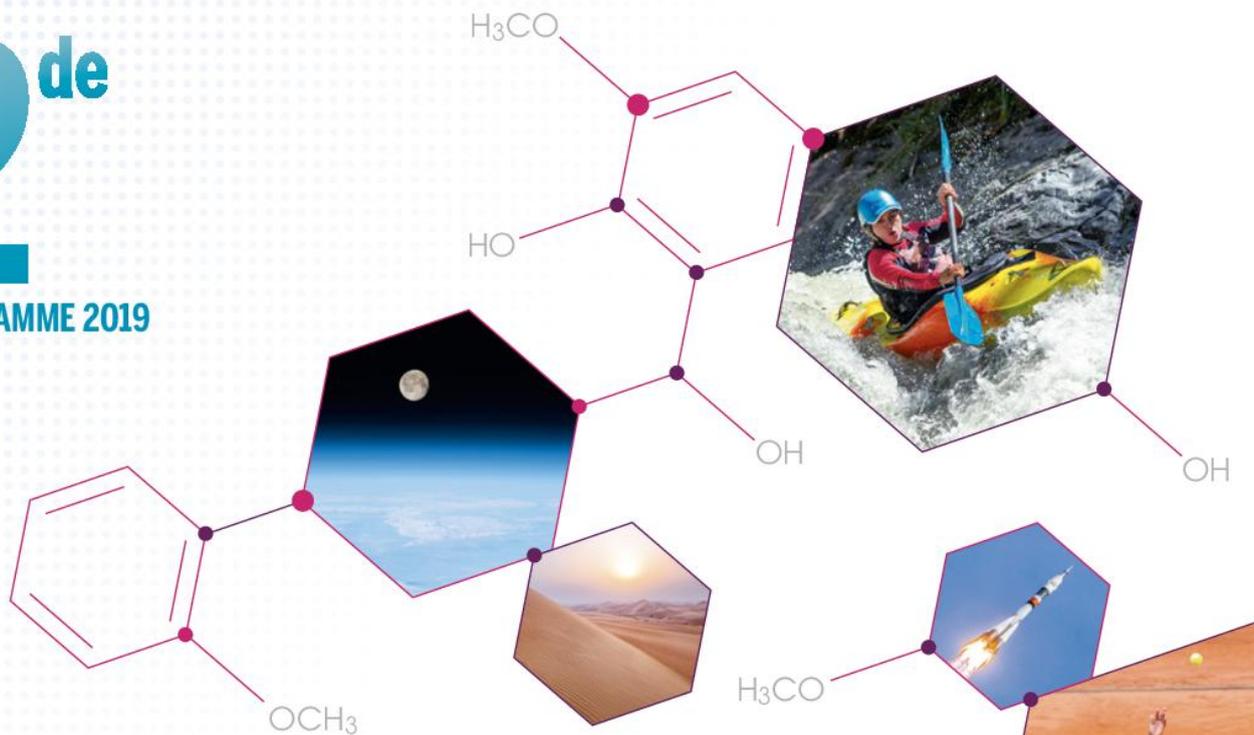


2^{de}

PROGRAMME 2019



PHYSIQUE CHIMIE

MANUEL COLLABORATIF



Des cours
et des TP
en vidéo

LLS.fr/PC2Videos

Un labo de
sciences
interactif

LLS.fr/LaboDeSciences



lelivrescolaire.fr
Éditeur de manuels scolaires collaboratifs et innovants

www.lelivrescolaire.fr

manuel numérique
consultable gratuitement

LES 7 GRANDEURS FONDAMENTALES

- Les symboles des grandeurs sont toujours notés en *italique*, les symboles des unités sans italique.
- Les noms des unités sont des noms communs, ils s'écrivent donc toujours en minuscule.

Grandeur		Unité SI	
Nom	Notation littérale usuelle	Nom	Symbole
longueur	L	mètre	m
masse	m	kilogramme	kg
temps	t	seconde	s
intensité du courant électrique	I	ampère	A
température absolue	T	kelvin	K
quantité de matière	n	mole	mol
intensité lumineuse	I_l	candela	cd

LES PRINCIPALES GRANDEURS USUELLES

Grandeur		Unité usuelle	
Nom	Notation littérale usuelle	Relation de définition	Symbole
masse volumique	ρ	$\rho = \frac{m}{V}$	kg·m ⁻³
densité d'un liquide	d	$d = \frac{\rho_{\text{liquide}}}{\rho_{\text{eau}}}$	-
vitesse	v	$v = \frac{L}{\Delta t}$	m·s ⁻¹
période	T	-	s
fréquence	f	$f = \frac{1}{T}$	Hz (hertz)
longueur d'onde	λ	-	m
force	F	-	N (newton)
poids	P	$P = m \cdot g$	N
intensité de la pesanteur	g	-	N·kg ⁻¹
pression	P	$P = \frac{F}{S}$	Pa (pascal)
tension	U	-	V (volt)
résistance	R	$U = R \cdot I$	Ω (ohm)
énergie	E	-	J (joule)
puissance	P	$P = \frac{E}{\Delta t}$	W (watt)
concentration en masse	γ	$\gamma = \frac{m}{V}$	g·L ⁻¹

CONSTANTES ET GRANDEURS CLASSIQUES

Constante	Valeur	Valeur approchée
vitesse de propagation de la lumière dans le vide	$c = 299792458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
constante de gravitation	$G = 6,67408 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$
charge élémentaire	$e = 1,602176634 \times 10^{-19} \text{ C}$	$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
constante d'Avogadro	$N_A = 6,02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
masse du proton	$m_p = 1,672622 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
masse du neutron	$m_n = 1,674927 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$m_n = 1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
masse de l'électron	$m_e = 9,1093835 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
année lumière	$1 \text{ a.l.} = 9,460730473 \times 10^{15} \text{ m}$	$1 \text{ a.l.} = 9,46 \times 10^{15} \text{ m}$
unité astronomique	$1 \text{ ua} = 1,495978707 \times 10^{11} \text{ m}$	$1 \text{ ua} = 1,50 \times 10^{11} \text{ m}$

MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES

Préfixe	femto	pico	nano	micro	milli	centi	deci	-	kilo	méga	giga	téra	péta
Abréviation	f	p	n	μ	m	c	d	-	k	M	G	T	P
Correspondance en puissance de 10	$\times 10^{-15}$	$\times 10^{-12}$	$\times 10^{-9}$	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-1}$	1	$\times 10^3$	$\times 10^6$	$\times 10^9$	$\times 10^{12}$	$\times 10^{15}$

♦ Pour convertir depuis un multiple ou un sous-multiple à l'unité de base, on remplace le préfixe par la puissance de 10 associée.
 Exemple : $d_1 = 12 \text{ fm} = 12 \times 10^{-15} \text{ m}$; $f = 4,45 \times 10^2 \text{ MHz} = 4,45 \times 10^2 \times 10^6 \text{ Hz} = 4,45 \times 10^8 \text{ Hz}$

LETTRES GRECQUES UTILES EN PHYSIQUE-CHIMIE

Symbole	α	β	γ	Δ	θ	λ	π	ρ	Σ	ω
Nom	alpha	bêta	gamma	Delta	thêta	lambda	pi	rhô	Sigma	oméga



lelivrescolaire.fr
Éditeur de manuels scolaires collaboratifs et innovants

PHYSIQUE CHIMIE 2^{de}



Sous la coordination de
Lionel Douthe et Baptiste Fray, académie de Lyon

Notre comité scientifique

Pascal Bellanca-Penel, Docteur en histoire des sciences, chercheur associé (Université Claude Bernard, Lyon 1) et professeur au lycée La Martinière Monplaisir (69)

Frédéric Bouquet, Enseignant-chercheur (Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud (91))

Évelyne Excoffon, IA-IPR, Académie de Grenoble (38)

Éric Freyssingeas, Docteur en Physique, Maître de conférences (ENS de Lyon (69))

Karen Longa, faisant fonction d'IA-IPR, Académie d'Amiens (60)

François Lux, Docteur en chimie, Maître de conférences (Institut Lumière, Lyon (69))



... ont participé à l'écriture de cette collection de **Physique-Chimie** !

Académie d'Aix-Marseille

Sylvain Beaufiles, professeur agrégé, lycée Antonin Artaud (13)

Académie d'Amiens

Jérémy Auffret, professeur agrégé, lycée Jules Uhry (60)

Frédérique Chesnais, professeure certifiée, collège Jacques Monod (60)

Olivier Chesnais, professeur agrégé, collège Abel Didelet (60)

Sébastien Ferron, professeur certifié, collège du Servois (60)

Jean-Baptiste Serein, professeur certifié, lycée Jules Uhry (60)

Académie de Bordeaux

Nathalie Lasaga, professeure certifiée, collège Jean Cassaigne (40)

Laure Monsignac, professeure certifiée, lycée St-John Perse (64)

Jessica Vierge, professeure certifiée, lycée Jeanne d'Arc (64)

Académie de Caen

Philippe Comte, professeur certifié, lycée Marie-Immaculée (61)

Académie de Clermont-Ferrand

Nathalie Bernaud, professeure certifiée, lycée Notre-Dame du Château (43)

Élodie Maniouloux, professeure certifiée, lycée Notre Dame du Château (43)

Académie de Créteil

Nelly Arrivé-Bernier, professeure certifiée, lycée Condorcet (94)

Guillaume Danoy, professeur certifié, lycée Jacques Brel (93)

Esther Decante, professeure certifiée, lycée Sonia Delaunay (77)

Vincent Etienne, professeur agrégé, lycée Condorcet (93)

Cyril Gaillard, professeur agrégé, lycée de la Mare Carrée (77)

Mégane Hélye, professeure certifiée, lycée Jean Zay (93)

Mathilde Hursin, professeure agrégée, lycée d'Arsonval (94)

Aymeric Jacob, professeur certifié, lycée André Boulloche (93)

Yoann La Porta, professeur certifié, collège les Blés d'or (77)

Julien Leroux, professeur certifié, collège Arthur Chaussy (77)

Claire Loubière, professeure certifiée, lycée Émilie Brontë (77)

Émilie Puch, professeure certifiée, lycée Clément Ader (77)

Vincent Rassinoux, professeur agrégé, lycée Léonard de Vinci (77)

Julien Roubin, professeur certifié, collège Lucie Aubrac (93)

Mélanie Ségard-Lebeau, professeure certifiée, lycée Bossuet (77)

Académie de Dijon

Claire Abderrahmen, professeure agrégée, lycée Jacques Amyot (89)

Marie de Seroux, professeure agrégée, collège Saint-Sacrement (71)

Stéphane Mogenier, professeur certifié, lycée Catherine et Raymond Janot (89)

François Testa, professeur certifié, lycée Louis Davier (89)

Académie de Grenoble

Pascal Doumon, professeur certifié, collège Stendhal (38)

Académie de La Réunion

Emmanuel Rivière, professeur certifié, collège Les Deux Canons (97)

Académie de Lille

Kévin Le Guilloux, professeur certifié, lycée Edmond Labbé (59)

Sophie Vanderbecq, professeure certifiée, lycée Notre-Dame des Anges (59)

Académie de Limoges

Boris Duniau, professeur certifié, lycée Bernart de Ventadour (19)

Académie de Lyon

Antoine Acker, professeur certifié, lycée Ampère (69)

Juliane Berthiau, professeure certifiée, collège Henri Longchambon (69)

Bruno Etcheverry, professeur agrégé, ENS de Lyon (69)

Jérémy Ferrand, professeur agrégé, ENS de Lyon (69)

François Giraud, professeur certifié, lycée La Mache (69)

Christel Gozzi, Enseignante-chercheuse, CPE Lyon (69)

Emmeline Ho, professeure agrégée, Centrale Lyon (69)

Aude Leray, professeure certifiée, lycée Aux Lazaristes (69)

Mickaël Lespinasse, professeur, CCM Lyon (69)

Denis Marchal, professeur certifié, lycée Jean Perrin (69)

Arnaud Moreton, professeur agrégé, lycée-Frédéric Fays (69)

Académie de Montpellier

Denis Ballini, professeur agrégé

Stéphane Bonnaud, professeur agrégé, lycée François Arago (66)

Thierry Devillièrre, professeur certifié (30)

Académie de Nancy-Metz

David Berhault, professeur agrégé, EREA François-Richard Joubert (54)

Florence Deneuve, professeure certifiée, lycée Alfred Kastler (55)

Académie de Nantes

Timothé Hecquet, professeur certifié

Alme Mariel, professeure certifiée, collège Immaculée Conception (49)

Raphael Mégrier, professeur certifié, collège Grand Air (44)

Anne Merceron, professeure agrégée, lycée Notre-Dame (49)

Pierre Pecorella, professeur certifié, collège Pierre Norange (44)

Académie de Nice

Anne Mingalon, professeure certifiée, collège Joseph Pagnol (06)

Académie d'Orléans-Tours

Pierre Aranaz, professeur certifié, lycée Durzy (45)

Académie de Paris

Sandrine Ballenghien, professeure certifiée, lycée Jules Ferry (75)

Marie-Camille Coudert, professeure agrégée, lycée Rocroy St-Vincent de Paul (75)

Pauline Dujon, professeure agrégée, lycée Henri Bergson (75)

Erwann Gilles, professeur agrégé, collège Lucie Aubrac (75)

Pascale Kummer, maître de conférences, Sorbonne Université (75)

Nathan Lardier, professeur agrégé (75)

Damien Scimeca, professeur certifié, Lycée Ste-Ursule (75)

Isaac Theurkauff, professeur agrégé, lycée Claude Bernard (75)

Coralie Westra, professeure certifiée, collège Beaumarchais (75)

Académie de Poitiers

Charles Marcotte, professeur certifié, lycée Bellevue (17)

Florence Raffin, professeure certifiée, lycée Maurice Genevoix (79)

Académie de Reims

Mohamed Abouda, professeur certifié, collège Saint Joseph (51)

Julien Fossier, professeur agrégé, lycée Marie de Champagne (10)

Bastien Juge, professeur certifié, collège Saint Joseph (10)

Beata Radilla, professeure certifiée, lycée Frédéric Ozanam (51)

Académie de Rennes

Bleuenn Le Bris, professeure certifiée, lycée naval (29)

Académie de Strasbourg

Morgane Devleeschauer, professeure, lycée Episcopal St-André (68)

Académie de Versailles

Émeline Alvarez, professeure certifiée, lycée Notre-Dame (92)

Éric André, enseignant-chercheur, université Paris-Sud (91)

Julien Demigny, professeur, lycée Notre-Dame Les Oiseaux (78)

Imène Dkhil, professeure, collège Jean Etienne Guettard (91)

Sarah Fiquet, professeure certifiée, lycée Simone de Beauvoir (95)

Marjolaine Gras, professeure certifiée, collège Émile Verhaeren (92)

Aurélié Hibert, professeure certifiée, lycée Ste-Thérèse (78)

Nathalie Leclercq Magois, professeure certifiée, lycée St-Martin de France (95)

Laurence Leloup, professeure certifiée, lycée Notre-Dame (92)

Malika Lounes, professeure, lycée Jeanne d'Arc (92)

Odile Nadal, professeure certifiée, collège Pierre Ronsard (91)

Thomas Nadon, professeur certifié, lycée de la Tourelle (95)

Marine Nicolet, professeure agrégée, lycée Auguste Renoir (92)

Geneviève Ponsonnet, professeure agrégée, lycée Blaise Pascal (91)

Lucy Sauvard, professeure agrégée, lycée La Plaine de Neauphle (78)

Nicolas Vendasi, professeur certifié, lycée St Louis St Clément (91)

Reste du monde

Vincent Aimé, professeur certifié, lycée français international de Tokyo (Japon)

Chloé Balavoine, professeure certifiée, lycée français de Bali (Indonésie)

Anthony Bourgeois, professeur agrégé, lycée français Vincent Van Gogh (La Haye, Pays-Bas)

Céline Brégère, professeure certifiée, lycée français Jean Mermoz de Dakar (Sénégal)

Julien Broilliard, professeur certifié, lycée français de Valparaiso (Chili)

Gilles Burtz, professeur agrégé, lycée Blaise Pascal d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

Barbara Burtz-Gille, professeure certifiée, lycée Blaise Pascal (Abidjan, Côte d'Ivoire)

Jocelin Devalette, professeur certifié, lycée français de Tananarive (Madagascar)

Tadjou Do Régo, professeur certifié, CEG Gbédodé Houndjava, Pahou (Bénin)

Sylvain Euillet, professeur certifié, lycée Descartes de Rabat (Maroc)

Myrtille Gardet, professeure agrégée, lycée Claudel d'Ottawa (Canada)

Antoine Martinet, professeur certifié, lycée français Jules Verne (Guatemala-Ville, Guatemala)

Julien Nivière, professeur, lycée français de Berlin (Allemagne)

Jean Saillard, professeur certifié, lycée International de Londres Winston-Churchill (Wembley, Royaume-Uni)

Thomas Serandon, professeur agrégé, lycée français de New York (États-Unis)

Véronique Tourbillon, professeure certifiée, lycée français de Phnom Penh (Cambodge)

1

Constitution et transformations de la matière

Constitution de la matière

1 Identification des espèces chimiques p. 18

- > Espèce chimique, corps pur, mélanges d'espèces chimiques, mélanges homogènes et hétérogènes.
- > Identification d'espèces chimiques par des mesures physiques ou tests chimiques.
- > Composition massique d'un mélange.
- > Composition volumique de l'air.

JEU SÉRIEUX À la recherche de l'éthanol p. 37

2 Composition des solutions aqueuses p. 38

- > Solvant, soluté.
- > Concentration en masse, concentration maximale d'un soluté.
- > Dosage par étalonnage.

CLASSE INVERSÉE Découvrir la dilution p. 55

3 Dénombrer les entités p. 56

- > Espèces moléculaires, espèces ioniques, électroneutralité de la matière au niveau macroscopique.
- > Entités chimiques : molécules, atomes, ions.
- > Nombre d'entités dans un échantillon, définition de la mole.
- > Quantité de matière dans un échantillon.

JEU SÉRIEUX Un défi de chantier p. 71

4 Le noyau de l'atome p. 72

- > Écriture conventionnelle A_ZX ou AX .
- > Élément chimique.
- > Propriétés du proton, du neutron et de l'électron.
- > Neutralité de l'atome.

CLASSE INVERSÉE Étudier le noyau en autonomie p. 87

5 Le cortège électronique p. 88

- > Configuration électronique (1s, 2s, 2p, 3s, 3p) d'un atome à l'état fondamental.
- > Électrons de valence.
- > Familles chimiques.

HISTOIRE DES SCIENCES Un modèle millénaire p. 105

6 Stabilité des entités chimiques p. 106

- > Stabilité chimique des gaz nobles.
- > Ions monoatomiques.
- > Modèle de Lewis de la liaison de valence.
- > Approche de l'énergie de liaison.

CLASSE INVERSÉE Travailler le modèle de Lewis p. 121

Modélisation des transformations

7 Modélisation des transformations physiques p. 124

- > Écriture symbolique d'un changement d'état.
- > Modélisation microscopique d'un changement d'état.
- > Transformations physiques endothermiques et exothermiques.
- > Énergie de changement d'état et applications.

CLASSE INVERSÉE S'approprier le cours en autonomie p. 141

8 Modélisation des transformations chimiques p. 142

- > Modélisation macroscopique d'une transformation par une réaction chimique.
- > Écriture symbolique d'une réaction chimique.
- > Notion d'espèce spectatrice.
- > Stœchiométrie, réactif limitant.
- > Transformations chimiques endothermiques et exothermiques.

JEU SÉRIEUX Synthèse d'une molécule p. 161

9 Synthèse de molécules naturelles p. 162

- > Synthèse d'une espèce chimique présente dans la nature.
- > Comparaison par CCM.

EMI Éducation aux médias et à l'information p. 179

10 Modélisation des transformations nucléaires p. 180

- > Isotopes.
- > Écriture symbolique d'une réaction nucléaire.
- > Aspects énergétiques des transformations nucléaires.

CLASSE INVERSÉE Activité numérique p. 197

MÉTHODE

- > Méthodologie p. 323
- > Outils mathématiques p. 325
- > Fiches pratiques p. 331



Retrouver plus de fiches méthode en ligne.

LLS.fr/PC2Methode

2

Mouvement et interactions

11 Décrire un mouvement p. 200

- › Description du mouvement d'un système.
- › Référentiel et relativité du mouvement par celui d'un point.
- › Vecteur déplacement, vecteur vitesse, mouvement rectiligne.

PYTHON Activité numérique p. 217

12 Modéliser une action sur un système p. 218

- › Modélisation d'une action par une force.
- › Principe des actions réciproques.
- › Caractéristiques d'une force.
- › Exemples de forces.

JEU SÉRIEUX En route pour la Lune p. 233

13 Principe d'inertie p. 234

- › Modèle du point matériel.
- › Principe d'inertie.
- › Cas d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes.
- › Cas de la chute libre à une dimension.

CLASSE INVERSÉE Découvrir le principe d'inertie p. 249

Numérique 

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver tous les suppléments numériques du manuel page par page avec les liens mini LLS.fr/PC2.

3

Ondes et signaux

14 Émission et perception d'un son p. 252

- › Émission et propagation d'un signal sonore.
- › Vitesse de propagation d'un signal sonore.
- › Signal sonore périodique, fréquence et période.
- › Perception du son : hauteur, timbre, intensité et niveau d'intensité sonore.

AROUND Activité numérique p. 269

15 Analyse spectrale des ondes lumineuses p. 270

- › Propagation rectiligne de la lumière.
- › Vitesse de propagation de la lumière dans le vide ou dans l'air.
- › Lumière blanche et lumière colorée.
- › Spectres d'émissions.
- › Longueur d'onde.

JEU SÉRIEUX Résoudre une énigme scientifique p. 285

16 Propagation des ondes lumineuses p. 286

- › Lois de Snell-Descartes.
- › Indice optique d'un milieu matériel.
- › Dispersion de la lumière blanche par un prisme ou un réseau.
- › Grandissement, lentilles, modèle de la lentille mince convergente.
- › Modèle de l'œil réduit.

CLASSE INVERSÉE L'optique géométrique en autonomie p. 301

JEU SÉRIEUX Résoudre un meurtre **Numérique**

17 Signaux et capteurs p. 302

- › Loi des nœuds, loi des mailles.
- › Caractéristique d'un dipôle.
- › Loi d'Ohm.
- › Résistance et système à comportement de type ohmique.
- › Capteurs électriques.

JEU SÉRIEUX Programmer la maison du futur p. 321

Constitution et transformations de la matière

1. Constitution de la matière de l'échelle macroscopique à l'échelle microscopique	
Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
A. Description et caractérisation de la matière à l'échelle macroscopique	
<p>Corps purs et mélanges au quotidien. Espèce chimique, corps pur, mélanges d'espèces chimiques, mélanges homogènes et hétérogènes.</p> <p>Identification d'espèces chimiques dans un échantillon de matière par des mesures physiques ou des tests chimiques.</p> <p>Composition massique d'un mélange. Composition volumique de l'air.</p>	<p>Citer des exemples courants de corps purs et de mélanges homogènes et hétérogènes.</p> <p>Identifier, à partir de valeurs de référence, une espèce chimique par ses températures de changement d'état, sa masse volumique ou par des tests chimiques. Citer des tests chimiques courants de présence d'eau, de dihydrogène, de dioxygène, de dioxyde de carbone. Citer la valeur de la masse volumique de l'eau liquide et la comparer à celles d'autres corps purs et mélanges. Distinguer un mélange d'un corps pur à partir de données expérimentales. <i>Mesurer une température de changement d'état, déterminer la masse volumique d'un échantillon, réaliser une chromatographie sur couche mince, mettre en œuvre des tests chimiques, pour identifier une espèce chimique et, le cas échéant, qualifier l'échantillon de mélange.</i></p> <p>Citer la composition approchée de l'air et l'ordre de grandeur de la valeur de sa masse volumique. Établir la composition d'un échantillon à partir de données expérimentales. <i>Mesurer des volumes et des masses pour estimer la composition de mélanges.</i> Capacité mathématique : utiliser les pourcentages et les fractions.</p>
<p>Les solutions aqueuses, un exemple de mélange. Solvant, soluté. Concentration en masse, concentration maximale d'un soluté.</p> <p>Dosage par étalonnage.</p>	<p>Identifier le soluté et le solvant à partir de la composition ou du mode opératoire de préparation d'une solution. Distinguer la masse volumique d'un échantillon et la concentration en masse d'un soluté au sein d'une solution. Déterminer la valeur de la concentration en masse d'un soluté à partir du mode opératoire de préparation d'une solution par dissolution ou par dilution. <i>Mesurer des masses pour étudier la variabilité du volume mesuré par une pièce de verrerie ; choisir et utiliser la verrerie adaptée pour préparer une solution par dissolution ou par dilution.</i></p> <p>Déterminer la valeur d'une concentration en masse et d'une concentration maximale à partir de résultats expérimentaux. <i>Déterminer la valeur d'une concentration en masse à l'aide d'une gamme d'étalonnage (échelle de teinte ou mesure de masse volumique).</i> Capacité mathématique : utiliser une grandeur quotient pour déterminer le numérateur ou le dénominateur.</p>
B. Modélisation de la matière à l'échelle microscopique	
<p>Du macroscopique au microscopique, de l'espèce chimique à l'entité. Espèces moléculaires, espèces ioniques, électroneutralité de la matière au niveau macroscopique.</p> <p>Entités chimiques : molécules, atomes, ions.</p>	<p>Définir une espèce chimique comme une collection d'un nombre très élevé d'entités identiques. Exploiter l'électroneutralité de la matière pour associer des espèces ioniques et citer des formules de composés ioniques.</p> <p>Utiliser le terme adapté parmi molécule, atome, anion et cation pour qualifier une entité chimique à partir d'une formule chimique donnée.</p>
<p>Le noyau de l'atome, siège de sa masse et de son identité. Numéro atomique, nombre de masse, écriture conventionnelle : A_ZX ou AX. Élément chimique. Masse et charge électrique d'un électron, d'un proton et d'un neutron, charge électrique élémentaire, neutralité de l'atome.</p>	<p>Citer l'ordre de grandeur de la valeur de la taille d'un atome.</p> <p>Comparer la taille et la masse d'un atome et de son noyau. Établir l'écriture conventionnelle d'un noyau à partir de sa composition et inversement.</p> <p>Capacités mathématiques : effectuer le quotient de deux grandeurs pour les comparer. Utiliser les opérations sur les puissances de 10. Exprimer les valeurs des grandeurs en écriture scientifique.</p>

<p>Le cortège électronique de l'atome définit ses propriétés chimiques. Configuration électronique (1s, 2s, 2p, 3s, 3p) d'un atome à l'état fondamental et position dans le tableau périodique (blocs s et p). Électrons de valence. Familles chimiques.</p>	<p>Déterminer la position de l'élément dans le tableau périodique à partir de la donnée de la configuration électronique de l'atome à l'état fondamental. Déterminer les électrons de valence d'un atome ($Z \leq 18$) à partir de sa configuration électronique à l'état fondamental ou de sa position dans le tableau périodique. Associer la notion de famille chimique à l'existence de propriétés communes et identifier la famille des gaz nobles.</p>
<p>Vers des entités plus stables chimiquement. Stabilité chimique des gaz nobles et configurations électroniques associées. Ions monoatomiques. Molécules. Modèle de Lewis de la liaison de valence, schéma de Lewis, doublets liants et non liants. Approche de l'énergie de liaison.</p>	<p>Établir le lien entre stabilité chimique et configuration électronique de valence d'un gaz noble. Déterminer la charge électrique d'ions monoatomiques courants à partir du tableau périodique. Nommer les ions : H^+, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, F^- ; écrire leur formule à partir de leur nom. Décrire et exploiter le schéma de Lewis d'une molécule pour justifier la stabilisation de cette entité, en référence aux gaz nobles, par rapport aux atomes isolés ($Z \leq 18$). Associer qualitativement l'énergie d'une liaison entre deux atomes à l'énergie nécessaire pour rompre cette liaison.</p>
<p>Compter les entités dans un échantillon de matière. Nombre d'entités dans un échantillon. Définition de la mole. Quantité de matière dans un échantillon.</p>	<p>Déterminer la masse d'une entité à partir de sa formule brute et de la masse des atomes qui la composent. Déterminer le nombre d'entités et la quantité de matière (en mol) d'une espèce dans une masse d'échantillon.</p>

2. Modélisation des transformations de la matière et transfert d'énergie

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
A. Transformation physique	
<p>Écriture symbolique d'un changement d'état. Modélisation microscopique d'un changement d'état. Transformations physiques endothermiques et exothermiques. Énergie de changement d'état et applications.</p>	<p>Citer des exemples de changements d'état physique de la vie courante et dans l'environnement. Établir l'écriture d'une équation pour un changement d'état. Distinguer fusion et dissolution. Identifier le sens du transfert thermique lors d'un changement d'état et le relier au terme exothermique ou endothermique. Exploiter la relation entre l'énergie transférée lors d'un changement d'état et l'énergie massique de changement d'état de l'espèce. <i>Relier l'énergie échangée à la masse de l'espèce qui change d'état.</i></p>
B. Transformation chimique	
<p>Modélisation macroscopique d'une transformation par une réaction chimique. Écriture symbolique d'une réaction chimique. Notion d'espèce spectatrice. Stœchiométrie, réactif limitant. Transformations chimiques endothermiques et exothermiques.</p>	<p>Modéliser, à partir de données expérimentales, une transformation par une réaction, établir l'équation de réaction associée et l'ajuster. Identifier le réactif limitant à partir des quantités de matière des réactifs et de l'équation de réaction. <i>Déterminer le réactif limitant lors d'une transformation chimique totale, à partir de l'identification des espèces chimiques présentes dans l'état final.</i> Modéliser, par l'écriture d'une équation de réaction, la combustion du carbone et du méthane, la corrosion d'un métal par un acide, l'action d'un acide sur le calcaire, l'action de l'acide chlorhydrique sur l'hydroxyde de sodium en solution. <i>Suivre l'évolution d'une température pour déterminer le caractère endothermique ou exothermique d'une transformation chimique et étudier l'influence de la masse du réactif limitant.</i> Capacité mathématique : utiliser la proportionnalité.</p>
<p>Synthèse d'une espèce chimique présente dans la nature.</p>	<p>Établir, à partir de données expérimentales, qu'une espèce chimique synthétisée au laboratoire peut être identique à une espèce chimique synthétisée dans la nature. Réaliser le schéma légendé d'un montage à reflux et d'une chromatographie sur couche mince. <i>Mettre en œuvre un montage à reflux pour synthétiser une espèce chimique présente dans la nature.</i> <i>Mettre en œuvre une chromatographie sur couche mince pour comparer une espèce synthétisée et une espèce extraite de la nature.</i></p>
C. Transformation nucléaire	
<p>Isotopes. Écriture symbolique d'une réaction nucléaire. Aspects énergétiques des transformations nucléaires : Soleil, centrales nucléaires.</p>	<p>Identifier des isotopes. Relier l'énergie convertie dans le Soleil et dans une centrale nucléaire à des réactions nucléaires. Identifier la nature physique, chimique ou nucléaire d'une transformation à partir de sa description ou d'une écriture symbolique modélisant la transformation.</p>

Mouvement et interactions

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
1. Décrire un mouvement	
<p>Système. Échelles caractéristiques d'un système. Référentiel et relativité du mouvement.</p> <p>Description du mouvement d'un système par celui d'un point. Position. Trajectoire d'un point.</p> <p>Vecteur déplacement d'un point. Vecteur vitesse moyenne d'un point. Vecteur vitesse d'un point. Mouvement rectiligne.</p>	<p>Identifier les échelles temporelles et spatiales pertinentes de description d'un mouvement. Choisir un référentiel pour décrire le mouvement d'un système. Expliquer, dans le cas de la translation, l'influence du choix du référentiel sur la description du mouvement d'un système.</p> <p>Décrire le mouvement d'un système par celui d'un point et caractériser cette modélisation en termes de perte d'informations. Caractériser différentes trajectoires. Capacité numérique : représenter les positions successives d'un système modélisé par un point lors d'une évolution unidimensionnelle ou bidimensionnelle à l'aide d'un langage de programmation.</p> <p>Définir le vecteur vitesse moyenne d'un point. Approcher le vecteur vitesse d'un point à l'aide du vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$, où M et M' sont les positions successives à des instants voisins séparés de Δt; le représenter. Caractériser un mouvement rectiligne uniforme ou non uniforme. <i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système en mouvement et représenter des vecteurs vitesse ; décrire la variation du vecteur vitesse.</i> Capacité numérique : représenter des vecteurs vitesse d'un système modélisé par un point lors d'un mouvement à l'aide d'un langage de programmation. Capacités mathématiques : représenter des vecteurs. Utiliser des grandeurs algébriques.</p>
2. Modéliser une action sur un système	
<p>Modélisation d'une action par une force.</p> <p>Principe des actions réciproques (troisième loi de Newton).</p> <p>Caractéristiques d'une force. Exemples de forces : - force d'interaction gravitationnelle ; - poids ; - force exercée par un support et par un fil.</p>	<p>Modéliser l'action d'un système extérieur sur le système étudié par une force. Représenter une force par un vecteur ayant une norme, une direction, un sens.</p> <p>Exploiter le principe des actions réciproques.</p> <p>Distinguer actions à distance et actions de contact. Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues a priori. Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle. Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet, approché par la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur cet objet à la surface d'une planète. Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support dans des cas simples relevant de la statique.</p>
3. Principe d'inertie	
<p>Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension.</p>	<p>Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces. Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).</p>

Numérique

Retrouvez et téléchargez l'intégralité du programme officiel sur [LLS.fr/PC2Programme](https://lls.fr/PC2Programme).

Ondes et signaux

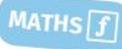
Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
1. Émission et perception d'un son	
<p>Émission et propagation d'un signal sonore.</p> <p>Vitesse de propagation d'un signal sonore.</p> <p>Signal sonore périodique, fréquence et période. Relation entre période et fréquence.</p> <p>Perception du son : lien entre fréquence et hauteur ; lien entre forme du signal et timbre ; lien qualitatif entre amplitude, intensité sonore et niveau d'intensité sonore. Échelle de niveaux d'intensité sonore.</p>	<p>Décrire le principe de l'émission d'un signal sonore par la mise en vibration d'un objet et l'intérêt de la présence d'une caisse de résonance. Expliquer le rôle joué par le milieu matériel dans le phénomène de propagation d'un signal sonore.</p> <p>Citer une valeur approchée de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées. <i>Mesurer la vitesse d'un signal sonore.</i></p> <p>Définir et déterminer la période et la fréquence d'un signal sonore notamment à partir de sa représentation temporelle. <i>Utiliser une chaîne de mesure pour obtenir des informations sur les vibrations d'un objet émettant un signal sonore.</i> <i>Mesurer la période d'un signal sonore périodique.</i> <i>Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur pour produire un signal sonore.</i> Capacités mathématiques : identifier une fonction périodique et déterminer sa période.</p> <p>Citer les domaines de fréquences des sons audibles, des infrasons et des ultrasons. Relier qualitativement la fréquence à la hauteur d'un son audible. Relier qualitativement intensité sonore et niveau d'intensité sonore. Exploiter une échelle de niveau d'intensité sonore et citer les dangers inhérents à l'exposition sonore. <i>Enregistrer et caractériser un son (hauteur, timbre, niveau d'intensité sonore, etc.) à l'aide d'un dispositif expérimental dédié, d'un smartphone, etc.</i></p>
2. Vision et image	
<p>Propagation rectiligne de la lumière. Vitesse de propagation de la lumière dans le vide ou dans l'air. Lumière blanche, lumière colorée. Spectres d'émission : spectres continus d'origine thermique, spectres de raies. Longueur d'onde dans le vide ou dans l'air. Lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction. Indice optique d'un milieu matériel. Dispersion de la lumière blanche par un prisme ou un réseau.</p> <p>Lentilles, modèle de la lentille mince convergente : foyers, distance focale. Image réelle d'un objet réel à travers une lentille mince convergente. Grandissement. L'œil, modèle de l'œil réduit.</p>	<p>Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.</p> <p>Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud. Caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.</p> <p>Exploiter un spectre de raies.</p> <p>Exploiter les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction. <i>Tester les lois de Snell-Descartes à partir d'une série de mesures et déterminer l'indice de réfraction d'un milieu.</i></p> <p>Décrire et expliquer qualitativement le phénomène de dispersion de la lumière par un prisme. <i>Produire et exploiter des spectres d'émission obtenus à l'aide d'un système dispersif et d'un analyseur de spectre.</i></p> <p>Caractériser les foyers d'une lentille mince convergente à l'aide du modèle du rayon lumineux. Utiliser le modèle du rayon lumineux pour déterminer graphiquement la position, la taille et le sens de l'image réelle d'un objet plan réel donnée par une lentille mince convergente. Définir et déterminer géométriquement un grandissement. Modéliser l'œil. <i>Produire et caractériser l'image réelle d'un objet plan réel formée par une lentille mince convergente.</i> Capacité mathématique : utiliser le théorème de Thalès.</p>
3. Signaux et capteurs	
<p>Loi des nœuds. Loi des mailles.</p> <p>Caractéristique tension-courant d'un dipôle. Résistance et systèmes à comportement de type ohmique. Loi d'Ohm.</p> <p>Capteurs électriques.</p>	<p>Exploiter la loi des mailles et la loi des nœuds dans un circuit électrique comportant au plus deux mailles. <i>Mesurer une tension et une intensité.</i></p> <p>Exploiter la caractéristique d'un dipôle électrique : point de fonctionnement, modélisation par une relation $U = f(I)$ ou $I = g(U)$.</p> <p>Utiliser la loi d'Ohm. <i>Représenter et exploiter la caractéristique d'un dipôle.</i> Capacités numériques : représenter un nuage de points associé à la caractéristique d'un dipôle et modéliser la caractéristique de ce dipôle à l'aide d'un langage de programmation. Capacité mathématique : identifier une situation de proportionnalité.</p> <p>Citer des exemples de capteurs présents dans les objets de la vie quotidienne. <i>Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur électrique résistif. Produire et utiliser une courbe d'étalonnage reliant la résistance d'un système avec une grandeur d'intérêt (température, pression, intensité lumineuse, etc.).</i> <i>Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur.</i></p>

Bienvenue dans votre manuel de Physique-Chimie !

En début de thème :

Une ouverture de thème :

- le rappel de l'intitulé du thème ;
- des suggestions d'orientation pour la classe de première et de terminale ;
- un **parcours d'orientation** proposant des métiers avec des niveaux d'étude variés ;
- le tableau résumant les principales **compétences** traitées dans les chapitres du thème.



Retrouvez dans chaque chapitre :



Une ouverture du chapitre :

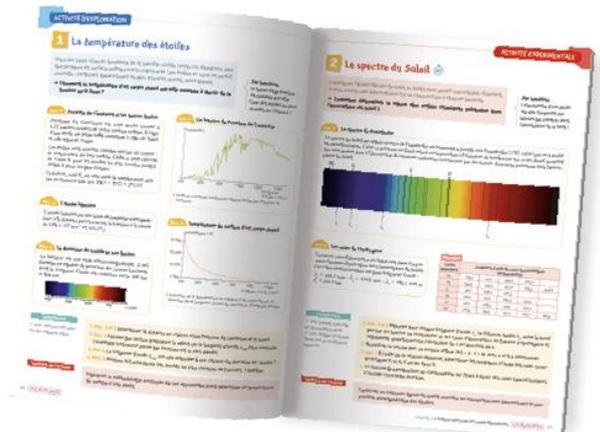
- un encadré **Esprit critique** ou **Déconstruire les idées fausses** pour travailler sur les conceptions initiales des élèves ;
- une problématique résolue par les activités et un exercice dédié ;
- des suggestions de ressources pour travailler **en pédagogie innovante** tout ou une partie du chapitre ;
- un **QCM diagnostique numérique** pour tester les prérequis du chapitre ;
- le détail des savoir-faire du chapitre.

Travailler autrement

ACTIVITÉ ACTIVITÉ

Des activités expérimentales et d'exploration :

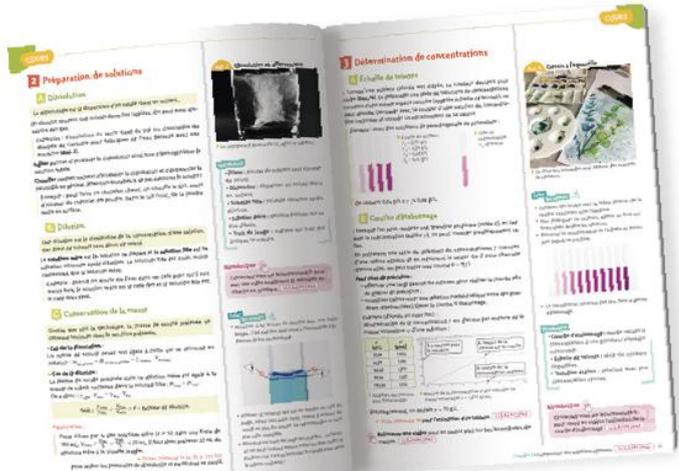
- un encart **Par intuition** ou **Une opinion ?** accompagne l'introduction de l'activité pour interroger les *a priori* avant la réalisation de l'activité ;
- des documents récents et diversifiés dont plus de **100 photos d'expériences authentiques** ;
- des **compétences** explicites en regard du questionnement ;
- une **synthèse** en fin de chaque activité pour faire un bilan des savoirs et des savoir-faire introduits et amorcer la transition vers le cours.



