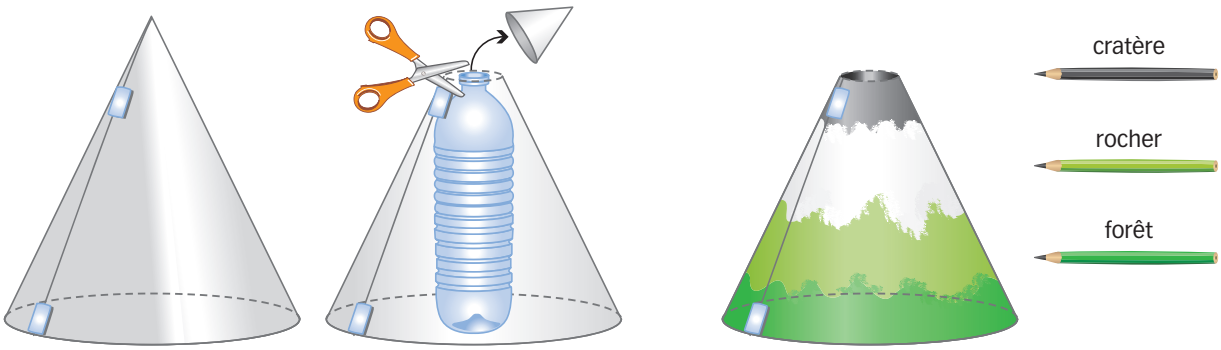
Ingrédients
savon liquide
glycérine
eau (dans une pissette)

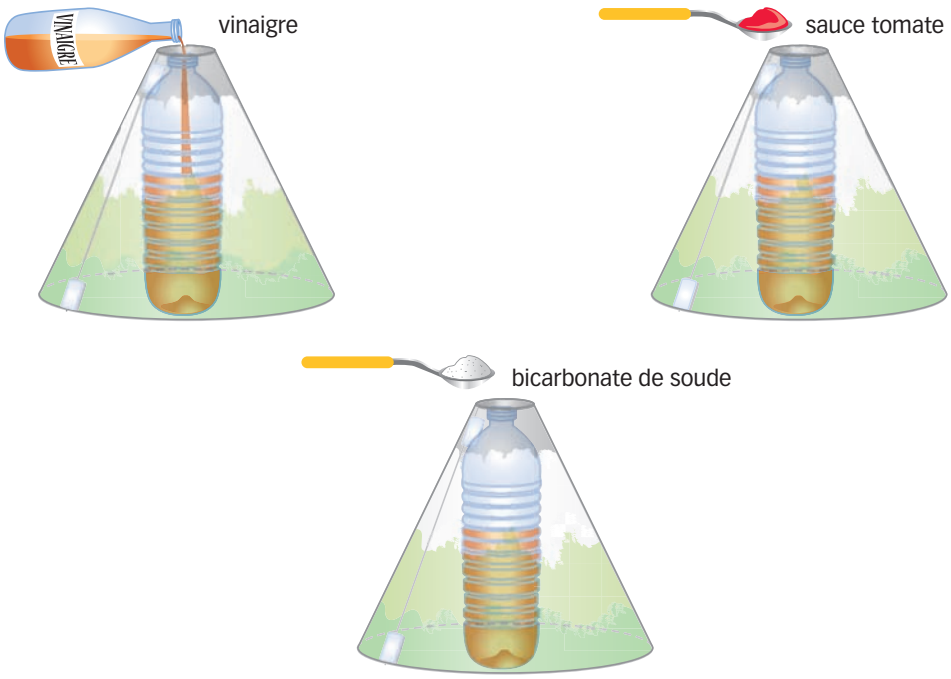
Matériel
1 éprouvette de 10 mL
1 pot
1 abaisse-langue
1 éprouvette de 50 mL
1 récipient de stockage

Mode opératoire
Mesurer 4 mL de savon liquide avec l'éprouvette de 10 mL.
Les transvaser dans le pot.
Ajouter 45 gouttes de glycérine au contenu du pot.
Mélanger avec l'abaisse-langue jusqu'à obtenir un mélange homogène.
Mesurer 40 mL d'eau avec l'éprouvette de 50 mL.
Les transvaser dans le pot.
Mélanger doucement avec l'abaisse-langue.
Transvaser le contenu du pot dans le récipient de stockage.
Boucher et étiqueter le récipient de stockage.
Le liquide à bulles de savon est prêt à l'emploi.