COURS

Un cours synthétique et illustré :

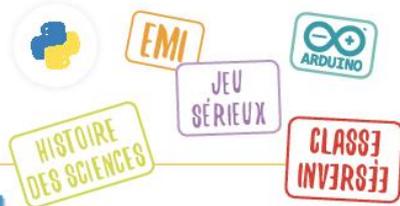
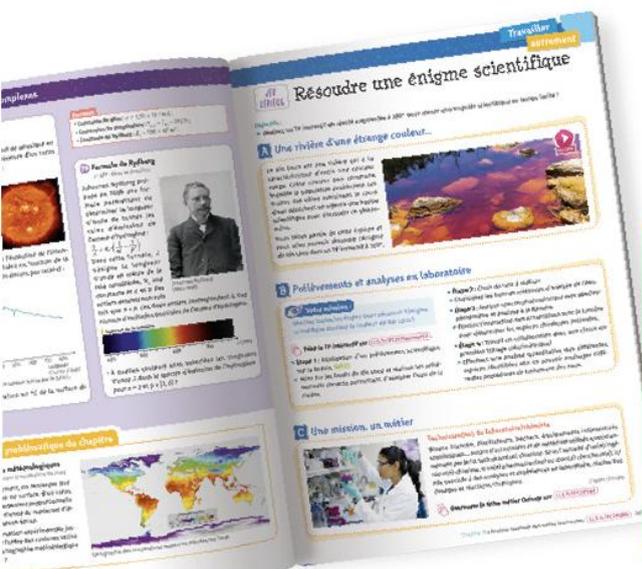
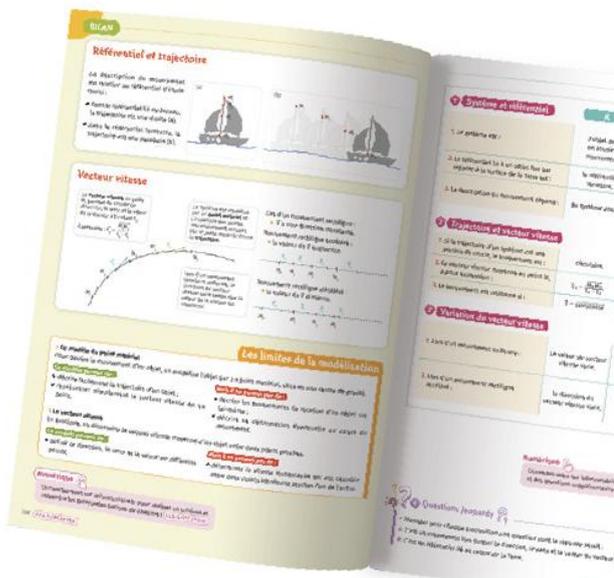
- des encarts de couleur pour faire ressortir l'essentiel du cours ;
- des images et des schémas pour expliciter les principales notions ;
- plusieurs rubriques pour faciliter l'acquisition du **Vocabulaire**, éviter les **malentendus** fréquents et proposer des **exercices d'applications**.



BILAN

Une page Bilan pour :

- retrouver les principales notions du cours illustrées et résumées graphiquement pour faciliter leur appropriation ;
- une attention spécifique est portée sur le modèle introduit pour interroger **ses apports** et **ses limites** ;
- des compléments **numériques** enrichis disponibles en ligne pour faciliter la remédiation.



Travailler autrement en fin de chapitre :

- des pistes de travail pour aborder le chapitre avec un **jeu sérieux** sur **genial.ly**, un **TP virtuel interactif**, des modules de **classe inversée** accompagnés de capsules vidéo, de **l'enseignement aux médias et à l'information**, de **l'actualité scientifique** ou des TP numériques **Arduino** et **Python** également disponibles sur le labo d'algo **lelivrescolaire.fr** ;
- de nombreuses ressources numériques supplémentaires.



Des centaines d'exercices pour s'entraîner !

QCM

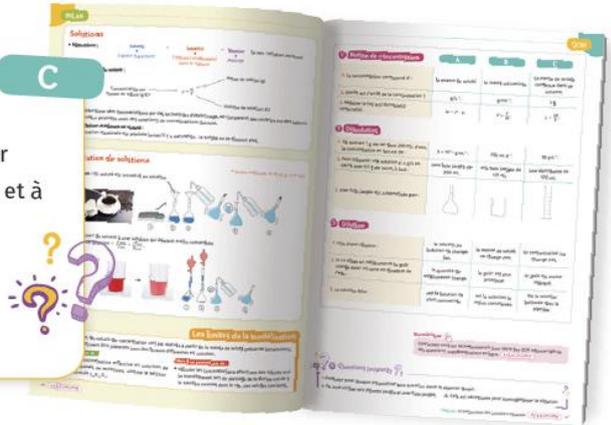
A

B

C

Une page QCM après chaque Bilan :

- un **QCM formatif** avec un **prolongement numérique** pour faciliter le travail en autonomie grâce à l'autocorrection et à des exercices supplémentaires ;
- en bonus, des questions **Jeopardy** pour retrouver la question posée à une réponse donnée afin d'encourager la formulation et l'esprit de déduction.



Pour s'échauffer

Des exercices pour acquérir les notions essentielles du cours :

- un **Parcours d'apprentissage** fléchant les exercices corrigés à la fin du manuel et permettant un apprentissage en autonomie sur les savoir-faire clés du chapitre ;
- des exercices classés par notions et reprenant les principales parties du cours ;
- des exercices de **DIFFÉRENCIATION** pour approfondir un savoir-faire spécifique avec trois niveaux de difficulté.

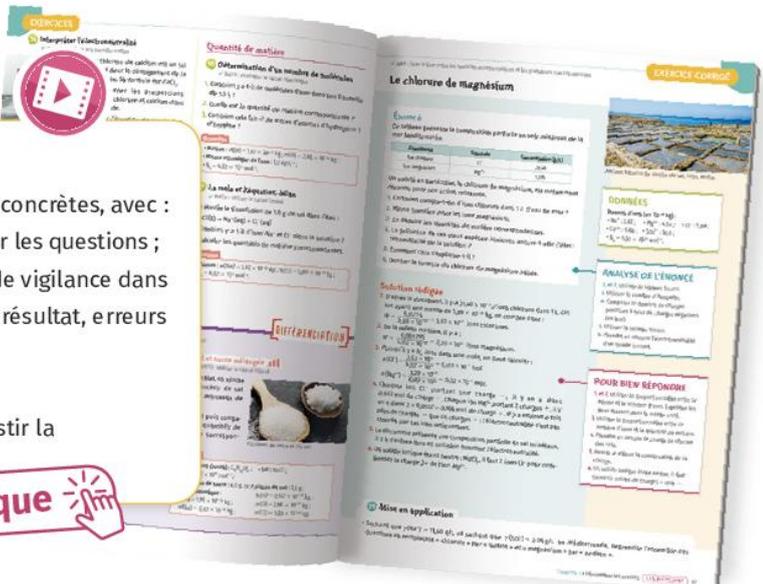


EXERCICE CORRIGÉ

Exercice corrigé :

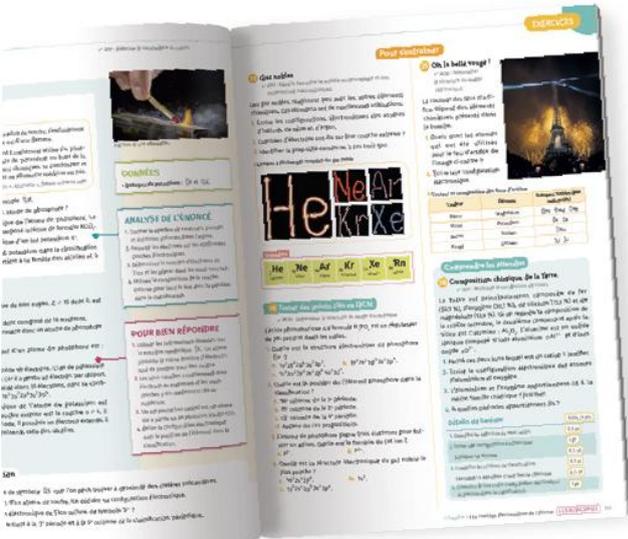
- un exercice type proposé à partir de situations concrètes, avec :
 - **l'analyse de l'énoncé** pour apprendre à décoder les questions ;
 - des **conseils** indiquant les principaux points de vigilance dans la formulation des réponses (présentation du résultat, erreurs courantes, unités, etc.) ;
 - la **solution rédigée** et détaillée ;
- un exercice de mise en application pour réinvestir la méthodologie présentée.

Numérique



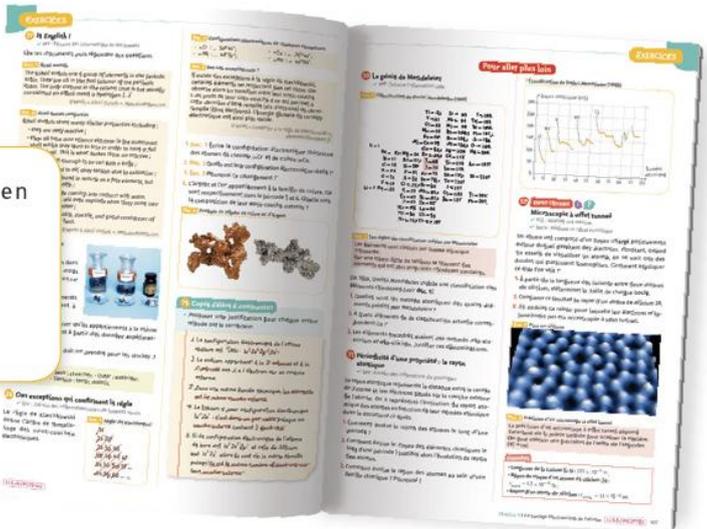
Pour s'entraîner

- Pour progresser, des exercices Pour s'entraîner :**
- faisant appel à plusieurs notions et pour travailler différents savoir-faire simultanément ;
 - plusieurs exercices spécifiques :
 - un exercice **Comprendre les attendus** avec un barème détaillé pour chaque question ;
 - une **Copie d'élève à commenter** pour identifier et analyser les erreurs les plus fréquemment commises ;
 - en bonus, un QCM complexe pour s'entraîner à un format présent dans différents concours.



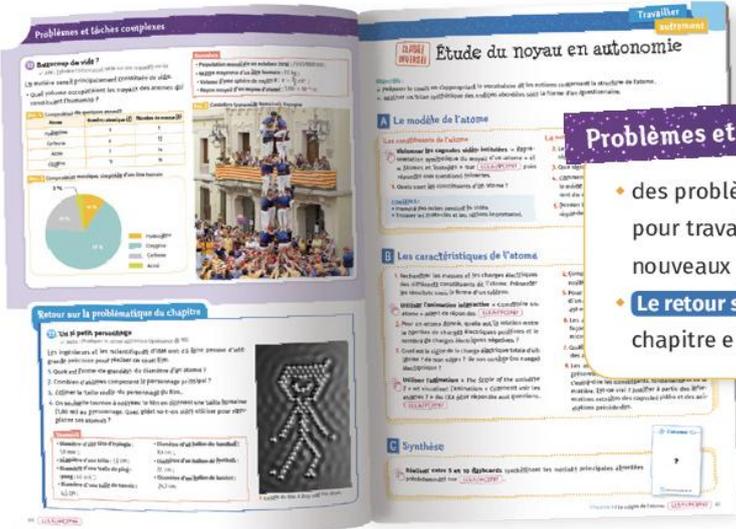
Des exercices **Pour aller plus loin** pour mettre en œuvre le raisonnement scientifique avec :

- > des **démarches scientifiques** ;
- > des **propositions de protocole** ;
- > de l' **Histoire des sciences** .



Problèmes et tâches complexes

- des problèmes à résoudre et des tâches complexes pour travailler la démarche de résolution, au cœur des nouveaux programmes ;
- **Le retour sur la problématique du chapitre** pour clore le chapitre en répondant à la situation problème initiale.



Pour une approche par compétences efficace, nos auteurs Compétences ont créé un référentiel sur un nombre restreint de capacités. Deux compétences ont été ajoutées aux classiques ANALYser, s'APProprier, RÉA-liser, VALider et COMmuniq-uer : les compétences MODé-liser et utiliser les MATHématiques.

Cette proposition de travail par compétences a pour but de :

- ♦ favoriser un travail de fond tout au long de l'année de ces capacités spécifiques ;

- ♦ proposer un référentiel pragmatique pouvant être mis en place facilement et rapidement.

L'approche proposée est une suggestion de référentiel, librement adaptable et modifiable suivant l'utilisation souhaitée. Cette proposition fonctionne sur la mobilisation d'une même capacité dans trois chapitres au moins, avec un focus de quatre capacités maximum par chapitre pour permettre leur mise en œuvre effective.

INDICATEUR DE MAÎTRISE		ch. 1	ch. 2	ch. 3	ch. 4
APP	Faire un brouillon comprenant un schéma, données et notions Extraire l'information utile sur supports variés/ schéma/expérience/texte LLS.fr/PC2MethodeA	✓			
APP	Maîtriser le vocabulaire du cours (fiche de vocabulaire) LLS.fr/PC2MethodeB				✓
ANA	Choisir, élaborer, justifier un protocole LLS.fr/PC2MethodeC	✓			
ANA	Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques LLS.fr/PC2MethodeD			✓	
REA	Mettre en œuvre un protocole LLS.fr/PC2MethodeE				
REA	Effectuer des mesures LLS.fr/PC2MethodeF		✓		
REA	Agir de façon responsable/respecter les règles de sécurité LLS.fr/PC2MethodeG				
MOD	Modéliser une transformation chimique/physique : écrire l'équation et l'ajuster/savoir décrire état initial et état final LLS.fr/PC2MethodeH				
MOD	Utiliser les propriétés des ondes : fréquence/longueur d'onde/vitesse de propagation LLS.fr/PC2MethodeI				
MOD	Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie (discerner ressource et énergie, source et transfert) LLS.fr/PC2MethodeJ				
MOD	Connaître et déterminer la structure d'un atome/du noyau/du nuage électronique LLS.fr/PC2MethodeK				✓
VAL	Précision et incertitudes/chiffres significatifs/identifier et évaluer les sources d'erreur LLS.fr/PC2MethodeL		✓		
VAL	Apprendre/appliquer une relation entre des grandeurs physiques LLS.fr/PC2MethodeM		✓		
COM	Compte rendu écrit avec un vocabulaire scientifique rigoureux LLS.fr/PC2MethodeN	✓			
COM	Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques Faire des conversions LLS.fr/PC2MethodeO	✓			
MATH	Utiliser des outils numériques/un langage de programmation LLS.fr/PC2MethodeP				
MATH	Calcul littéral, résoudre une équation LLS.fr/PC2MethodeQ			✓	
MATH	Pratiquer le calcul numérique : puissances de 10/ proportionnalité/fonction périodique LLS.fr/PC2MethodeR		✓	✓	✓
MATH	Utiliser le modèle du vecteur en physique LLS.fr/PC2MethodeS				

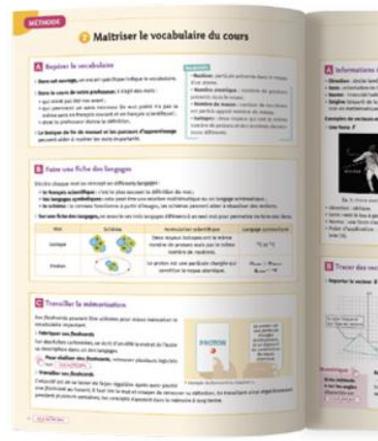
Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Ce tableau n'est évidemment pas exhaustif, une capacité au moins ayant été associée à chaque exercice de l'ouvrage. L'approche par compétence n'a de sens que si elle peut s'appuyer sur un travail de remédiation. Dans ce but, une fiche méthode disponible en ligne et téléchargeable au format pdf a été élaborée pour chaque capacité mobilisée.

Chaque fiche méthode a été rédigée, avec l'ambition d'accompagner au mieux l'élève dans l'identification des nombreux attendus du lycée et de l'aider en cas de difficultés.

Numérique

Retrouvez toutes les fiches méthode compétences sur LLS.fr/PC2Methode.



ch. 5	ch. 6	ch. 7	ch. 8	ch. 9	ch. 10	Thème 2 : Mouvement et interactions			ch. 11	ch. 12	ch. 13	Thème 3 : Ondes et signaux			ch. 14	ch. 15	ch. 16	ch. 17
		✓														✓		
✓	✓									✓						✓		
✓			✓								✓						✓	
								✓			✓				✓			✓
			✓	✓													✓	
			✓	✓	✓										✓	✓	✓	
✓	✓																	✓
		✓																✓
															✓			✓
									✓									✓
									✓	✓								✓
									✓	✓								✓
									✓	✓								✓

Constitution de la microscopique et

Parcours d'orientation - Les métiers de la santé

Spécialités suggérées en première :



Spécialités suggérées en terminale :



À la découverte de ces métiers

AIDE-SOIGNANT/E

Études : CAP/DEAS de 10 mois

Métier : C'est sous la responsabilité et le contrôle de l'infirmier qu'il/elle assure les soins d'hygiène et de confort. Il/Elle prend le pouls, vérifie l'état des pansements et veille à la prise des médicaments.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2AideSoignant](https://lls.fr/PC2AideSoignant)

INFIRMIER/ÈRE

Études : Bac + 3

Métier : Intervenant sur prescription médicale, l'infirmier/ère contribue à la mise en œuvre des traitements. Il/Elle évalue l'état de santé des malades, analyse les soins les plus adaptés et peut donner des soins en toute autonomie.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Infirmier](https://lls.fr/PC2Infirmier)

KINÉSITHÉRAPEUTE

Études : Bac + 5

Métier : Spécialiste du traitement des troubles du mouvement ou de la motricité, le/la masseur/se-kinésithérapeute adapte ses techniques aux patient(e)s pour effectuer la rééducation.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Kine](https://lls.fr/PC2Kine)

MÉDECIN GÉNÉRALISTE

Études : Bac + 9 et plus

Métier : Le médecin généraliste ausculte les patient(e)s et les interroge sur leurs troubles. Le bilan posé, il/elle prescrit des traitements et des examens.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Medecin](https://lls.fr/PC2Medecin)

matière à l'échelle macroscopique

Compétences



Retrouver les fiches méthode compétences sur lelivrescolaire.fr LLS.fr/PC2Methode.

INDICATEUR DE MAÎTRISE	chap. 1	chap. 2	chap. 3	chap. 4	chap. 5	chap. 6
APP Faire un brouillon comprenant schéma, données et notions Extraire l'information utile sur supports variés	✓					
APP Maîtriser le vocabulaire du cours (fiche de vocabulaire)				✓	✓	✓
ANA Choisir, élaborer, justifier un protocole	✓					
ANA Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques			✓		✓	
REA Effectuer des mesures		✓				
MOD Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie (discerner ressource et énergie, source et transfert)						✓
MOD Connaître et déterminer la structure d'un atome/du noyau/du nuage électronique				✓	✓	✓
VAL Précision et incertitudes/chiffres significatifs/identifier et évaluer les sources d'erreur		✓				✓
VAL Apprendre/appliquer une relation entre des grandeurs physiques		✓				
COM Compte rendu écrit avec un vocabulaire scientifique rigoureux	✓					
COM Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques Faire des conversions	✓					
MATH Calcul littéral, résoudre une équation			✓			
MATH Pratiquer le calcul numérique : puissances de 10		✓	✓	✓		

Identification des espèces chimiques

ESPRIT CRITIQUE



La spiruline est une algue d'eau douce de couleur verte, consommée en complément alimentaire.

➤ Sa couleur permet-elle d'identifier les pigments qu'elle contient ?

➔ voir l'exercice 40, p. 36



Travailler

autrement

Emma Tome du lycée a besoin d'éthanol pour désinfecter la plaie d'un élève. Lorsqu'elle ouvre l'armoire à pharmacie, elle y découvre cinq flacons, sans étiquette. Impossible de savoir quel est le flacon qui contient l'éthanol. Au fond de l'armoire, elle retrouve les cinq étiquettes décollées : éthanol, eau distillée, éther, acétate d'éthyle et acide benzoïque.

Elle vous confie les cinq flacons, sur lesquels elle a collé des étiquettes : A, B, C, D et E.

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour aider l'infirmière à identifier le contenu des cinq flacons pour retrouver celui qui contient l'éthanol ! LLS.fr/PC2P18

Voir p. 37



JEU
SÉRIEUX



Le trophée de la Coupe du monde est composé d'or 18 carats et de malachite (Moscou, Russie).

Les dimensions du trophée laissent à penser qu'il est particulièrement lourd.

→ **Comment savoir si le trophée est creux ou plein ?**

→ voir l'exercice 41, p. 35

À maîtriser pour commencer

- › Décrire les états de la matière à l'état microscopique
- › Déterminer une masse volumique
- › Connaître la composition de l'air
- › Connaître les termes miscibilité et solubilité

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P19

Objectifs du chapitre

- Identifier une espèce chimique par ses propriétés physiques
- Identifier une espèce chimique par des tests chimiques
- Décrire un système chimique
- Décrire la composition d'un système
- Utiliser la CCM

1 L'expérience historique de Lavoisier

C'est Antoine de Lavoisier, le célèbre chimiste français, qui, en 1777, découvre que l'air est constitué de plusieurs gaz. L'expérience de Lavoisier consiste à faire chauffer du mercure dans une enceinte fermée contenant de l'air et à observer les changements ayant lieu.

→ Quelles observations ont permis à Lavoisier de déterminer la composition de l'air ?

Par intuition

L'air est un mélange complexe de gaz. Comment pourrait-on le vérifier ?

Doc. 1 Une expérience historique

J'ai pris un matras (vase) de 36 pouces cubiques environ de capacité dont le col était très long. Je l'ai courbé de manière qu'il pût être placé dans un fourneau, tandis que l'extrémité de son col irait s'engager sous la cloche, placée dans un bain de mercure. J'ai introduit dans ce matras quatre onces de mercure très pur. [Puis] le mercure fût échauffé presque au degré nécessaire pour le faire bouillir.

Le second jour, j'ai commencé à voir nager sur la surface du mercure de petites parcelles rouges*, qui, pendant quatre ou cinq jours ont augmenté en nombre et en volume ; après quoi elles ont cessé de grossir et sont restées absolument dans le même état. Au bout de douze jours, [...] la calcination du mercure ne faisait plus aucun progrès [...].

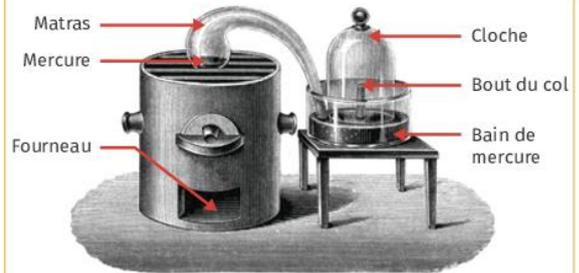
Le volume de l'air contenu tant dans le matras que dans son col et sous la partie vide de la cloche, réduit à une pression de 28 pouces et à 10 degrés du thermomètre, était avant l'opération de 50 pouces cubiques environ.

Lorsque l'opération a été finie, ce même volume à pression et à température égales, ne s'est plus trouvé que de 42 à 43 pouces : il y avait eu par conséquent une diminution de volume d'un sixième environ.

** Il se produit dans le matras une transformation chimique au cours de laquelle le dioxygène réagit avec le mercure pour former de l'oxyde de mercure HgO , rouge.*

Antoine de Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 1789.

Doc. 2 Montage de Lavoisier



Représentation du montage d'après le croquis de Lavoisier.

Point maths Conversions d'unités

Dans le texte historique de Lavoisier, de nombreuses grandeurs sont données dans des unités qui ne sont pas celles du système international.

Rendez-vous sur [LLS.fr/PC2P20](https://lls.fr/PC2P20) pour vous entraîner à faire des conversions.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour découvrir la composition de l'air, un bref descriptif de chacun des gaz ainsi que la biographie de Lavoisier.

[LLS.fr/PC2P20](https://lls.fr/PC2P20)

Compétence

✓ ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

Synthèse de l'activité

1. **Doc. 1** L'expérience montre qu'un gaz disparaît. Donner la formule de ce gaz.
2. L'air est constitué principalement de deux gaz. Quel autre gaz présent dans l'air est encore présent à la fin de l'expérience ?
3. En utilisant les résultats de l'expérience, déterminer le volume d'air qui a disparu et en déduire l'espèce chimique qui s'est transformée, puis la composition en volume de l'air.

Faire une recherche internet sur la composition de l'air. Proposer une explication aux différences avec l'expérience de Lavoisier.

2 Détermination de masse volumique 60'

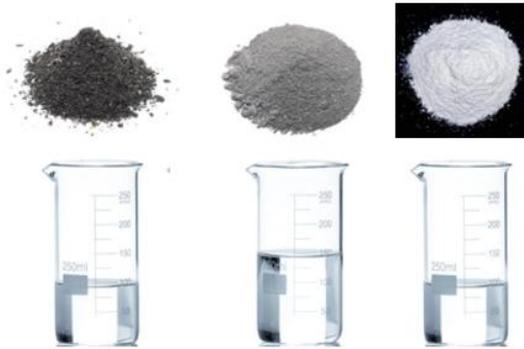
Lors d'une séance de travaux pratiques, les élèves découvrent des échantillons de métaux et des flacons de liquides sans étiquette. Ils doivent identifier les espèces chimiques présentes dans chaque flacon.

→ Comment identifier chaque échantillon ?

Par intuition

La mesure de la masse volumique est-elle suffisante pour identifier une espèce chimique ?

Doc. 1 Liste des échantillons disponibles



Échantillons solides (métaux) et flacons de liquide, sans étiquettes.

Données

Espèce chimique	Masse volumique (g·cm ⁻³)	Aspect à température ambiante (20 °C)
Eau	1,00	Liquide incolore
Fer	7,86	Solide gris
Zinc	7,13	Solide gris clair
Éthanol	0,789	Liquide incolore
Acétone	0,784	Liquide incolore
Étain	7,29	Solide blanc, mou

Numérique

Retrouvez une vidéo sur les calculs de masse volumique. [LLS.fr/PC2P21](https://lls.fr/PC2P21)

Doc. 2 Matériel à disposition

- Une balance ;
- Une spatule ;
- Une coupelle ;
- Une éprouvette graduée de 25 mL ;
- Une pipette graduée de 10 mL ;
- Une pipette simple ;
- Une pissette d'eau distillée ;
- Un pied à coulisse ;
- Un verre à pied.

Doc. 3 Masse volumique d'un échantillon de matière

La masse volumique ρ d'un échantillon de matière est une grandeur égale au quotient de sa masse m par le volume V qu'il occupe.

Elle est définie par la relation : $\rho = \frac{m}{V}$, avec :

- la masse en gramme (g) ;
- le volume en centimètre cube (cm³) ;
- la masse volumique en gramme par centimètre cube (g·cm⁻³).

La masse volumique est une grandeur qui caractérise une espèce chimique. Elle dépend de l'état de l'espèce chimique (solide, liquide ou gaz) et de la température ambiante.

Compétences

- ✓ RÉA : Mettre en œuvre un protocole
- ✓ COM : Écrire un compte rendu avec un vocabulaire scientifique

Synthèse de l'activité

1. **Doc. 1** Peut-on distinguer les échantillons à l'œil nu ? Si non, sur quels critères peut-on les classer dans un premier temps ?

2. **Doc. 3** Quelles sont les grandeurs qu'il faut mesurer pour déterminer la masse volumique d'un échantillon ?

3. Les mesures permettent-elles d'identifier chacun des échantillons ?

La mesure de la masse volumique d'un échantillon permet-elle de déterminer sa nature avec certitude ?

3 Solidification de l'eau distillée et de l'eau salée 45'

L'hiver, dès les premières gelées, les sapeurs s'activent pour déverser des tonnes de sel sur les routes et permettre ainsi aux automobilistes de rouler sans crainte.

→ Pourquoi l'ajout de sel permet-il de faire fondre la glace ?

Par intuition

La température de fusion du mélange (sel + glace) est-elle inférieure à la température de fusion de l'eau pure ?

Doc. 1 Expérience

On souhaite suivre l'évolution de la température de l'eau distillée puis de l'eau salée au cours du refroidissement.

On réalise l'expérience décrite ci-dessous :

- introduire l'eau pure dans un tube à essai ;
- introduire la sonde du thermomètre dans le tube à essai ;
- placer le tube dans un bécher contenant le mélange réfrigérant (glace pilée et sel) ;
- déclencher le chronomètre ;
- relever la température toutes les minutes jusqu'à $t = 25$ min.

Reproduire l'expérience en remplaçant l'eau distillée par l'eau salée.

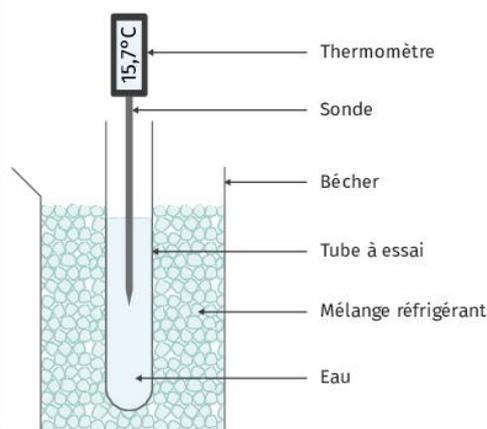
Doc. 2 Mélange réfrigérant

Le mélange réfrigérant est constitué de 80 g de glace pilée et de 20 g de chlorure de sodium (sel de table). Ce mélange peut atteindre une température de -20 °C. Un mélange contenant 30 g de chlorure de calcium et 70 g de glace pilée permet de descendre jusqu'à une température de -55 °C.

Données

- **Solution 1** : eau distillée ;
- **Solution 2** : eau salée (réalisée par dissolution de 20 g de sel pour 100 mL de solution) ;
- **Température de fusion de l'eau pure** : $\theta_f = 0$ °C ;
- **Température de fusion du sel** : $\theta_f = 801$ °C ;
- **Formule du chlorure de sodium** : NaCl.

Doc. 3 Schéma du montage



Numérique

Connectez-vous sur livrescolaire.fr pour tester une animation permettant de simuler l'évolution de la température d'un mélange en fonction du temps. LLS.fr/PC2TemperatureMelange

Compétences

- ✓ RÉA : Mettre en œuvre un protocole
- ✓ RÉA : Effectuer des mesures

- 1. Doc. 1** Réaliser l'expérience et tracer la courbe montrant l'évolution de la température de l'eau au cours du temps en choisissant une échelle appropriée.
- 2. Doc. 1** Déterminer la température de fusion de l'eau distillée.
- Sur le même graphique, tracer la courbe donnant l'évolution de la température de l'eau salée au cours du temps.
- Peut-on déterminer la température de fusion de l'eau salée ? Pourquoi ?
- Comment distinguer un corps pur d'un mélange en utilisant les températures de changement d'état ?

Synthèse de l'activité

Pourquoi l'ajout de sel sur les sols froids permet-il de limiter l'apparition du verglas en hiver ?

4 Réaliser une chromatographie sur couche mince

80'

Les feuilles de salade verte contiennent de la chlorophylle. La salade Lollo Rosso, dont les feuilles sont rouges, contient-elle d'autres pigments ?

→ Comment séparer et identifier les différents pigments ?

Par intuition

Quelle est la couleur des pigments des feuilles de salade Lollo Rosso ?

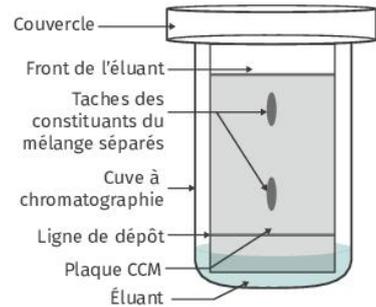
Doc. 1 Extraction des pigments

Pour extraire les pigments, il faut d'abord broyer les feuilles de salade. Pour cela, on introduit quelques feuilles dans un mortier, on ajoute environ 50 mL d'un mélange hydro-alcoolique, du sable, et on utilise le pilon. Une fois les feuilles broyées, on filtre l'ensemble et on récupère le filtrat dans un erlenmeyer.



Salade Lollo Rosso.

Doc. 2 Schéma de la CCM

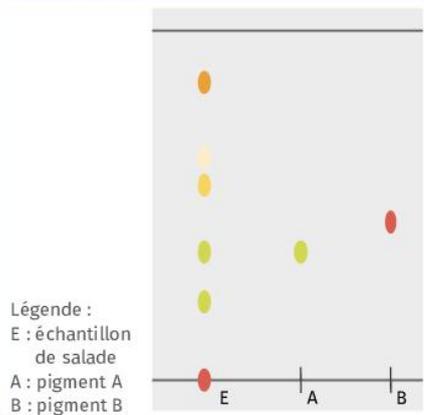


Retrouver une vidéo pour apprendre à réaliser une CCM. [LLS.fr/PC2CCM](https://lls.fr/PC2CCM)

Doc. 3 Matériel nécessaire

- Une cuve à chromatographie et son couvercle ;
- Une bande de papier Whatman d'environ 5 cm sur 8 cm ;
- Une micropipette ou un cure-dents ;
- Un mélange d'éther et de cyclohexane (éluant) ;
- Un sèche-cheveux.
- Un pilon et un mortier ;
- Un mélange hydroalcoolique ;
- Un dispositif de filtration ;
- Du sable.

Doc. 4 Plaque après révélation



Compétence

✓ RÉA : Agir de façon responsable, respecter les règles de sécurité

- 1. Doc. 1** Peut-on prévoir la couleur des pigments présents dans les feuilles de salade en regardant leur couleur ?
- 2. Doc. 3** Faire le schéma des différentes étapes à suivre pour extraire les pigments de la feuille de salade.
- 3. Doc. 2** Réaliser la chromatographie des pigments de la salade. → **Fiche méthode 18, p. 335**
- 4. Doc. 4** Combien de pigments au minimum sont présents dans la Lollo Rosso ?
- 5. Doc. 4** Le pigment A est-il présent dans la salade ? De même pour le pigment B ?

Synthèse de l'activité

De quelle couleur sont les pigments que l'on peut identifier dans les feuilles de la Lollo Rosso ? Chercher la nature de ces pigments en consultant [LLS.fr/PC2P23](https://lls.fr/PC2P23).

1 Corps purs et mélanges

A Espèces chimiques

➤ La matière est constituée d'**entités chimiques** (molécules, atomes, ions).

Une **espèce chimique** est un ensemble d'entités chimiques identiques.

Une espèce chimique est caractérisée par sa formule, son aspect physique (état physique à température ambiante, couleur, odeur, etc.) et ses propriétés physiques (température de fusion, d'ébullition, masse volumique, indice de réfraction, etc.) et ses propriétés chimiques.

Exemples d'espèces chimiques : l'eau, l'acide acétique, le cuivre, le chlorure de sodium.

Un **mélange** est constitué de plusieurs espèces chimiques différentes.

B Corps purs simples et corps purs composés

Un **corps pur** est constitué d'une seule espèce chimique.

On distingue deux types de **corps purs** : les corps purs simples et les corps purs composés.

Un **corps pur simple** est constitué d'un seul type d'atomes.

Exemples : l'argent Ag, le charbon C, le dioxygène O₂.

Un **corps pur composé** est un corps pur qui est constitué de plusieurs types d'atomes. Ces atomes différents restent dans des proportions bien définies dans le corps pur considéré.

Exemples : l'eau H₂O, l'éthanol C₂H₆O, le sel ((Na⁺; Cl⁻) : chlorure de sodium).

C Mélanges homogènes et hétérogènes

➤ Lorsque plusieurs espèces chimiques sont mélangées, elles peuvent former deux types de mélanges : un mélange homogène ou hétérogène.

Un **mélange homogène** est constitué d'une seule phase.

Exemple : l'acier est un mélange homogène de carbone et de fer. C'est un alliage. Le thé (**doc. 2**) est aussi un mélange homogène.

Des liquides sont **miscibles** lorsqu'ils se mélangent l'un avec l'autre pour former un **mélange homogène**.

Exemple : l'eau et l'éthanol sont deux liquides miscibles en toutes proportions ; ils forment un mélange homogène et il est alors impossible de distinguer l'un de l'autre dans la solution résultante.

Doc. 1 L'acide salicylique

Une feuille de saule est constituée de molécules diverses (eau, pectine, cellulose, lignine, etc.) et d'ions (calcium, potassium, sodium, etc.).

On peut extraire l'acide salicylique des feuilles de saule pour réaliser la synthèse de l'aspirine. L'acide salicylique est une espèce chimique d'origine naturelle que l'on synthétise aussi en laboratoire.



Éviter les erreurs

- Attention à ne pas confondre espèce chimique et entité chimique.
- Une espèce artificielle est forcément une espèce synthétique puisque, par définition, elle n'existe pas dans la nature mais se fabrique en laboratoire.

Vocabulaire

- **Corps pur simple élémentaire** : corps pur constitué d'atomes isolés (ex : le fer, le cuivre).
- **Corps pur simple moléculaire** : corps pur constitué de molécules, constituées d'un seul type d'atomes (ex : dihydrogène, dioxygène, dichlore).

Doc. 2 Le thé

Le thé est un mélange homogène, constitué de très nombreuses espèces chimiques : eau, caféine, acides aminés, minéraux, etc.



Pas de malentendu

- Un mélange peut sembler homogène à l'œil nu et être hétérogène si on l'observe au microscope.

Un **mélange hétérogène** est constitué de plusieurs phases (solide, liquide, gaz), c'est-à-dire plusieurs corps que l'on peut distinguer.

Exemple : l'eau et le fer en poudre forment un mélange hétérogène.

Des liquides **ne sont pas miscibles** lorsqu'ils forment un **mélange hétérogène**, constitué de plusieurs phases distinctes (doc. 3).

2 Propriétés physiques des espèces chimiques

A Masse volumique et densité

Une espèce chimique est caractérisée par sa **masse volumique**, ou par sa densité, qui dépend de son état physique.

Selon son état physique, la masse volumique d'un échantillon peut considérablement varier.

La **masse volumique** ρ d'un échantillon de matière est une grandeur égale au quotient de sa masse m par le volume V qu'il occupe.

Elle est donc définie par la relation : $\rho = \frac{m}{V}$.

Dans cette expression, la masse s'exprime en gramme (g), le volume en centimètre cube (cm^3) et la masse volumique en gramme par centimètre cube ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

La densité est une grandeur sans unité. La densité d'un liquide ou d'un solide est égale au quotient de la masse volumique de l'échantillon par la masse volumique de l'eau.

La **densité** est donc définie par la relation : $d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}}$.

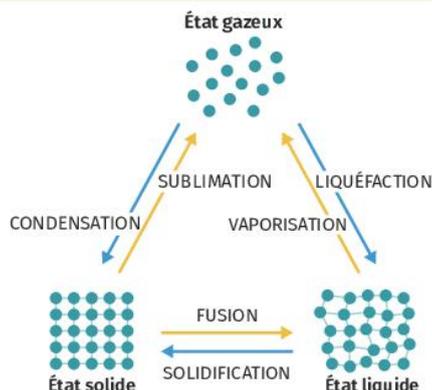
Dans cette relation, les masses volumiques doivent être exprimées dans la même unité.

B Température de changement d'état

Le passage de la matière d'un état à un autre (solide, liquide ou gazeux) est appelé **changement d'état**. Pour un corps pur, il se produit à une **température donnée**, qui dépend de l'espèce chimique constituant le corps pur.

Le passage de l'état solide à liquide (ou liquide à solide) se produit à la température de fusion, notée θ_f .

Le passage de l'état liquide à l'état gazeux (ou de gazeux à liquide) se produit à la température d'ébullition, notée θ_{eb} .



Doc. 3 Un mélange hétérogène



Éviter les erreurs

- ➔ Attention à ne pas confondre la masse volumique et la densité !
- ➔ On exprime parfois la masse volumique dans d'autres unités ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).
- ➔ Ne pas oublier que la masse volumique dépend de la température et de l'état physique.

Données

Masses volumiques de quelques espèces chimiques, à $\theta = 20\text{ }^\circ\text{C}$:

- $\rho(\text{eau liquide}) = 1,00\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;
- $\rho(\text{éthanol liquide}) = 0,789\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;
- $\rho(\text{fer solide}) = 7,86\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;
- $\rho(\text{eau solide}) = 0,92\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ à $\theta = 0\text{ }^\circ\text{C}$.

Doc. 4 Densité et flottaison

La densité d'un échantillon permet de savoir s'il coule ou s'il flotte dans l'eau. Un échantillon, non miscible, dont la densité est supérieure à 1 coule dans l'eau. Un échantillon, non miscible, dont la densité est inférieure à 1 flotte dans l'eau.

Pas de malentendu

- ➔ **L'évaporation** est un phénomène qui se produit à la surface d'un échantillon (solide ou liquide), à n'importe quelle température et **qu'il ne faut pas confondre avec l'ébullition**, qui se produit à une température donnée, et qui concerne l'ensemble de l'échantillon.

Vocabulaire

- **Condensation liquide** : autre appellation du passage de l'état gazeux à l'état liquide.
- **Composition massique d'un mélange** : répartition en masse des espèces chimiques contenues dans un mélange. Elle s'exprime généralement en pourcentage.

C Solubilité

La **solubilité s** (exprimée en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) d'une espèce chimique (solide, liquide ou gaz) correspond à la masse maximale de cette espèce que l'on peut dissoudre dans un litre de solvant (généralement de l'eau).

La solubilité dépend de la température et de la nature du solvant.

3 Identification d'espèces chimiques

A Identification par les propriétés physiques

On peut identifier une espèce chimique par ses caractéristiques physiques (aspect, couleur), mais surtout par ses propriétés physiques.

 **Retrouver une vidéo** sur les changements d'état (et l'identification des espèces chimiques). ([LLS.fr/PC2EspeceChimique](https://lls.fr/PC2EspeceChimique))

Pour identifier une espèce chimique, il faut comparer ses propriétés physiques à celles qui sont référencées (voir l'énoncé, les fiches de sécurité du NIOSH, le livre *Handbook of Chemistry* ou Wikipedia).

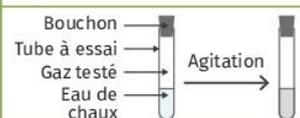
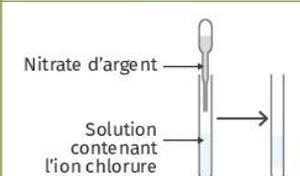
Exemple : pour déterminer expérimentalement la température d'ébullition, de fusion, la masse volumique ou la solubilité dans un solvant, on compare la valeur obtenue avec celles fournies dans les tables de référence.