H Une éruption volcanique

● Cette maquette est fabriquée à partir d'une bouteille de plastique et d'un cône en papier décoré. La réaction chimique produite entre du vinaigre et du bicarbonate de sodium simule l'éruption par un fort dégagement gazeux et une montée de lave.





© VINCENT LANDRIN

>> ANALYSES ET PISTES D'EXPLOITATION

A La chimie des métaux

Du minerai au métal • Au cœur de cet immense atelier obscur, qui évoque celui de Vulcain, dieu des métaux et des forgerons, du métal en fusion coule de la gueule béante et inquiétante de la forge. Autour d'elle s'affairent des ouvriers tels des Cyclopes – sous-titre de l'œuvre – chargés de le recueillir. D'autres, sur les côtés, font une pause repas près de la machine, ce qui laisse imaginer le bruit, la fournaise et la poussière. Outre son témoignage sur les conditions ouvrières dans l'Allemagne industrielle du XIXe siècle, *La Forge*, œuvre d'Adolf Friedrich Erdmann von Menzel, illustre le travail de la matière transformée et moulée par des procédés chimiques nouveaux, notamment par la combustion du carbone et l'élimination des minéraux réalisée lors de la conversion de la fonte en acier dans les convertisseurs Bessmer. Le métal est préparé selon des procédures précises (la trempe et le recuit) qui permettent d'obtenir des aciers de qualités différentes mesurées par des propriétés diverses, la dureté, la conduction thermique, la conductibilité électrique, la ductilité, le caractère inoxydable ou la quantité d'inclusions. Obtenus en masse, ces nouveaux aciers serviront aux constructions audacieuses qui se sont développées par la suite. • Proposer l'**Activité 1**, p. 44.

B La verrerie des laboratoires

Des outils spécifiques • En chimie, comme dans l'ensemble des disciplines scientifiques, un matériel spécifique est requis, notamment des récipients en verre tous différents par leur forme, leur contenance et leur utilisation. La fiole sert à ajuster un volume de liquide, l'éprouvette mesure un volume à verser et le verre à pied stocke un produit. On prélève dans un bécher, on fait réagir dans un erlenmeyer ou un ballon. La pissette, qui contient souvent de l'eau distillée, et son tube verseur figurent sur toutes les paillasses de laboratoire. Lors de la description des expériences, la verrerie utilisée est schématisée, ce qui permet le repérage rapide du matériel. • Proposer l'**Activité 2**, p. 44.

C à F Solides, liquides et gaz

La matière se présente de façon générale sous trois états différents : le solide, le liquide, le gazeux (**DOC C**). Chacun d'eux se caractérise par la façon dont les atomes ou les molécules qui la constituent sont liés les uns aux autres : les liaisons sont fortes dans un solide, plus faibles dans un liquide, quasiment nulles dans un gaz. Le passage de l'état solide à l'état liquide puis gazeux résulte d'un mouvement de plus en plus désordonné des molécules.

Ces trois états peuvent être mimés en classe. Ainsi, pour figurer l'état solide, deux élèves se prendront par le bras en se collant l'un à l'autre : si l'un d'eux bouge, l'autre doit le suivre dans un mouvement similaire. Pour l'état liquide, ils pourront se donner la main, sans être trop rapprochés : le mouvement de l'un aura une incidence sur le mouvement de l'autre, d'une manière moins automatique. Enfin, pour mimer l'état gazeux, ils évolueront librement dans le même espace sans lien particulier. Selon les modalités de leur déplacement, ils risquent cependant de se rencontrer : c'est ce qui arrive aussi aux molécules des gaz.

Un corps peut passer d'un état à un autre dans des conditions particulières. Dans la vie quotidienne, on assiste souvent, notamment avec l'eau, aux passages de l'un à l'autre. Les expériences qui suivent (**DOCS D** à **F**) permettront d'aborder ces transformations.

L'utilisation d'un vocabulaire spécifique permet de nommer et d'affiner la réalité physique. L'« eau gazeuse », par exemple, n'est pas de l'eau à l'état de gaz, mais un mélange d'eau liquide et de dioxyde de carbone dissout dans l'eau. La notion d'air peut poser problème pendant le passage du liquide au gaz. Lors de l'ébullition de l'eau à 100 °C, on se trouve en présence de deux états : celui de l'eau liquide qui diminue et celui de l'eau gazeuse qui s'échappe ; les « bulles » ne sont pas de l'air mais toujours de l'eau. • Proposer l'**Activité 3**, p. 45.