B Identification par des tests chimiques

Il existe des tests chimiques qui permettent de reconnaître la présence de certaines espèces chimiques.

Pour identifier une espèce chimique, on peut réaliser des tests chimiques.

Exemples de tests chimiques :

Espèce chimique à identifier	Test	Schéma de l'expérience	Résultat positif
Eau (liquide)	Sulfate de cuivre anhydre (solide blanc)		Le sulfate de cuivre anhydre devient bleu.
Dioxyde de carbone	Eau de chaux		L'eau de chaux se trouble.
Ions chlorure	Solution de nitrate d'argent		Il se forme un précipité blanc.

 **Retrouver tous les tests chimiques** standards sur le rabat n° 5.

Vocabulaire

• **Solution saturée** : se dit d'une solution qui contient la masse maximale de soluté que l'on peut y dissoudre.

Données

Valeurs de solubilité de quelques espèces chimiques dans différents solvants :

• **Acide benzoïque à 25 °C** :

- Dans l'eau : $s(\text{acide benzoïque}) = 2,4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;
- L'éthanol : $s(\text{acide benzoïque}) = 43 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;

• **Sulfate de cuivre dans l'eau** :

- À 25 °C : $s(\text{CuSO}_4) = 317 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;
- À 100 °C : $s(\text{CuSO}_4) = 2\,033 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Éviter les erreurs

- Attention à ne pas confondre les notions de **solubilité** (capacité à se dissoudre dans un solvant) et **miscibilité** (deux corps miscibles forment un mélange homogène).
- Il faut connaître plusieurs propriétés physiques concordantes pour identifier une espèce chimique.

Doc. 5 Une poudre inconnue

Impossible d'identifier cette poudre blanche en la regardant : il faut effectuer des tests, et déterminer ses propriétés physiques pour l'identifier.



Vocabulaire

• **Précipité** : solide à l'aspect gélatineux.

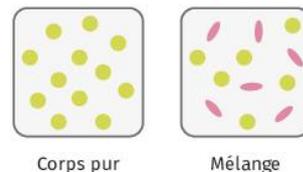
Pas de malentendu

- Un **test chimique** permet de savoir si une espèce chimique est présente dans un mélange, mais le test peut parfois être négatif alors que l'espèce est présente en trop petite quantité (donc indétectable).

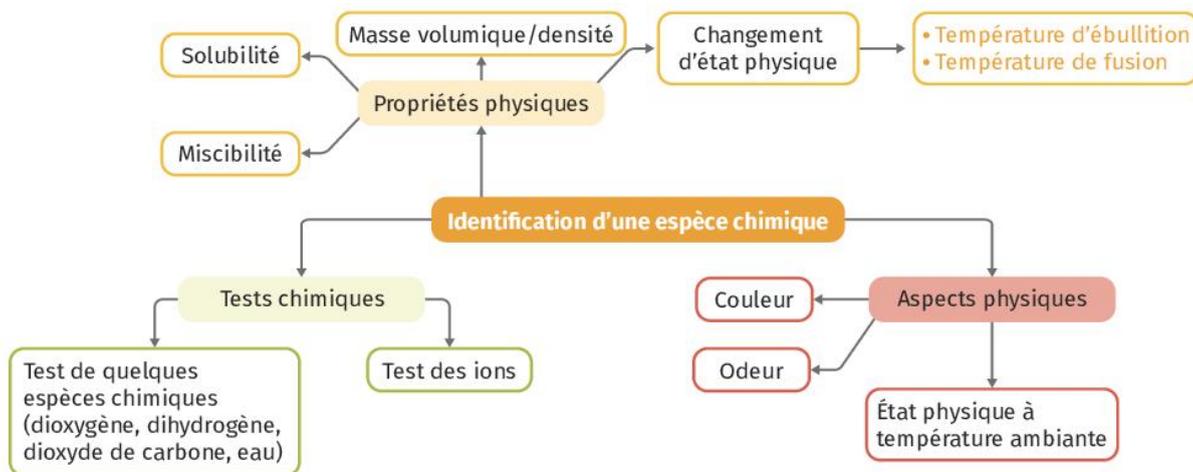
Corps purs et mélanges

Un corps pur est constitué d'une seule espèce chimique atomique, moléculaire ou ionique. Un mélange est constitué de plusieurs espèces chimiques.

Une espèce chimique est caractérisée par ses propriétés physiques (températures de fusion, d'ébullition, solubilité dans un solvant, masse volumique, etc.).



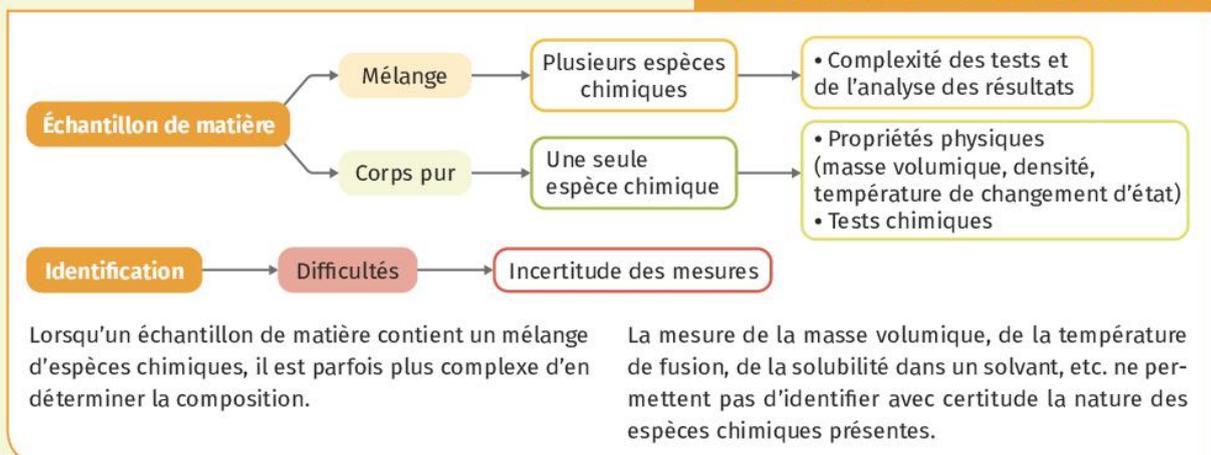
Identification des espèces chimiques



On identifie l'espèce chimique contenue dans un échantillon en comparant ses propriétés physiques avec celles d'une espèce chimique connue.

Les propriétés physiques sont des données de référence, que l'on trouve dans la littérature ou en ligne.

Les limites de la modélisation



Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire une carte mentale et reprendre les principales notions du chapitre ! LLS.fr/PC2P27

1 Corps purs et mélanges

	A	B	C
1. Quelle est la différence entre une entité chimique et une espèce chimique ?	Il n'y a pas de différence.	Une espèce chimique est constituée d'entités chimiques.	Une entité chimique est un mélange d'espèces chimiques.
2. Quelle est la nature d'un corps constitué uniquement d'atomes identiques ?	C'est un corps pur simple élémentaire.	C'est un corps pur simple composé.	C'est un corps pur simple moléculaire.
3. Quelle est la nature du mélange obtenu en ajoutant 1,0 g de sable dans 100 mL d'eau, à 20 °C, après agitation ?	C'est un mélange homogène.	C'est un mélange hétérogène.	C'est un mélange aqueux.

2 Propriétés physiques des espèces chimiques

1. Comment qualifier deux liquides qui mélangés forment deux phases ?	Ces liquides ne sont pas miscibles.	Ces liquides ne sont pas solubles.	Ces liquides ne sont pas denses.
2. On mélange deux liquides non miscibles. Quel est celui qui se place au-dessus de l'autre ?	Le liquide le moins dense.	Le liquide le plus dense.	Aucun des deux.
3. À quoi la solubilité correspond-elle ?	La masse maximale de soluté que l'on peut dissoudre dans un litre de solvant.	La masse minimale de soluté que l'on peut dissoudre dans un litre de solvant.	Le volume dans lequel on peut dissoudre une masse m de soluté.

3 Identification d'espèces chimiques

1. Parmi ces grandeurs, quelle est celle qui n'est pas une propriété physique ?	La couleur.	La température de changement d'état.	La solubilité dans un solvant.
2. Lorsqu'on réalise un test chimique, on utilise :	un réactif.	un produit.	un identifiant.
3. Qu'est-ce qu'un précipité ?	Un solide.	Un liquide.	Un gaz.
4. Lors d'une chromatographie sur couche mince (CCM), la hauteur d'une tache par rapport au front de l'éluant :	est toujours la même à chaque CCM.	dépend uniquement de l'espèce chimique.	dépend de l'espèce chimique et de l'éluant utilisé.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires. LLS.fr/PC2P28

4 Questions Jeopardy

♦ Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

a. C'est la température à laquelle une espèce chimique passe de l'état solide à l'état liquide.

b. Ce réactif est utilisé pour montrer la présence d'eau dans une substance.

Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 340)

☐ Identifier une espèce chimique par ses propriétés physiques	18	32
☐ Identifier une espèce chimique par des tests chimiques	20	
☐ Décrire un mélange d'espèces chimiques	15	
☐ Décrire la composition d'un système	14	[DIFF] 31
☐ Utiliser la CCM	21	

Pour s'échauffer

5 Corps pur ou mélange

- Indiquer pour chaque proposition s'il s'agit d'un corps pur ou d'un mélange.
 - Jus d'orange.
 - Charbon.
 - Acier.
 - Pépité d'or.
 - Eau de Javel.

6 Masse volumique de l'eau

- Donner la valeur de la masse volumique de l'eau liquide en précisant l'unité choisie.

7 Espèce chimique

- Lister les espèces chimiques présentes dans l'eau déminéralisée sucrée.

8 État physique

- Dans quel état physique se trouve l'acide citrique à 0 °C, à température ambiante (20 °C) et à 100 °C ?

Données

- Température de fusion de l'acide citrique : $\theta_f = 153 \text{ °C}$;
- Température d'ébullition : $\theta_{eb} = 310 \text{ °C}$.

9 Masse volumique du cyclohexane

- Calculer la masse volumique du cyclohexane en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, sachant qu'un volume de 15 mL a une masse de 11,8 g.

10 Volume d'éthanol

- Quel volume d'éthanol, de masse volumique $\rho_{\text{éthanol}} = 0,78 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, doit-on prélever pour en avoir 30 g ?

11 Mélanges

- Chaque mélange est-il homogène ou hétérogène ?
 - Eau + huile.
 - Eau + sel.
 - Eau + sable.

12 Une canette de mercure

- Calculer la masse d'une canette de soda remplie de mercure liquide. La canette a un volume de 33 cL et la masse volumique du mercure est de : $\rho = 13,5 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Numérique Retrouvez plus d'exercices sur [LLS.fr/PC2P29](https://lls.fr/PC2P29).

Pour commencer

Corps purs et mélanges

13 Analyser des produits ménagers

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Il existe de très nombreux produits ménagers. Le vinaigre ménager, utilisé pour détartrer les robinetteries et les carrelages, contient de l'eau (H_2O) et 14 % d'acide acétique ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$). L'alcool à brûler, utilisé pour nettoyer les vitres, est constitué d'éthanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), de méthanol (CH_4O) et d'eau (H_2O). L'ammoniaque, utilisée pour raviver les couleurs des tapis, est une solution qui contient de l'ammoniac (NH_3) dissous dans l'eau (H_2O). L'eau déminéralisée, utilisée pour éviter les dépôts de calcaire dans les fers à repasser, ne contient plus de minéraux (ions).

- Lister les espèces chimiques présentes dans ces produits ménagers.
- Ces produits ménagers sont-ils des corps purs ou des mélanges ?

14 Connaître la composition de l'air

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

L'air est un mélange de gaz.

- Quels sont les deux gaz majoritaires présents dans l'air ?
- Quelle est la composition, exprimée en pourcentage, de l'air ?
- Calculer la masse, exprimée en grammes, d'un litre d'air.

Roger de La Fresnaye, *La Conquête de l'air* (détail), 1913.

Donnée

- Masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,225 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ à 15 °C.

15 Représenter le contenu d'une éprouvette

- ✓ APP : Extraire l'information utile dans un texte
- ✓ APP : Faire un brouillon comprenant un schéma

On introduit dans une éprouvette graduée 20 mL d'eau et 30 mL de cyclohexane. Ces deux liquides sont incolores et non miscibles entre eux.

- Dessiner le contenu de l'éprouvette graduée.

Données

Densité :

- de l'eau : $d_{\text{eau}} = 1,00$;
- du cyclohexane : $d_{\text{cyclohexane}} = 0,779$.

Propriétés physiques

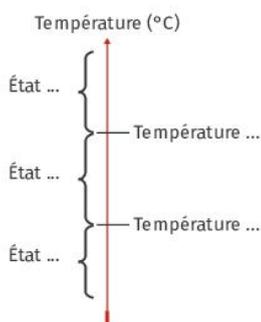
16 Connaître le vocabulaire

- ✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

On considère une espèce chimique pure, dont la température d'ébullition est θ_{eb} et la température de fusion est notée θ_{r}

- Reproduire et compléter le schéma ci-contre en indiquant :

- l'état physique dans lequel se trouve l'espèce chimique pour différentes températures θ ;
- la température de changement d'état θ_{eb} et θ_{r}



17 Calculer une densité

- ✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

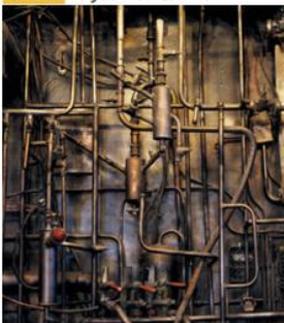
La masse volumique du zinc solide est $\rho_{\text{zinc}} = 7,13 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, celle du cuivre solide est $\rho_{\text{cuivre}} = 8\,960 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ et celle du fer $\rho_{\text{fer}} = 7,87 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

- Calculer la densité de ces métaux à 20 °C.

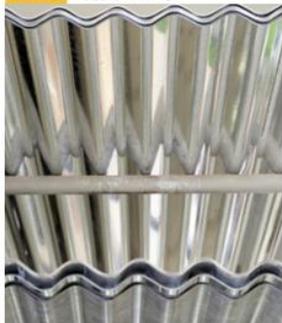
Donnée

- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Doc. 1 Tuyaux en cuivre



Doc. 2 Tôle en zinc



Identification d'espèces chimiques

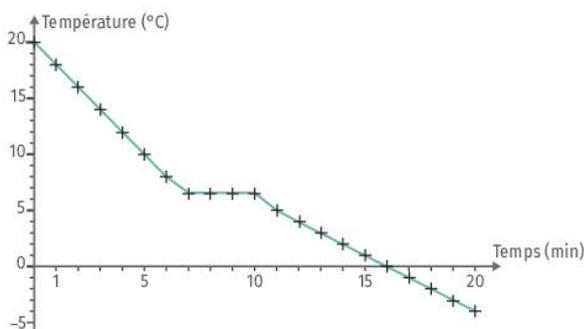
18 Identifier un liquide

- ✓ APP : Extraire l'information utile d'un schéma

On place un tube à essai contenant un liquide X dans un cristalliseur contenant un mélange réfrigérant (eau, glace et sel) et on mesure la température du liquide à intervalle de temps régulier.

La courbe donnant l'évolution de la température du liquide X en fonction du temps est donnée ci-dessous.

1. Pourquoi peut-on affirmer que ce corps est pur ?
2. Déterminer la température de fusion du corps.
3. En utilisant les données, en déduire le nom de ce corps pur.



Données

Température de fusion de quelques corps purs :

- $\theta_{\text{eau}} = 0 \text{ °C}$;
- $\theta_{\text{éthanol}} = -114 \text{ °C}$;
- $\theta_{\text{cyclohexane}} = 6,5 \text{ °C}$;
- $\theta_{\text{éthér}} = -116 \text{ °C}$;
- $\theta_{\text{pentan-3-ol}} = -8 \text{ °C}$;
- $\theta_{\text{benzène}} = 5,5 \text{ °C}$;
- $\theta_{\text{méthanamide}} = 2,5 \text{ °C}$.

19 La respiration des plantes

- ✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

On sait que les plantes vertes consomment du dioxyde de carbone et rejettent du dioxygène pour leur croissance. Mais est-ce toujours le cas ?

Pour tester cela, on récupère le gaz produit par une plante en journée au soleil d'une part et la nuit de l'autre.

Le gaz produit en journée permet de rallumer une flamme et ne réagit pas au contact de l'eau de chaux.

À l'inverse, le gaz produit la nuit ne rallume pas de flamme, mais produit un précipité blanc au contact de l'eau de chaux.

- Identifier les deux gaz produits par la plante le jour et la nuit et conclure.



Forêt primaire, Australie.

20 Solution inconnue

✓ COM : Compte rendu avec un vocabulaire scientifique rigoureux

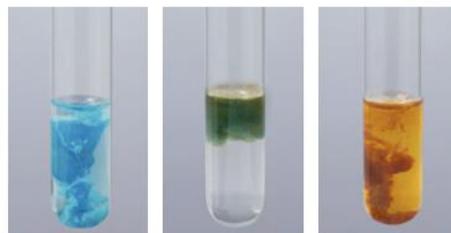
Rami a préparé une solution aqueuse et vous met au défi de retrouver les ions présents dans cette solution. Une série de tests a été réalisée dont les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Réactif	Résultat du test
Nitrate d'argent	Positif
Soude	Négatif
Chlorure de baryum	Négatif
Oxalate d'ammonium	Positif

- Faire le schéma type de l'expérience à réaliser pour faire ces tests.
- Déterminer la nature des ions présents dans la solution réalisée par Rami.
- La solution est-elle un corps pur ou un mélange ?

► Tests d'ions en solution aqueuse :

Ion	Réactif utilisé	Observations
Chlorure Cl^-	Nitrate d'argent	Précipité blanc qui noircit à la lumière
Cuivre II Cu^{2+}	Soude	Précipité bleu
Calcium Ca^{2+}	Oxalate d'ammonium	Précipité blanc
Fer II Fe^{2+}	Soude	Précipité vert
Fer III Fe^{3+}	Soude	Précipité orange
Sulfate SO_4^{2-}	Chlorure de baryum	Précipité blanc
Sodium Na^+	Test à la flamme	Flamme jaune
Potassium K^+	Test à la flamme	Flamme violette



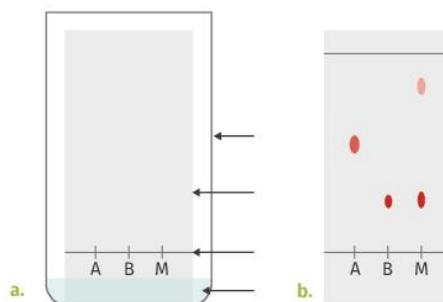
Exemples de tests positifs avec le réactif soude.

21 Analyser une CCM

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

La chromatographie sur couche mince (CCM) est une technique utilisée pour séparer et identifier les constituants d'un mélange, par migration le long d'une couche de papier. On réalise la CCM d'un mélange M.

- Reproduire et légénder le schéma a.
- Quelles sont les informations apportées par cette CCM sur la composition du mélange M ?



Une notion, trois exercices

□ Savoir-faire : Savoir manipuler les relations.

22 Composition de l'air

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

Dans une enceinte de 80 L d'air, on estime qu'il y a environ 17 L de dioxygène et 62 L de diazote.

- Ces gaz sont-ils les seuls présents dans l'enceinte ?
- Calculer le pourcentage en volume de chaque composant de l'air cité ici.

23 L'air expiré

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

À cause du processus de respiration, la composition de l'air inspiré n'est pas la même que celle de l'air expiré. Seule une partie du volume total des poumons correspond à l'air respiré : c'est le volume d'air courant, d'environ 500 mL.

On mesure la composition en volume de l'air dans les poumons avant expiration : 79 % de diazote, 16,5 % de dioxygène, 4,5 % de dioxyde de carbone.

DIFFÉRENCIATION

- Le volume d'air dans les poumons est de 6 L, calculer le volume de dioxyde de carbone dans les poumons avant expiration.
- On considère que le dioxyde de carbone provient uniquement du volume courant. Calculer le pourcentage de dioxyde de carbone dans le volume courant.

24 Le trimix

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

Le trimix est un mélange de gaz utilisé pour la plongée.

- À partir des masses de chaque gaz contenu dans la bouteille, calculer le pourcentage en volume de chaque gaz dans le trimix.

Données

Pour une bouteille de 12 kg :

- masse de dioxygène : 3,3 kg ;
- masse d'hélium : 600 g ;
- masse de diazote : 8,1 kg.

Masse volumique du gaz à pression atmosphérique :

- $\rho(\text{O}_2) = 1,33 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;
- $\rho(\text{N}_2) = 1,17 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;
- $\rho(\text{He}) = 0,17 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Décrire la composition d'un mélange

Énoncé

On introduit dans une éprouvette graduée 5,0 mL d'eau et 15,0 mL d'éther. On mélange puis on laisse décanter.

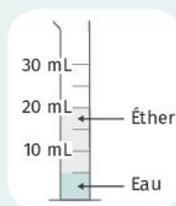
1. Dans quel état physique ces deux espèces chimiques se trouvent-elles à la température ambiante (20 °C), et avant le mélange ? Justifier la réponse.
2. Déterminer les masses d'eau et d'éther introduites dans l'éprouvette.
3. Faire un schéma légendé de l'éprouvette graduée en indiquant la position et la composition des phases.

Données

Espèce chimique	Température de fusion θ_f	Température d'ébullition θ_{eb}	Masse volumique ρ
Eau H_2O	0 °C	100 °C	1,0 g·cm ⁻³
Éther $C_4H_{10}O$	-116 °C	35 °C	0,71 g·cm ⁻³

Solution rédigée

1. L'analyse des températures de changement d'état montre qu'à température ambiante (20 °C), l'eau et l'éther sont liquides. Pour l'eau et l'éther, la température ambiante est comprise entre leur température de fusion et leur température d'ébullition. Ils sont donc liquides.
2. La masse m d'un échantillon se calcule en utilisant la définition de la masse volumique ρ . Avec : $\rho = \frac{m}{V}$
 V : volume occupé par l'échantillon de masse m .
 Dans cette relation, m s'exprime en g, V en cm³ (ou en mL) et ρ en g·cm⁻³.
 On peut donc écrire : $m = \rho \cdot V$.
 Pour les deux espèces chimiques, on calcule donc la masse de l'échantillon, soit :
 Pour l'eau : $m_{eau} = 1,0 \times 5,0 = 5,0$ g.
 Pour l'éther : $m_{ether} = 0,71 \times 15,0 = 11$ g.
3. L'éther a une masse volumique moins grande que l'eau, il se place au-dessus de l'eau. Le schéma de l'éprouvette est donc :



DONNÉE

L'eau et l'éther ne sont pas miscibles, ils ne se mélangent pas.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. L'état physique d'une espèce chimique dépend de ses températures de fusion et d'ébullition.
2. La masse d'un échantillon dépend de la masse volumique de l'espèce chimique qu'il contient (si c'est un corps pur) et du volume que l'échantillon occupe.
3. Les espèces chimiques liquides sont-elles miscibles entre elles ? Quelle espèce a la plus grande masse volumique ?

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Si la température est inférieure à la température de fusion, l'espèce est solide. Quand la température est comprise entre les températures de fusion et d'ébullition, l'espèce est liquide.
2. Ne pas confondre masse et volume. Pour l'eau, la masse d'un échantillon de 1 mL est de 1 g. Pour des espèces chimiques (autres que l'eau), c'est la relation entre la masse volumique et le volume qui permet de déterminer la masse.
3. Analyser les données concernant la miscibilité et la solubilité : deux liquides non miscibles forment un mélange hétérogène. Le liquide le moins dense se place au-dessus de l'autre.

25 Mise en application

On introduit dans une éprouvette 10 mL de toluène, 15 mL d'eau et 5 mL d'acide formique.

- ♦ Dessiner le contenu de l'éprouvette après agitation.

Données

- L'eau et le toluène ne sont pas miscibles. L'acide formique est miscible avec l'eau mais non miscible avec le toluène.
- Masses volumiques : $\rho_{toluène} = 867$ kg·m⁻³ ; $\rho_{eau} = 1\,000$ kg·m⁻³ ; $\rho_{acide\ formique} = 1,22$ g·cm⁻³.

Pour s'entraîner

26 Calculer une masse volumique

✓ COM : Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques

On introduit 15 mL d'éthanol dans une éprouvette graduée placée sur une balance tarée. La masse de cet échantillon d'éthanol est de 12 g.

- Exprimer littéralement puis calculer la masse volumique de l'éthanol en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.
- Exprimer la masse d'éthanol en kilogramme, et le volume en m^3 . **Rappel** : $1 \text{ m}^3 = 1 \times 10^3 \text{ L}$.
- En déduire la valeur de la masse volumique de l'éthanol en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

27 Déterminer l'état physique d'une espèce chimique

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

• En utilisant le tableau des températures de changement d'état donné ci-dessous, indiquer, pour chaque espèce chimique, l'état dans lequel elle se trouve à la température ambiante (20°C) et à la température de 120°C .

- a. Éthanol. b. Cyclohexane. c. Méthane.
d. Eau. e. Acétone. f. Sel.

Données

Espèce chimique	Température de fusion ($^\circ\text{C}$)	Température d'ébullition ($^\circ\text{C}$)
Cyclohexane	6,5	81
Eau	0	100
Éthanol	-114	79
Méthane	-182,5	-161,5
Acétone	-94,6	56
Sel	801	1465

28 Cyclododécane

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours



Matériel d'archéologie

Le cyclododécane est un hydrocarbure d'aspect cireux, utilisé en archéologie pour protéger des objets de la poussière et de l'eau pendant leur manipulation. Cet hydrocarbure, insoluble dans l'eau et l'alcool, soluble dans la *white spirit*, a la propriété de se sublimer à température ambiante.

- Rappeler la définition du terme « sublimation ».
- Expliquer en quelques lignes pourquoi le cyclododécane peut protéger un objet de l'eau.

Comprendre les attendus

29 Déterminer expérimentalement la température de changement d'état

✓ APP : Faire un brouillon comprenant un schéma

Un élève souhaite déterminer expérimentalement la température de fusion du glycérol.

- Faire le schéma légendé du montage qui permet de réaliser ces mesures.
- Les mesures sont relevées dans ce tableau.

t (s)	0	30	60	90	120	150	180	210	240
T ($^\circ\text{C}$)	5	8	11	14	17	18	18	18	21

Tracer la courbe d'évolution de la température en fonction du temps.

- En déduire la température de fusion du glycérol.

Détails du barème

TOTAL/8 pts

1. Réaliser un schéma complet (système de chauffage, récipient, thermomètre, chronomètre), soigné et précis.

2 pts

2. Indiquer l'échelle clairement.

1 pt

Placer le temps t sur l'axe des abscisses et la température T sur l'axe des ordonnées.

1 pt

Positionner les points correctement, avec soin.

1 pt

Relier les points à la main (pas à la règle).

1 pt

3. Identifier la bonne température de fusion.

1 pt

Justifier le choix de la température de fusion.

1 pt

30 Calculer une densité ou une masse volumique

✓ COM : Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques



- Reproduire et compléter le tableau ci-dessous avec les valeurs qui conviennent en détaillant tous les calculs.
- Parmi les liquides, quels sont ceux qui sont plus denses que l'eau ? moins denses que l'eau ?

Le thermomètre de Galilée donne une indication de la température basée sur des différences de masse volumique.

Espèce chimique	Masse (g)	Volume (cm^3)	Masse volumique ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Densité
Eau	20	20		
Éthanol	39,5	50		
Éther	25			0,71
Eau salée		40	1025	

EXERCICES

31 L'eau iodée

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Le diiode est constitué de molécules de formule I_2 . L'iodure de potassium KI est constitué d'ions iodure I^- et d'ions potassium K^+ . L'eau iodée, utilisée pour désinfecter les plaies, est un mélange d'eau, de diiode et d'iodure de potassium dissous.

1. Le diiode est-il un corps pur simple, un corps pur composé moléculaire, atomique, ionique ou un mélange ? Même question pour l'iodure de potassium.
2. Dans quel état physique le diiode et l'iodure de potassium sont-ils à température ambiante (20 °C) ?
3. L'eau iodée est-elle un corps pur ou un mélange ?
4. Quelle masse maximale de diiode et d'iodure de potassium peut-on dissoudre dans 25 mL d'eau ?

Données

Espèce chimique	θ_f (°C)	θ_{eb} (°C)	Solubilité s(eau)
I_2	113,7	184,4	330 $mg \cdot L^{-1}$
KI	686	1330	1430 $g \cdot L^{-1}$

32 L'acétone en QCM

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours



Chloé introduit dans une éprouvette graduée 10 g d'acétone. Dire pour chacune des propositions suivantes si elle est vraie ou fausse, et justifier le choix.

1. Le volume d'acétone dans l'éprouvette est :
 - a. de 10 mL.
 - b. de 7,8 mL.
 - c. de 12,8 mL.
2. Chloé ajoute maintenant 25 g d'eau dans l'éprouvette et agite le contenu. Le mélange obtenu est :
 - a. de nature homogène.
 - b. constitué de deux phases.
3. Chloé ajoute ensuite doucement 5 mL de cyclohexane. Après agitation :
 - a. on obtient un mélange homogène stable.
 - b. l'eau et l'acétone forment un mélange homogène, distinct du cyclohexane.
 - c. le cyclohexane se place au-dessus du mélange eau-acétone.

Données

- Masses volumiques à 20 °C : $\rho_{\text{acétone}} = 0,784 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$;
 $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$; $\rho_{\text{cyclohexane}} = 0,779 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.
- L'eau et l'acétone sont miscibles entre eux, mais ne sont pas miscibles avec le cyclohexane.

33 Solubilité d'une espèce chimique

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

On introduit dans un bécher 20 mL d'eau à 20 °C. On peut dissoudre au maximum 18 g de glucose dans ce volume d'eau. La température de fusion du glucose est de 146 °C.

1. Dans quel état le glucose se trouve-t-il à 20 °C ?
2. Calculer la solubilité du glucose dans l'eau à 20 °C.
3. Peut-on dissoudre 50 g de glucose dans 100 mL d'eau ?

34 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

1. La température de fusion de cet acide étant de 8,3 °C, il est ~~solide~~ à 20 °C.
2. L'air est composé principalement de ~~vapeur d'eau~~ et de ~~dioxyde de carbone~~.
3. La solubilité de l'acide citrique étant de 592 $g \cdot L^{-1}$ dans l'eau, on peut en dissoudre jusqu'à ~~10 g~~ dans 10 mL d'eau.
4. La masse volumique de l'éthanol étant de 0,789 $g \cdot cm^{-3}$, le volume $V = 15 \text{ mL}$ a une ~~masse~~ $m = 19,0 \text{ g}$.

35 Étalon

✓ MATH : Résoudre une équation

Le kilogramme est l'unité de base de la masse dans le système international. L'étalon, prototype du kilogramme, est conservé par le Bureau international des poids et mesures (BIPM). Surnommé le « grand K », ce prototype a été réalisé en platine iridié (90 % de platine et 10 % d'iridium en masse) et prend la forme d'un cylindre de 39,17 mm de hauteur.

- Calculer le rayon du « grand K ».

Données

- Masses volumiques : $\rho_{\text{platine}} = 21,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$;
 $\rho_{\text{iridium}} = 22,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.
- Volume d'un cylindre de rayon R et de hauteur h :
 $V = \pi R^2 \cdot h$

HISTOIRE DES SCIENCES

Le premier étalon du kilogramme a été fabriqué en 1799. Comme la masse de l'étalon variait, la définition du kilogramme a été modifiée fin 2018. Depuis mai 2019, le kilogramme est défini par rapport à la constante de Planck h .



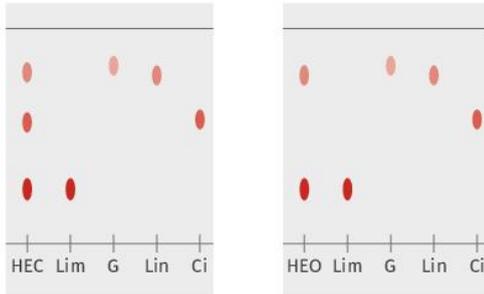
Retrouver les modes d'emploi de ces nouveaux calculs de mesure sur [LLS.fr/PC2CalculMesure](https://lls.fr/PC2CalculMesure).

Pour aller plus loin

36 Huiles essentielles d'orange et de citron

✓ COM : Compte rendu écrit avec un vocabulaire scientifique rigoureux

Les huiles essentielles d'orange (HEO) et de citron (HEC) sont obtenues par expression à froid, le zeste est pressé pour recueillir l'huile. Elles sont riches en molécules odorantes. On réalise deux CCM afin d'identifier quelques espèces chimiques présentes dans ces huiles essentielles.



Légende : G : géraniol, Ci : citral.
Lim : limonène, Lin : linalol,

- ♦ Indiquer quelles sont les espèces chimiques présentes dans les deux huiles essentielles en exploitant les résultats de la CCM.

37 PROPOSITION DE PROTOCOLE

Détermination de la masse de sucre dans un jus de pomme

✓ REA : Mettre en œuvre un protocole

Le sucre est le soluté majoritaire des sodas, boissons aux fruits et jus de fruits.

La masse volumique d'une boisson sucrée augmente avec sa concentration en sucre. On admet que les autres espèces chimiques dissoutes dans la boisson (arômes naturels de fruits, vitamines, etc.) sont sans influences sur la masse volumique de ce jus.

On souhaite vérifier expérimentalement cette valeur. Pour cela, on utilise la technique du dosage par étalonnage, décrite dans le **doc. 1**.

1. Tracer la courbe donnant la masse volumique ρ en fonction de la masse m de sucre dissoute dans 100 mL.

Échelle : En abscisses : 1 cm pour 2,0 g de sucre.

En ordonnées : 1 cm pour 0,020 g·cm⁻³ en commençant à 0,990.

2. La masse volumique du jus de pomme est déterminée expérimentalement et vaut $\rho = 1,040$ g·cm⁻³.

En utilisant la courbe, en déduire la masse de sucre dans le jus. Le résultat est-il cohérent avec l'étiquette ?

Doc. 1 Réalisation de la gamme étalon

On a réalisé plusieurs solutions de 100 mL contenant des masses de sucre différentes, et on a mesuré leur masse volumique. Les résultats apparaissent dans le tableau ci-dessous :

m(g)	0	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0
ρ (g·cm ⁻³)	0,998	1,012	1,028	1,042	1,057	1,072

Pour réaliser ces solutions :

- placer la coupelle de pesée sur la balance ;
- tarer la balance. Peser la masse m de sucre ;
- remplacer la coupelle par la fiole jaugée de 100,0 mL, et tarer à nouveau la balance ;
- introduire la masse m dans une fiole jaugée ;
- compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge ;
- agiter pour dissoudre complètement le sucre ;
- mesurer la masse de la solution sucrée ;
- en déduire sa masse volumique ρ .

Doc. 2 Étiquette de jus de pomme

Valeurs énergétiques et nutritionnelles moyennes :	POUR UN VERRE		POUR 100 mL
	de 200 mL	% des AJR	
Énergie	94 kcal	5 %	47 kcal - 199 kJ
Protéines	1,4 g	3 %	0,7 g
Glucides	22 g	8 %	11 g
dont sucres	19 g	21 %	9,5 g
Lipides	0 g	0 %	0 g
dont saturés	0 g	0 %	0 g
Fibres alimentaires	0 g	0 %	0 g
Sodium équivalent en sel	< 0,02 g	< 1 %	< 0,01 g
	< 0,1 g	< 1 %	< 0,03 g

38 Un euro

✓ MATHS : Résoudre une équation

La pièce d'un euro est constituée d'un disque central de 3,80 g dans un alliage de cupro-nickel (75 % de cuivre en masse et 25 % de nickel). La couronne, plus jaune, est en maillechort (alliage de cuivre, nickel et zinc).

La pièce a un diamètre de 23,25 mm, et une épaisseur de 2,125 mm, pour une masse de 7,50 g.



1. Déterminer la masse volumique du disque central.
2. On appelle x le rayon du disque central. Déterminer la valeur de x .
3. Calculer la masse volumique du maillechort.

Données

- **Masses volumiques :** $\rho_{\text{nickel}} = 8,9$ g·cm⁻³ ; $\rho_{\text{cuivre}} = 9,0$ g·cm⁻³ ;
- **Volume d'un cylindre de rayon R et de hauteur h :** $V = \pi R^2 \cdot h$

39 Le marais salant

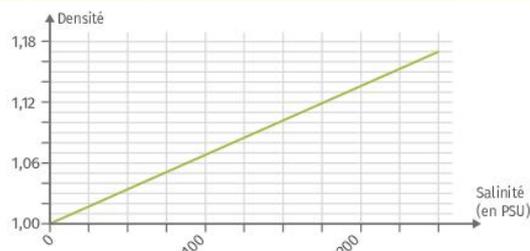
✓ APP : Extraire l'information utile de supports variés

Le sel de mer (chlorure de sodium) est récolté dans un marais salant. L'eau de mer, sous l'action du soleil et du vent, s'évapore et la salinité de l'eau augmente tout au long d'un parcours de bassin en bassin. Le chlorure de sodium précipite dans le dernier bassin, appelé aire, lorsque la salinité de l'eau de mer atteint 220 g/kg.

Stéphane, le saunier, contrôle la salinité de l'eau. Un jour, il prélève dans une aire un échantillon d'eau salée. Il place l'échantillon de 50 mL dans une fiole jaugée vide, propre et sèche. La masse de l'eau salée est de 58 g.

- Déterminer si Stéphane doit arrêter la précipitation du sel dans ses aires en ajoutant de l'eau douce.

Doc. 1 Densité de l'eau salée en fonction de la salinité



1 PSU correspond à un gramme de sels dissous par kilogramme d'eau de mer.

Doc. 2 La salinité

La salinité d'une eau correspond à la masse totale de sel dissous en gramme dans un kilogramme d'eau de mer. Lors des grandes marées, la mer pénètre dans un premier bassin appelé « le loire ».

L'eau qui pénètre dans le loire atteint, en plein été, une température d'environ 20 °C et une salinité de 34 g/kg. L'eau est ensuite envoyée dans les « tapes » dans lesquels sa salinité passe à 49 g/kg avant d'atteindre les aires où, dans des bassins de 3 m de longueur, 3 m de largeur et 2 cm de profondeur, la salinité de l'eau atteindra 220 g/kg.

Le produit que le saunier veut récupérer est le chlorure de sodium (NaCl) ; c'est ce sel qui a le bon goût fondamental du sel marin. Les autres sels présents, blancs aussi, ne sont pas nocifs car les doses sont très faibles, mais ils ont moins bon goût. Les sels CaCO_3 , CaSO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 sont amers et polluent le bon goût de sel marin du chlorure de sodium. Seul le chlorure de potassium KCl a un goût proche du chlorure de sodium NaCl.

Le but du marais salant va donc être de séparer autant que possible NaCl des autres sels au goût amer. La précipitation est arrêtée volontairement lorsque la salinité atteint 228 g/kg. En effet, la saumure (eau salée) contient alors trop de chlorure de magnésium.

40 La spiruline

✓ COM : Compte rendu écrit avec un vocabulaire scientifique rigoureux

- La spiruline est riche en sels minéraux et en carotène de couleur très orangée. En s'appuyant sur les activités du chapitre, proposer un protocole qui pourrait confirmer la présence de carotène dans la spiruline.

Retour sur la problématique du chapitre

41 L'or de la Coupe du monde

✓ APP : Extraire l'information utile de supports variés

La Coupe du monde de football est un trophée réalisé en or 18 carats, représentant deux sportifs portant la Terre. Ce trophée a une masse de 6,175 kg et une hauteur de 36,8 cm. La base du trophée est constituée de deux morceaux de malachite (voir p. 19).

- Le trophée de la Coupe du monde est-il plein ou creux ?

Le carat

Le carat mesure la pureté d'un métal précieux. L'or 18 carats contient 75 % d'or pur, 12,5 % de cuivre et 12,5 % d'argent.

Données

Calcul du volume de différents solides géométriques :

- Sphère de rayon R : $V_{\text{sphère}} = \frac{4}{3} \pi R^3$
- Cône dont la base est un disque de rayon R et de hauteur h : $V_{\text{cône}} = \frac{\pi R^2 \cdot h}{3}$

Températures de fusion, d'ébullition et densité pour différentes espèces chimiques pures :

Espèce chimique	Température de fusion θ_f	Température d'ébullition θ_{eb}	Densité d
Or Au	1064 °C	2 856 °C	19,3
Argent Ag	962 °C	2 212 °C	10,5
Cuivre Cu	1085 °C	2 562 °C	9,0

JEU
SÉRIEUX

À la recherche de l'éthanol

A Panique à l'infirmierie !

Une découverte dans l'armoire à pharmacie

L'infirmière, Emma Tome, a besoin d'éthanol pour désinfecter la plaie de la patiente Aïcha Feymal. Lorsqu'elle ouvre l'armoire à pharmacie, Emma y découvre cinq flacons sans étiquette.

Impossible de savoir quel flacon contient l'éthanol.

Une histoire d'étiquette

Au fond de l'armoire, elle retrouve les cinq étiquettes décollées : acétate d'éthyle, eau distillée, éthanol, acide benzoïque, éther.

B Remettez de l'ordre dans les étiquettes et retrouvez l'éthanol

Une tâche complexe

Emma vous confie cinq flacons étiquetés A, B, C, D et E.



Votre mission :

Identifier le contenu de chaque flacon.

Liste du matériel à disposition :

- Une balance ;
- Une coupelle de pesée ;
- Une spatule ;
- Des tubes à essai (et leurs bouchons) ;
- Un porte tubes ;
- Une éprouvette graduée de 25 mL ;
- Une pipette simple ;
- Une pipette jaugée de 10,0 mL ;
- Un banc Köfler étalonné.

À vous de jouer !

Allez chercher les informations, répondez aux questions, récoltez les indices dans le plateau de jeu en suivant le lien ci-dessous.