Eau liquide, eau solide (**DOC D**) • Pour réaliser ce protocole, on ajoute du sel à de la glace pilée. L'énergie nécessaire à ce changement a tendance à faire baisser la température du mélange. Celui-ci peut atteindre en théorie – 21 °C. On utilise un autre récipient plongé dans ce mélange pour étudier la solidification de l'eau. À l'aide d'un thermomètre, on mesure à intervalles réguliers la température ambiante ainsi que celle de la solidification pour étudier le palier de température à 0 °C et obtenir, par construction graphique, une courbe représentative d'un changement d'état. • Proposer l'**Activité 4**, p. 45.

Qualité de l'eau (**DOC E**) • Dans cette deuxième expérience, qui ne relève pas de la chimie, on filtre de l'eau « sale ». La notion de saleté est à commenter : qu'est-ce qu'une eau sale ? Quand une eau est « transparente » n'est-elle pas potable ? On éliminera ainsi les critères de transparence ou d'absence d'odeur pour qualifier d'eau n'importe quel liquide.

La filtration de l'eau est à la base de tout traitement d'épuration, de dépollution et de potabilisation. Des filtrations successives, au travers de substrats différents, la rendent plus conforme à l'idée de pureté. Lors de l'expérience, on évoquera les traitements chimiques complémentaires dans la réalité car, même bien filtrée, l'eau obtenue n'est pas potable pour autant.

Mélanges et solutions (DOC F) • Cette expérimentation permet d'assister à des changements d'état des constituants des mélanges et à caractériser certaines propriétés. Elle donne l'occasion, encore une fois, de définir le vocabulaire. « Fondre » implique un changement d'état (fusion), « dissoudre » signifie la désagrégation d'un corps dans un liquide appelé « solvant ». La conservation de la matière est visible dans un mélange d'eau et de sable, elle ne l'est plus dans celui de l'eau et du sel. On mettra en évidence cette observation en faisant s'évaporer le mélange et en récupérant le sel dans le verre.

Dans une solution, on parle de « solvant », comme l'eau dans notre cas, et de « soluté » pour la substance dissoute. L'eau et le sirop sont « miscibles » car ils ont la capacité de se mélanger de manière homogène. Ce n'est pas le cas de l'eau et de l'huile (même si en forçant le mélange on peut obtenir une émulsion provisoire). En revanche, une émulsion peut être stabilisée par l'intermédiaire d'un émulsifiant, très utilisé dans les préparations culinaires : la mayonnaise tient grâce à la lécithine du jaune d'œuf. • Proposer l'**Activité 4**, p. 45.

G et H Des expériences chimiques

Fabrication des bulles de savon (DOC G) • Ce protocole place les élèves dans la position de laborantins aux prises avec un matériel technique et un mode opératoire. Le matériel choisi rappelle la verrerie du DOC B. Les consignes insistent sur des verbes d'action récurrents : « mesurer », « ajouter », « mélanger », « transvaser ». La séance se termine par une autre étape essentielle : l'étiquetage du produit obtenu afin de l'identifier.

Les ingrédients utilisés (savon liquide, glycérine, eau) favorisent l'obtention d'un mélange homogène. Leurs propriétés permettent la fabrication des bulles. Pour les caractériser, on peut parler de l'eau comme matériau de base, du savon comme élément fondateur de la bulle et de la glycérine comme agent apportant une viscosité à l'ensemble et lui permettant de mieux tenir.

La physique de la bulle de savon est complexe. Une fois l'émerveillement passé au moment de la réalisation, on remarque que la stabilité de la bulle (elle est relative puisqu'elle finit par éclater) est due aux agents actifs du savon qui réduisent la tension superficielle de l'eau et emprisonnent une mince couche d'eau (prise comme en sandwich). Sa forme explique un principe fondamental d'énergie : forcé à être en contact avec l'air, l'objet savonneux adopte la forme qui a le plus grand volume pour la plus petite surface, optimisant ainsi la dépense énergétique en minimisant la surface de contact.