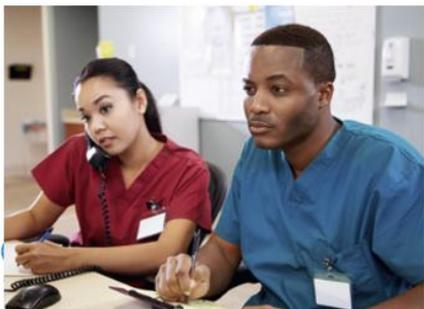
À la fin de votre mission, vous découvrirez un premier indice qui vous aidera à résoudre l'énigme de cette année.



Faire le jeu sérieux sur [LLS.fr/PC2P37](https://lls.fr/PC2P37) !



C Une mission, un métier



Le métier d'infirmier/ère

L'infirmier/ère dispense des soins de nature préventive, curative ou palliative pour promouvoir, maintenir et restaurer la santé des patients. Ce métier à haute responsabilité exige rigueur, vigilance et technicité. À l'hôpital, en entreprise ou en libéral, toutes les formules offrent d'excellents débouchés professionnels.

D'après Onisep



Retrouver la fiche métier Onisep sur [LLS.fr/PC2Infirmier](https://lls.fr/PC2Infirmier).

Composition des solutions aqueuses

L'eau
blanc
et as

ESPRIT CRITIQUE

Paramètres analytiques		
Paramètre	Valeur	Référence de qualité
Aluminium total $\mu\text{g/L}$	20 $\mu\text{g/L}$	$\leq 200 \mu\text{g/L}$
Ammonium (en NH_4^+)	< 0,05 mg/L	$\leq 0,1 \text{ mg/L}$
Aspect (qualitatif)	0	
Bact. aér. revivifiables à 22 pendant 68 h	< 1 n/mL	
Bact. aér. revivifiables à 36° pendant 44 h	2 n/mL	
Bactéries coliformes / 100 mL-ms	< 2 n/(100 mL)	$\leq 0 \text{ n/(100 mL)}$
Bact. et spores sulfito-rédu. / 100 mL-MS	< 1 n/(100 mL)	$\leq 0 \text{ n/(100 mL)}$
Chlore total	0,56 mg (Cl_2)/L	
Coloration	< 5 mg (Pt)/L	$\leq 15 \text{ mg (Pt)/L}$
Coloration après filtration simple	< 5 mg (Pt)/L	$\leq 15 \text{ mg (Pt)/L}$
Conductivité à 25 °C	491 $\mu\text{S/cm}$	$\geq 200 \text{ et } \leq 1\,100 \mu\text{S/cm}$

Issue du site officiel *service-public.fr*, cette analyse de l'eau d'une ville affiche des données en g/L (ou sous-multiples équivalents).

- **L'étiquette indique 20 $\mu\text{g/L}$ d'aluminium. Pourquoi ne peut-il pas s'agir d'une masse volumique ? À quoi cette valeur peut-elle correspondre ?**

→ voir activité expérimentale 3, p. 42

Travailler

autrement

CLASSE
INVERNE

Que signifie diluer ? Pourquoi la couleur est-elle plus foncée sur l'extérieur de la palette que sur le centre ? Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour en apprendre davantage sur la dilution ! LLS.fr/PC2P38

Voir p. 55



- Les peintres utilisent des palettes pour diluer leur peinture et avoir plusieurs teintes d'une même couleur dans leur composition.

Eau de Javel

achat

sainit

JAVEL clic

Eau de javel concentrée en dose plastique
la plus pure

La plupart des bouteilles d'eau de Javel sont obtenues par dilution d'un berlingot d'eau de Javel concentrée.

→ Que signifie « concentré » ? Pourquoi réaliser une dilution au lieu d'acheter des bouteilles prêtes à l'emploi ?

→ voir l'exercice 36, p. 54

À maîtriser pour commencer

- › Distinguer les notions de masse et de volume
- › Notion de masse volumique
- › Notion de mélange
- › Savoir mesurer un volume avec un récipient gradué

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P39

Objectifs du chapitre

- ☐ Savoir identifier un solvant et un soluté
- ☐ Connaître et utiliser la notion de concentration
- ☐ Savoir préparer une solution par dissolution ou dilution
- ☐ Savoir déterminer une concentration expérimentalement
- ☐ Connaître le principe de dosage par étalonnage

1 Trop salé ou pas assez ? 60'

Estimer qu'un plat est assez salé est très subjectif. Au laboratoire, goûter n'est pas possible pour des raisons de sécurité.

→ Comment avoir des repères chiffrés ?

Une opinion ?

Peut-on estimer si un plat commercial est trop salé à la simple lecture de sa fiche de composition ?

Doc. 1 Étiquette d'une soupe commerciale

Valeurs nutritionnelles moyennes	Pour 100 mL	% par portion
Matières grasses	1,8 g	8 %
dont acides gras saturés	0,7 g	11 %
Glucides	5,1 g	6 %
dont sucre	3 g	11 %
Protéines	0,8 g	5 %
Sel	0,78 g	33 %

Doc. 2 Composition d'un bouillon de légumes

BOUILLON DE LÉGUMES ANCIENS EN CUBE

8 × 10 g = 80 g

Ingrédients : sel de mer, amidon de maïs, sirop de maïs, sucre de canne, extrait de levure, persil, ail, cèpes, jus concentré de légumes (panais, topinambour, patates douces), basilic, oignons, céleri, poivre, romarin, huile de tournesol.

Préparation : le bouillon de légumes peut aromatiser toute préparation de légumes : soupe, etc. Il peut aussi être utilisé comme bouillon.

Valeurs nutritionnelles moyennes pour 100 mL de bouillon reconstitué (valeurs obtenues pour 1 cube dans 500 mL d'eau)

Énergie	26 kJ / 6 kcal
Graisses	0,4 g
dont acides gras saturés	0,2 g
Glucides	0,6 g
dont sucre	0,2 g
Protéines	0,1 g
Sel	0,9 g

Doc. 3 Recommandations nutritionnelles

Il est recommandé de ne pas consommer plus de 5 g de sel par jour pour un adulte. [...] N'oubliez pas que les enfants n'ont pas les mêmes besoins qu'un adulte. [...]

Parce qu'une consommation excessive de sel favorise l'hypertension, elle-même à l'origine de maladies cardiovasculaires.

Extrait de l'article « Sel : à limiter », *mangerbouger.fr*.

Doc. 4 Volume de plusieurs contenants

1 cuillère à soupe	2,0 cL
1 verre à eau	20 cL
1 assiette creuse	25 cL
1 mug moyen	37,5 cL
1 grand bol à soupe	50 cL

Compétence

✓ VAL : Apprendre une relation entre des grandeurs physiques

- Doc. 1** Quelle est la masse m_1 de sel contenue dans 1 L de cette soupe ?
- Doc. 2** On réalise une soupe avec quelques légumes et un cube de bouillon. Quelle est la masse m_2 de sel qui sera contenue dans 0,5 L de soupe maison ?
- Quelle est la soupe la moins salée ? Justifier.
La concentration en masse (notée γ) d'un soluté est la masse (notée m) de cette espèce contenue dans un certain volume (noté V) de solution.
- a. Proposer une relation mathématique pour calculer la concentration en masse à partir de la masse m de soluté et du volume V de solution.
b. Parmi les propositions suivantes, quelles sont les unités qui pourraient être utilisées pour exprimer la concentration en masse ? Justifier.

g	L	g/L	g·L	L/g	kg/m ³	g·L ⁻¹	g/cm ³	mg·L ⁻¹	g/mL	mL/mg	kg/L
---	---	-----	-----	-----	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	------	-------	------

- Quel volume de soupe maison (exprimé en litre puis en nombre d'assiettes) faut-il boire pour atteindre l'apport maximum journalier recommandé ?

Synthèse de l'activité

Quels éléments faut-il prendre en compte pour savoir si un plat est trop salé ?

2 Fabriquer du sérum physiologique 60'

Le sérum physiologique est une solution salée qui peut être utilisée pour se nettoyer les yeux.

→ Comment réaliser une telle solution avec précision ?

Une opinion ?

Les ustensiles de cuisine présents à la maison permettent-ils de réaliser un mélange avec précision ?

Doc. 1 Qu'est-ce que le sérum physiologique ?

Le sérum physiologique est une solution isotonique au sang : elle a autant d'ions dissous que le sang.



Cette solution n'est pas réellement un sérum car elle ne provient pas directement du sang.

Elle est généralement composée d'eau distillée et de chlorure de sodium (NaCl) dilué à 0,9 % (c'est-à-dire une solution à $9 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ en NaCl).

Doc. 2 Qu'indique un conductimètre ?



Un **conductimètre** permet de mesurer la conductivité d'une solution.

En effet, une solution qui contient des ions est conductrice d'électricité. Plus elle contient d'ions et plus elle est conductrice.

La **conductance** (notée G , en siemens S) ou la **conductivité** (notée σ , en siemens par mètre S/m) sont des grandeurs mesurées par un conductimètre. Plus leurs valeurs sont élevées et plus la solution est conductrice.

Comme pour un pH-mètre, la sonde du conductimètre doit être immergée dans la solution étudiée après un étalonnage. La mesure s'affiche alors sur l'écran.

Doc. 3 Matériel à disposition

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| • Fiole jaugée de 50,0 mL ; | • Sérum physiologique commercial ; |
| • Coupelle de pesée ; | • Agitateur (baguette) en verre ; |
| • Fiole jaugée de 200,0 mL ; | • Eau distillée ; |
| • Balance ; | • Spatule ; |
| • Bécher de 100 mL ; | • Sel. |
| • Conductimètre ; | |
| • Pipette compte-gouttes ; | |

Compétences

- ✓ REA : Effectuer des mesures
- ✓ VAL : Identifier les sources d'erreurs

1. **Doc. 1** Identifier le soluté et le solvant dans le sérum physiologique.
2. **Doc. 3** Parmi la liste du matériel fourni, quels sont les objets qui permettent une mesure de volume ? Les classer du plus précis au moins précis.
3. **a.** À l'aide des documents ainsi que du matériel mis à disposition, proposer un protocole pour fabriquer une solution de sérum physiologique.
 - b.** Proposer une manière de vérifier la concentration en sel obtenue.
4. Mettre en œuvre le protocole.
5. Proposer une (ou plusieurs) modification(s) à apporter afin d'améliorer la qualité de la solution finale.
6. Mettre en œuvre ces modifications avec l'accord du professeur et comparer avec le premier résultat obtenu.

Synthèse de l'activité

Quelles sont les étapes à suivre pour réaliser une dissolution ? Indiquer le nom de la verrerie adaptée. Comment améliorer la précision lors des manipulations ?

3 Masse de sucre dans une boisson 60'

Le sucre est très présent dans de nombreuses boissons bien qu'on ne le voie pas.

→ **Comment vérifier la composition en sucre d'une boisson ?**

Une opinion ?

La masse volumique et la concentration peuvent s'exprimer en g/L. Quelle différence entre les deux ?

Doc. 1 Sucre dans les boissons

Certaines canettes de 33 cL de boissons sans alcool peuvent contenir jusqu'à près de 40 g de sucre. Le sucre est souvent le soluté largement majoritaire.

Pour simplifier, on peut alors considérer ces boissons dégazées comme des solutions aqueuses sucrées.



Doc. 2 Matériel disponible

- Coupelle de pesée ;
- Bécher ;
- Spatule ;
- Entonnoir ;
- Agitateur magnétique avec barreau aimanté ;
- Une bouteille de boisson dégazée ;
- Balance ;
- Sucre ;
- Éprouvette de 100 mL ;
- Eau ;
- Fiole jaugée de 100,0 mL ;
- Logiciel tableur-grapheur.

Doc. 3 Masse volumique

La masse volumique ρ d'un liquide est le rapport entre la masse totale m du liquide et le volume V de celui-ci : $\rho = \frac{m}{V}$.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver une vidéo illustrant le principe d'un étalonnage.

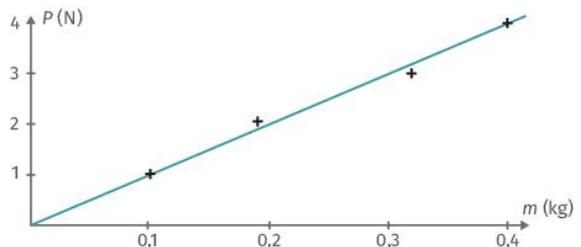
LLS.fr/PC2Etalonnage

Doc. 4 Qu'est-ce qu'une courbe d'étalonnage ?

Une courbe d'étalonnage permet de faire un lien graphique entre deux grandeurs mesurables.

La série de mesures nécessaires pour l'établir permet d'avoir une meilleure précision sur le résultat final que si l'on réalise une mesure unique.

Exemple : courbe $P(m)$ montrant le lien graphique entre le poids P d'un objet et sa masse m .



Compétences

- ✓ REA : Effectuer des mesures
- ✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

1. **Doc. 1 et 3** Calculer la concentration en sucre théorique (en g/L) de la boisson à disposition.
2. **Doc. 2** Déterminer expérimentalement la masse volumique de cette boisson.
3. Proposer un protocole pour trouver un lien graphique entre la concentration en sucre et la masse volumique.
4. Mettre en œuvre le protocole après vérification du professeur.
5. Déterminer la quantité de sucre contenue dans la boisson et la comparer à l'indication de l'étiquette.

Synthèse de l'activité

Quelle différence y a-t-il entre concentration et masse volumique ?
Résumer les étapes pour déterminer une concentration par une gamme d'étalonnage.

1 Notion de concentration

A Solution aqueuse

- Une **solution** est un mélange.
Le **solvant** est le composant majoritaire du mélange.
Le **soluté** est l'espèce qui est dispersée dans le solvant.

$$\text{Solvant} + \text{Soluté(s)} = \text{Solution}$$

Remarque : On parle de solution aqueuse lorsque le solvant est l'eau.

B Concentration en soluté

- La concentration en masse (en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) d'un soluté est la masse m (en g) de soluté dissous dans le volume V (en L) de la solution.

$$\gamma = \frac{m}{V}$$

Exemple : si on dissout 1 g de sel dans 1/2 L de soupe, la concentration en sel de la soupe sera de :

$$\gamma_{\text{sel}} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ g/L.}$$

- La concentration d'un soluté en solution est à distinguer de la masse volumique de la solution. Les deux grandeurs s'expriment parfois dans la même unité mais ne représentent pas la même chose. La masse volumique d'une substance concerne la masse d'un ensemble. La concentration concerne la masse d'un soluté dans un ensemble.

Exemple : concentration en sucre d'un sirop : $\gamma_{\text{sucre}} = 20 \text{ g/L}$.

Masse volumique du sirop : $\rho_{\text{sirop}} = 1180 \text{ g/L}$.

C Concentration maximum

- On ne peut dissoudre qu'une quantité limitée de soluté dans un volume de solvant. Lorsque l'on ne peut plus dissoudre de soluté, on dit que la solution est saturée en soluté.

La solubilité est la concentration à partir de laquelle un soluté ne peut plus se dissoudre davantage. La solubilité est donc la concentration maximum d'un soluté dans un solvant donné.

Remarque :

- La solubilité dépend du soluté, du solvant et de la température.
- Une solution peut être saturée avec un soluté mais pas forcément avec un autre.

Application

La solubilité du chlorure de sodium (sel) est de $s = 358 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Quelle masse m de sel peut-on espérer récolter dans un marais salant à partir de $1,2 \text{ m}^3$ d'une solution saturée ?

Corrigé :

$$1,2 \text{ m}^3 = 1,2 \times 10^3 \text{ L}$$

$$m = s \cdot V = 358 \times 1,2 \times 10^3 \text{ g}$$

$$m = 4,3 \times 10^5 \text{ g} = 4,3 \times 10^2 \text{ kg.}$$

La masse du sel qu'on pourra espérer récolter est de $4,3 \times 10^2 \text{ kg}$.

Doc. 1 Limonade maison



- La limonade est une solution aqueuse. Les principaux solutés sont le sucre, le CO_2 et l'acide citrique.

Éviter les erreurs

- La formule de la concentration peut aussi s'écrire sous la forme : $V = \frac{m}{\gamma}$ ou $m = \gamma \cdot V$.

Vocabulaire

- **Concentration en masse (en g/L) :** masse de soluté contenue dans un volume de référence de solution.
- **Masse volumique :** masse d'une substance (solide, liquide ou gaz) contenue dans un volume de cette substance.

Pas de malentendu

- Le soluté semble disparaître dans le solvant. Or, il est toujours là ! Ses éléments constitutants sont juste trop petits pour être distingués une fois séparés par le solvant.

Doc. 2 Dans un marais salant



- Le sel est récolté lorsque l'eau de mer sature en sel dans les marais salants.

2 Préparation de solutions

A Dissolution

La dissolution est la dispersion d'un soluté dans un solvant.

On dissout souvent des solides dans des liquides. On peut aussi dissoudre des gaz.

Exemples : dissolution du sucre dans du thé ou dissolution de dioxyde de carbone pour fabriquer de l'eau gazeuse avec une machine (**doc. 3**).

Agiter permet d'accélérer la dissolution ainsi que d'homogénéiser la solution finale.

Chauffer permet souvent d'accélérer la dissolution et d'augmenter la solubilité en général. Attention toutefois à ne pas évaporer le solvant !

Exemple : pour faire un chocolat chaud, on chauffe le lait avant d'ajouter du chocolat en poudre. Dans le lait froid, de la poudre reste en surface.

B Dilution

Une dilution est la diminution de la concentration d'une solution par ajout de solvant sans ajout de soluté.

La **solution mère** est la solution de départ et la **solution fille** est la solution obtenue après dilution. La solution fille est donc moins concentrée que la solution mère.

Exemple : quand on ajoute de l'eau dans un café pour qu'il soit moins fort, la solution mère est le café fort et la solution fille est le café doux final.

C Conservation de la masse

Quelle que soit la technique, la masse de soluté prélevée se retrouve toujours dans la solution préparée.

• Cas de la dissolution :

La masse de soluté pesée est égale à celle qui se retrouve en solution : $m_{\text{soluté pesé}} = m_{\text{soluté en solution}} = \gamma_{\text{solution}} \cdot V_{\text{solution}}$

• Cas de la dilution :

La masse de soluté prélevée dans la solution mère est égale à la masse de soluté contenue dans la solution fille : $m_{\text{mère}} = m_{\text{fille}}$

On a donc : $\gamma_{\text{mère}} \cdot V_{\text{mère}} = \gamma_{\text{fille}} \cdot V_{\text{fille}}$

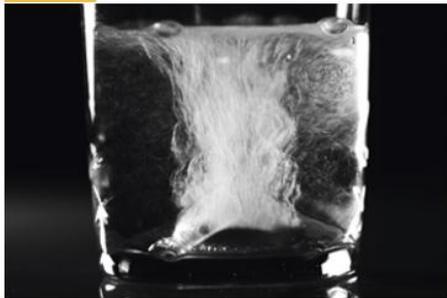
$$\text{Soit : } \frac{\gamma_{\text{mère}}}{\gamma_{\text{fille}}} = \frac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}} = F = \text{facteur de dilution.}$$

Application :

Pour diluer par 5 une solution mère ($F = 5$) dans une fiole de 100,0 mL, $V_{\text{mère}} = \frac{V_{\text{fille}}}{5} = \frac{100}{5} = 20$ mL. Il faut donc prélever 20 mL de solution mère à la pipette jaugée.

→ **Fiches méthode 14 et 15, p. 331-332**
pour réviser les protocoles de dissolution et de dilution en détail.

Doc. 3 Dissolution et effervescent



Le dégagement gazeux de CO_2 agite la solution.

Vocabulaire

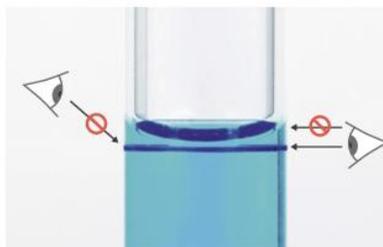
- **Diluer** : ajouter du solvant sans ajouter de soluté.
- **Dissoudre** : disperser un soluté dans un solvant.
- **Solution fille** : solution obtenue après dilution.
- **Solution mère** : solution initiale qui va être diluée.
- **Trait de jauge** : marque ou trait qui indique le volume.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour voir une vidéo expliquant la méthode de dilution en pratique. LLS.fr/PC2Dilution

Éviter les erreurs

- Attention à la lecture du volume avec une fiole jaugée : l'œil doit être bien placé à l'horizontale à la hauteur du bas du ménisque.



- Prélever la solution qui est au-dessus du trait de jauge, même sans avoir agité, revient à enlever du soluté en plus du solvant. La concentration ne sera plus celle souhaitée.
- Attention aux traits de jauge des pipettes : certaines en ont deux (volume mesuré entre les deux traits) et d'autres n'en ont qu'un (vider la pipette pour avoir le volume souhaité) !

3 Détermination de concentrations

A Échelle de teintes

➤ Lorsqu'une espèce colorée est diluée, sa couleur devient plus claire (**doc. 4**). En préparant une série de solutions de concentrations connues d'une même espèce colorée (appelée échelle de teintes), on peut ensuite comparer avec la couleur d'une solution de concentration inconnue et obtenir un encadrement de sa valeur.

Exemple : avec des solutions de permanganate de potassium :



On obtient $0,04 \text{ g/L} \leq \gamma_T \leq 0,08 \text{ g/L}$.

B Courbe d'étalonnage

➤ Lorsque l'on peut mesurer une grandeur physique (notée G) en lien avec la concentration (notée γ), on peut montrer graphiquement ce lien.

En préparant une série de solutions de concentrations γ connues d'une même espèce et en mesurant la valeur de G pour chacune d'entre elles, on peut tracer une courbe $G = f(\gamma)$.

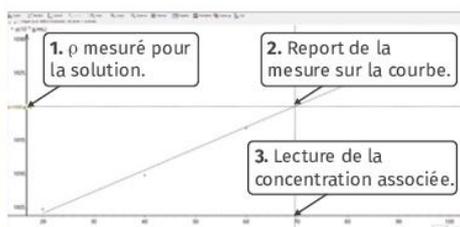
Pour plus de précision :

- effectuer une large gamme de mesures pour réaliser la courbe afin de gagner en précision ;
- modéliser (déterminer une relation mathématique entre les grandeurs représentées)/lisser la courbe d'étalonnage.

Exemple (d'après un sujet bac) :

détermination de la concentration γ en glucose par mesure de la masse volumique ρ d'une solution :

γ (g/L)	ρ (g/mL)
20,00	1,005
40,00	1,010
60,00	1,017
80,00	1,024
100,00	1,030



➤ Résultats de mesures pour l'étalonnage.

➤ Mesure de la concentration d'une solution de masse volumique $\rho = 1,020 \text{ g/mL}$.

Graphiquement, on déduit $\gamma = 70 \text{ g/L}$.

➔ Fiche méthode 10 pour l'utilisation d'un tableur. [LLS.fr/PC2P45](https://lls.fr/PC2P45)

Retrouver une vidéo pour en savoir plus sur les incertitudes de mesure. [LLS.fr/PC2P45](https://lls.fr/PC2P45)

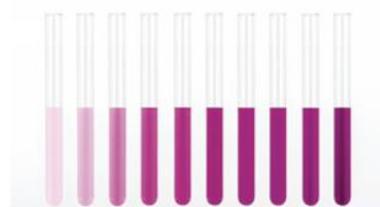
Doc. 4 Dessin à l'aquarelle



➤ On dilue les aquarelles pour obtenir des nuances de couleurs.

Éviter les erreurs

- Comparer les teintes avec la même verrerie car la couleur s'assombrit avec l'épaisseur.
- Pour distinguer les couleurs, mettre un fond uniforme blanc derrière les solutions.
- Resserer les concentrations de l'échelle de teintes pour gagner en précision.



➤ La concentration inconnue doit être dans la gamme d'étalonnage.

Vocabulaire

- **Courbe d'étalonnage** : courbe reliant la concentration à une grandeur physique mesurable.
- **Échelle de teintes** : série de couleurs dégradées.
- **Solution étalon** : solution avec une concentration connue.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour revoir en vidéos l'utilisation de la courbe d'étalonnage. [LLS.fr/PC2Etalonnage](https://lls.fr/PC2Etalonnage)

Solutions

- **Définitions :**



- **Concentration du soluté :**

$$\begin{array}{c}
 \text{Concentration en} \\
 \text{masse de soluté (g/L)} \longrightarrow \gamma = \frac{m}{V}
 \end{array}$$

← Masse de soluté (g)
 ← Volume de solution (L)

On peut déterminer des concentrations par des techniques d'étalonnage, en comparant des couleurs ou des valeurs d'une grandeur physique avec des solutions de concentrations connues.

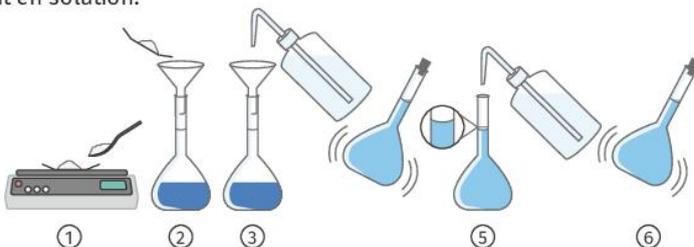
- **Concentration maximum en soluté :**

La concentration maximale est atteinte lorsqu'il y a saturation : le soluté ne se dissout plus.

Préparation de solutions

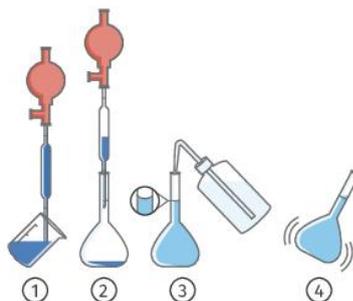
→ Fiches méthode 14 et 15, p. 331-332

- **Dissolution :** Un soluté est introduit en solution.



- **Dilution :** Ajout de solvant à une solution qui devient moins concentrée.

$$F = \text{facteur de dilution} = \frac{\gamma_{\text{mère}}}{\gamma_{\text{filie}}} = \frac{V_{\text{filie}}}{V_{\text{mère}}}$$



Les limites de la modélisation

Dans ce chapitre, les calculs de concentration ont été réalisés à partir de la masse de soluté présente initialement. Or les solutés peuvent être présents sous des formes différentes en solution.

Ce modèle permet de :

- calculer la concentration effective en solution de solutés composés de molécules, comme le saccharose, de formule $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Mais il ne permet pas de :

- calculer les concentrations effectives des solutés qui se transforment lors du passage de la forme solide à la solution comme dans le cas des solutés ioniques.

1 Notion de concentration

	A	B	C
1. La concentration correspond à :	la masse de soluté.	la masse volumique.	la masse de soluté contenue dans un volume.
2. Quelle est l'unité de la concentration ?	g/L ⁻¹ .	g·mL ⁻¹ .	L·g.
3. Repérer la (ou les) formule(s) correcte(s).	$m = \gamma \cdot V$.	$V = \frac{\gamma}{m}$.	$\gamma = \frac{m}{V}$.

2 Dissolution

1. En mettant 1 g de sel dans 200 mL d'eau, la concentration en sel est de :	$5 \times 10^{-3} \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$.	200 mL·g ⁻¹ .	50 g·L ⁻¹ .
2. Pour préparer une solution à 4 g/L en sucre avec 0,5 g de sucre, il faut :	une fiole jaugée de 200,0 mL.	une fiole jaugée de 125,0 mL.	une éprouvette de 125 mL.
3. Une fiole jaugée est schématisée par :			

3 Dilution

1. Lors d'une dilution :	le volume de solution ne change pas.	la masse de soluté ne change pas.	la concentration ne change pas.
2. Si on dilue un médicament au goût orange dans un verre en ajoutant de l'eau :	la quantité de médicament change.	le goût est plus prononcé.	le goût est moins marqué.
3. La solution fille :	est la solution la plus concentrée.	est la solution la moins concentrée.	est la solution prélevée avec la pipette.

Numérique 

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire des QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P47

4 Questions Jeopardy 

• Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

- a. On doit utiliser une pipette jaugée et une fiole jaugée. b. Cela est nécessaire pour homogénéiser la solution.

(Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 340)

☐ Savoir identifier un solvant et un soluté

11

24

☐ Connaître et utiliser la notion de concentration

14

[DIFF]

☐ Savoir préparer une solution par dissolution ou dilution

12

22

☐ Savoir déterminer une concentration expérimentalement

15

27

☐ Connaître le principe de dosage par étalonnage

16

Pour s'échauffer

5 Solution (1)

On dissout deux morceaux de sucre dans un bol de lait.

- Indiquer le soluté et le solvant.

6 Solution (2)

On ajoute trois gouttes d'huile essentielle liquide de lavande dans l'eau du bain.

- Indiquer quel est le soluté et quel est le solvant.



7 Solution (3)

- Quelle différence y a-t-il entre dissolution et dilution ?

8 Concentration (1)

L'eau de la Méditerranée a une concentration en masse de sel de l'ordre de $37,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

- Quel volume d'eau faudrait-il boire pour avaler 37,5 g de sel ?

9 Concentration (2)

- Déterminer la concentration en colorant pour 4 g de colorant dans 2 litres de peinture.

10 Concentration (3)

- Calculer la concentration en masse d'aspirine obtenue en dissolvant un comprimé contenant 500 mg d'aspirine dans 200 mL d'eau.

Pour commencer

Vocabulaire

11 Solvant - soluté

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

- Dans chacun des cas suivants, préciser le solvant et le soluté s'il s'agit d'une solution.

a. Pour obtenir 1 L de jus d'orange à partir de jus concentré, on verse 350 mL de concentré que l'on complète avec de l'eau.

b. Le passage lent d'eau bouillante sur du café moulu permet d'obtenir du café liquide.

c. Pour traiter le bois, on peut utiliser de l'huile de lin diluée dans de l'essence de térébenthine à parts égales.

d. Des galets de chlore permettent de traiter l'eau des piscines.

e. Un excès persistant de glucose dans le sang est un symptôme de diabète.



12 Dissolution - dilution

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

- Dans chacun des cas suivants, préciser s'il s'agit d'une dilution ou d'une dissolution.

- Ajouter du sucre dans du thé.
- Ajouter de l'eau dans le café.
- La machine injecte du gaz dans l'eau.
- Ajouter un peu de sirop dans l'eau.
- Ajouter de l'eau plate dans l'eau gazeuse.
- Ajouter du lait dans un lait au chocolat.

13 Verrerie

✓ ANA : Choisir un protocole



- Parmi le matériel proposé, identifier les éléments pour une dissolution et les nommer.
- De la même façon, identifier le matériel utile pour une dilution et le nommer.

Concentration

14 Du fer dans le sang

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

La ferritine est une protéine essentielle dans le stockage du fer. Chez un homme, sa concentration doit être comprise entre 30 et 300 $\mu\text{g/L}$. Le corps d'un homme moyen contient environ 6,0 L de sang.

1. Quelle est la masse maximum de ferritine que contient un corps moyen ?
2. Quel volume de sang faudrait-il pour obtenir une masse de 0,4 mg de ferritine ?

INFO : L'hémochromatose est une maladie génétique qui provoque un excès de fer dans le sang. Elle touche trois hommes pour une femme. Elle peut notamment provoquer une fatigue chronique ou un dérèglement du foie. Une anémie en fer est, à l'inverse, un manque fer.

15 Du sucre dans nos verres

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

✓ COM : Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques

Une canette de 33 cL de soda contient l'équivalent de six morceaux de sucre. Un morceau de sucre a une masse de 6,0 g. Une bouteille de 500 mL de thé glacé contient 45 g de sucre.

- Déterminer les concentrations en sucre de chacune de ces boissons et en déduire laquelle a le goût le plus sucré.

Préparation de solution

16 Bouillie bordelaise

✓ ANA : Justifier son protocole

La bouillie bordelaise est utilisée pour combattre certains champignons qui attaquent les plantes. Des sites de jardinage donnent le mode d'emploi suivant pour en fabriquer :

- mélanger 80 g de chaux éteinte (hydroxyde de calcium Ca(OH)_2) dans 5,0 L d'eau ;
- mélanger 150 g de sulfate de cuivre dans 5,0 L d'eau ;
- mélanger le tout dans un bidon de 10 L au minimum.

Doc. 1



Bouillie bordelaise sur des feuilles de vigne.

Doc. 2



Pictogrammes associés au sulfate de cuivre.

1. S'agit-il d'une dilution ou d'une dissolution ? Justifier.
2. Quelle est la concentration finale en sulfate de cuivre ?
3. Indiquer le protocole pour réaliser 200 mL de bouillie.
4. Quelles seront les précautions à prendre ? Justifier.

Une notion, trois exercices

□ Savoir-faire : Connaître et utiliser la notion de concentration

17 De belles bulles

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

1. Rappeler la relation qui lie la masse, le volume et la masse volumique d'une espèce chimique.
2. Déterminer la relation (formule littérale) pour calculer la masse m .
3. Calculer la masse de glycérine nécessaire à la préparation du liquide à bulles.
4. Calculer la concentration (en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) en glycérine de ce produit à bulles.

18 Des bulles sucrées

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

1. Quelle est la masse de sucre utile pour la préparation du liquide à bulles ?
2. Calculer la concentration en sucre (en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) du liquide à bulles.

Recette des bulles de savon

- 4 cuillères à café de produit vaisselle ;
- 1 cuillère à café de sucre en poudre ;
- 2 cuillères à café de glycérine ;
- 1 verre d'eau (25 cL).

Données

Une cuillère à café représente environ 5 mL.

- $\rho_{\text{liquide vaisselle}} = 1,04 \text{ g/mL}$;
- $\rho_{\text{sucre}} = 1,6 \text{ g/mL}$;
- $\rho_{\text{glycérine}} = 1,26 \text{ g/mL}$.

19 De grosses bulles

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

- Déterminer la concentration en liquide vaisselle (en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) du liquide à bulles.

DIFFÉRENCIATION

Éviter le mal de tête

Énoncé



Le paracétamol est un antidouleur. Un comprimé pour adulte a une dose de principe actif trop importante pour un enfant.

N'ayant pas de comprimé adapté pour sa fille, un parent décide de se servir d'un comprimé adulte

qu'il va introduire dans un verre rempli d'eau.

1. Comment se nomme en chimie la technique opérée pour mélanger l'eau et le paracétamol ?
2. Quelle est la concentration γ (en g/L) en paracétamol du mélange dans le verre ?
3. Quel volume V de boisson l'enfant doit-il boire pour prendre 300 mg de paracétamol ?
4. Qu'aurait-il fallu faire pour que l'enfant ne boive qu'un volume deux fois plus petit, en ingérant la même quantité de paracétamol ?

Solution rédigée

1. On disperse un solide dans un liquide : c'est une dissolution.

$$2. m_1 = 500 \text{ mg} = 0,500 \text{ g}$$

$$V_1 = 25 \text{ cL} = 0,25 \text{ L}$$

$$\gamma = \frac{m_1}{V_1} = \frac{0,500}{0,25} = 2,0 \text{ g/L}$$

La concentration en paracétamol est de 2,0 g/L.

$$3. m_2 = 300 \text{ mg} = 0,300 \text{ g}$$

$$\gamma = 2,0 \text{ g/L}$$

$$V = \frac{m_2}{\gamma} = \frac{0,300}{2,0} = 0,15 \text{ L} = 15 \text{ cL}$$

L'enfant devra boire 15 cL du mélange.

4. D'après la formule du 3., si V est deux fois plus petit et que m_2 ne change pas, γ doit être deux fois plus grande.

Il faut donc utiliser deux fois moins d'eau lors de la dissolution du comprimé adulte. On mélange donc un demi-verre d'eau avec le comprimé adulte et l'enfant pourra boire deux fois moins de solution pour se soigner.

DONNÉES

- $m_1 = m$ (comprimé adulte) = 500 mg ;
- $m_2 = m$ (comprimé enfant) = 300 mg ;
- $V_1 = V$ (verre) = 25 cL.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Identifier le nom de la technique qui consiste à disperser un solide dans un liquide.
2. Chercher la concentration sachant que l'on connaît la masse de soluté et le volume de solvant.
3. Chercher le volume sachant que l'on connaît la masse de soluté et la concentration.
4. La masse à prendre ne change pas et le volume est deux fois moins grand.

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Reprendre le cours p. 44.
2. Identifier la formule qui relie la grandeur cherchée (γ) et les grandeurs connues (m et V). Faire attention aux unités et aux chiffres significatifs.
3. Exprimer V en fonction de γ et m_2 .
4. Reprendre le lien entre la préparation de la solution et le volume de solution bue par l'enfant pour 300 mg de paracétamol.

20 Mise en application

Un flacon d'antibiotique de 60 mL indique qu'après ajout d'eau jusqu'au trait, la solution fabriquée aura 500 mg d'antibiotique pour 5 mL de solution.

1. Quelle est la concentration (en g/mL) de la solution ?
2. Quelle est la masse d'antibiotique qui a été dissoute dans le flacon lors de la préparation ?
3. Quel volume de la solution fabriquée doit-on boire si on doit prendre 1,8 g d'antibiotique ?

Pour s'entraîner

21 Le plein de vitamine C

- ✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques
- ✓ MATH : Identifier une relation de proportionnalité

Un comprimé de vitamine C contient 1000 mg d'acide ascorbique. Il se prend dans un verre d'eau de 20 cL.



1. Une orange contient 115 mg d'acide ascorbique. Combien faut-il d'oranges pour obtenir la même masse d'acide ascorbique que le comprimé ?
2. Il faut environ trois oranges pour obtenir 200 mL de jus. Quelle est la concentration en acide ascorbique du jus d'orange ?
3. Quel volume de la solution obtenue avec le comprimé dans le verre contient la même masse d'acide ascorbique que ces trois oranges ?
4. Quel volume d'eau faut-il ajouter au verre contenant le comprimé pour obtenir la même concentration en acide ascorbique que le jus d'orange ?

22 Doses homéopathiques en QCM

- ✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques



En homéopathie, les concentrations s'expriment en CH. En réalité, c'est plutôt le facteur de dilution F qui s'exprime en CH. 1 CH correspond à un facteur de dilution de 100. On a : $F = a \text{ CH} = 10^{2a}$.

1. Quel est le facteur de dilution pour des granules 1 CH ?
a. $F = 1$. b. $F = 10$. c. $F = 100$.
2. Parmi les préparations suivantes, quelle est la plus concentrée ?
a. $F = 1 \text{ CH}$. b. $F = 5 \text{ CH}$. c. $F = 9 \text{ CH}$.
3. Quel volume de solvant faut-il ajouter à un volume de de granules à 1 CH pour obtenir des granules à 3 CH ?
a. 2. b. 3.
c. 9999. d. 10 000.
4. Un échantillon contient en moyenne $N = 10^{22}$ entités. Après dilution à 16 CH, le nombre d'entités est :
a. $N = 10^8$. b. $N < 1$. c. $N = 100$.

23 De l'or dans l'eau de mer

- ✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques
- ✓ COM : Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques

L'eau de mer contient de nombreux éléments chimiques en quantités infimes. Par exemple, la concentration en or

est de l'ordre de $5,0 \times 10^{-12} \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

1. Quelle est la masse d'or contenue dans 1 m^3 d'eau de mer ?
2. Quel volume d'eau de mer faudrait-il pour fabriquer une bague de 3,5 g en or jaune ?

L'or

La législation française de 1994 n'autorise l'appellation « Or » que pour les alliages dont le titre est d'au moins 750/1000. Ceci signifie que dans 1000 g d'alliage (1 kg de métal), il y a toujours au moins 750 g d'or fin (ou pur). Le reste est constitué de différents métaux purs comme dans les exemples suivants :

- l'or vert comprend 250 % d'argent ;
- l'or blanc peut comprendre, par exemple, 250 % de palladium ou bien 250 % de nickel ;
- l'or jaune comprend 125 % d'argent et 125 % de cuivre ;
- l'or rose comprend 90 % d'argent et 160 % de cuivre (la composition peut varier) ;
- l'or violet comprend 250 % d'aluminium.



Extrait de « Alliages de l'or et couleurs », www.loretlargent.info.

Comprendre les attendus

24 Pour bien respirer

- ✓ APP : Maîtriser le vocabulaire
- ✓ ANA : Choisir un protocole

Pour soigner les problèmes respiratoires, un pharmacien conseille de mélanger 10 mL d'huile essentielle d'eucalyptus, 5,0 mL d'huile essentielle de thym et de compléter à 100 mL avec de l'huile végétale.

1. Identifier le solvant dans cette situation.
2. Indiquer un protocole pour réaliser ce mélange avec précision.
3. Quelle est la concentration (en g/L) en huile de thym ?

Donnée

$$\rho_{\text{huile thym}} = 0,90 \text{ g/mL}$$



Détails du barème

TOTAL/5 pts

- | | |
|--|------|
| 1. Savoir identifier un solvant. | 1 pt |
| 2. Choisir la verrerie adaptée. | 1 pt |
| Proposer un protocole cohérent. | 1 pt |
| 3. Déterminer les formules utiles. | 1 pt |
| Appliquer les formules avec les bonnes unités. | 1 pt |

25 Précision d'une préparation

- ✓ VAL : Précision et incertitudes
- ✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs

On prépare une solution aqueuse de sulfate de fer en dissolvant 0,50 g de sulfate de fer avec de l'eau dans une fiole de 100,0 mL. La balance utilisée est précise à $\pm 0,01$ g. Le volume de la fiole est garanti à $\pm 0,2$ mL.

L'incertitude sur la concentration est donnée par la

$$U(\gamma) = \gamma \sqrt{\left(\frac{U(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{U(V)}{V}\right)^2}$$

1. Quelle est la concentration γ de la solution fabriquée ?
2. Calculer l'incertitude sur la concentration attendue.
3. Si on choisit maintenant de faire la même solution avec une fiole de $(200,0 \pm 0,2)$ mL et 1,00 g de solide, que devient l'incertitude sur la concentration attendue ? Commenter le résultat.

26 Précision d'une dilution

- ✓ VAL : Précision et incertitudes
- ✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs

On souhaite diluer 20 fois une solution commerciale de soude (hydroxyde de sodium) à (10 ± 1) g·L⁻¹. On dispose d'une fiole jaugée de $(200,0 \pm 0,2)$ mL et d'une pipette de $(10 \pm 0,04)$ mL. L'incertitude sur la concentration de la solution fille $U(\gamma_{\text{fille}})$ est donnée par la relation suivante :

$$U(\gamma_{\text{fille}}) = \gamma_{\text{fille}} \sqrt{\left(\frac{U(\gamma_{\text{mère}})}{\gamma_{\text{mère}}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{\text{mère}})}{V_{\text{mère}}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{\text{fille}})}{V_{\text{fille}}}\right)^2}$$

1. Calculer l'incertitude sur la concentration de la solution diluée finale.
2. Donner un encadrement de cette concentration.



Dépôt de natron au fond du cratère Emi Koussi, Tchad. La soude est issue du natron dont le sodium tire son symbole chimique Na.

27 Utiliser une échelle de teintes

- ✓ REA : Effectuer des mesures

Le bleu patenté est un colorant alimentaire (E131). Pour connaître la masse contenue dans un bonbon Schtroumpf, on réalise une échelle de teintes aux concentrations : 1×10^{-3} g·L⁻¹, 2×10^{-3} g·L⁻¹, 3×10^{-3} g·L⁻¹ et 4×10^{-3} g·L⁻¹ (dans les quatre premiers tubes à essai ci-après). Puis on dissout la partie bleue du bonbon dans 40 mL d'eau

chaude. On obtient la solution du 5^e tube.

1. Donner un encadrement de la concentration en E131 dans le 5^e tube.
2. En déduire un encadrement de la masse de colorant dans un bonbon.



28 Gel hydroalcoolique

- ✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours
- ✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

Le gel hydroalcoolique

La formule de la solution hydroalcoolique développée par D. Pittet est mise à disposition par l'Organisation mondiale de la santé. Le mélange de liquides est le suivant (pour 10 L finaux) : 8,333 L d'éthanol à 96 %, 417 mL de solution de peroxyde d'hydrogène à 3 %, 174 g de glycérol à 98 % et le reste est complété avec de l'eau distillée.

1. Identifier le solvant dans la composition du gel hydroalcoolique.
2. Quelle masse d'éthanol à 96 % est utilisée pour 10 L de solution ?
3. Déterminer la masse volumique (en g/L) du gel.

Données

- $\rho_{\text{éthanol}} = 0,79$ g·cm⁻³ ;
- $\rho_{\text{glycérol}} = 1,3$ g/mL ;
- $\rho_{\text{peroxyde}} = \rho_{\text{eau}}$.

29 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur. Les réponses sont liées à des questions indépendantes.

1. La concentration C est donc de :

$$\gamma = 2,7 \times 10^{-1} \text{ mg/L}.$$

2. Lors d'une dilution, le facteur de dilution

$$\text{vaut : } F = \gamma_{\text{mère}} / \gamma_{\text{fille}} = V_{\text{mère}} / V_{\text{fille}}$$

~~F s'exprime en L.~~

3. Pour prélever 10 mL lors cette dilution, il est préférable d'utiliser une éprouvette graduée de 10 mL.

4. Pour préparer une solution de sel de concentration 9 g/L, il suffit de prendre 1 L d'eau précisément et d'y ajouter 9 g de sel.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P52

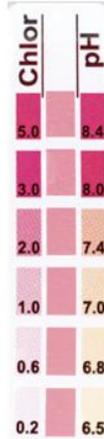
Pour aller plus loin

30 Mesures de pH

✓ VAL : Précision d'une mesure

Le pH indique le niveau de concentration en ions H_3O^+ . Il varie de 0 à 14 en solution aqueuse. On peut calculer la valeur de cette concentration notée γ (en g/L) en appliquant la formule suivante : $\gamma = 19 \times 10^{-\text{pH}}$.

Certains produits permettent de connaître le pH grâce à leur couleur. Il suffit d'en mettre quelques gouttes dans l'eau à tester. Un nuancier permet de relier la couleur de la solution obtenue à la valeur du pH.



1. Donner un encadrement de la valeur du pH de l'eau testée ci-contre.
2. En déduire un encadrement de la valeur de la concentration en ions oxonium H_3O^+ . Cette mesure de concentration est-elle précise ?
3. Que fait la concentration en ions H_3O^+ lorsque le pH augmente ? Justifier.

31 Magnifique stalagmite

✓ ANA : Faire le lien entre un modèle et la réalité

Formation d'une stalagmite

On appelle stalagmite une concrétion formée à partir des gouttes d'eau tombant sur le sol.



Le terme nous vient du grec *stalagmos* qui signifie écoulement. Comment se forment les stalagmites ? Lorsque l'eau de pluie traverse lentement le sol, elle se charge en CO_2 . Elle devient alors acide et désagrège le calcaire CaCO_3 . Lorsqu'elle arrive jusqu'à la voûte d'une grotte, un fin filet d'eau peut s'y s'écouler, toujours très lentement et de manière constante. Les gouttes dégagent alors au contact de l'air. L'eau perd son acidité. Une partie du calcaire va pouvoir se reconstituer, cristalliser ou sédimenter sous la forme d'un anneau de calcite.

Extrait de « Stalagmite », *futura-sciences.com*.

1. Pourquoi le calcaire se forme-t-il lors du dégazage ?
2. Une stalagmite grandit de seulement 4 cm par siècle. Si son diamètre fait environ 10 cm, combien faut-il de gouttes d'eau pour la faire grandir en un siècle ?
3. Combien cela représente-t-il de gouttes en 1 minute ? Est-ce cohérent avec le texte qui parle d'un écoulement lent de l'eau ?

Données

- Solubilité du calcaire à $25^\circ\text{C} = 20 \text{ mg/L}$;
La solubilité du calcaire est supérieure en milieu acide ;
- $V_{\text{goutte d'eau}} = 0,05 \text{ mL}$;
- $\rho_{\text{calcaire}} = 2,77 \text{ g/cm}^3$.

32 Alerte pollution

✓ VAL : Appliquer une relation entre deux grandeurs physiques

✓ COM : Convertir des unités

Seuil d'alerte de pollution



La région Ile-de-France a été la première à mettre en place (le 25 avril 1994) une procédure d'information et d'alerte du public en cas de dépassement de certains seuils de pollution de l'air. Ces seuils ont été plusieurs fois renforcés. Ils sont mis à jour sur le site d'Airparif. La valeur limite est définie, par polluant, comme le « niveau maximal de concentration de ce polluant dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ». [...] Pour les particules fines, le niveau d'information est de recommandations $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne sur 24 h).

Extrait de l'article « Seuil d'alerte (pollution de l'air) », *wikipedia.org*.

1. Exprimer cette concentration en ppm. Quelle est l'utilité du ppm ?
2. Quelle quantité minimum de particules fines passerait dans les poumons pendant une balade d'une heure ?

Données

- Le **ppm** (partie par million) est une unité qui correspond à une proportion de 10^{-6} . Par exemple, il y a 1 g de soluté ou 1 mL de soluté dans 1 000 L de solution.
- La masse d'1 L d'air est de 1,2 g dans nos conditions de vie.
- **Volume d'air inspiré chaque minute** : 6 à 10 L.

Numérique 

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'informations du site Airparif. LLS.fr/PC2AirParif

33 Disparition ou pas ?

✓ ANA : Faire le lien entre les grandeurs microscopiques et macroscopiques

Lorsque l'on dissout du sucre dans l'eau, on ne voit plus le sucre dissous. On peut penser que le sucre a disparu. Pourtant, le sucre est bien là, on le sent au goût.

1. Dans quel état se trouve le sucre dissous ?
2. À l'aide du modèle microscopique, expliquer pourquoi le sucre n'est plus visible bien que présent.

34 Une histoire d'aquarium

- ✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques
- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique



L'eau du robinet a une conductivité de $970 \mu\text{S}/\text{cm}$. On souhaite l'utiliser pour remplir un aquarium de 60 L qui contiendra des poissons rouges

d'eau douce. On fait ensuite l'appoint d'eau toutes les semaines car un aquariophile indique sur son blog qu'il perd 2 % de l'eau par évaporation chaque semaine.

- Indiquer le protocole nécessaire pour préparer l'eau de l'aquarium. Justifier les étapes du raisonnement.

Doc.1 Dureté de l'eau en aquarium

Une dureté de 14 à 25 °fH convient pour une grande majorité des poissons d'eau douce d'aquarium.

On peut régler la dureté de l'eau d'un aquarium, TH, en mélangeant l'eau du robinet à de l'eau osmosée (de 0 °fH environ). Il est possible de fabriquer cette eau à l'aide d'un appareil ou de l'acheter.

Extrait de l'article « Dureté de l'eau », wikipedia.org.

Doc.2 Dureté (TH) et conductivité de l'eau

Conductivité à 25 °C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	351	707	1058	1415
TH estimatif (°fH)	20	40	60	80

35 Boire ou conduire...

- ✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

Au repas chez ses amis, Camille prend un whisky-cola avec juste 1 cm de whisky et elle remplit le verre en cola jusqu'à 1 cm du bord supérieur. Trouvant que ce whisky-cola est trop fort à l'odeur, elle le verse dans une chope et ajoute du cola. Ainsi, elle pense qu'elle pourra conduire.



1. A-t-elle raison ? Justifier.
2. Combien de temps Camille devra-t-elle attendre pour prendre le volant ? Justifier et détailler le raisonnement.

La formule de Widmark détermine le taux T d'alcool (éthanol, en $\text{g}/\text{L}_{\text{sang}}$) 1 h après le repas :

$$T = \frac{m_a}{K \cdot m_p}$$

Avec m_a la masse d'alcool ingérée (en g), m_p la masse en kg de la personne et K un coefficient : $K = 0,6 \text{ SI}$.

On élimine ensuite environ $0,15 \text{ g} \cdot \text{L}_{\text{sang}}^{-1} \cdot \text{heure}^{-1}$.

Données

- **Format du verre à whisky de forme cylindrique :**
 $h = 10 \text{ cm}$, $R = 3,5 \text{ cm}$;
- **Contenance d'une chope :** $V_B = 50 \text{ cL}$.
- **Le whisky est à 40° d'alcool :** pour 100 cL de boisson, il y a 40 cL d'éthanol.
- $\rho_{\text{éthanol}} = 0,80 \text{ g}/\text{mL}$;
- $m_{\text{Camille}} = 55 \text{ kg}$.

Retour sur la problématique du chapitre

36 Javel concentrée

- ✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques
- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

Le pourcentage indiqué sur un berlingot d'eau de Javel concentrée correspond à la masse de chlore actif.

On prépare un bidon de 3,5 L d'eau de Javel diluée à partir d'un berlingot concentré à 9,6 % en masse. Le volume du berlingot est de 250 mL.



1. Calculer la concentration en masse de chlore actif de la solution préparée.
2. Quel est l'intérêt de vendre des berlingots concentrés ?
3. Dresser la liste des précautions à prendre lors de la manipulation.

Doc.1 Mentions de danger selon le règlement CPL

H314 Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.

EUH031 Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique.

Découvrir la dilution

Objectifs :

- ➔ Préparer le cours en s'appropriant le vocabulaire et les notions concernant la dilution d'une solution.
- ➔ Communiquer un bilan synthétique des notions abordées sous la forme d'une présentation.

A Un sirop trop sucré

Situation

On verse une grande quantité de sirop de fraise dans un verre. On ajoute ensuite de l'eau.

Afin que le goût fraise soit moins marqué et moins sucré, on verse le sirop dans un verre plus grand et on ajoute de nouveau de l'eau.



Analyse scientifique de la situation

1. Dans le verre d'eau au sirop de fraise, quel est le solvant ? Quels sont les solutés ?
2. Quelle grandeur physique change-t-on lorsque l'on dit que le sirop est moins sucré ?
3. Quelle a été sa variation ? Comment le voit-on sans en boire ?
4. D'après vous, quel est le lien avec la palette de la peinture proposée en introduction du chapitre ?

B La dilution

Définition

Diluer, c'est diminuer la concentration d'une solution par ajout de solvant.

Technique opératoire

 **Visionner la capsule vidéo** « Réalisation d'une dilution ». [LLS.fr/PC2Dilution](https://lls.fr/PC2Dilution)

CONSEILS :

- Prendre des notes pendant la vidéo.
- Trouver les mots-clés et les notions importantes.

Vocabulaire spécifique

1. Qu'appelle-t-on solution mère ? solution fille ?
2. Quelle solution a la concentration la moins élevée ?
3. Dans l'exemple du A, quelle est la solution mère ? la solution fille ?

Verrerie

4. Quelle verrerie est utilisée pour prélever la solution mère ? pour réaliser la solution fille ? Pourquoi n'utilise-t-on pas des béchers ou des éprouvettes ?
5. Au bout de 4 min 22 s, il est indiqué que si le trait de jauge est dépassé, il faut tout recommencer. Pourquoi ne peut-on pas juste retirer de la solution préparée ?

Loi de conservation

6. Lors de la dilution, qu'est-ce qui ne change pas : la quantité de solvant ? de soluté ?
7. En déduire une relation entre les concentrations des solutions mère et fille.
8. Chercher ce que l'on nomme le facteur de dilution. Combien vaut-il dans l'exemple de la vidéo ?



vidéo

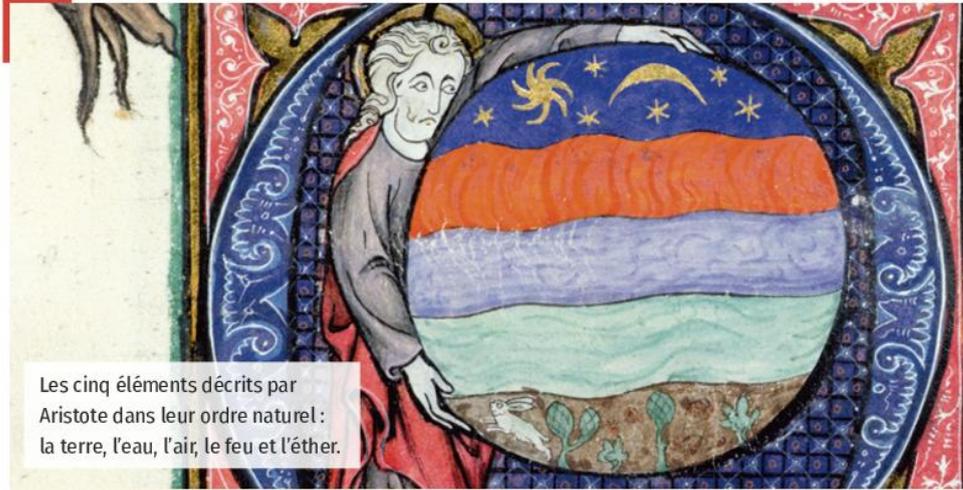
C Qu'a-t-on appris ?

 **Réaliser un bilan** synthétisant les notions principales abordées en utilisant un logiciel de présentation ou en créant un compte sur genial.ly. Ce diaporama (trois diapositives) ou cette vidéo (une minute) devra inclure :

- le principe de la dilution avec le vocabulaire spécifique à connaître ;
- les étapes à suivre pour réaliser une dilution ;
- le lien entre concentrations des solutions mère et fille et leurs volumes respectifs.

Dénombrer les entités

DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES



Les cinq éléments décrits par Aristote dans leur ordre naturel : la terre, l'eau, l'air, le feu et l'éther.

Pour Aristote, l'eau fait partie des cinq éléments fondamentaux constitutifs de la matière. À ce titre, elle serait indivisible et c'est elle qu'on retrouverait comme élément de base dans les autres corps tels que l'huile.

➤ **Cette théorie est-elle confirmée par les expériences menées sur la matière ?**

➔ voir l'exercice 22, p. 68

Travailler

autrement

JEU
SÉRIEUX

Rejoignez l'entreprise Bati-sable[©] pour participer à une étape cruciale de la construction d'une bibliothèque : la réalisation de ses fondations ! Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser ce jeu sérieux sur genially.ly. LLS.fr/PC2P56

Voir p. 71





Le graphite rentre dans la composition des mines de crayons mais également des batteries de voitures électriques. Il deviendra certainement une ressource très convoitée à l'avenir.

Un petit morceau de graphite est constitué de milliards d'atomes de carbone.

→ **Comment faire pour en déterminer le nombre ?**

→ voir l'exercice 34, p. 70

À maîtriser pour commencer

- › Mener un calcul de proportionnalité
- › Savoir manipuler les puissances de 10
- › Reconnaître les molécules et les ions

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P57

Objectifs du chapitre

- ▣ Différencier atome, molécule, ion (cation, anion)
- ▣ Exploiter l'électronéutralité pour écrire des formules de composés ioniques
- ▣ Connaître la définition de la mole pour calculer une quantité de matière
- ▣ Calculer un nombre d'entités dans un échantillon

1 Le basilic et ses milliards d'entités !

La matière est constituée d'entités chimiques invisibles à l'œil nu mais bien réelles à l'échelle microscopique. Selon les cas, elle est composée d'atomes, de molécules ou d'ions.

→ Peut-on dénombrer ces entités ?

Par intuition

Les entités chimiques présentes dans les objets autour de nous se dénombrent-elles en milliers, en millions, en milliards ou plus encore ?

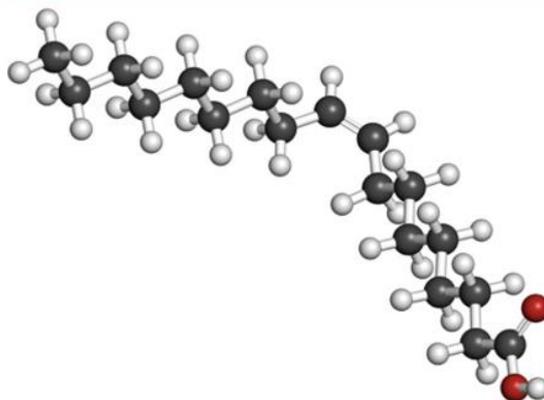
Doc. 1 Le basilic, une plante aromatique



Doc. 2 Composition du basilic pour 100 g

Eau (H ₂ O)	90,8 g
Ion calcium (Ca ²⁺)	273 mg
Acide oléique (C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	0,09 g
Vitamine A (C ₂₀ H ₃₀ O)	523 μg
Autre	8,84 g

Doc. 3 L'acide oléique (modèle moléculaire)



Doc. 4 Masse d'une entité

La masse d'une entité polyatomique est égale à la somme des masses des atomes de l'entité.

Exemple : $m(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 2m(\text{C}) + m(\text{O}) + 6m(\text{H})$.

Données

Masses de quelques entités chimiques :

- $m(\text{H}) = 1,67 \times 10^{-27}$ kg ; $m(\text{C}) = 1,99 \times 10^{-26}$ kg ;
- $m(\text{O}) = 2,66 \times 10^{-26}$ kg ; $m(\text{Ca}^{2+}) = 6,66 \times 10^{-26}$ kg ;
- $1 \text{ mg} = 10^{-3}$ g ; $1 \mu\text{g} = 10^{-6}$ g.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver une vidéo présentant des atomes de masses différentes comme prédit par John Dalton en 1808. [LLS.fr/PC2JohnDalton](https://lls.fr/PC2JohnDalton)

Compétences

- ✓ ANA : Faire le lien entre modèle microscopique et grandeurs macroscopiques
- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique (puissances de 10)

Synthèse de l'activité

- Doc. 2** Classer les quatre constituants du basilic cités selon la nature des entités qui les constituent (atomique, ionique, moléculaire).
- Doc. 2 et 3** Qu'indiquent les nombres en indice dans la formule de l'acide oléique ?
- Calculer la masse d'une seule entité pour chacune des espèces chimiques du basilic.
- Doc. 2** Estimer le nombre de chacune de ces entités dans 100 g de basilic.

Pourquoi a-t-on du mal à donner du sens à de tels résultats ? Les calculs ont-ils été faciles à effectuer ?

2 L'électroneutralité à toutes les échelles

La préparation de solutions ioniques occupe une part importante du temps de travail d'un technicien de laboratoire au lycée.

→ **Comment comptabiliser les éléments ioniques à partir d'une masse de composé dissout ?**

Par intuition

Solides ioniques et solutions électrolytiques sont électriquement neutres. Contiennent-ils autant de cations que d'anions ?

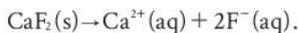
Doc. 1 Quelques exemples de solutés

Une solution aqueuse s'obtient en introduisant un soluté (solide, liquide ou gaz) dans de l'eau distillée.

Exemple de solutés :

- solide ionique : sel de cuisine (NaCl) ;
- solide ionique : fluorure de calcium (CaF₂) ;
- gazeux : chlorure d'hydrogène (HCl).

Cas de la dissolution de CaF₂ dans l'eau :



Données

Formules et masses (en 10⁻²⁶ kg) de quelques cations (ions positifs) :

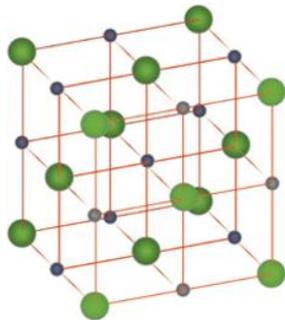
- H⁺ : 0,167 - ion hydrogène ;
- Na⁺ : 3,82 - ion sodium ;
- Ca²⁺ : 6,66 - ion calcium.

Formules et masses (en 10⁻²⁶ kg) de quelques anions (ions négatifs) :

- Cl⁻ : 5,89 - ion chlorure ;
- F⁻ : 3,15 - ion fluorure.

Doc. 2 Le sel à l'échelle microscopique

Les solides ioniques ont très souvent une structure dite cristalline. Un cristal se caractérise par une disposition parfaitement ordonnée des ions qui le constituent. Cette structure est due aux interactions électriques entre ces ions.



Ex : NaCl.

Légende :
Na⁺ : en gris ;
Cl⁻ : en vert.

Doc. 3 Matériel nécessaire



Compétence

- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique (proportionnalité)

- Doc. 1 et 2** Écrire l'équation de dissolution du sel de cuisine dans l'eau.
- Doc. 3** Choisir le matériel nécessaire à la préparation d'une eau salée de concentration 7,0 g/L et justifier le choix.
- Réaliser la préparation de 100 mL d'eau salée à 7,0 g/L.
- Déterminer la quantité d'ions chlorure et d'ions sodium qui sont introduits lors de la préparation de 100 mL de solution à 7,0 g/L.
- Reprendre les questions 1. et 4. pour les autres solutés proposés dans le **doc. 1**.

Synthèse de l'activité

La quantité de cations et la quantité d'anions sont-elles identiques pour respecter l'électroneutralité de la solution ? Justifier.

3 Quantité de matière et nombre d'Avogadro

L'étude de systèmes physico-chimiques nécessite parfois de connaître le nombre d'atomes, d'ions ou de molécules du système.

→ **Comment faire pour éviter de compter une à une des milliards d'entités chimiques ?**

Par intuition

Comment dénombrer simplement un grand nombre d'entités ?

Doc. 1 Combien y a-t-il d'œufs dans ce magasin ?



Doc. 2 La boîte virtuelle du chimiste

Lorsqu'ils étudient la matière, les chimistes manipulent des quantités très grandes d'entités chimiques puisque dans le moindre échantillon le nombre d'entités est considérable. Pour donner un ordre de grandeur, une simple goutte d'eau contient mille milliards de milliards de molécules !

Pour manipuler de telles valeurs, des boîtes virtuelles appelées moles ont été créées par souci de commodité. Chacune de ces moles (symbole : mol) contient un nombre bien déterminé d'entités chimiques. Ce nombre vaut : $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Cette valeur numérique accompagnée de son unité s'appelle aussi nombre d'Avogadro, en hommage au chimiste italien du même nom.

Doc. 3 Quelques exemples de solides



▶ Le fer.



▶ Le sel.



▶ Le sucre de canne.

Données

Masse des entités chimiques correspondantes :

- Le fer : Fe ($m_{\text{fer}} = 9,33 \times 10^{-26} \text{ kg}$) ;
- Le sel : NaCl ($m_{\text{sel}} = 9,70 \times 10^{-26} \text{ kg}$) ;
- Le saccharose : $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ($m_{\text{sacch}} = 5,68 \times 10^{-25} \text{ kg}$).

Compétences

- ✓ MATH : Pratiquer un calcul numérique
- ✓ MATH : Pratiquer un calcul littéral

- 1. Doc. 1 et 3** La volonté de simplification pour comptabiliser un nombre important d'objets est-elle le propre du chimiste ? Donner un exemple.
- 2. Doc. 3** On considère des échantillons de 100 g de fer, de sel et de sucre. Calculer le nombre d'entités chimiques pour chacun d'entre eux.
- 3. Doc. 2 et 3** En déduire la quantité de matière n (en moles) correspondante.
- 4. Doc. 2** Établir l'expression littérale de la quantité de matière n (en moles) d'un élément chimique en fonction du nombre d'entités N de cet élément et du nombre N_A .
- L'analyse des unités de chaque terme permet-elle de confirmer la validité de la relation trouvée à la question précédente ?

Pour aller plus loin

- 6. Doc. 2 et 3** En déduire l'expression de la masse M d'une mole de cet élément en fonction de la masse m d'une entité de cet élément.

Synthèse de l'activité

En quoi la quantité de matière exprimée en mole s'avère être une notion utile pour le chimiste ?

1 Constitution de la matière

A À l'échelle microscopique

➤ Depuis le début du XX^e siècle, l'existence des atomes est confirmée. Ils ont même pu être visualisés dès les années 1950 (**doc. 1**). À l'échelle microscopique, il faut considérer différents types de structures chimiques s'appuyant sur la notion d'atome :

- la structure atomique (par exemple le fer : Fe) ;
- la structure moléculaire (par exemple le saccharose : $C_{12}H_{22}O_{11}$) ;
- la structure ionique avec des ions positifs appelés cations et des ions négatifs appelés anions (Na^+ et Cl^- dans une eau salée par exemple).

B À l'échelle macroscopique

La masse d'une entité chimique est en général de l'ordre de 10^{-26} kg. On en compte des milliards de milliards dans le moindre échantillon de matière (environ 30 millions de milliards de milliards de molécules d'eau dans 1 L, par exemple).

Ce qui définit une espèce chimique au niveau **macroscopique**, c'est-à-dire à notre échelle, dépend intrinsèquement de l'entité microscopique qui la compose.

Des paramètres physiques permettent de caractériser ce corps au niveau macroscopique : son état physique à une température donnée (solide, liquide ou gazeux), sa couleur, sa masse volumique, etc.

Ces paramètres sont directement liés aux interactions au niveau microscopique des entités chimiques qui constituent cette espèce chimique.

Exemple : ce qui définit le sel de cuisine, c'est l'entité NaCl. Sa structure cristalline au niveau microscopique (**doc. 2**) permet d'expliquer ses caractéristiques macroscopiques observées : son aspect, son état physique, etc.

C Cas particulier des composés ioniques

On appelle **composés ioniques** des corps constitués d'ions liés entre eux par des interactions électrostatiques.

Mise en solution dans l'eau, ces composés ioniques se dissocient en cations (ions $+$) et des anions (ions $-$).

L'électroneutralité est vérifiée en permanence. Un composé ionique apporte donc en solution autant de charges positives que de charges négatives.

Exemple de quelques composés ioniques :

- NaCl (sel de cuisine, structure cristalline ordonnée) se dissocie dans l'eau en Na^+ et Cl^- ;
- $Al_2(SO_4)_3$ (sulfate d'aluminium) se dissocie dans l'eau en $2 Al^{3+}$ et $3 SO_4^{2-}$.

Doc. 1 Essayer de voir les atomes



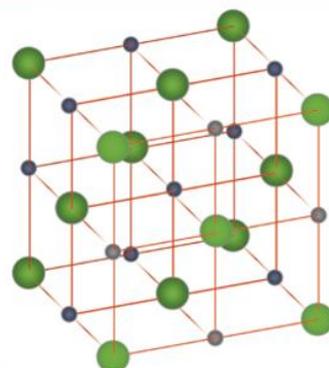
Retrouvez une vidéo sur le premier homme à avoir observé des atomes.

[LLS.fr/PC2P61](https://lls.fr/PC2P61)

Vocabulaire

- **Anion** : ion négatif.
- **Atome** : brique élémentaire de la matière.
- **Cation** : ion positif.
- **Composé ionique** : solide composé d'ions disposés en structure ordonnée pouvant se dissocier en solution.
- **Espèce chimique** : ensemble constitué d'un très grand nombre d'une même entité.
- **Ion** : entité chimique élaborée à partir d'atomes et électriquement chargée.
- **Molécule** : entité chimique neutre élaborée à partir d'atomes.

Doc. 2 Le sel à l'échelle microscopique



▶ Légende : Gris : Na^+ ; Vert : Cl^- .

Pas de malentendu



- ➔ Il n'y a pas toujours autant de cations que d'anions mais il y a autant de charges positives que de charges négatives.

2 La quantité de matière

A Détermination de la masse d'une entité

La masse des molécules est calculée en faisant la somme des masses des atomes les constituant.

Exemple : la masse d'une molécule d'eau H_2O est égale à la masse de deux atomes d'hydrogène H plus celle d'un atome d'oxygène O.

De même pour les ions polyatomiques, leur masse est la somme des masses des atomes les constituant.

Exemple : la masse d'un ion sulfate SO_4^{2-} est égale à la masse d'un atome de soufre S à laquelle s'ajoute celle de quatre atomes d'oxygène O. En effet, la masse des électrons est négligeable devant la masse des atomes et elle n'affecte donc pas la masse de l'entité.

B Nombre d'entités et quantité de matière

La proportionnalité, entre la masse de l'échantillon $m_{\text{éch}}$ et le nombre N d'entités chimiques qu'il contient, permet de calculer N à partir de la masse m d'une entité :

- 1 entité $\rightarrow m$;
- N entités $\rightarrow m_{\text{éch}}$;
- d'où $N = \frac{m_{\text{éch}}}{m}$.

N étant très élevé (des milliards de milliards !), il est plus simple d'imaginer des boîtes de rangement de ces entités. En chimie, ces boîtes s'appellent des moles. La quantité de matière s'exprime en moles (symbole : mol).

Chaque mole contient un nombre défini d'entités :

$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Ce nombre s'appelle nombre d'Avogadro. Comme il y a proportionnalité entre n et N , on a :

- 1 mol $\rightarrow N_A$;
- n mol $\rightarrow N$;
- d'où $n = \frac{N}{N_A}$.

Application

Calculer la quantité de matière n correspondante à $m_{\text{éch}} = 10 \text{ g}$ de sucre ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$).

Corrigé : Une molécule de sucre a une masse m égale à :

$$\begin{aligned} m &= 12m(\text{C}) + 22m(\text{H}) + 11m(\text{O}) \\ &= 12 \times 1,99 \times 10^{-26} + 22 \times 1,67 \times 10^{-27} + 11 \times 2,66 \times 10^{-26} \\ &= 5,68 \times 10^{-25} \text{ kg.} \end{aligned}$$

Il y a **proportionnalité** entre $m_{\text{éch}}$ et N :

$$\begin{aligned} 1 \text{ molécule} &\rightarrow m, \text{ d'où } N \cdot m = m_{\text{éch}} \text{ soit } N = \frac{m_{\text{éch}}}{m} \\ N &= \frac{0,010}{5,68 \times 10^{-25}} = 1,76 \times 10^{22} \text{ molécules.} \end{aligned}$$

Il y a **proportionnalité** entre N et n :

$$\begin{aligned} N_A \text{ molécules} &\rightarrow 1 \text{ mol} \quad \text{d'où } N = n \cdot N_A \text{ soit } n = \frac{N}{N_A} \\ n &= \frac{1,76 \times 10^{22}}{6,022 \times 10^{23}} = 2,9 \times 10^{-2} \text{ mol de molécules.} \end{aligned}$$

Remarque : Le résultat a deux chiffres significatifs.

Pas de malentendu



- Bien écrire le nombre d'atomes en indice et les charges en exposant.
- Le coefficient multiplicateur 4 dans SO_4^{2-} ne s'applique qu'à l'atome de O.

Doc. 3 Dune de sable à Abu Dhabi



- Quelle unité est adaptée pour compter le nombre de grains de sable constituant une dune ?

Vocabulaire

- **Mole :** ensemble de $N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ entités.
- **Quantité de matière :** nombre d'entités (unité : mol) que contient un échantillon.

Éviter

les erreurs



- Une rédaction appropriée doit éviter d'utiliser la formulation « le nombre de moles est ... » ou bien « la quantité de matière d'ions Zn^{2+} est de 3,0 mol ». Il convient d'écrire « la quantité d'ions Zn^{2+} est de 3,0 mol ».

Données

Différentes masses d'atomes :

- $m(\text{H}) = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
- $m(\text{C}) = 1,99 \times 10^{-26} \text{ kg}$;
- $m(\text{O}) = 2,66 \times 10^{-26} \text{ kg}$.

Éviter

les erreurs



- Attention à exprimer les masses dans la même unité avant de se lancer dans les calculs.

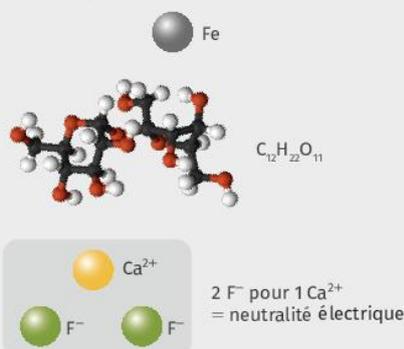
Numérique



Retrouvez une vidéo expliquant les méthodes de calcul pour passer de la masse d'un échantillon à la quantité de matière [LLS.fr/PC2MethodeCalcul](https://lls.fr/PC2MethodeCalcul)

La matière vue à l'échelle micro/macroscopique

Entités chimiques (échelle microscopique)



Atome, molécule, ion

Échantillon (échelle macroscopique)



Des milliards de milliards
d'entités chimiques

Comprendre la mole par analogie

$$m_{\text{totale}} = 125 \text{ kg}$$

$$m_{\text{œuf}} = 50 \text{ g}$$

$$n = 100 \text{ boîtes}$$

$$N_{\text{a}} = 25 \text{ œufs/boîte}$$



Combien d'œufs au total dans ce magasin ?

$$N = \frac{m_{\text{totale}}}{m_{\text{œuf}}} = \frac{125\,000}{50} = 2\,500$$

$$N = n \cdot N_{\text{a}} = 100 \times 25 = 2\,500$$

$$m_{\text{totale}} = 5,0 \text{ g}$$

$$m_{\text{Fe}} = 9,3 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

$$n = 0,089 \text{ mol}$$

$$N_{\text{a}} = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$



Combien d'atomes de fer au total dans ce clou ?

$$N = \frac{m_{\text{totale}}}{m_{\text{Fe}}} = \frac{5,0}{9,3 \times 10^{-23}} = 5,4 \times 10^{22}$$

$$N = n \cdot N_{\text{a}} = 0,089 \times 6,02 \times 10^{23} = 5,4 \times 10^{22}$$

Les limites de la modélisation

Ce modèle permet de :

- faire un lien entre un modèle microscopique constitué d'un nombre très grand d'entités chimiques et des grandeurs macroscopiques mesurables telles que la masse.

Mais il ne permet pas de :

- déterminer la masse d'une entité chimique, ce qui nécessite de connaître sa constitution.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire une carte mentale et reprendre les principales notions du chapitre ! LLS.fr/PC2P63

1 Constitution de la matière

	A	B	C
1. Qu'est-ce qu'une espèce chimique ?	Une entité chimique.	Un ensemble d'entités identiques.	Quelques centaines d'entités identiques.
2. La masse d'un atome est généralement proche de :	10^{-26} g.	10^{23} kg.	10^{-26} kg.
3. Un cation porte :	la même charge qu'un anion.	une charge positive.	une charge négative.

2 L'électroneutralité

1. Quelle entité chimique n'est pas électriquement neutre ?	Un ion.	Un atome.	Une molécule.
2. Le chlorure de magnésium (constitué d'ions Cl^- et Mg^{2+}) s'écrit :	MgCl_2 .	MgCl .	Mg_2Cl .
3. Une solution ionique est neutre car elle contient :	autant de cations que d'anions.	des atomes qui sont neutres.	autant de charges positives que de charges négatives.

3 Quantité de matière

1. Le nombre d'Avogadro a pour unité :	pas d'unité.	mol.	mol^{-1} .
2. Une mole peut représenter :	10^{-23} molécules d'eau.	$6,02 \times 10^{23}$ atomes de fer.	10^{-26} kg d'ions chlorure.
3. $2,4 \times 10^{24}$ molécules correspondent à :	2,0 mol.	3,0 mol.	4,0 mol.

CULTURE SCIENTIFIQUE

En Amérique du Nord, le 23 octobre, de nombreux lycées célèbrent le *Mole Day* avec des activités liées à la chimie, à partir de 6h02 le matin. Dans le format de date anglo-saxon, ce moment s'écrit : 6:02 10/23 !



Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire des QCM autocorrigés et des questions supplémentaires. LLS.fr/PC2P64

4 Questions Jeopardy

• Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

a. On l'appelle un atome.

b. Il s'agit d'un ensemble de $6,02 \times 10^{23}$ entités.

Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 341)

- Savoir différencier atome, molécule, ion 13
- Exploiter l'électronéutralité pour écrire des formules de composés ioniques 14 22
- Connaître la définition de la mole pour calculer une quantité de matière 16 23
- Savoir calculer un nombre d'entités dans un échantillon 16 [DIFF] 23

Pour s'échauffer

5 Entité et espèce chimiques

- Quelle différence y a-t-il entre une entité et une espèce chimiques ?

6 À travers le microscope

- À l'échelle microscopique, de quelles entités la matière peut-elle être faite ?

7 Cas particulier des ions

- Existe-t-il une différence de masse notable entre l'atome d'oxygène et l'ion oxygène O^{2-} ? Justifier.

8 Masse d'une molécule

- Calculer la masse d'une molécule de sorbitol $C_6H_{14}O_6$.

Données

- $m(H) = 0,167 \times 10^{-26}$ kg ;
- $m(O) = 2,66 \times 10^{-26}$ kg ;
- $m(C) = 1,99 \times 10^{-26}$ kg.

9 Solide ionique

- Écrire la formule du solide ionique composé par les ions Mg^{2+} et Cl^- .

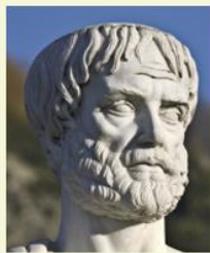
Pour commencer

Composition de la matière

10 La théorie d'Aristote (IV^e siècle av. J.-C.)

- ✓ ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

Les éléments selon Aristote



Le bois se compose de terre et d'air, c'est pourquoi le bois est combustible et non liquéfiable. Les corps peuvent être divisés en liquéfiables et en non liquéfiables. Ces phénomènes se rattachent aux effets des causes contraires ; car tout corps que le froid et le sec coagule est nécessairement liquéfié par le chaud et l'humide. Les corps, ajoute Aristote, que l'eau ne dissout pas, le feu les dissout ; et cela tient à ce que les pores de ces corps sont plus ouverts au feu qu'à l'eau.

Aristote, *Météorologiques* (commentaire).

1. Quels sont les quatre éléments cités qui constituent la matière dans l'extrait de texte ?
2. Quel autre modèle Démocrite avait-il proposé à la même époque ?
3. Quelles en ont été les conséquences pour la chimie ?

11 À l'échelle macroscopique

- ✓ ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

- Pourquoi est-il difficile de se rendre compte du nombre d'atomes de fer présents dans un simple clou ?

L'électronéutralité

12 Sel d'aluminium

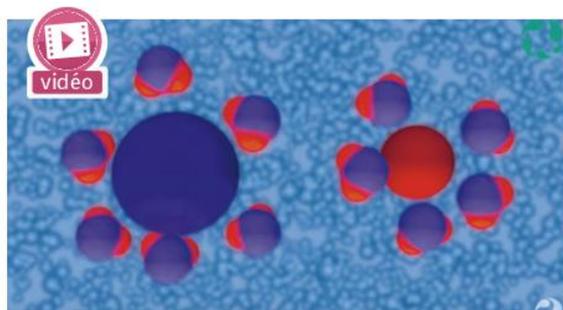
- ✓ ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

- Écrire la formule du solide ionique composé par les ions Al^{3+} et SO_4^{2-} .

13 Solide ionique

- ✓ ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

1. Que retrouve-t-on dans la composition d'un solide ionique ?
2. Comment son électronéutralité est-elle assurée ?
3. Lors de sa dissolution, l'eau joue-t-elle un rôle ?



Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver une animation sur la dissolution du sel dans l'eau.

LLS.fr/PC2P65

14 Interpréter l'électronutralité

✓ MOD : Modéliser une transformation



Le chlorure de calcium est un sel utilisé pour le déneigement de la chaussée. Sa formule est CaCl_2 .

1. Comparer les proportions d'ions chlorure et calcium dans ce solide.
2. Écrire l'équation de dissolution correspondante.

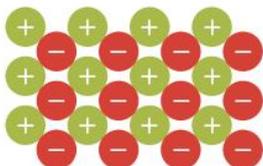
Données

- Ion chlorure : Cl^- ;
- Ion calcium : Ca^{2+} .

15 Structure ordonnée

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

La structure ordonnée d'un solide ionique est représentée ci-dessous.



1. Identifier la couleur d'un anion et du cation dans cette représentation.
2. Décrire l'environnement de chacun de ces ions.
3. Comment peut-on l'expliquer ?

Quantité de matière

16 Détermination d'un nombre de molécules

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

1. Combien y a-t-il de molécules d'eau dans une bouteille de 1,5 L ?
2. Quelle est la quantité de matière correspondante ?
3. Combien cela fait-il de moles d'atomes d'hydrogène ? d'oxygène ?