Simulation d'une éruption volcanique (DOC H) • Dans ce protocole expérimental, le volcan est figuré par un cône (recouvert d'argile et décoré selon les légendes) placé sur une bouteille. Celle-ci représente la chambre magmatique qui recevra les réactifs et son col simule la cheminée volcanique et le cratère. Les réactifs sont une solution de bicarbonate de sodium à laquelle on ajoute un colorant : de la sauce tomate (sans vinaigre) ou du sirop de grenadine. C'est l'addition de vinaigre qui initie la réaction et l'éruption. Cette réaction acido-basique fait réagir les ions bicarbonates, molécules en solution, avec les ions hydrogène du vinaigre, et favorise l'obtention d'un nouveau produit, le dioxyde de carbone (CO_2).

Il est possible d'écrire au tableau la réaction. La notion importante est symbolisée par la flèche de la réaction. C'est la rencontre entre certains réactifs qui donne les produits. L'eau ne joue ici qu'un rôle de solvant. L'équation chimique simplifiée peut être écrite sous la forme « bicarbonate + vinaigre → dioxyde de carbone », ce qui est, pour une première approche, suffisant car elle respecte la forme générale des réactions que les élèves exploreront dans les classes suivantes.

>> CORRIGÉ DES ACTIVITÉS PP. 44-45

1 a. Elle est ancienne parce qu'elle était déjà pratiquée par les hommes préhistoriques, notamment pour transformer les métaux. Les alchimistes ne sont pas des chimistes parce que les réactions qu'ils veulent produire reposent plus sur des croyances que sur des réalités scientifiques. Les hommes ont pu commencer à comprendre la chimie à partir du moment où ils ont mieux compris comment la matière était faite. Cela signifie que la quantité de matière qui est transformée pendant la réaction reste la même ; seule la forme de la matière a changé. Les plastiques, certaines fibres textiles, l'essence ou le bitume sont fabriqués à partir du pétrole. Nous pouvons bouger grâce aux sucres contenus dans nos aliments qui subissent des réactions chimiques pour produire une substance utilisable par les muscles.

2 a. État solide : livre, trousse, table, glaçon, sable. État liquide : sirop de grenadine, eau (dans la bouteille), huile, essence, sable. État gazeux : vapeur d'eau, air. b. De solide à liquide : fusion ; de liquide à gaz : évaporation ; de gaz à liquide : condensation ; de liquide à solide : solidification.

3 Hors du mélange, le thermomètre mesure la température de la pièce. Plongé dans l'eau au milieu du mélange réfrigérant, la température baisse rapidement. Quand elle parvient à 0 °C, elle observe un palier de température tout le temps du changement d'état.

4 Dans ces mélanges, l'eau est toujours à l'état liquide. Sirop et huile : liquide ; sel et sable : solide. Solutions et mélanges homogènes : eau/sirop et eau/sel. Mélanges hétérogènes : eau/huile et eau/sable. Observations : eau/sirop : le sirop colore l'eau ; eau/huile : l'huile est moins dense que l'eau et reste au-dessus, si on les mélange il y a émulsion ; eau/sel : le sel se dissout dans l'eau, on ne le voit plus mais il reste présent dans l'eau ; eau/sable : le sable se dépose au fond.

>> ACTIVITÉS

1 Qu'est-ce que la chimie ? | cycle 3 | doc B

Repérer les informations dans un texte. Connaître un vocabulaire spécifique.

a. Lis le texte ci-dessous et réponds aux questions suivantes :

> Les hommes préhistoriques étaient déjà des chimistes sans le savoir : ils utilisaient le feu pour cuire les aliments et transformaient donc la nourriture ; ils travaillaient les métaux et réalisaient des alliages[1] ; ils avaient aussi des activités de teinturerie. Plus tard, les alchimistes[2] ont cru que certaines réactions chimiques[3] permettaient de changer le plomb en or. Mais c'est à partir du XVIIIe siècle, par une meilleure connaissance de la matière, que la chimie comme discipline scientifique prend son essor. La célèbre phrase « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme », attribuée au chimiste Lavoisier (il ne l'a pas dite exactement comme cela), illustre bien la notion de réaction et de conservation de la matière pendant une expérience.
> Ainsi, la chimie est la science de la transformation de la matière. L'essence, le bitume des routes et les plastiques, certaines fibres textiles sont, par exemple, tous des produits issus du pétrole. Notre corps est une usine chimique puisque le sucre (glucose) que nous ingérons passe par le sang, est transformé et stocké (il s'appelle alors glycogène) puis est réutilisé par les muscles pour que nous puissions nous mouvoir.
>
> **1** Mélange de plusieurs métaux. Par exemple, le laiton est un alliage de cuivre et de zinc.
> **2** Personnes qui, au Moyen Âge et à la Renaissance, pensaient pouvoir changer les métaux courants en métaux plus nobles, de manière presque magique.
> **3** Une réaction chimique est l'action de mélanger des espèces chimiques pour qu'elles réagissent et se transforment afin de donner de nouveaux produits.