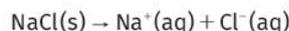
Données

- Masses : $m(\text{H}) = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $m(\text{O}) = 2,66 \times 10^{-26} \text{ kg}$;
- Masse volumique de l'eau : $1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$;
- $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

17 La mole et l'équation-bilan

✓ MATH : Utiliser le calcul littéral

On étudie la dissolution de 1,0 g de sel dans l'eau :



1. Combien y a-t-il d'ions Na^+ et Cl^- dans la solution ?
2. Calculer les quantités de matière correspondantes.

Données

- Masses : $m(\text{Na}) = 3,82 \times 10^{-26} \text{ kg}$; $m(\text{Cl}) = 5,89 \times 10^{-26} \text{ kg}$;
- $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Une notion, trois exercices

DIFFÉRENCIATION

□ Savoir-faire : Savoir calculer un nombre d'entités dans un échantillon

18 Dissolution de sucre dans le café

✓ MATH : Utiliser le calcul littéral

1. Calculer la masse d'une molécule de saccharose.
2. Combien y a-t-il de molécules de saccharose dans un morceau de sucre ?
3. À quelle quantité de matière cela correspond-il ?

19 Dissolution de sel dans l'eau

✓ MATH : Utiliser le calcul littéral

En faisant chauffer 1,5 L d'eau pour faire cuire des pâtes, le cuisinier met cinq pincées de sel.

1. Écrire l'équation-bilan de la dissolution correspondante.
2. Combien d'ions Na^+ et Cl^- sont ainsi plongés dans l'eau ?
3. Calculer les quantités de matière associées.

20 Sel et sucre mélangés

✓ MATH : Utiliser le calcul littéral

Dans un plat, on ajoute trois pincées de sel et deux morceaux de sucre.

- Calculer puis comparer les quantités de matière correspondantes.



Cuillères de sucre et de sel.

Données

- Saccharose (sucre) : $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$;
- Sel : NaCl ;
- $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- 1 morceau de sucre : 6,0 g, et 1 pincée de sel : 3,0 g ;
- Masse atomique : $m(\text{H}) = 0,167 \times 10^{-26} \text{ kg}$;
 $m(\text{C}) = 1,99 \times 10^{-26} \text{ kg}$; $m(\text{O}) = 2,66 \times 10^{-26} \text{ kg}$;
 $m(\text{Na}) = 3,82 \times 10^{-26} \text{ kg}$; $m(\text{Cl}) = 5,89 \times 10^{-26} \text{ kg}$.

Le chlorure de magnésium

Énoncé

Ce tableau présente la composition partielle en sels minéraux de la mer Méditerranée.

Constituant	Symbole	Concentration (g/L)
Ion chlorure	Cl^-	21,40
Ion magnésium	Mg^{2+}	1,295

Un soluté en particulier, le chlorure de magnésium, est notamment reconnu pour son action relaxante.

- Combien compte-t-on d'ions chlorure dans 1 L d'eau de mer ?
- Même question pour les ions magnésium.
- En déduire les quantités de matière correspondantes.
- La présence de ces deux espèces ioniques assure-t-elle l'électroneutralité de la solution ?
- Comment cela s'explique-t-il ?
- Donner la formule du chlorure de magnésium solide.

Solution rédigée

- D'après le document, il y a $21,40 \times 10^{-3}$ kg d'ions chlorure dans 1 L.

Un ion ayant une masse de $5,89 \times 10^{-26}$ kg, on compte donc :

$$N = \frac{0,0214}{5,89 \times 10^{-26}} = 3,63 \times 10^{23} \text{ ions chlorures.}$$

- De la même manière, il y a :

$$N' = \frac{0,001295}{4,04 \times 10^{-26}} = 3,20 \times 10^{22} \text{ ions magnésium.}$$

- Puisqu'il y a N_A ions dans une mole, on peut calculer :

$$n(\text{Cl}^-) = \frac{3,63 \times 10^{23}}{6,02 \times 10^{23}} = 6,03 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

$$n(\text{Mg}^{2+}) = \frac{3,20 \times 10^{22}}{6,02 \times 10^{23}} = 5,32 \times 10^{-2} \text{ mol.}$$

- Chaque ion Cl^- portant une charge $-$, il y en a donc 0,603 mol de charge $-$. Chaque ion Mg^{2+} portant 2 charges $+$, il y en a donc $2 \times 0,0532 = 0,106$ mol de charge $+$. Il y a environ 6 fois plus de charges $-$ que de charges $+$: l'électroneutralité n'est pas assurée par ces ions uniquement.
- Le document présente une composition partielle en sel minéraux, il y a d'autres ions en solution assurant l'électroneutralité.
- Un solide ionique étant neutre : MgCl_2 , il faut 2 ions Cl^- pour compenser la charge $2+$ de l'ion Mg^{2+} .



Anciens bassins de récolte du sel, Gozo, Malte.

DONNÉES

Masses d'ions (en 10^{-26} kg) :

- Na^+ : 3,82 ; • Mg^{2+} : 4,04 ; • Cl^- : 5,89 ;
- Ca^{2+} : 6,66 ; • SO_4^{2-} : 16,0 ;
- $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

- et 2. Utiliser le tableau fourni.
- Utiliser le nombre d'Avogadro.
- Comparer le nombre de charges positives à celui de charges négatives (en mol).
- Utiliser le tableau fourni.
- Prendre en compte l'électroneutralité d'un solide ionique.

POUR BIEN RÉPONDRE

- et 2. Utiliser la proportionnalité entre la masse et le nombre d'ions. Exprimer les deux masses dans la même unité.
- Utiliser la proportionnalité entre le nombre d'ions et la quantité de matière.
- Prendre en compte la charge de chacun des ions.
- Penser à utiliser la conservation de la charge.
- Un solide ionique étant neutre, il doit contenir autant de charges $+$ que $-$.

21 Mise en application

- Sachant que $\gamma(\text{Na}^+) = 11,60 \text{ g/L}$ et sachant que $\gamma(\text{SO}_4^{2-}) = 3,06 \text{ g/L}$ en Méditerranée. Reprendre l'ensemble des questions en remplaçant « chlorure » par « sulfate » et « magnésium » par « sodium ».

Pour s'entraîner

22 L'eau, une espèce indivisible selon Aristote

✓ APP : Extraire l'information utile sur supports variés

Numérique 

Visionnez la vidéo et observez ce qui se produit lorsqu'un courant électrique circule dans l'eau (électrolyse). [LLS.fr/PC2P68](https://lls.fr/PC2P68)

1. Quels sont les deux gaz qui se forment ?
2. En quelles proportions sont-ils présents ?
3. Écrire l'équation-bilan correspondant à la décomposition de l'eau.
4. Que penser du point de vue d'Aristote qui considérait l'eau comme un élément indivisible ?

23 Une pépite d'or de 22 carats

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique : utiliser la proportionnalité

On s'intéresse à une pépite d'or de 2,48 g de 22 carats.

1. Quelle masse d'or contient réellement cette pépite ?
2. Combien d'atomes d'or contient-elle ?
3. Calculer la quantité de matière correspondante.



Données

- 1 carat d'or correspond à $1/24^e$ de la masse totale ;
- Masse d'un atome d'or : $m_{\text{or}} = 3,27 \times 10^{-25}$ kg ;
- $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol $^{-1}$.

24 Copie d'élève à commenter

- ♦ Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

1. Dans le chlorure de sodium, il y a présence d'ions ~~de~~ chlorure et d'ions ~~de~~ sodium.
2. ~~Tous les solides~~ donnent des ions lors de la dilution.
3. À 2 mol d'ions Mg^{2+} correspondent ~~2 mol~~ de charges +.
4. La masse d'une espèce ionique est proportionnelle à la ~~charge~~ de l'entité chimique correspondante.
5. ~~Le nombre d'entités dans une mole n'est pas le même pour l'or, le fer.~~

25 Mille milliards de mille sabords !

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

1. Combien de sabords cela fait-il exactement ?
2. À combien de moles cela correspond-il ?



Des canons passent par les sabords de l'Hermione.

Comprendre les attendus

26 Le sulfate de cuivre

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique : utiliser la proportionnalité

Le sulfate de cuivre (CuSO_4) entre dans la composition de certains produits utilisés dans l'agriculture. C'est un solide ionique blanc sous sa forme anhydre. On souhaite préparer 100 mL d'une solution de sulfate de cuivre à $1,6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

1. Quelle masse de sulfate de cuivre faut-il peser ?
2. Combien cela fait-il d'entités CuSO_4 ?
3. Écrire l'équation-bilan de dissolution correspondante.
4. D'après cette équation, combien la solution contiendra-t-elle d'ions cuivre et d'ions sulfate ? d'atomes d'oxygène ?
5. Calculer les quantités de matière correspondantes.

Données

- Masses (en 10^{-26} kg) : $m(\text{O}) = 2,66$; $m(\text{S}) = 5,32$;
 $m(\text{Cu}) = 10,6$;
- $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol $^{-1}$.

Détails du barème

TOTAL/6 pts

1. Calculer la masse à partir de la concentration. 1 pt
2. Calculer la masse de CuSO_4 : $m(\text{Cu}) + m(\text{S}) + 4m(\text{O})$.
Utiliser la proportionnalité entre la masse et le nombre d'entités. 0,5 pt
Effectuer le calcul (attention aux unités). 0,5 pt
3. Écrire correctement l'équation de dissolution. 1 pt
4. Bien lire l'équation-bilan. 1 pt
5. Utiliser la proportionnalité entre le nombre d'entités et la quantité de matière. 0,5 pt
Calculer correctement les quantités de matière. 1 pt

Pour aller plus loin

27 Réflexion de Dalton

✓ MATH : Utiliser la proportionnalité

Dalton (1766-1844) est sans conteste celui qui a donné à l'atome toute sa place dans la chimie. Il a fait réagir différentes espèces chimiques entre elles et il a montré qu'elles réagissent toujours dans des rapports de nombres d'entités entiers. Par exemple, Dalton a interprété ainsi la réaction entre l'hydrogène et l'oxygène : $\text{H} + \text{O} \rightarrow \text{HO}$.



Il a déterminé que l'hydrogène et l'oxygène réagissent dans les proportions de 1 g d'hydrogène pour 8 g d'oxygène.

- Déterminer le nombre d'atomes dans 1 g d'hydrogène. De même dans 8 g d'oxygène. Cela vérifie-t-il le postulat de Dalton ?

Aujourd'hui, il a été démontré que : $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.

- Déterminer le nombre de molécules dans 1 g de dihydrogène pur et dans 8 g de dioxygène pur. Cela vérifie-t-il le postulat ?
- D'après les résultats trouvés, expliquer pourquoi la deuxième équation-bilan est la bonne.

Données

Masses : • $m(\text{H}) = 1,67 \times 10^{-27}$ kg ; • $m(\text{O}) = 2,66 \times 10^{-26}$ kg.

28 PROPOSITION DE PROTOCOLE



Préparation d'une solution de TP

✓ ANA : Élaborer un protocole

On souhaite préparer 50 mL d'une solution d'eau salé par dissolution de 0,10 mol de chlorure de sodium (NaCl).



- Déterminer la masse correspondante de NaCl.
- Faire l'inventaire du matériel nécessaire pour préparer cette solution.
- Décrire le protocole correspondant par des schémas légendés.

Données

Masses : • $m(\text{Na}) = 3,82 \times 10^{-26}$ kg ; • $m(\text{Cl}) = 5,89 \times 10^{-26}$ kg.

Numérique



Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P69

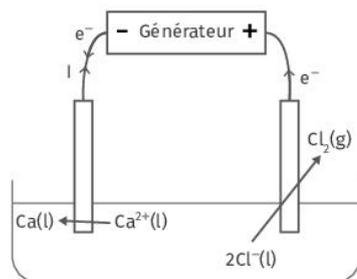
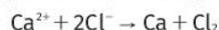
29 HISTOIRE DES SCIENCES



Le calcium

✓ APP : Extraire l'information de supports variés

Humphry Davy (1778-1829) est sans doute l'un des chimistes les plus acharnés et aventureux. Au péril de sa vie, il a mené de nombreuses expériences qui ont permis de découvrir de nouveaux métaux comme le calcium. Pour cela, il réalisa l'électrolyse du chlorure de calcium fondu CaCl_2 . Cette expérience consiste à décomposer une espèce chimique en faisant passer un courant électrique dans l'échantillon. Dans ce cas :



- Combien y a-t-il d'ions calcium et d'ions chlorure dans 10 g de CaCl_2 ?
- À quelles quantités de matière cela correspond-il ?
- D'après l'équation-bilan, quelle quantité de matière de calcium obtiendra-t-on à l'issue de cette électrolyse ?
- À quelle masse de calcium cela correspond-il ?

Données

• Masses : $m(\text{Ca}) = 6,66 \times 10^{-26}$ kg ; $m(\text{Cl}) = 5,89 \times 10^{-26}$ kg ;
• $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol⁻¹.

30 Ajuster une équation de réaction

✓ MOD : Utiliser le modèle de la transformation chimique

On trouve parfois des nombres fractionnaires dans une équation-bilan (ex. : $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$) alors qu'il n'existe pas de demi-molécule !

- Une équation-bilan est-elle une interprétation microscopique ou bien macroscopique d'une transformation chimique ?
- S'interprète-t-elle en termes de nombre de molécules ou en moles de molécules ?
- Peut-on alors écrire ainsi une équation-bilan ?

31 L'aspirine

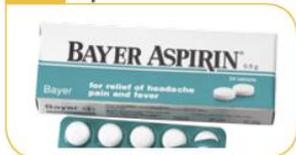
✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

L'aspirine est un médicament très répandu dans le monde. Son autre nom est l'acide acétylsalicylique.

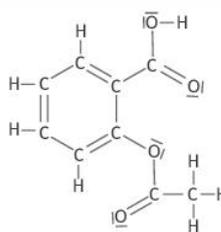
Données

- $m_H = 1,67 \times 10^{-27}$ kg ;
- $m_C = 1,99 \times 10^{-26}$ kg ;
- $m_O = 2,66 \times 10^{-26}$ kg.
- $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol⁻¹.

Doc. 1 Aspirine



Doc. 2 Molécule d'acide acétylsalicylique



- Calculer la quantité de matière d'acide acétylsalicylique dans un cachet d'aspirine de 500 mg.

32 Microscope à effet tunnel

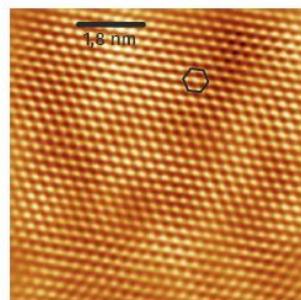
✓ APP : Faire un brouillon

On voit sur cette image l'arrangement hexagonal (représenté en noir) des atomes d'une feuille d'or d'épaisseur égale à un atome.

- Déterminer la quantité d'entités d'or que contient en surface une feuille d'or de 1 cm².

Donnée

- $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol⁻¹.



33 Mélange de solutés

✓ APP : Faire un brouillon

On verse dans de l'eau deux solides ioniques (3,0 g de chaque). On agite et on trouve des ions Na⁺, Ba²⁺, Cl⁻ en grand nombre.

1. Retrouver la formule de ces deux solides à partir de la formule des ions présents.
2. Écrire les deux équations de dissolution.

3. Calculer les quantités de matières correspondant à chacun de ces ions.

Données

- $m(\text{Na}) = 3,82 \times 10^{-26}$ kg ;
- $m(\text{Ba}) = 2,28 \times 10^{-25}$ kg.
- $m(\text{Cl}) = 5,89 \times 10^{-26}$ kg ;

Retour sur la problématique du chapitre

34 Une drôle de mine !

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

1. Estimer le nombre d'atomes de carbone que contient une mine de crayon en graphite de masse $m = 0,1$ g.
2. Quelle serait la longueur de la chaîne formée par tous ces atomes mis bout à bout selon le modèle de l'image au microscope du doc. 2 ?

Vocabulaire

- **Graphite** : assemblage d'atomes de carbone.

Doc. 1 Mine de crayon en graphite



Données

- $m(\text{C}) = 1,99 \times 10^{-26}$ kg ;
- 1 nm (nanomètre) = 10^{-9} m ;
- $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol⁻¹.

Doc. 2 Atomes de carbone

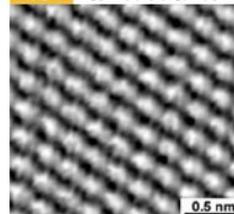


Image à l'échelle atomique des atomes de carbone composant le graphite.

JEU
SÉRIEUX

Un défi de chantier

A Un chantier ambitieux

Un projet de construction

L'entreprise Bati-sable® est chargée de réaliser la nouvelle bibliothèque de la ville, dont l'architecture allie béton, acier et bois.

Du béton pour les fondations

L'entreprise fait appel à une ingénieure béton pour dimensionner les fondations.

Le béton est commandé à la société Cimentrax®, qui le fabrique à partir de sable, de gravier, de ciment et d'eau.

Après avoir fait les calculs de structure, Sam Rassur, l'ingénieure béton, indique qu'il faudra 200 tonnes de sable pour réaliser les fondations.

B Estimez la quantité de sable

Un pari de chimiste

La chimiste de Cimentrax®, Justine Goutte, lance alors un défi à Sam : « Je te parie une millimole d'euros que la quantité de sable que tu vas utiliser représente moins d'une millimole ! »



Votre mission :

Estimer la quantité de matière (en mol) qui correspond à la masse de sable nécessaire à la réalisation des fondations, désigner la vainqueur, et estimer le montant de son gain !

À vous de jouer !

Allez chercher les informations, répondez aux questions, récoltez les indices dans le plateau de jeu en ligne.

À la fin de votre mission, vous découvrirez un deuxième indice qui vous aidera à résoudre l'énigme de cette année.



Faire le jeu sérieux sur [LLS.fr/PC2P71](https://lls.fr/PC2P71).



C Une mission, un métier



Le métier d'ingénieur(e) du bâtiment et des travaux publics

Ultra qualifié(e) en sciences et techniques, l'ingénieur(e) du BTP est un(e) cadre qui travaille en équipe, prend des décisions et assume des responsabilités au sein d'une entreprise. Il/Elle a pour mission de développer les infrastructures d'une région ou d'un pays. Il/Elle conçoit des ponts, des barrages, des bâtiments, des routes.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier Onisep sur [LLS.fr/PC2IngenieurBatiment](https://lls.fr/PC2IngenieurBatiment).

Le noyau de l'atome

ESPRIT CRITIQUE



L'atomium de Bruxelles a été construit pour l'exposition universelle de 1958.

➤ Représente-t-il vraiment un atome comme son nom semble l'indiquer ?

→ voir l'exercice 31, p. 85

Travailler

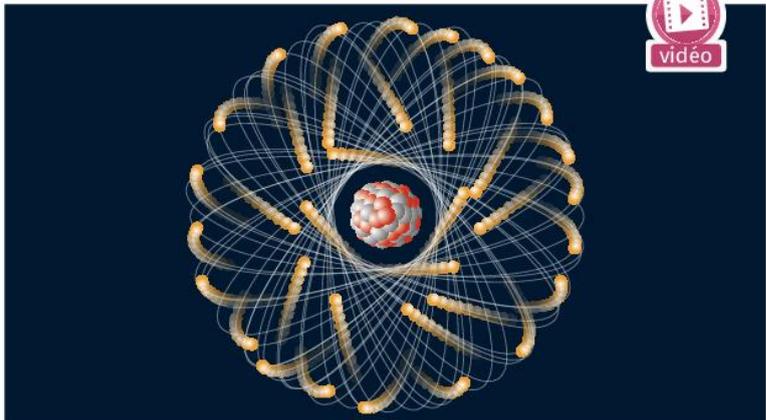
autrement

CLASSE
ESSAIE

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour visionner des capsules vidéo en autonomie sur le modèle de l'atome.

LLS.fr/PC2P72

Voir p. 87





LLS.fr/PC2P73

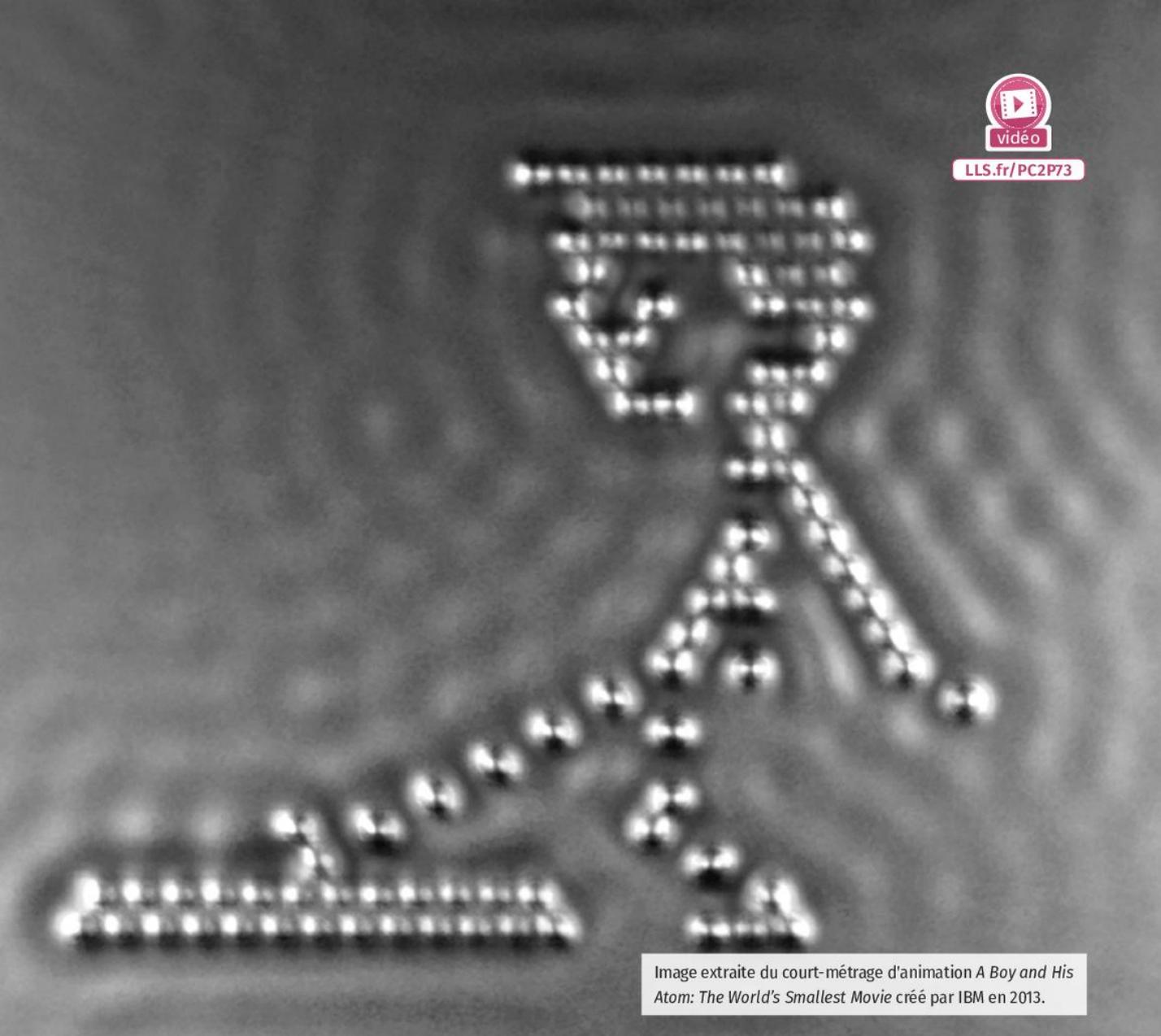


Image extraite du court-métrage d'animation *A Boy and His Atom: The World's Smallest Movie* créé par IBM en 2013.

Ce personnage est le plus petit de tous les temps.

→ **Quelle est la hauteur réelle du personnage représenté ?**

→ voir l'exercice 33, p. 86

À maîtriser pour commencer

- › Savoir que les atomes sont électriquement neutres
- › Savoir qu'un atome et son noyau ont des dimensions très différentes

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P73

Objectifs du chapitre

- ▣ Raisonner à partir de la composition d'un atome et de son noyau
- ▣ Savoir utiliser la notation symbolique du noyau d'un atome
- ▣ Savoir calculer la masse d'un atome
- ▣ Utiliser des puissances de 10 pour calculer ou comparer des ordres de grandeur

1 Quelques ordres de grandeur

Un atome est un objet très petit. Il est difficile de prendre conscience de sa taille réelle et de la répartition de sa masse dans le volume qu'il occupe.

→ Peut-on utiliser des objets de la vie quotidienne pour mieux appréhender les caractéristiques de l'atome ?

Par intuition

Quelle est la différence de masse entre un atome de sodium Na et un ion sodium Na^+ ?

Doc. 1 Un monde microscopique

La matière est composée de molécules elles-mêmes constituées d'atomes, eux-mêmes constitués de noyaux entourés d'un cortège d'électrons. [...] La masse d'un atome est concentrée dans le noyau. [...] Par exemple, pour l'atome de cuivre, le noyau a une masse de 10^{-25} kg et la masse de l'électron est cent mille fois plus petite. [...] Il faut avoir en tête l'échelle des dimensions.

Le diamètre d'un atome est voisin d'un centième de milliardième de centimètre. Celui d'un noyau d'atome est cent mille fois plus petit. On voit donc que presque toute la masse d'un atome est concentrée en un noyau central et que, loin sur la périphérie, se trouve un cortège qui est fait de particules de charge électrique négative, les électrons.

Georges Charpak, *La Vie à fil tendu*, 1993, Éditions O. Jacob.

Doc. 2 Les masses records du monde animal



L'animal terrestre le plus massif est l'éléphant d'Afrique. Il peut peser jusqu'à 7 tonnes. La baleine bleue détient le record du monde marin et peut peser jusqu'à 200 tonnes.

Doc. 3 Des balances hors normes

Pour peser des masses importantes, on peut utiliser une balance munie d'un crochet dont les caractéristiques données par un fabricant sont les suivantes :

Référence	Masse maximale	Précision
MCW09T12	12 000 kg	5 kg

Ce même fabricant peut fournir des balances de précision avec les caractéristiques suivantes :

Référence	Masse maximale	Précision
440-21A	60 g	0,001 g

Compétences

- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique : puissances de 10
- ✓ VAL : Précisions et incertitudes

1. **Doc. 1** Quel est le diamètre d'un atome ? Quel est le diamètre de son noyau ? Exprimer ces distances en mètre à l'aide des puissances de 10.
2. **Doc. 1 et 2** Si le noyau d'un atome de cuivre avait la masse d'un éléphant, quelle serait la masse d'un électron ? Citer un animal qui pourrait avoir cette masse.
3. **Doc. 3** Avec une balance adaptée, on pèse un éléphant avec une souris de masse 20 g sur le dos, puis on repèse l'éléphant sans la souris. Qu'affiche alors la balance ? Commenter.
4. La masse d'un atome de sodium est $m = 3,8 \times 10^{-26}$ kg. Combien d'atomes de sodium faudrait-il pour que la balance de précision affiche une masse de 1,000 g ? Pourrait-elle détecter la perte d'un électron par atome ?

Synthèse de l'activité

Y a-t-il une différence significative entre la masse d'un atome et celle de son noyau ?

2 Fabriquons des atomes

Les atomes ont longtemps été considérés comme les plus petites « briques » de la matière. Ce n'est plus le cas depuis la découverte du noyau en 1911.

→ Quelles entités composent les atomes ?

Par intuition

Que peut contenir un atome ?

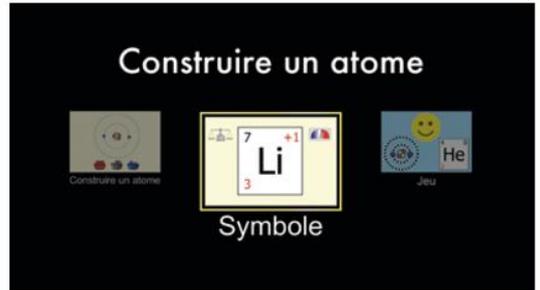
Doc. 1 Une animation pour fabriquer des atomes

L'université du Colorado a créé et mis en ligne une animation qui permet de fabriquer des atomes à partir de leurs constituants.

C'est cette animation qui va être utilisée principalement pour cette activité.

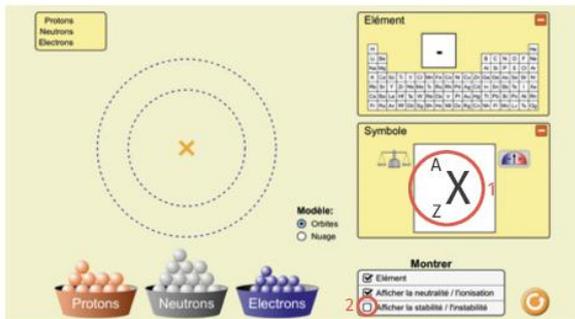
 Retrouver l'animation sur LLS.fr/PC2Atomes.

Doc. 2 Présentation de l'application



Voici une image de l'application lors de son ouverture. Pour cette activité, il faut sélectionner la case Symbole.

Doc. 3 Notation symbolique du noyau



Le symbole de l'espèce fabriquée apparaît au numéro 1. Pour pouvoir voir la stabilité de l'espèce, cocher la case numérotée 2.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'informations sur l'expérience de Rutherford qui a permis de découvrir l'existence du noyau !

LLS.fr/PC2Rutherford

Compétence

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure d'un atome/du noyau

- Doc. 1** Une fois l'application ouverte, ajouter aléatoirement des protons, des neutrons et des électrons. De quoi dépend le symbole chimique d'un élément ?
- Où se placent les protons, les neutrons et les électrons ? Quelles sont leurs charges électriques ?
- Doc. 3** Que représentent les lettres A, Z et X ?
- À quelle condition l'espèce fabriquée est-elle un atome ?
- Deux atomes du même élément peuvent-ils avoir des noyaux différents ?

Pour aller plus loin

- Doc. 2** L'application permet de savoir si l'espèce créée est stable ou non. Que manque-t-il à l'espèce ${}^4_2\text{He}$ pour être stable ?

Synthèse de l'activité

Quelles sont les informations données par la notation symbolique ${}^A_Z\text{X}$ d'un atome ? Quelles sont les informations implicites (qui n'apparaissent pas directement) ?

1 Modèle de l'atome

A Constituants de l'atome

➤ L'atome a longtemps été considéré comme indivisible. On sait depuis l'expérience d'Ernest Rutherford en 1911 que ce n'est pas le cas.

L'atome est constitué d'un noyau chargé positivement entouré d'un cortège d'électrons chargés négativement.

Les composants du noyau sont appelés nucléons. Il existe deux sortes de nucléons : les neutrons et les protons.

B Caractéristiques des constituants de l'atome

Le noyau est composé de :

- **protons**, chargés positivement, de charge $+e = 1,602 \times 10^{-19}$ C et ayant une masse $m_{\text{proton}} = 1,673 \times 10^{-27}$ kg ;
- **neutrons**, électriquement neutres et ayant une masse $m_{\text{neutron}} = 1,675 \times 10^{-27}$ kg.

Les **électrons** sont situés autour du noyau. Ils ont une charge négative égale à $-e$ et une masse $m_{\text{électron}} = 9,109 \times 10^{-31}$ kg.

Les masses des neutrons et des protons étant très proches, on les considérera égales pour la suite des exercices. La masse moyenne d'un nucléon étant alors $m_{\text{nucléon}} = 1,67 \times 10^{-27}$ kg.

La masse d'un électron est environ 2000 fois plus faible que celle d'un nucléon.

Remarque : L'unité de la charge électrique est le coulomb (C).

C Notation symbolique du noyau d'un atome

Le noyau d'un atome est représenté par la notation symbolique ${}^A_Z X$, où :

- **X est le symbole chimique** de l'atome considéré ;
- **A est le nombre de nucléons**, c'est-à-dire la somme du nombre de neutrons et du nombre de protons présents dans le noyau ;
- **Z est le numéro atomique**, c'est-à-dire le nombre de protons présents dans le noyau.

Le nombre de neutrons N dans le noyau est : $N = A - Z$.

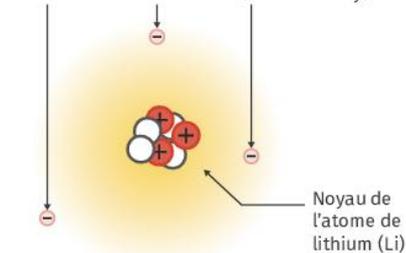
Exemple : la notation symbolique du noyau d'un atome d'or est ${}^{197}_{79}\text{Au}$ et celle du noyau d'un atome de carbone est ${}^{12}_6\text{C}$.

Deux noyaux qui ont le même nombre de protons mais un nombre de nucléons (et donc de neutrons) différents sont appelés **isotopes**.

Exemple : il existe plusieurs isotopes du carbone. La notation symbolique de leur noyau est : ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$ et ${}^{14}_6\text{C}$.

Doc. 1 Schéma d'un atome de lithium

3 électrons en mouvement autour du noyau



- Électron (chargé négativement)
- Proton (chargé positivement)
- Neutron (électriquement neutre)

Éviter les erreurs

- Attention à ne pas confondre nucléon et neutron.
- Penser qu'un **Neutron** est **Neutre**.
- Retenir qu'un **Proton** est **Positif**.

Vocabulaire

- **Isotope :** deux noyaux qui ont le même nombre de protons et un nombre de neutrons différent.
- **Nombre de masse :** le nombre de nucléons est parfois appelé nombre de masse.
- **Nucléon :** particule présente dans le noyau d'un atome.
- **Numéro atomique :** c'est le nombre de protons présents dans le noyau.

Pas de malentendu



- Une erreur fréquente est de confondre les significations de **A** et **Z** dans la notation symbolique du noyau : **A** étant le nombre de neutrons ET de protons, il est forcément plus grand que **Z**.
- Un atome et un élément chimique sont deux choses différentes. **L'élément** est caractérisé par le nombre de protons contenus dans le noyau alors que **l'atome** correspond au noyau accompagné de ses électrons.

Application

La notation symbolique du noyau d'un atome de carbone est $^{12}_6\text{C}$. $Z = 6$ donc il contient six protons.

$A = 12$ et $N = A - Z = 12 - 6$, donc il contient six neutrons.

Un isotope du carbone est $^{14}_6\text{C}$. Il a deux neutrons de plus dans son noyau.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver une capsule vidéo sur l'atome et l'élément chimique. LLS.fr/PC2AtomeElement

2 Les caractéristiques de l'atome

A Dimensions et électroneutralité de l'atome

Un atome est un édifice électriquement neutre. Il possède donc autant d'électrons dans son cortège électronique qu'il a de protons dans son noyau.

Le noyau d'un atome peut être assimilé à une boule dense dont le rayon est de l'ordre de $1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$, constituée de nucléons. L'atome peut être assimilé à une sphère dont le rayon est d'environ $0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$. Autour du noyau, les électrons évoluent dans du vide.

Le rayon d'un atome est 100 000 fois plus grand que celui de son noyau ($\frac{r_{\text{atome}}}{r_{\text{noyau}}} = \frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5 = 100\,000$). **L'atome est donc essentiellement constitué de vide (sa structure est dite lacunaire).**

B Masse d'un atome

La masse d'un électron est environ deux mille fois plus petite que celle d'un nucléon.

La masse du cortège électronique est négligeable par rapport à celle du noyau de l'atome. La masse m d'un atome est pratiquement égale à celle de son noyau.

$$m_{\text{atome}} = A \cdot m_{\text{nucléon}}$$

Avec :

- m_{atome} la masse de l'atome et $m_{\text{nucléon}}$ la masse d'un nucléon en kilogramme ;
- A le nombre de nucléons dans le noyau.

Application

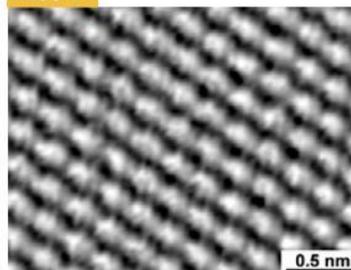
Un atome de platine peut être représenté par $^{195}_{78}\text{Pt}$. Cet atome est composé de 195 nucléons dont 78 protons et 117 neutrons. Il possède 78 électrons dans son cortège électronique. La masse de cet atome est $m_{\text{atome}} = A \cdot m_{\text{nucléon}}$.

Donc $m_{\text{atome}} = 195 \times 1,67 \times 10^{-27} = 3,26 \times 10^{-25} \text{ kg}$.

On peut calculer la charge électrique de son noyau à l'aide de la relation : $Q_{\text{noyau}} = Z \cdot e$.

Donc $Q_{\text{noyau}} = 78 \times 1,602 \times 10^{-19} = 1,250 \times 10^{-17} \text{ C}$.

Doc. 2

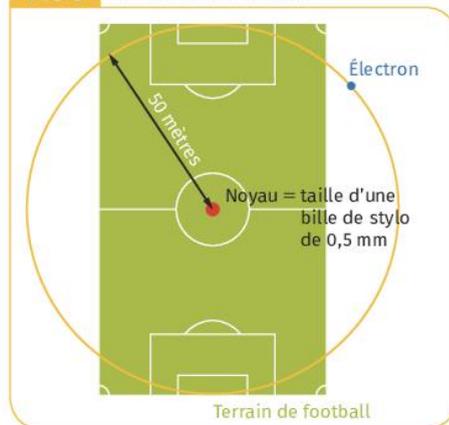


Frank Trixler, Graphite, juillet 2007 (image obtenue avec un microscope à effet Tunnel).

Éviter les erreurs

- Attention au nombre d'électrons, il n'est pas donné par Z . Il se déduit de cette valeur car l'atome est électriquement neutre.
- On écrit parfois que la masse de l'atome est égale à celle de son noyau. C'est une approximation.

Doc. 3 Terrain de football



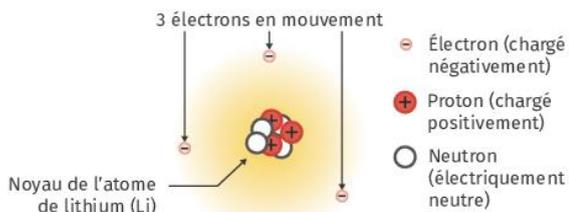
Vocabulaire

- **Lacunaire** : qui présente des espaces vides.
- **Négligeable** : très faible, dont l'absence ne modifiera pas le résultat du calcul.

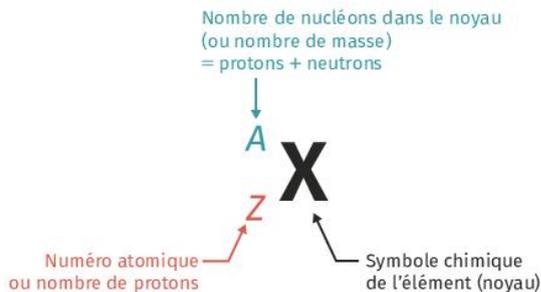
Données

- **Masse d'un nucléon** : $m_{\text{n-p}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
- **Masse d'un électron** : $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$;
- **Charge élémentaire** : $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Un modèle de l'atome



► Schéma légendé d'un atome de lithium.



Caractéristiques de l'atome

Masse de l'atome en kg

$m = A \cdot m_{\text{nucléon}}$

Nombre de nucléons dans le noyau

Masse d'un nucléon en kg

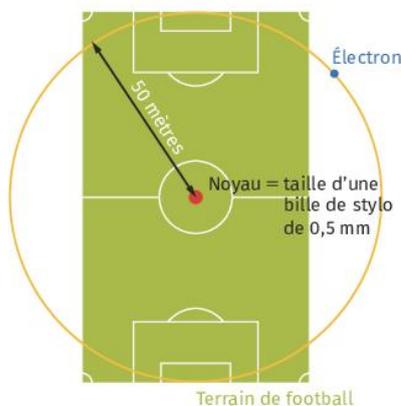
Charge électrique du noyau en coulomb (C)

Charge électrique d'un proton en coulomb (C)

$Q_{\text{noyau}} = Z \cdot e$

Nombre de protons dans le noyau

L'atome est électriquement neutre.



Le rayon de l'atome est 100 000 fois plus grand que celui de son noyau.

Les limites de la modélisation

Le modèle de l'atome présenté montre une structure composée de protons, neutrons et électrons.

Ce modèle permet de :

- décrire les atomes de différents éléments et leurs propriétés chimiques.

Mais il ne permet pas de :

- expliquer les transformations nucléaires quand le noyau change de composition.

En réalité, on sait depuis les années 1960 que les protons et les neutrons sont formés de trois quarks. Pour décrire la matière, les physiciens mènent des

expériences, par exemple au CERN dans le LHC (*Large Hadron Collider*), pour affiner le modèle de l'atome.



► Secteur 3-4 du tunnel de l'accélérateur de particules, Genève.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire une carte mentale et reprendre les principales notions du chapitre ! LLS.fr/PC2P78

1 Le modèle de l'atome

	A	B	C
1. Les neutrons sont :	neutres et orbitent autour du noyau.	positifs et appartiennent au noyau.	neutres et appartiennent au noyau.
2. Le noyau d'un atome est :	chargé négativement.	composé de nucléons.	électriquement neutre.
3. L'atome a une structure lacunaire car :	il est impénétrable.	il est essentiellement constitué de vide.	il manque de neutrons.
4. Le nombre de masse est représenté par la lettre :	Z.	N.	A.

2 La notation symbolique du noyau

1. Dans la notation symbolique A_ZX , la lettre Z représente :	le nombre de nucléons.	le nombre de neutrons.	le nombre de protons.
2. Dans la notation symbolique A_ZX , la lettre A représente :	le nombre de nucléons.	le nombre de neutrons.	le nombre de protons.
3. Le noyau d'un atome de cuivre représenté par la notation symbolique ${}^{65}_{29}\text{Cu}$ possède :	29 protons.	65 neutrons.	36 nucléons.
4. Deux noyaux sont isotopes si :	ils contiennent le même nombre de nucléons.	ils contiennent le même nombre de protons.	ils contiennent le même nombre de neutrons.

3 Caractéristiques d'un atome

1. La masse d'un atome se calcule à l'aide de la relation :	$m = Z \cdot m_{\text{neutron}}$	$m = A \cdot m_{\text{nucléon}}$	$m = Z \cdot m_{\text{proton}}$
2. Un atome contient :	autant de protons que d'électrons.	autant de neutrons que d'électrons.	autant de protons que de neutrons.
3. Le noyau est :	100 000 fois plus grand que l'atome.	de la même taille que l'atome.	100 000 fois plus petit que l'atome.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P79

4 Questions Jeopardy

- Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :
 - On les appelle des isotopes.
 - Si le noyau d'un atome était représenté par une tête d'épingle, il aurait un diamètre d'environ 100 m.

☐ Raisonner à partir de la composition d'un atome et de son noyau

12

[DIFF]

☐ Savoir utiliser la notation symbolique du noyau d'un atome

10

25

☐ Savoir calculer la masse d'un atome

13

20

☐ Savoir utiliser les puissances de 10 pour calculer ou comparer des ordres de grandeur

13

[DIFF]

22

Pour séchauffer

5 Composition d'un noyau

Un atome de fluor contient 19 nucléons et 9 protons.

- Combien de neutrons possède-t-il dans son noyau ?

6 Notation symbolique du noyau

Un atome de phosphore de symbole P possède 31 nucléons et 15 protons.

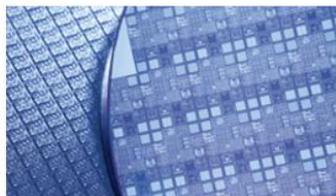
- Écrire la représentation symbolique de son noyau.

7 Composition d'un atome

Le noyau d'un atome d'aluminium a pour notation symbolique ${}_{13}^{27}\text{Al}$.

- Écrire la composition de cet atome.

8 Masse d'un atome



Wafer, plaque de semi-conducteur, en silicium.

Un atome de silicium ($Z = 14$) a une masse $m = 4,68 \times 10^{-26}$ kg.

- Combien de nucléons y a-t-il dans son noyau ?

9 Ordres de grandeur

- Si le noyau d'un atome est représenté par une balle de tennis de diamètre 6,5 cm environ, quel sera le diamètre de l'atome correspondant ?

Pour commencer

Notation symbolique du noyau

10 Donner la composition du noyau d'un atome

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire

L'or a pour symbole Au. Il est caractérisé par le nombre de masse $A = 197$ et le numéro atomique $Z = 79$.

- Identifier le nombre de protons présents dans son noyau.
- Écrire le nombre de neutrons présents dans son noyau.
- Écrire la représentation symbolique du noyau de cet atome d'or.

11 Identifier les isotopes

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire

Les représentations symboliques de plusieurs noyaux sont : ${}_{6}^{13}\text{X}$ – ${}_{8}^{16}\text{X}$ – ${}_{7}^{14}\text{X}$ – ${}_{6}^{14}\text{X}$ – ${}_{7}^{14}\text{X}$ – ${}_{8}^{12}\text{X}$ – ${}_{8}^{14}\text{X}$ – ${}_{7}^{14}\text{X}$.

- Donner la définition de deux noyaux isotopes.
- Identifier les noyaux isotopes.
- Écrire la composition de ces noyaux identifiés.

12 Donner la composition d'un atome

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire

Le gallium a pour symbole Ga. Son isotope stable le plus abondant possède 31 protons et 38 neutrons.

- Rappeler la définition des atomes isotopes.
- Déterminer le numéro atomique et le nombre de masse de cet atome.
- Écrire la notation symbolique du noyau de cet atome.
- Combien d'électrons possède cet atome ?
- Le second isotope possède deux neutrons de plus. Écrire la notation symbolique de son noyau.

CULTURE SCIENTIFIQUE : Le gallium est un métal qui a une température de fusion de 29,76 °C. Il peut fondre dans la main, mais il est corrosif pour la peau.

D'après l'article « Gallium », futura-sciences.com.



Tmv23 & Dblay, Gallium en cours de cristallisation.

Données Pour tous les exercices de la page

- Masse d'un nucléon : $m_n = 1,67 \times 10^{-27}$ kg ;
- Masse d'un électron : $m_e = 9,109 \times 10^{-31}$ kg ;
- Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.

Masse d'un atome**13 Calculer la masse d'un atome**

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

Le mercure, seul métal liquide à température ambiante, a une densité très élevée. En effet, tandis qu'une goutte d'eau a une masse de 35 mg, une même goutte de mercure a une masse presque quatorze fois plus grande. Un des isotopes du mercure a pour notation symbolique $^{202}_{80}\text{Hg}$.

1. Donner la composition de cet atome.
2. Calculer la masse de cet atome. Exprimer le résultat en kg puis en g.
3. Combien d'atomes y a-t-il dans une goutte de mercure ?

14 Qui suis-je ?

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure d'un atome

Je suis un atome. Mon numéro atomique est $Z = 13$ et ma masse est égale à $m = 4,51 \times 10^{-26}$ kg.

1. Calculer le nombre de nucléons présents dans mon noyau.
2. Quel est mon symbole ?

Dimensions d'un atome**Données** Pour les exercices 15 et 16

- Rayon d'un atome de césium : $r_{\text{atome}} = 260$ pm ;
- Rayon du noyau d'un atome de césium : $r_{\text{noyau}} = 7,1$ fm.

15 Convertir les unités

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

L'atome de césium est un des plus gros atomes.

1. Exprimer les rayons de l'atome de césium et de son noyau en mètre.
2. Exprimer les deux rayons en notation scientifique.
3. Calculer le rapport $\frac{r_{\text{atome}}}{r_{\text{noyau}}}$. Que peut-on en conclure ?

16 Changer d'échelle

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique



Dnn87, Cristaux de césium ultra-purs, 2008.

On assimile le noyau de l'atome de césium à une bille de 1,0 cm de diamètre.

- Calculer le diamètre de l'atome de césium à cette échelle.

Une notion, trois exercices**DIFFÉRENCIATION**

□ Savoir-faire : Reasonner à partir de la composition d'un atome

17 Un halogène, le fluor █ █ █

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure d'un atome

Le fluor, de symbole chimique F, a pour numéro atomique $Z = 9$. La masse d'un atome de fluor est $m = 3,17 \times 10^{-26}$ kg.

1. Rappeler la relation qui permet de calculer la masse d'un atome.
2. En déduire alors une expression permettant de calculer le nombre de masse A à partir de la masse de l'atome.
3. Calculer le nombre de nucléons présents dans le noyau de cet atome de fluor.
4. Écrire la notation symbolique de ce noyau de fluor.

18 Un halogène, le chlore █ █ █

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure d'un atome

Le chlore, de symbole chimique Cl, a pour numéro atomique $Z = 17$. La masse d'un atome de chlore est $m = 5,85 \times 10^{-26}$ kg.

1. Calculer le nombre de nucléons présents dans le noyau de cet atome de chlore.
2. Écrire la notation symbolique de ce noyau de chlore.

19 Un halogène, le brome █ █ █

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure d'un atome

Le brome, de symbole chimique Br, a pour numéro atomique $Z = 35$. La masse d'un atome de brome est $m = 1,32 \times 10^{-25}$ kg.

- Écrire la notation symbolique de ce noyau de brome.

Une ligne enfin complète

Énoncé

En décembre 2015, l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) a annoncé la découverte des quatre éléments chimiques permettant de compléter la 7^e ligne du tableau périodique. Ces éléments dits superlourds ont été créés dans des accélérateurs de particules et ont des durées de vie très courtes.

Parmi ces éléments, le nihonium est celui ayant la durée de vie la plus longue puisqu'un de ses isotopes a une période radioactive de 19,6 s. Il s'agit du ${}^{286}_{113}\text{Nh}$.

1. Donner la composition d'un atome de nihonium.
2. Calculer la masse du noyau d'un atome de nihonium.
3. Calculer la masse du cortège électronique d'un atome de nihonium.
4. Comparer les masses obtenues aux questions 2 et 3. Conclure sur la validité de l'affirmation suivante : la masse de l'atome est concentrée dans son noyau.

Un isotope du nihonium possède huit neutrons de moins que celui étudié précédemment.

5. Écrire la notation symbolique du noyau de ce nouvel isotope.

Solution rédigée

1. $Z = 113$ donc l'atome de nihonium possède 113 protons.
 $A = 286$ donc $N = A - Z = 286 - 113 = 173$ donc l'atome de nihonium possède 173 neutrons.
 Un atome étant électriquement neutre, l'atome de nihonium possède autant d'électrons que de protons soit 113 électrons.
2. La masse du noyau d'un atome se calcule à l'aide de la relation :

$$m_{\text{noyau}} = A \cdot m_{\text{nucléon}}$$
 Donc $m_{\text{noyau}} = 286 \times 1,67 \times 10^{-27} = 4,78 \times 10^{-25}$ kg.
3. La masse du cortège électronique d'un atome se calcule à l'aide de la relation : $m_{\text{cortège}} = Z \cdot m_{\text{électron}}$.
 Donc $m_{\text{cortège}} = 113 \times 9,109 \times 10^{-31} = 1,029 \times 10^{-28}$ kg.
4. Calculons le rapport de la masse du noyau sur la masse du cortège électronique.

$$\frac{m_{\text{noyau}}}{m_{\text{cortège}}} = \frac{4,78 \times 10^{-25}}{1,029 \times 10^{-28}} = 4,64 \times 10^3$$
 La masse du noyau est environ 4640 fois plus grande que celle du cortège électronique donc la masse de l'atome est concentrée dans son noyau (on peut négliger la masse des électrons).
5. Ce nouvel isotope possède huit neutrons de moins donc la représentation symbolique de son noyau est : ${}^{278}_{113}\text{Nh}$.



Présentation de la découverte du nihonium

DONNÉES

- Masse d'un nucléon : $m_{\text{n-p}} = 1,67 \times 10^{-27}$ kg ;
- Masse d'un électron : $m_{\text{e}} = 9,109 \times 10^{-31}$ kg.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Écrire le nombre de protons, neutrons et électrons présents dans cet atome.
2. Calculer la masse des nucléons (protons + neutrons) présents dans le noyau.
3. Calculer la masse des électrons.
4. Calculer la masse de l'atome comme la somme de la masse du noyau et de la masse des électrons. Comparer la masse de l'atome ainsi obtenue et la masse du noyau.
5. Écrire la notation symbolique du noyau à partir du nombre de protons et de neutrons dans le noyau.

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Chercher le nombre de protons avec Z puis de neutrons avec A (et Z). L'atome est neutre, il a donc autant d'électrons que de protons.
2. Ici, on ne compte que la masse des particules dans le noyau (les nucléons).
3. Ici, on ne compte que la masse des électrons.
4. Pour comparer deux nombres, il peut être utile de faire le rapport entre les deux.
5. Le nombre de neutrons dans le noyau n'intervient que sur la valeur de A .

20 Mise en application

- Reprendre l'exercice précédent avec l'atome de brome ${}^{79}_{35}\text{Br}$ et son isotope qui possède deux neutrons supplémentaires.

Pour s'entraîner

Données Pour tous les exercices de la page

- Masse d'un neutron : $m_n = 1,675 \times 10^{-27}$ kg ;
- Masse d'un électron : $m_e = 9,109 \times 10^{-31}$ kg ;

- Masse d'un proton : $m_p = 1,673 \times 10^{-27}$ kg ;
- Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.

21 Une devinette

✓ MOD : Déterminer la structure d'un atome

Mon cortège électronique a une charge égale à $-6,4 \times 10^{-19}$ C alors que ma charge totale est nulle. Mon noyau contient un neutron de plus que de protons.

- Qui suis-je ?

22 Construction d'une maquette

✓ MATH : Utiliser les puissances de 10 et la notation scientifique

Un professeur de lycée souhaite montrer à ses élèves que les atomes sont principalement remplis de vide.

1. Quelle doit être la taille de l'objet représentant le noyau s'il choisit un ballon de basket pour symboliser un atome de carbone ?
2. Le diamètre du ballon de basket a été donné à une incertitude près. Donner un encadrement de la réponse précédente à l'aide de cette incertitude.
3. Il décide de prendre une balle de ping-pong pour représenter le noyau. Estimer le diamètre de la balle et calculer le diamètre de l'atome de carbone correspondant.
4. En quoi les calculs précédents montrent-ils qu'un atome est principalement constitué de vide ?

Données

- Diamètre d'un ballon de basket : $d_{\text{ballon}} = (24,3 \pm 0,5)$ cm ;
- Rayon d'un noyau d'atome de carbone : $r_{\text{noyau}} = 2,8 \times 10^{-15}$ m ;
- Rayon d'un atome de carbone : $r_{\text{atome}} = 6,7 \times 10^{-11}$ m.

23 L'atome en QCM

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure d'un atome

Exercice à faire sans calculatrice. Pour chaque question, choisissez la ou les réponse(s) correcte(s).

1. Un atome de titane Ti a un rayon de 140 pm, ce qui est équivalent à :
a. $1,40 \times 10^{-10}$ m. b. $14,0 \times 10^{-10}$ m. c. 140×10^{-10} mm.
2. Un atome de tantale a pour symbole $^{181}_{73}\text{Ta}$. Il a une masse environ égale à :
a. 3×10^{-22} g. b. 3×10^{-22} mg. c. 3×10^{-22} kg.
3. Un atome ayant une masse égale à $5,0 \times 10^{-26}$ kg environ a un noyau qui contient :
a. 3 nucléons. b. 300 nucléons. c. 30 nucléons.

24 Vous prenez bien un verre d'ions ?

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

L'eau que nous buvons n'est pas pure. Elle contient de nombreux ions.

Composition de l'eau d'Evian, minéralisation totale (mg/L)

Calcium Ca^{2+}	80	Bicarbonate HCO_3^-	360
Magnésium Mg^{2+}	26	Sulfate SO_4^{2-}	14
Sodium Na^+	6,5	Chlorure Cl^-	10
Potassium K^+	1	Nitrate NO_3^-	3,8
Silice SiO_2	15		

1. Chercher les numéros atomiques des éléments correspondant aux ions mono-atomiques présents dans cette eau.
2. Calculer le nombre d'ions calcium $^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$ présents dans 1 L de cette eau sachant qu'un ion calcium est un atome de calcium qui a perdu deux électrons.

Comprendre les attendus

25 La malachite

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure d'un noyau

La malachite est une pierre semi-précieuse de couleur verte. Sa formule chimique est $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$.

Cette pierre contient du cuivre dont les deux isotopes stables sont $^{63}_{29}\text{Cu}$ et $^{65}_{29}\text{Cu}$.



1. Rappeler la définition de noyaux isotopes.
2. Écrire la composition des deux isotopes de cuivre.
3. Calculer la masse de l'isotope le plus lourd.

Détails du barème

TOTAL/5 pts

- | | |
|---|--------|
| 1. Rappeler la définition exacte demandée. | 1 pt |
| 2. Connaître la notation symbolique du noyau de l'atome.
Écrire la relation littérale (avec les lettres) du cours. | 1 pt |
| Répondre avec une phrase et faire apparaître les calculs éventuels. | 0,5 pt |
| 3. Respecter le nombre de chiffres significatifs dans l'expression du résultat. | 1 pt |
| Indiquer une unité dans le résultat du calcul. | 0,5 pt |

Données Pour tous les exercices de la page

- Masse d'un neutron : $m_n = 1,675 \times 10^{-27}$ kg ;
- Masse d'un électron : $m_e = 9,109 \times 10^{-31}$ kg ;

- Masse d'un proton : $m_p = 1,673 \times 10^{-27}$ kg ;
- Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.

Point maths Rappels pour les calculs de volumes

- Volume d'un cube de côté c : $V = c^3$;
- Volume d'une sphère de rayon R : $V = \frac{4}{3}\pi R^3$;
- Volume d'un cylindre de rayon R et de hauteur h : $V = \pi R^2 \cdot h$.

26 Le bouclier de Captain America

- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique
- ✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

Des chercheurs américains de l'université du Texas Nord (UNT) ont synthétisé un alliage qui serait presque aussi résistant que le bouclier de Captain America.



1. Quel volume de cet alliage est nécessaire pour fabriquer une copie du bouclier de Captain America ?

2. Quel serait le prix à payer pour une telle copie ?

Bouclier de Captain America.

Bouclier de Captain America dans l'Univers Marvel :

- concepteur : Myron MacLain ;
- composition : alliage de vibranium du Wakanda et d'acier ;
- dimensions : disque d'environ 76 cm de diamètre et 0,5 cm d'épaisseur ;
- masse : environ 5 kg.

D'après l'article « Captain America », wikipedia.org.

Données

- Formule de l'alliage : $Fe_{42}Mn_{28}Co_{18}Cr_{15}Si_{15}$;
- Masse volumique de l'alliage : $\rho_{\text{alliage}} = 7,13 \text{ g/cm}^3 = 7130 \text{ kg/m}^3$;
- Éléments composant l'alliage :

Élément	Fe	Mn	Co	Cr	Si
Isotope majoritaire	$^{56}_{26}\text{Fe}$	$^{55}_{25}\text{Mn}$	$^{52}_{27}\text{Co}$	$^{52}_{24}\text{Cr}$	$^{28}_{14}\text{Si}$
Prix juil. 2016 (\$/t)	57	1600	25000	7100	1600

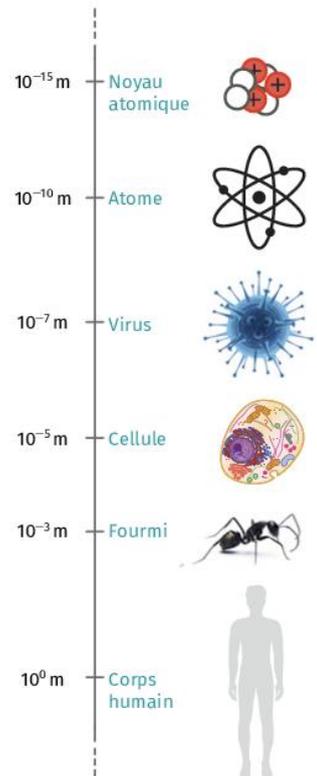
Remarque : 1 tonne = 1000 kg.

27 Quelques ordres de grandeur

- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

Un être vivant est formé de nombreuses cellules qui contiennent une multitude de molécules, elles-mêmes sont composées d'atomes.

1. Comparer la taille d'une cellule et celle d'un atome.
2. En supposant que l'atome est sphérique, calculer le volume d'un atome.
3. En supposant qu'une cellule est un cube, calculer le volume d'une cellule.
4. Combien d'atomes peut-on aligner le long du côté d'une cellule ? En déduire le nombre d'atomes dans une cellule.



28 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

1. L'atome de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ contient 136 neutrons.

À justifier

2. $m_{\text{atome}} = 222 \times 1,67 \times 10^{-27} = 3,7074 \times 10^{-25}$ kg.

En grammes, cet atome pèse donc $3,7074 \times 10^{-22}$ g.

3. D'après le cours la masse de l'atome est presque égale à celle du noyau. C'est pour cela que le noyau est quasiment neutre comme l'atome.

4. Les isotopes du carbone sont $^{13}_6\text{C}$ et $^{14}_6\text{C}$.

Notation !

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P84

Pour aller plus loin

29 Comment le neutron a été découvert

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

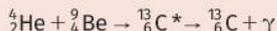
Doc. 1 L'hypothèse de Rutherford

Après avoir établi l'existence du noyau atomique, Rutherford mena plusieurs expériences de collision de particules alpha (noyaux d'hélium) sur différents noyaux. Il découvrit ainsi que des noyaux d'hydrogène (qu'il baptisa protons) étaient éjectés de noyaux d'azote. [...] Il supposa alors que tous les noyaux étaient des assemblages de protons et d'électrons, en nombre variable. En 1920, Rutherford suggéra l'existence de sous-structures dans les noyaux, [...] et il évoqua la possibilité d'un assemblage particulièrement étroit d'un proton et d'un électron, formant une particule neutre très pénétrante.

D'après Alain Bouquet, « Découverte du neutron », *laradioactivite.com*.

Doc. 2 L'expérience de Bothe et Becker

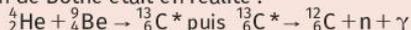
Le montage expérimental était très simple : une source de polonium bombardait une cible par des particules alpha. Un détecteur permettait de mesurer l'énergie du rayonnement émis. Bothe et son étudiant Herbert Becker observèrent un rayonnement dont l'énergie était proche de celle attendue sauf dans le cas du béryllium où aucun proton n'était émis mais le flux de rayonnement était beaucoup plus intense et de plus grande énergie. Walter Bothe interpréta le cas du béryllium comme la formation d'un noyau excité de carbone 13 suivant la réaction :



D'après Alain Bouquet, « Découverte du neutron », *laradioactivite.com*.

Doc. 3 L'hypothèse de Chadwick

Chadwick menait depuis plusieurs années le même type d'expériences, et il avait mis au point un appareillage plus sensible. Chadwick put détecter l'éjection d'autres noyaux que les protons par le rayonnement de Bothe et Becker. Il démontra que si le rayonnement était dû à des γ , dont la masse est nulle, leur énergie devait être d'autant plus élevée que les noyaux de la cible étaient lourds, ce qui n'avait aucun sens. En supposant par contre que le rayonnement était dû à des particules de masse voisine de celle du proton, ces particules avaient une énergie constante quelle que soit leur cible. La réaction de Bothe était en réalité :



D'après Alain Bouquet, « Découverte du neutron », *laradioactivite.com*.

1. Quelle est la découverte de Rutherford ?
2. Écrire la composition d'une particule alpha.
3. Pourquoi l'interprétation de Walter Bothe n'était-elle pas cohérente ?
4. La masse du neutron a été mesurée quelques années après. Comparer les masses du neutron et de la particule imaginée par Rutherford. Avait-il raison ?

30 Compter des atomes

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

On souhaite déterminer le nombre d'atomes d'aluminium nécessaires pour la fabrication d'une canette de soda.

1. Détermination de la masse d'aluminium contenue dans une canette :
 - prendre une canette vide et sèche ;
 - allumer la balance et vérifier qu'elle est bien tarée ;
 - peser la canette ;
 - noter la masse mesurée, $m_{\text{canette}} = \dots$
2. Déterminer la masse d'un atome d'aluminium.
3. Quel serait le nombre d'atomes d'aluminium présents dans une canette si on considère qu'elle est composée uniquement d'aluminium ?
4. Proposer un protocole pour vérifier la masse volumique de l'aluminium si on fait la même supposition.

Doc. 1 Matériel disponible

- Canette de soda vide ;
- Réglet métallique ou règle double décimètre ;
- Balance ;
- Éprouvette graduée ;
- Canette de soda pleine et fermée ;
- Grand bécher ;
- Cristallisoir ;
- Eau.



Doc. 2 À propos de l'aluminium

- Symbole chimique : Al ;
- Numéro atomique : 13 ;
- Nombre de masse : 27 ;
- Masse volumique : 2,7 kg/L.



31 ESPRIT CRITIQUE

L'Atomium de Bruxelles

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique : puissance de 10

L'Atomium de Bruxelles a été construit pour l'exposition universelle de 1958.

L'Atomium représente la maille élémentaire d'un cristal de fer agrandie 165 milliards de fois. Il est composé de neuf sphères (une à chaque sommet du cube et une au centre) qui représentent chacune un atome de fer. Chaque sphère a un diamètre d'environ 18 m et une masse de 250 t.

D'après « Atomium », *bruxelles.be*.

1. Le monument a une hauteur de 102 m. La maille de fer présentée dans la même disposition a une hauteur de 560 pm. L'échelle annoncée dans le document est-elle respectée ?

L'isotope le plus abondant du fer a pour notation symbolique ${}^{56}_{26}\text{Fe}$

2. Quelle est la masse d'un atome de fer ?
3. Si les sphères étaient constituées uniquement d'atomes de fer, combien d'atomes chacune contiendrait-elle ?

32 Beaucoup de vide ?

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

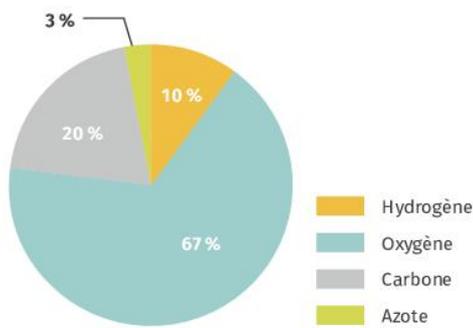
La matière serait principalement constituée de vide.

- Quel volume occuperaient les noyaux des atomes qui constituent l'humanité ?

Doc. 1 Composition de quelques atomes

Atome	Numéro atomique (Z)	Nombre de masse (A)
Hydrogène	1	1
Carbone	6	12
Azote	7	14
Oxygène	8	16

Doc. 2 Composition massique simplifiée d'un être humain



Données

- Population mondiale en octobre 2018 : 7 660 000 000 ;
- Masse moyenne d'un être humain : 60 kg ;
- Volume d'une sphère de rayon R : $V = \frac{4}{3} \pi R^3$;
- Rayon moyen d'un noyau d'atome : $3,00 \times 10^{-15}$ m.

Doc. 3 Castellers (pyramide humaine), Espagne



Retour sur la problématique du chapitre

33 Un si petit personnage

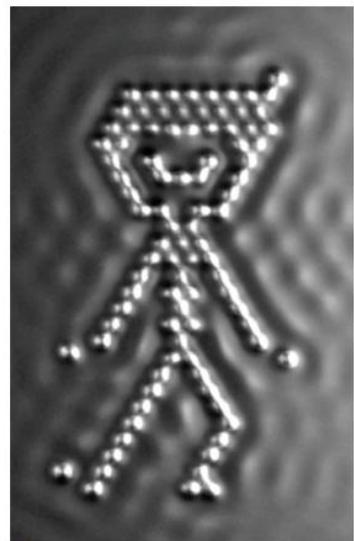
✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique : puissance de 10

Les ingénieurs et les scientifiques d'IBM ont dû faire preuve d'une grande précision pour réaliser ce court film.

1. Quel est l'ordre de grandeur du diamètre d'un atome ?
2. Combien d'atomes composent le personnage principal ?
3. Estimer la taille réelle du personnage du film.
4. On souhaite tourner à nouveau le film en donnant une taille humaine (1,80 m) au personnage. Quel objet va-t-on alors utiliser pour remplacer ses atomes ?

Données

- | | |
|---|--|
| • Diamètre d'une tête d'épingle : 1,0 mm ; | • Diamètre d'un ballon de handball : 18 cm ; |
| • Diamètre d'une bille : 1,0 cm ; | • Diamètre d'un ballon de football : 22 cm ; |
| • Diamètre d'une balle de ping-pong : 40 mm ; | • Diamètre d'un ballon de basket : 24,3 cm. |
| • Diamètre d'une balle de tennis : 6,5 cm ; | |



Extrait du film *A Boy and His Atom*.

CLASSE
INVERSEE

Étudier le noyau en autonomie

Objectifs :

- ➔ Préparer le cours en s'appropriant le vocabulaire et les notions concernant la structure de l'atome.
- ➔ Réaliser un bilan synthétique des notions abordées sous la forme d'un questionnaire.

A Le modèle de l'atome

Les constituants de l'atome

 **Visionner les capsules vidéo intitulées** « Représentation symbolique du noyau d'un atome » et « Atomes et isotopes » sur [LLS.fr/PC2P87](https://lls.fr/PC2P87) puis répondre aux questions suivantes.

1. Quels sont les constituants d'un atome ?

CONSEILS :

- Prendre des notes pendant la vidéo.
- Trouver les mots-clés et les notions importantes.

La notation symbolique du noyau



2. Les constituants du noyau d'un atome peuvent être séparés en deux catégories. Lesquelles ?
3. Que signifie la notation A_ZX ?
4. Comment appelle-t-on des noyaux qui contiennent le même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons ?
5. Donner la notation symbolique de deux noyaux qui répondent à la définition précédente.

B Les caractéristiques de l'atome

1. Rechercher les masses et les charges électriques des différents constituants de l'atome. Présenter les résultats sous la forme d'un tableau.

 **Utiliser l'animation interactive** « Construire un atome » avant de répondre. [LLS.fr/PC2P87](https://lls.fr/PC2P87)

2. Pour un atome donné, quelle est la relation entre le nombre de charges électriques positives et le nombre de charges électriques négatives ?
3. Quel est le signe de la charge électrique totale d'un atome ? de son noyau ? de son cortège (ou nuage) électronique ?

 **Utiliser l'animation** « *The Scale of the universe 2* » et visualiser l'animation « Comment voir les atomes ? » du CEA pour répondre aux questions. [LLS.fr/PC2P87](https://lls.fr/PC2P87)

4. Comparer le rayon d'un atome et le rayon de son noyau. Que dire de la structure de l'atome ?
5. Pour un atome donné, comparer la masse totale d'un atome avec celle de son noyau. Où la masse est-elle concentrée ?
6. Les atomes sont-ils observables de la même façon que l'on observe des cellules vivantes au microscope optique ?
7. Quels instruments doit-on utiliser pour observer des atomes ?
8. Les atomes et ses constituants sont parfois présentés comme des particules élémentaires, c'est-à-dire les constituants fondamentaux de la matière. Est-ce vrai ? Justifier à partir des informations extraites des capsules vidéo et des animations précédentes.

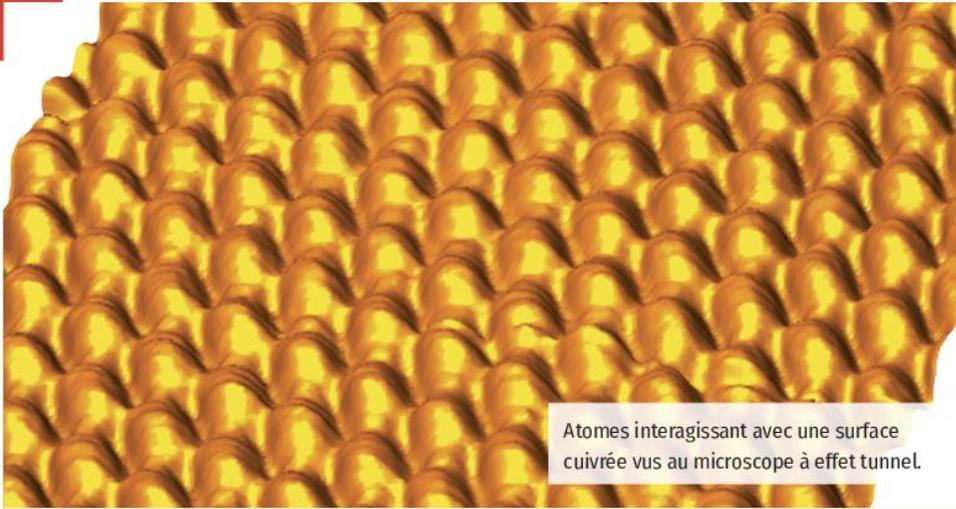
C Synthèse

 **Réaliser entre 5 et 10 flashcards** synthétisant les notions principales abordées précédemment sur [LLS.fr/PC2P87](https://lls.fr/PC2P87).



Le cortège électronique de l'atome

ESPRIT CRITIQUE



Atomes interagissant avec une surface cuivrée vus au microscope à effet tunnel.

Des microscopes électroniques peuvent nous permettre d'observer les atomes de très près.

➤ **L'image obtenue montre-t-elle les électrons orbitant autour du noyau ?**

➔ voir l'exercice 32, p. 103

Travailler

autrement

HISTOIRE DES SCIENCES

Un modèle évolue et se perfectionne avec le temps. Depuis l'Antiquité, des penseurs ont cherché à affiner le modèle de l'atome, véritable brique élémentaire de la matière. Cette évolution du modèle est à découvrir en fin du chapitre.

Voir p. 105



Donato Bramante, *Héraclite et Démocrite*, 1477, fresque, 102 x 127 cm (Milan).



Depuis tout petit, on apprend à classer des informations, des objets, etc.

→ Comment peut-on classer les éléments chimiques ?

→ voir l'exercice 35, p. 104

À maîtriser pour commencer

- › Connaître la composition d'un atome
- › Savoir utiliser la notation symbolique du noyau
- › Savoir associer un élément à son symbole grâce à la classification périodique

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P89

Objectifs du chapitre

- ☐ Savoir écrire la configuration électronique d'un atome
- ☐ Connaître le lien entre la position d'un atome dans la classification périodique et sa configuration électronique
- ☐ Savoir déterminer les électrons de valence d'un atome à partir de sa configuration électronique
- ☐ Savoir identifier les éléments appartenant à une famille chimique

1 Histoire d'un modèle, le modèle de l'atome

Pour expliquer le monde qui nous entoure, les scientifiques font appel à des modèles. Ces derniers permettent de décrire un phénomène. Un modèle n'est donc pas la réalité mais une image de celle-ci. Tant qu'aucune observation expérimentale ne contredit le modèle, on le considère comme pertinent.

→ Comment le modèle de l'atome a-t-il évolué au cours des siècles ?

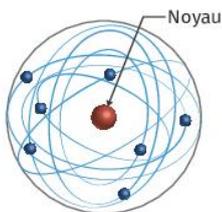
Par intuition

Avant de commencer, je dessine ma propre vision d'un atome.

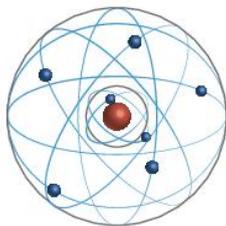
Doc. 1 Quelques modèles de l'atome



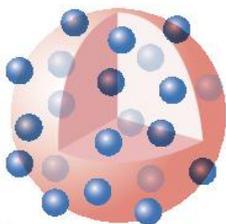
A : Sphère dure pleine et indivisible.



B : Noyau positif avec des électrons qui orbitent autour. Entre les deux, du vide.



C : Noyau positif avec des électrons qui orbitent autour. Les orbites sont à des distances bien définies et on les appelle couches. Entre les deux, du vide.



D : Plum-pudding, atome globalement neutre avec des électrons négatifs qui baignent dans un volume chargé positivement.

Doc. 2 Des faits expérimentaux

- 1804 : En étudiant le comportement des gaz, John Dalton reprend une idée de la Grèce antique longtemps abandonnée : la matière est composée de petits grains insécables appelés alors *atomos*.
- 1897 : Découverte de l'électron qui est une particule chargée négativement par John Thomson. Il propose pour l'atome un modèle de sphère de structure positive parsemée d'électrons.
- 1900 : Max Planck étudie la quantification des échanges d'énergie dans la matière qui laisse supposer que les électrons ne peuvent pas être à n'importe quelle distance du noyau.
- 1911 : Découverte du noyau atomique chargé positivement et beaucoup plus petit que l'atome par Rutherford. Il propose un modèle où les électrons sont répartis dans un nuage autour du noyau mais à distance de celui-ci.
- 1913 : Unification des théories de Max Planck et Ernest Rutherford par Niels Bohr. Il propose un modèle de répartition des électrons en couches.
- 1914 : Confirmation de la quantification des échanges d'énergie dans la matière par James Franck et Gustav Hertz.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver l'histoire des atomes détaillée et résumée en une animation. LLS.fr/PC2HistoireAtomes

Compétence

✓ MOD : Connaître la structure de l'atome

1. a. **Doc. 1 et 2** Associer chaque modèle à son inventeur en justifiant son choix.
b. Faire une frise chronologique sur laquelle apparaît chaque modèle et le nom de son (ou ses) inventeur(s).
2. **Doc. 2** Identifier la raison qui a poussé John Thomson à remettre en cause le modèle antique (Leucippe et Démocrite) et de John Dalton.
3. Pourquoi le modèle de Bohr a-t-il été préféré à celui de Rutherford ?
4. Rappeler les étapes de la démarche scientifique. En quoi l'évolution du modèle de l'atome en est un exemple ?

Synthèse de l'activité

Comment se répartissent les électrons dans un atome d'après le modèle de Bohr ?

2 Des électrons bien ordonnés ?

D'après le modèle de Bohr, les électrons gravitent autour du noyau dans des orbites situées à des distances du noyau bien précises.

→ Comment les électrons se répartissent-ils autour du noyau ?

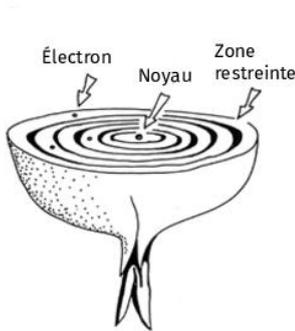
Par intuition

Quel peut être le point commun entre la disposition des spectateurs dans un stade et celle des électrons dans l'atome ?

Doc. 1 Modèle de Bohr et mécanique quantique

Les électrons ne se disposent pas au hasard autour du noyau. En 1913, Niels Bohr suppose qu'ils se situent à des distances particulières. Les zones dans lesquelles on peut trouver les électrons se nomment couches et sous-couches. On les repère à l'aide de chiffres et de lettres.

Les couches sont représentées par un entier positif n . La première couche correspond à $n = 1$, la deuxième à $n = 2$, etc. Chaque couche possède une ou plusieurs sous-couches représentées par la lettre l à laquelle sont associées une valeur puis une autre lettre. La première sous-couche se note s ($l = 0$), la deuxième p ($l = 1$) et la troisième ($l = 2$) se note d .



Par exemple, si $n = 3$ et $l = 2$ on parle de la sous-couche $3d$.

Sur une orbite donnée, les électrons ont une énergie donnée. On parle donc de niveau d'énergie pour chaque sous-couche.

Doc. 2 Nombre d'électrons maximum

La couche n peut contenir $2n^2$ électrons. Ces électrons se répartissent sur n sous-couches.

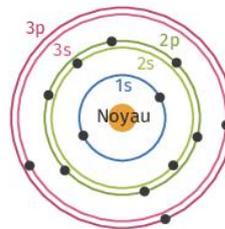
La sous-couche l peut contenir $2l + 1$ paires d'électrons c'est-à-dire $2(2l + 1)$ électrons.

Par exemple, la sous-couche $3s$ ($n = 3$ et $l = 0$) peut contenir $2(2 \times 0 + 1) = 2$ électrons au maximum.

Doc. 3 Remplir les couches et les sous-couches

~~1s~~
~~2s 2p~~
~~3s 3p 3d~~
~~4s~~

Le remplissage des couches et sous-couches se fait par ordre d'énergie croissante. Il suffit de suivre les flèches rouges de l'image ci-contre. Cette règle de remplissage est appelée règle de Klechkowski.



Ci-contre le modèle de Bohr de l'atome d'aluminium. La configuration électronique de l'aluminium ($Z = 13$) s'écrit : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$.

Compétence

✓ MOD : Connaître la structure du nuage électronique

1. Doc. 1 et 2 Combien d'électrons peut contenir la couche $n = 1$? la couche $n = 2$?
2. Doc. 1 et 2 Combien d'électrons peuvent contenir les sous-couches $1s$, $2s$ et $2p$?
3. Doc. 3 À l'aide de l'exemple de l'aluminium, écrire la configuration électronique du bore ${}_5\text{B}$, du carbone ${}_6\text{C}$ et du silicium ${}_{14}\text{Si}$.
4. Quels sont les points communs et les différences entre ces quatre configurations ?
5. Où se trouvent les éléments bore, carbone, aluminium et silicium dans la classification périodique ? Préciser les numéros de lignes et de colonnes correspondants.
6. Peut-on prévoir la position d'un atome dans la classification grâce à sa configuration électronique et inversement ?
7. Vérifier alors les hypothèses faites à la question **Par intuition**.

Synthèse de l'activité

Comment écrit-on la configuration électronique d'un atome ? Comment utiliser la classification périodique pour prévoir (ou vérifier) la configuration électronique d'un atome ?

3 La classification périodique, une belle histoire

Le nombre d'éléments découverts est passé de 12 en 1700 à plus de 80 en 1900. Pour pouvoir enseigner et transmettre le savoir chimique, il est alors devenu important de classer les éléments qui étaient connus.

→ Comment les chimistes ont-ils classé les éléments ?

Par intuition

Selon quel critère peut-on classer les éléments chimiques ?

Doc. 1 Les triades

En 1817, Johann Döbereiner propose une classification en triade. Les éléments sont regroupés par trois si la masse atomique de l'un est la moyenne des deux autres. Par exemple, pour la triade des alcalins :

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ u} = \frac{M(\text{Li}) + M(\text{K})}{2}$$

(avec $1 \text{ u} = 1,660538921 \times 10^{-27} \text{ kg}$).

Ainsi en 1850, il a classé les éléments en 20 triades.

D'après Nicolas Lévy, « La classification périodique de Lavoisier à Mendeleïev », *culturesciences.chimie.ens.fr*, 25/01/2011.

Doc. 2 Vis tellurique

En 1862, Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois est le premier à s'appuyer non plus uniquement sur les masses atomiques mais aussi sur les propriétés des éléments.

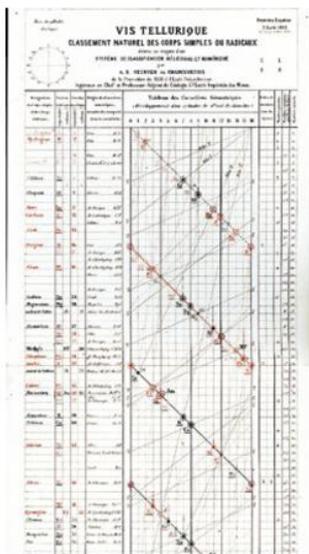
Il crée alors une classification appelée vis tellurique.

D'après N. Lévy, *Ibid.*



Retrouver l'image en HD.

LLS.fr/PC2P92



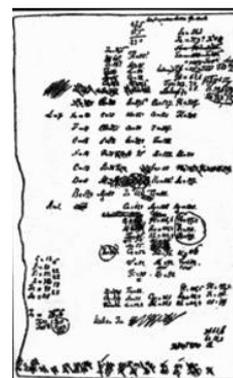
Doc. 3 Newlands et la classification de Mendeleïev

En 1863, John Newlands propose une organisation par masse atomique croissante en regroupant sur une ligne les éléments ayant des propriétés chimiques similaires. Il peut ainsi prédire l'existence d'éléments non encore découverts mais il n'arrive pas à convaincre les autres scientifiques.

En 1869, Dmitri Mendeleïev publie la loi périodique et son tableau. Dans ce tableau, trois éléments sont manquants car alors encore inconnus mais leurs masses atomiques et leurs propriétés sont prévues et annoncées.