- Pourquoi peut-on dire que la pratique de la chimie est ancienne ?
- Pour quelle raison les alchimistes n'étaient-ils pas réellement des chimistes ?
- Quelle connaissance a été nécessaire pour commencer à comprendre la chimie ?
- Que veut dire : « la matière se conserve pendant une réaction » ?
- Quels produits sont fabriqués à partir du pétrole ?
- Grâce à quel aliment nous est-il possible de bouger ?

b. Reproduis sous forme de schémas les instruments du **DOC B** et inscris leur nom.

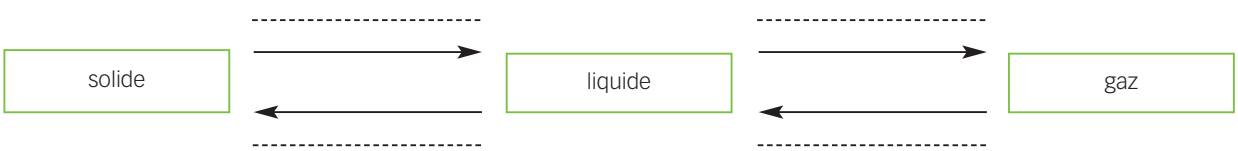
2 États et transformation de la matière | cycle 3 | doc C

Reconnaître l'état de la matière constituant des objets.

a. Classe les mots suivants dans le tableau ci-dessous en fonction de leur état : air, eau (dans la bouteille) ; essence ; glaçon ; huile ; livre ; sirop de grenadine ; sable ; table ; trousse ; vapeur d'eau.

ÉTAT SOLIDE	ÉTAT LIQUIDE	ÉTAT GAZEUX

b. Lis la légende du **DOC C**. Puis complète ce schéma des changements d'état de l'eau à l'aide des mots suivants : évaporation, condensation, fusion, solidification.



© CNDP

3 Relever des températures

cycle 3 | doc D

Acquérir des gestes techniques. Percevoir l'influence de la température sur un changement d'état.

a. Lors de la réalisation de l'expérience du **DOC D**, note les températures dans les tableaux ci-dessous.

• Le thermomètre n'est pas mis dans le mélange réfrigérant.

Temps écoulé (min)	Température (°C)
1 minute	
2 minutes	
3 minutes	

• Le thermomètre est plongé dans l'eau liquide.

Temps écoulé (min)	Température (°C)
3 minutes 30 secondes	
4 minutes	
4 minutes 30 secondes	
5 minutes	
5 minutes 30 secondes	
6 minutes	
6 minutes 30 secondes	
7 minutes	
7 minutes 30 secondes	
8 minutes	
8 minutes 30 secondes	
9 minutes	
9 minutes 30 secondes	

b. Combien de temps s'est-il écoulé pour arriver à 0 °C (ou aux alentours) ?

c. Quelle est la température 1 minute, 5 minutes, 10 minutes après avoir obtenu la température de 0° C ?

4 Renseigner une fiche

cycle 3 | doc F

Distinguer la diversité des liquides et des mélanges.

Réalise les mélanges à l'aide du **DOC F**, puis complète le tableau ci-dessous.

Eau : état …… **Sirop :** état ……	**Eau :** état …… **Huile :** état ……	**Eau :** état …… **Sel :** état ……	**Eau :** état …… **Sable :** état ……
Le mélange est Homogène Hétérogène	**Le mélange est** Homogène Hétérogène	**Le mélange est** Homogène Hétérogène	**Le mélange est** Homogène Hétérogène
C'est une solution Oui Non	**C'est une solution** Oui Non	**C'est une solution** Oui Non	**C'est une solution** Oui Non
Observations	**Observations**	**Observations**	**Observations**

© CNDP