Entre 1875 et 1886 le gallium, le scandium et le germanium sont découverts. Ils présentent des propriétés très proches de celles prédites par D. Mendeleïev.

D'après N. Lévy, *Ibid.*



► Première ébauche du tableau périodique par Mendeleïev, 1869.

Doc. 4 Classification actuelle

Au début du XIX^e siècle, l'argon et le néon, deux gaz nobles (parfois appelés gaz inertes à cause de leur faible réactivité), sont découverts. Leur masse ne permet pas de les ranger dans la classification de Mendeleïev. Il est donc décidé de classer les éléments non plus par masse atomique croissante mais par numéro atomique croissant.

Compétence

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

1. **Doc. 1** Quelle est la propriété qui permet de créer les triades ?
2. **Doc. 2** Quelle est la nouveauté proposée par Chancourtois ?
3. **Doc. 3** Pourquoi la proposition de Mendeleïev a-t-elle été la plus marquante ?
4. **Doc. 4** Pourquoi l'argon et le néon ont-ils été découverts si tard ?

Synthèse de l'activité

Quels sont les critères actuels de classification des éléments chimiques ?
La classification actuelle est-elle uniquement due à Dmitri Mendeleïev ?

4 Portraits de familles 60'

Dans le tableau périodique, les éléments chimiques sont classés par numéro atomique croissant le long d'une ligne (ou période) et par famille dans une colonne.

→ **Comment reconnaît-on une famille chimique ?**

Par intuition

Comment peut-on reconnaître les membres d'une famille chimique ?

Doc. 1 La famille des alcalins

Les alcalins sont les éléments de la première colonne de la classification périodique, excepté l'hydrogène.

 **Retrouver des vidéos** explicatives pour étudier la réactivité des éléments. [LLS.fr/PC2Alcalin](https://lls.fr/PC2Alcalin)

Données

Solutions utilisées pour les expériences des doc. 4 et 5 :

- nitrate d'argent $\gamma = 2 \text{ g/L}$;
- chlorure de sodium $\gamma = 6 \text{ g/L}$;
- bromure de potassium $\gamma = 12 \text{ g/L}$;
- iodure de potassium $\gamma = 17 \text{ g/L}$;
- acide chlorhydrique $\gamma = 36,5 \text{ g/L}$.

Doc. 2 Pictogrammes de sécurité

Les pictogrammes de sécurité associés aux éléments alcalins sont :



Le dernier pictogramme ne concerne que le césium et le francium.

Doc. 3 Réactivité des dihalogènes

La famille des halogènes se trouve dans la 17^e colonne du tableau périodique. Certaines réactions des dihalogènes peuvent être violentes avec l'aluminium par exemple.

 **Retrouver une vidéo** pour observer ces réactions. [LLS.fr/PC2Dihalogene](https://lls.fr/PC2Dihalogene)

Doc. 4 Réactivité des alcalino-terreux

1. Prendre un tube à essai et le placer sur un support.
2. Introduire un petit morceau de magnésium dans le tube.
3. Verser alors quelques mL de la solution d'acide chlorhydrique.
4. Boucher le tube puis présenter une allumette à l'extrémité de celui-ci.

 **Retrouver une vidéo** de la même réaction, réalisée avec du calcium. [LLS.fr/PC2Calcium](https://lls.fr/PC2Calcium)

Doc. 5 Réactivité des ions halogénures

1. Prendre 3 tubes à essai et les placer sur un support.
2. Verser dans le premier tube à essai environ 2 mL de la solution de chlorure de sodium.
3. Verser alors 2 ou 3 gouttes de la solution de nitrate d'argent.
4. Observer ce qui se passe.
5. Recommencer les étapes 2 à 4 dans le 2^e tube avec la solution de bromure de potassium et dans le 3^e tube avec la solution d'iodure de potassium.

Compétences

- ✓ REA : Respecter les règles de sécurité
- ✓ ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les observations macroscopiques

Synthèse de l'activité

1. **Doc. 1** Que se passe-t-il quand les alcalins sont au contact de l'air et de l'eau ?
2. **Doc. 1 et 2** Que penser des conditions d'expérimentation de la deuxième vidéo ?
3. **Doc. 3** Que forme le dichlore lorsqu'il réagit avec de l'aluminium ? Est-ce le même genre de composé que ceux formés par la réaction avec le dibrome ou le diiode ?
4. **Doc. 4 et 5** Après réalisation des expériences, que peut-on constater ?

Comment caractériser une famille d'éléments chimiques ? Citez-en trois.

1 Le cortège électronique de l'atome

A Une répartition en couches

Les électrons sont répartis dans des **couches électroniques** qui peuvent se découper en **sous-couches**.

Chaque couche est caractérisée par un nombre entier $n > 0$ et chaque sous-couche est caractérisée par un nombre entier l tel que $0 \leq l < n$.

Pour $l = 0$, on parle de la sous-couche s et pour $l = 1$ de la sous-couche p.

Exemple : la couche caractérisée par $n = 3$ et $l = 0$ sera la couche 3s.

B Remplissage des couches électroniques

Les électrons se répartissent sur les différentes couches et sous-couches suivant des règles précises et chaque sous-couche peut contenir un nombre d'électrons maximum qui lui est propre.

Une couche n peut contenir $2n^2$ électrons.

Une sous-couche de type s ($l = 0$) peut contenir deux électrons et une sous-couche de type p ($l = 1$) peut contenir jusqu'à six électrons.

C Configuration électronique

La répartition des électrons en sous-couches se nomme **la configuration électronique de l'atome**.

La configuration électronique peut parfois être appelée structure électronique.

Jusqu'à 18 électrons, les sous-couches se remplissent selon l'ordre suivant : 1s → 2s → 2p → 3s → 3p.

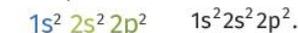
Au-delà de 18 électrons, il faut suivre la règle de Klechkowski (**doc. 2**).

Exemple : le carbone ${}^6\text{C}$ possède six électrons. Il a pour configuration électronique $1s^2 2s^2 2p^2$. Il a donc deux électrons dans chacune de ces sous-couches.

La dernière couche de la configuration électronique qui contient des électrons est appelée **couche externe**. Elle contient les électrons **de valence** de l'atome.

Les autres couches sont appelées **couches internes** et contiennent les électrons **de cœur** des atomes.

Exemple : le carbone ${}^6\text{C}$ a pour configuration électronique



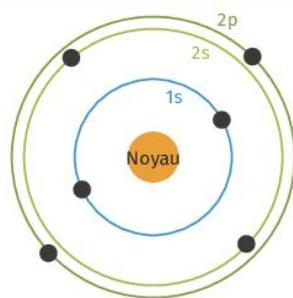
Il possède deux électrons de cœur et quatre électrons de valence ($2 + 2 = 4$).

couche interne couche externe

Numérique

Retrouvez une vidéo expliquant la structure électronique de l'atome. [LLS.fr/PC2P94](https://lls.fr/PC2P94)

Doc. 1 Modèle de l'atome de carbone



Éviter les erreurs

- ▶ Attention à bien écrire le nombre d'électrons en exposant pour éviter de le confondre avec le numéro de la sous-couche suivante.
- ▶ Attention à bien respecter l'ordre de remplissage des sous-couches électroniques.
- ▶ Parfois un schéma comme celui du **doc. 1** peut aider à éviter les erreurs.

Doc. 2 Règle de Klechkowski



Ordre de remplissage des couches électroniques.

Pour aller plus loin

- ▶ Chaque sous-couche peut contenir $2(2l + 1)$ électrons.
- ▶ $l = 2$ correspond à une sous-couche d et $l = 3$ à une sous-couche f.

Vocabulaire

• **Couche externe** : dernière couche qui contient au moins un électron. Elle peut être composée de plusieurs sous-couches (voir *Exemple*).

• **Électron de valence** : électron présent dans la couche externe de la structure électronique (ces électrons sont ceux qui permettent de créer des liaisons chimiques).

Application

Le lithium ${}_3\text{Li}$ est un élément très utilisé dans la fabrication de batteries.

La configuration électronique d'un atome de lithium est $1s^2 2s^1$. Sa couche externe est donc la couche $n = 2$ (la 2°) et elle contient un électron.

Cet atome possède deux électrons dans sa couche interne.

2 La classification périodique

A Les critères de classification

➤ La classification périodique s'est construite par tâtonnement au XIX^e siècle jusqu'à la version actuelle dont la base est celle de Dmitri Mendeleïev en 1869.

Les éléments chimiques sont classés en lignes par numéro atomique croissant.

Le remplissage progressif d'une ligne correspond au remplissage progressif d'une couche électronique. Un changement de ligne s'effectue lorsqu'une nouvelle couche commence à se remplir.

Les lignes sont aussi appelées périodes.

B Utilisation de la classification

Dans une même ligne (période), les atomes ont les mêmes couches électroniques occupées.

Dans une **même colonne** (famille chimique), les atomes ont le **même nombre d'électrons** sur leur couche externe.

Ainsi, en connaissant la position d'un élément dans la classification périodique, on peut en déduire sa configuration électronique et inversement. On peut repérer des blocs selon les dernières sous-couches qui se remplissent (voir classification rabat de fin).

Les éléments d'une même colonne forment facilement des ions monoatomiques qui ont la même charge électrique. Ils ont aussi tendance à faire le même nombre de liaisons lorsqu'ils forment des molécules.

On peut donc prévoir le nombre de liaisons ou l'ion monoatomique que fera un atome si on connaît sa position dans la classification (voir **chapitre 6**).

Application

Un atome de fluor a pour configuration électronique $1s^2 2s^2 2p^5$. Sa couche externe est 2° ($n = 2$), donc il est dans la 2° ligne. Sa couche externe contient sept électrons, donc il appartient à la colonne 17 du tableau périodique (famille des halogènes).

Numérique

Connectez-vous sur le livrescolaire.fr pour retrouver plus d'informations en vidéo sur le lithium. [LLS.fr/PC2Lithium](https://lls.fr/PC2Lithium)

Doc. 3 Extrait de la classification

1 1 H Hydrogène $1s^1$		9 4 Be Béryllium $1s^2 2s^2$
7 3 Li Lithium $1s^2 2s^1$		

Vocabulaire

- **Élément chimique** : noyau caractérisé par son numéro atomique.
- **Période** : nom donné à une ligne du tableau périodique.

Pas de malentendu

➤ La classification est dite périodique car les propriétés chimiques des éléments reviennent périodiquement, ce qui a permis de définir les familles chimiques. En revanche, contrairement à la période vue pour les signaux périodiques, elle n'a pas d'unité et ne se mesure donc pas en seconde !

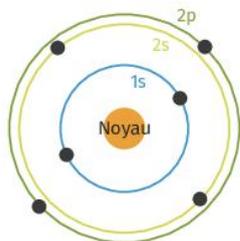
Doc. 4 La fluorite



▶ Le fluor est principalement trouvé sous forme ionique F^- , par exemple dans la fluorite, minéral de formule CaF_2 .

Le cortège électronique et la structure électronique d'un atome

Les électrons se répartissent en couches électroniques autour du noyau.
La répartition des électrons est appelée configuration électronique.



Modèle de Bohr de l'atome de carbone.

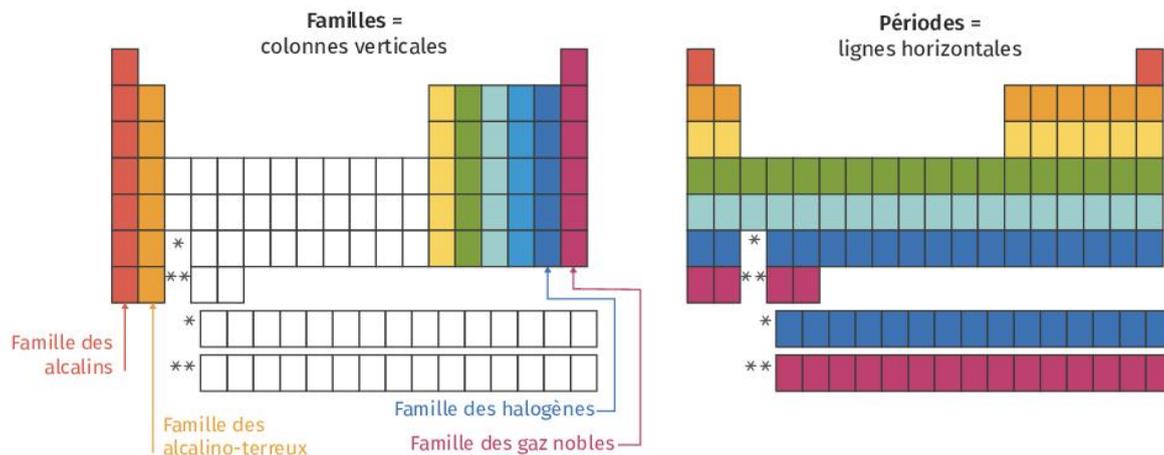


Configuration électronique de l'atome de carbone.

Ordre de remplissage des sous-couches électroniques :
 $1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p$

La classification périodique

Les éléments sont classés par numéros atomiques (Z) croissants.



Une nouvelle période démarre à chaque fois qu'une couche est pleine. Les éléments dans une même colonne ont le même nombre d'électrons externes et font partie de la même famille chimique. La dernière famille est celle des gaz nobles. Tous ses éléments ont la particularité d'avoir leur couche externe pleine. La classification peut aussi être présentée par blocs en fonction de la dernière sous-couche remplie (voir rabat de fin).

Les limites de la modélisation

Le modèle des couches électroniques décrit la répartition des électrons dans l'atome.

Ce modèle permet de :

- décrire la répartition des électrons pour un atome seul.

Mais il ne permet pas de :

- décrire la structure électronique des molécules (qui sont composées de plusieurs atomes).

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser une carte mentale et reprendre les notions du chapitre !

LLS.fr/PC2P96

1 Configuration électronique

	A	B	C
1. La couche électronique $n = 2$ peut contenir :	10 électrons.	8 électrons.	9 électrons.
2. L'atome d'oxygène ^{18}O a pour configuration électronique :	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.	$1s^2 2s^2 2p^4$.	$1s^2 2s^2 2p^6$.
3. La configuration électronique d'un atome d'azote est $1s^2 2s^2 2p^3$. Il possède :	2 électrons sur sa couche externe.	3 électrons sur sa couche externe.	5 électrons sur sa couche externe.

2 Classification périodique

1. Dans la classification périodique, les éléments sont classés selon une période :	par famille chimique.	par masse atomique croissante.	par numéro atomique croissant.
2. Dans la classification périodique, les éléments d'une famille chimique sont :	tous sur la même ligne.	tous dans la même colonne.	tous dans la même période.
3. Les éléments de la famille des gaz nobles :	sont sur la première ligne.	sont sur la dernière période.	ont leur couche externe pleine.

3 Classification périodique et configuration électronique

1. Les éléments d'une même période ont :	le même nombre d'électrons sur leur couche externe.	les mêmes couches électroniques occupées.	un nombre différent d'électrons sur leur couche interne.
2. Les éléments d'une même famille chimique ont :	le même nombre d'électrons sur leur couche externe.	les mêmes couches électroniques occupées.	le même nombre d'électrons sur leur couche interne.
3. La configuration électronique d'un atome d'azote est $1s^2 2s^2 2p^3$. Il appartient donc :	à la 3 ^e période et à la 7 ^e colonne.	à la 2 ^e période et à la 15 ^e colonne.	à la 2 ^e période et à la 13 ^e colonne.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P97

4 Questions Jeopardy

• Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

- a. L'atome de néon a huit électrons sur sa couche externe, il appartient donc à la famille des gaz nobles. b. La configuration électronique de cet atome est $1s^2 2s^2 2p^1$.

<input type="checkbox"/> Savoir écrire la configuration électronique d'un atome	12	13	[DIFF]	23	28
<input type="checkbox"/> Connaître le lien entre la position d'un atome dans la classification périodique et sa configuration électronique			18	[DIFF]	26
<input type="checkbox"/> Savoir déterminer les électrons de valence d'un atome		14		23	
<input type="checkbox"/> Savoir identifier les éléments appartenant à une famille chimique		15			28

Pour s'échauffer

5 Écrire une configuration électronique (1)

L'atome de sodium possède 11 électrons.

- Écrire sa configuration électronique.

6 Écrire une configuration électronique (2)

L'atome d'hélium a pour notation symbolique : ${}^2\text{He}$.

- Écrire sa configuration électronique.

7 Écrire une configuration électronique (3)

L'atome d'argon appartient à la 18^e colonne de la 3^e période.

- Écrire sa configuration électronique.

8 Placer un atome dans la classification

Un atome a pour configuration électronique : $1s^2 2s^2 2p^4$.

- Quelle est sa position dans la classification périodique ?

9 Compter les électrons de valence (1)

Un atome a pour configuration électronique : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.

- Combien d'électrons a-t-il sur sa couche externe ?

10 Compter les électrons de valence (2)

L'atome de bore appartient à la 13^e colonne de la 2^e période.

- Combien d'électrons a-t-il sur sa couche externe ?

11 Famille chimique

L'atome de phosphore appartient à la famille de l'azote qui a pour configuration électronique : $1s^2 2s^2 2p^3$. Il est situé dans la période suivante.

- Quelle est sa configuration électronique ?

Pour commencer

Configuration électronique

12 Écrire la configuration électronique d'un atome

- ✓ MOD : Connaître et déterminer la structure du nuage électronique

Le fluor est un élément chimique dont un des isotopes est caractérisé par les nombres $A = 19$ et $Z = 9$.

1. Donner la composition de cet atome.
2. Écrire la configuration électronique de l'atome de fluor.
3. L'ion fluorure est obtenu à partir de l'atome de fluor lorsque celui-ci gagne un électron. Écrire la configuration électronique de l'ion fluorure.

13 Écrire la configuration électronique d'un ion monoatomique

- ✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Le chlorure de sodium est composé des ions Cl^- et Na^+ .

1. a. L'ion chlorure a-t-il gagné ou perdu un électron par rapport à l'atome de chlore ?
- b. L'ion chlorure est-il un cation ou un anion ?
- c. Déterminer la composition de l'ion chlorure.

2. Reprendre les questions précédentes pour l'ion sodium.

Données pour les exercices 13 et 14

- Notation symbolique du noyau de sodium : ${}^{23}_{11}\text{Na}$;
- Notation symbolique du noyau de chlore : ${}^{35}_{17}\text{Cl}$.

14 Associer une configuration électronique à un atome ou à un ion

- ✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

1. Associer une configuration électronique à chaque atome ou ion ci-dessous.

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 1. ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ | a. $1s^2 2s^1$ |
| 2. ${}^{23}_{11}\text{Na}^+$ | b. $1s^2 2s^2 2p^6$ |
| 3. ${}^6_3\text{Li}$ | c. $1s^2 2s^2 2p^2$ |
| 4. ${}^{12}_6\text{C}$ | d. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ |

2. Combien d'électrons ces éléments possèdent-ils sur leur couche externe ?

Numérique 

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P98

Classification périodique

15 Retrouver des éléments

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure de l'atome

- Le carbone est un élément essentiel à la vie telle que nous la connaissons.
 - Quel est son numéro atomique ?
 - Dans quelle période et quelle colonne se trouve-t-il ?
- L'oxygène possède deux protons et deux neutrons de plus dans son noyau. Quelle est sa position ?
- Le plomb appartient à la famille du carbone. Dans quelle colonne de la classification se trouve-t-il ?
- Quel est l'élément de la famille des gaz rares qui appartient à la 4^e période ?

Configuration électronique et classification périodique

16 Écrire une structure électronique à partir de la position dans la classification

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure du nuage électronique

L'atome de calcium appartient à la 2^e colonne de la classification. C'est un élément de la 4^e période.

- Écrire sa configuration électronique.

17 Situer des éléments dans la classification

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure du nuage électronique

Les configurations électroniques de plusieurs atomes ont été mélangées.

a. $1s^2$	f. $1s^2 2s^2 2p^2$
b. $1s^2 2s^2 2p^1$	g. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
c. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	h. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
d. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	i. $1s^2 2s^2 2p^5$
e. $1s^2 2s^1$	j. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

- Quelles sont les configurations électroniques d'atomes appartenant à la même période ?
- Quelles sont les configurations électroniques d'atomes appartenant à une même famille ? Nommer chaque famille.

18 Un ion inconnu

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure du nuage électronique

L'ion X^{2-} a pour configuration électronique $1s^2 2s^2 2p^6$.

- Combien d'électrons possède-t-il ?
- Combien d'électrons possède l'atome correspondant ?
- En déduire le nom et le symbole de cet ion à l'aide de la classification périodique.

Une notion, trois exercices

- Savoir-faire : Savoir écrire la configuration électronique d'un atome
- Savoir-faire : Connaître le lien entre la configuration électronique d'un atome et sa position dans la classification périodique

19 Les diamants

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure de l'atome

Le carbone $^{12}_6\text{C}$ est le composé principal du diamant.

- Déterminer la composition d'un noyau de carbone.
- Combien d'électrons possède un atome de carbone ?
- Écrire la configuration électronique d'un atome de carbone.
- En déduire la position du carbone dans la classification périodique.

21 Les saphirs

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure de l'atome

Les saphirs sont des pierres bleues qui contiennent des ions aluminium. L'isotope le plus abondant de l'aluminium est $^{27}_{13}\text{Al}$.

- Sans utiliser la classification périodique, déterminer la position de l'aluminium.

20 Les émeraudes

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure de l'atome

Un des éléments qui composent les émeraudes est le béryllium ^9_4Be .

- Écrire la configuration électronique d'un atome de béryllium.
- En déduire la position du béryllium dans la classification périodique.

Émeraude sur gangue.



Saphir taillé.

DIFFÉRENCIATION

Craquer une allumette

Énoncé

L'origine des allumettes

Les premières allumettes, en pin enduit de soufre, s'enflamment uniquement au contact d'une braise ou d'une flamme.

En 1855, le Suédois John Edvard Lundstrom utilise du phosphore sur un frottoir et du chlorate de potassium au bout de la tige. Par le frottement, les éléments chimiques se combinent et s'enflamment. L'allumette de sûreté ou allumette suédoise est née.

D'après « Allumette », futura-sciences.com.

Un atome de phosphore a pour symbole ${}_{15}^{31}\text{P}$.

1. Quelle est la composition de cet atome de phosphore ?
2. Écrire la configuration électronique de l'atome de phosphore. Le chlorate de potassium est un composé ionique de formule KClO_3 .
3. Écrire la configuration électronique d'un ion potassium K^+ .
4. Justifier la position de l'élément potassium dans la classification périodique sachant qu'il appartient à la famille des alcalins et à la 4^e période.

Solution rédigée

1. D'après la notation symbolique de son noyau, $Z = 15$ donc il est composé de 15 protons.
 $N = A - Z = 31 - 15 = 16$. Il est donc composé de 16 neutrons.
 Un atome est électriquement neutre donc un atome de phosphore possède 15 électrons.
2. La configuration électronique d'un atome de phosphore est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.
3. Un atome de potassium possède 19 électrons. L'ion de potassium possède une charge positive car il a perdu un électron par rapport à l'atome potassium. Il possède alors 18 électrons, donc sa configuration électronique est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.
4. La configuration électronique de l'atome de potassium est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$. Sa couche externe est la couche $n = 4$, il appartient donc à la 4^e période. Il possède un électron externe, il se trouve donc dans la 1^{re} colonne, celle des alcalins.



Friction d'une allumette.

DONNÉES

• Isotopes du potassium : ${}_{19}^{39}\text{K}$ et ${}_{19}^{41}\text{K}$.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Donner le nombre de neutrons, protons et électrons présents dans l'atome.
2. Répartir les électrons sur les différentes couches électroniques.
3. Déterminer le nombre d'électrons de l'ion et les placer dans les sous-couches.
4. Utiliser la composition de la couche externe pour faire le lien avec la position dans la classification.

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Utiliser les informations données par la notation symbolique ${}^A_Z\text{X}$. Un atome possède le même nombre d'électrons que de protons pour être neutre.
2. Les sous-couches s contiennent deux électrons au maximum et les sous-couches p en contiennent six au maximum.
3. Un ion positif (un cation) est un atome qui a perdu un ou plusieurs électron(s).
4. Relier la configuration électronique avec la position de l'élément dans la classification.

22 Mise en application

Le soufre est un solide jaune de symbole ${}_{16}^{32}\text{S}$ que l'on peut trouver à proximité des cratères volcaniques.

1. Déterminer la composition d'un atome de soufre. En déduire sa configuration électronique.
2. Quelle est la configuration électronique de l'ion sulfure de symbole S^{2-} ?
3. Justifier que le soufre appartient à la 3^e période et à la 6^e colonne de la classification périodique.

Pour s'entraîner

23 Gaz nobles

- ✓ ANA : Faire le lien entre le modèle microscopique et des observations macroscopiques

Les gaz nobles réagissent peu avec les autres éléments chimiques. Ces éléments ont de nombreuses utilisations.

- Écrire les configurations électroniques des atomes d'hélium, de néon et d'argon.
- Combien d'électrons ont-ils sur leur couche externe ?
- Identifier la propriété commune à ces trois gaz.

Lampes à décharges remplies du gaz noble



Données

He 2 hélium	Ne 10 néon	Ar 18 argon	Kr 36 krypton	Xe 54 xénon	Rn 86 radon
--------------------------	-------------------------	--------------------------	----------------------------	--------------------------	--------------------------

24 Tester des points clés en QCM

- ✓ MOD : Déterminer la structure du nuage électronique

L'acide phosphorique de formule H_3PO_4 est un régulateur de pH présent dans les sodas.

- Quelle est la structure électronique du phosphore ${}^{31}_{15}\text{P}$?
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$.
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$.
- Quelle est la position de l'élément phosphore dans la classification ?
 - 16^e colonne de la 3^e période.
 - 15^e colonne de la 3^e période.
 - 13^e colonne de la 4^e période.
 - Aucune de ces propositions.
- L'atome de phosphore gagne trois électrons pour former un anion. Quelle est la formule de cet ion ?
 - P^{3-} .
 - P^{3+} .
- Quelle est la structure électronique du gaz noble le plus proche ?
 - $1s^2 2s^2 2p^6$.
 - $1s^2$.
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

25 Oh la belle rouge !

- ✓ MOD : Déterminer la structure du nuage électronique

La couleur des feux d'artifice dépend des éléments chimiques présents dans la bombe.

- Quels sont les atomes qui ont été utilisés pour le feu d'artifice de l'image ci-contre ?
- Écrire leur configuration électronique.



Couleur et composition des feux d'artifice

Couleur	Élément	Isotopes stables (non radioactifs)
Blanc	Magnésium	${}^{24}_{12}\text{Mg}$ ${}^{26}_{12}\text{Mg}$ ${}^{25}_{12}\text{Mg}$
Violet	Potassium	${}^{39}_{19}\text{K}$ ${}^{41}_{19}\text{K}$
Jaune	Sodium	${}^{23}_{11}\text{Na}$
Rouge	Lithium	${}^6_3\text{Li}$ ${}^7_3\text{Li}$

Comprendre les attendus

26 Composition chimique de la Terre

- ✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

La Terre est principalement composée de fer (32,1 %), d'oxygène (30,1 %), de silicium (15,1 %) et de magnésium (13,9 %). Si on regarde la composition de la croûte terrestre, le deuxième composant après la silice est l'alumine : Al_2O_3 . L'alumine est un solide ionique composé d'ions aluminium ${}_{13}\text{Al}^{3+}$ et d'ions oxyde ${}_{8}\text{O}^{2-}$.

- Parmi ces deux ions lequel est un cation ? Justifier.
- Écrire la configuration électronique des atomes d'aluminium et oxygène.
- L'aluminium et l'oxygène appartiennent-ils à la même famille chimique ? Justifier.
- À quelles périodes appartiennent-ils ?

Détails du barème

TOTAL/4 pts

- | | |
|---|------------------|
| 1. Connaître la définition du mot cation. | 0,5 pt |
| 2. Écrire une configuration électronique.
Expliquer la réponse. | 1 pt
0,5 pt |
| 3. Connaître les critères de classification.
Connaître la définition d'une famille chimique. | 0,5 pt
0,5 pt |
| 4. Connaître le lien entre configuration électronique et position dans la classification. | 1 pt |

27 In English !

✓ APP : Extraire des informations de documents

Lire les documents puis répondre aux questions.

Doc. 1 Alkali metals

The alkali metals are a group of elements in the periodic table. They are all in the first column of the periodic table. The only element in the column that is not usually considered an alkali metal is hydrogen. [...]

D'après « Alkali metals », www.ducksters.com.

Doc. 2 Alkali metals properties

Alkali metals share many similar properties including :

- they are very reactive ;
- they all have one valence electron in the outermost shell which they seek to lose in order to have a full outer shell. This is what makes them so reactive ;
- they are soft enough to be cut with a knife ;
- when exposed to air, they tarnish due to oxidation ;
- they are not found in nature as a free element, but generally as salts ;
- they react when coming into contact with water. Some of them will even explode when they come into contact with water ;
- they are malleable, ductile, and good conductors of electricity and heat.

D'après « Alkali metals », www.ducksters.com.

1. De quelle famille s'agit-il ?

2. Quelle indication dans les documents nous indique la colonne concernée ?

3. Quels sont les éléments qui appartiennent à cette famille ?

4. Pourrait-on supposer qu'ils appartiennent à la même famille uniquement à partir des données expérimentales ? Justifier.

5. Quelle précaution doit-on prendre pour les stocker ? Justifier.



VOCABULAIRE : • Seek : chercher. • Outer : extérieur.
• Tarnish : ternir, noircir.

28 Des exceptions qui confirment la règle

✓ APP : Extraire des informations utiles de supports variés

La règle de Klechkowski donne l'ordre de remplissage des sous-couches électroniques.

Doc. 1 Règle de Klechkowski

1s
~~2s 2p~~
~~3s 3p 3d~~
~~4s 4p 4d 4f~~
~~5s 5p 5d 5f ...~~
~~6s 6p 6d~~

Doc. 2 Configurations électroniques de quelques exceptions

- ${}_{24}\text{Cr} : \dots 3d^5 4s^1$; - ${}_{29}\text{Cu} : \dots 3d^{10} 4s^1$;
- ${}_{41}\text{Nb} : \dots 4d^4 5s^1$; - ${}_{42}\text{Mo} : \dots 4d^5 5s^1$.

Doc. 3 Des cas exceptionnels ?

Il existe des exceptions à la règle de Klechkowski, certains éléments ne respectent pas cet ordre. On observe alors un transfert entre leur sous-couche s au profit de leur sous-couche d ce qui permet à cette dernière d'être remplie (dix électrons) ou demi-remplie (cinq électrons). L'énergie globale du cortège électronique est ainsi plus faible.

D'après « Exception à la règle de Klechkowski », elementschimiques.fr.

1. Doc. 1 Écrire la configuration électronique théorique des atomes de chrome ${}_{24}\text{Cr}$ et de cuivre ${}_{29}\text{Cu}$.

2. Doc. 2 Quelle est leur configuration électronique réelle ?

3. Doc. 3 Pourquoi ce changement ?

4. L'argent et l'or appartiennent à la famille du cuivre. Ils sont respectivement dans la période 5 et 6. Quelle sera la composition de leur sous-couche externe ?

Doc. 4 Exemple de pépite de cuivre et d'argent



29 Copie d'élève à commenter

• Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

1. La configuration électronique de l'atome sodium est ${}_{11}\text{Na} : 1s^2 2s^6 2p^2 3s^1$.

2. Le sodium appartient à la 3^e colonne et à la 1^{re} période car il a 1 électron sur sa couche externe.

3. Dans une même famille chimique, les éléments ont la même couche externe.

4. Le lithium a pour configuration électronique $1s^2 2s^1$; c'est donc un gaz noble puisque sa couche interne contient 2 électrons.

5. Si la configuration électronique de l'atome de bore est $1s^2 2s^2 2p^1$ et celle du lithium est $1s^2 2s^1$ alors ils sont de la même famille puisqu'ils ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe.

Pour aller plus loin

30 Le génie de Mendeleïev

✓ APP : Extraire l'information utile

Doc. 1 Classification de Dmitri Mendeleïev (1869)

		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4.
		Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.
		Ni = 59	Pd = 106,4	O = 199.
		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.
H = 1				
Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137
		? = 45	Ce = 92	Pb = 207.
		? Er = 56	La = 94	
		? Yt = 60	Di = 95	
		? In = 75,6	Th = 118?	

Doc. 2 Les règles de classification suivies par Mendeleïev

Les éléments sont classés par masse atomique croissante.

Sur une même ligne du tableau se trouvent des éléments qui ont des propriétés chimiques similaires.

En 1869, Dmitri Mendeleïev publie une classification des éléments chimiques (voir doc. 1).

1. Quelles sont les masses atomiques des quatre éléments prédits par Mendeleïev ?
2. À quels éléments de la classification actuelle correspondent-ils ?
3. Les éléments encadrés avaient été nommés eka-aluminium et eka-silicium. Justifier ces dénominations.

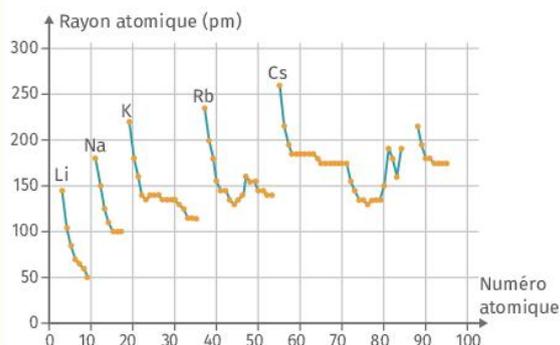
31 Périodicité d'une propriété : le rayon atomique

✓ APP : Extraire des informations de graphiques

Le rayon atomique représente la distance entre le centre de l'atome et les électrons situés sur la couche externe de l'atome. On a représenté l'évolution du rayon atomique des atomes en fonction de leur numéro atomique dans le document ci-après.

1. Comment évolue le rayon des atomes le long d'une période ?
2. Comment évolue le noyau des éléments chimiques le long d'une période ? Justifier alors l'évolution du rayon des atomes.
3. Comment évolue le rayon des atomes au sein d'une famille chimique ? Pourquoi ?

Classification de Dmitri Mendeleïev (1869)



32 ESPRIT CRITIQUE

Microscopie à effet tunnel

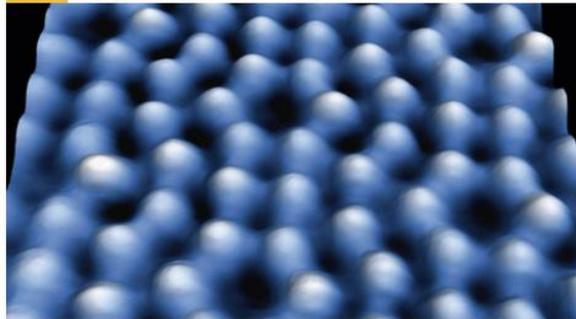
✓ REA : Réaliser une mesure

✓ MATH : Réaliser un calcul numérique

Un atome est composé d'un noyau chargé positivement autour duquel gravitent des électrons. Pourtant, quand on essaie de visualiser un atome, on ne voit que des boules qui paraissent homogènes. Comment expliquer ce que l'on voit ?

1. À partir de la longueur des liaisons entre deux atomes de silicium, déterminer la taille de chaque boule.
2. Comparer ce résultat au rayon d'un atome de silicium 28.
3. En déduire la raison pour laquelle les électrons n'apparaissent pas en microscopie à effet tunnel.

Doc. 1 Puce en silicium



Doc. 2 Précision d'un microscope à effet tunnel

La précision d'un microscope à effet tunnel dépend fortement de la pointe utilisée pour scanner la matière. On peut obtenir une précision de l'ordre de l'angström (10^{-10} m).

Données

- Longueur de la liaison Si-Si : 233×10^{-12} m ;
- Rayon du noyau d'un atome de silicium 28 : $r_{\text{noyau}} = 4,7 \times 10^{-15}$ m ;
- Rayon d'un atome de silicium : $r_{\text{silicium}} = 1,1 \times 10^{-10}$ m.

33 Qui suis-je ?

✓ APP : Réaliser un brouillon

Répondre uniquement à l'aide des données ci-contre.

- J'appartiens à la famille du lithium ${}_{3}\text{Li}$ et à la période du brome ${}_{35}\text{Br}$. Quel est mon numéro atomique ?

Données

• Règle de Klechkowski : $1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d \rightarrow 4p \rightarrow 5s \rightarrow 4d \rightarrow 5p \rightarrow 6s \rightarrow 5d \rightarrow \text{etc.}$

34 Expliquons les irrégularités

✓ APP : Extraire des informations des documents

Pour calculer l'énergie d'un électron dans le cortège électronique d'un atome, on utilise le modèle de Slater.

1. La configuration électronique du sodium ${}_{11}\text{Na}$ est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$. Quelle est l'énergie associée à un électron du niveau $2p$?
2. La configuration électronique d'un atome d'argent ${}_{47}\text{Ag}$ est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1 4d^{10}$. Justifier l'irrégularité du remplissage de cette configuration et indiquer en quoi elle est plus probable.

Doc. 1 Principe d'énergie minimale

La structure d'un nuage électronique vient de l'équilibre entre l'attraction du noyau avec les électrons et la répulsion qui s'opère parallèlement entre ces derniers. La configuration la plus stable est celle qui minimise l'énergie des électrons.

Doc. 2 Énergie d'un électron selon Slater

$E = -13,6 \left(\frac{Z^*}{n^*} \right)^2$ L'énergie ainsi calculée sera exprimée en électron-volt (eV). Z^* est la charge effective et n^* est un numéro de couche équivalent.

Doc. 3 Charge effective

Un électron ressent l'attraction des charges positives du noyau. Or, il est aussi repoussé par les charges négatives des autres électrons. On dit que les autres électrons entre lui et le noyau font écran. On nomme charge effective Z^* , la charge totale ressentie par un électron.

Pour la calculer, on peut appliquer la relation de Slater :

$Z^* = Z - C$ avec C la constante d'écran déterminée par la somme de toutes les constantes d'écran associées aux autres électrons.

Couche de l'électron utilisé	Contribution des autres électrons						
	n-2 n-3	Niveau n-1	Autres électrons de niveau n				Niveaux supérieurs
			1s	s et p	d	f	
1s			0,3				
s et p	1	0,85		0,35	0	0	0
d	1	1		1	0,35		
f	1	1		1	1	0,35	

n	1	2	3	4	5	6
n°	1	2	3	3,7	4	4,2

Retour sur la problématique du chapitre

35 La classification périodique, tableau à double entrée ?

✓ APP : Identifier le paramètre de travail

Cette image est le résultat d'une activité de classement d'un élève de maternelle.

1. En quoi cette image pourrait-elle être une bonne illustration de ce qu'est la classification périodique ?
2. Quels sont ses défauts ?



Un modèle millénaire

A Premières représentations

Démocrite (~460-370 av. J.-C.) est un philosophe grec qui propose une représentation du monde dans laquelle la matière est faite de très petites particules qu'il nomme atomes. Cette théorie philosophique sera oubliée au profit de la théorie des quatre éléments durant deux millénaires.

John Dalton (1766-1844), après dix ans passés à étudier les gaz, publie ses conclusions en 1808 : selon lui, il ne fait pas de doute que la matière est constituée d'atomes, pour lesquels il propose une première classification.

Dalton



- ⊙ Hydrogène
- ⊖ Nitrogène ⊕ Soufre
- Carbone ⊕ Phosphore
- Oxygène ⊕ Alumine

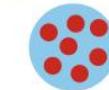
B Découvertes des particules composant l'atome

Joseph J. Thomson (1856-1940) montre l'existence de particules négatives (les électrons) dans l'atome, grâce à l'étude des rayons cathodiques. Il propose une nouvelle représentation de l'atome, le *plum-pudding* (gâteau aux prunes).

Ernest Rutherford (1871-1937), à travers une célèbre expérience, découvre que l'atome contient un noyau très dense et très petit. Il propose un modèle planétaire dans lequel les électrons orbitent autour du noyau, incompatible cependant avec les lois de l'électromagnétique.

Niels Bohr (1885-1962) améliore le modèle de Rutherford en proposant que les électrons ne puissent occuper que des orbites précises, obéissant à des lois spécifiques de remplissage. Son modèle rencontre un grand succès car il permet d'expliquer plusieurs observations expérimentales.

Thomson

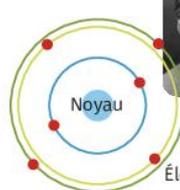


- matière chargée positivement
- matière chargée négativement

Rutherford



Bohr



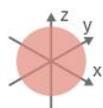
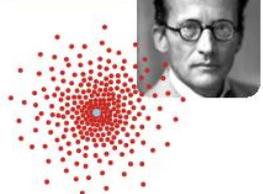
Électron

C Questionnement autour de la place des électrons

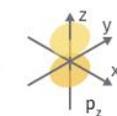
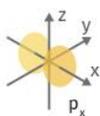
La physique des années 1920 est révolutionnaire. On découvre que la matière a une double nature : elle se comporte soit comme une onde, soit comme une particule, suivant le contexte expérimental ! C'est en particulier le cas des électrons, qui se comportent comme des ondes dans un atome.

Erwin Schrödinger (1887-1961) contribuera à de grandes avancées dans le domaine de l'atomistique. Il montre qu'au sein d'un atome, l'idée de trajectoire de l'électron n'a pas de sens. Dans son modèle, les orbitales atomiques (voir ci-dessous) sont donc des zones où la probabilité de présence des électrons est grande, sans que l'on puisse définir précisément leur trajectoire. Ce modèle, actuellement utilisé, permet de comprendre la nature des liaisons moléculaires et d'en expliquer la géométrie.

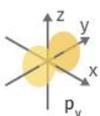
Schrödinger



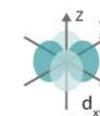
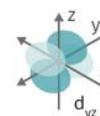
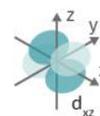
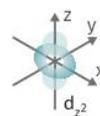
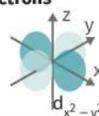
orbitales « s »



orbitales « p »



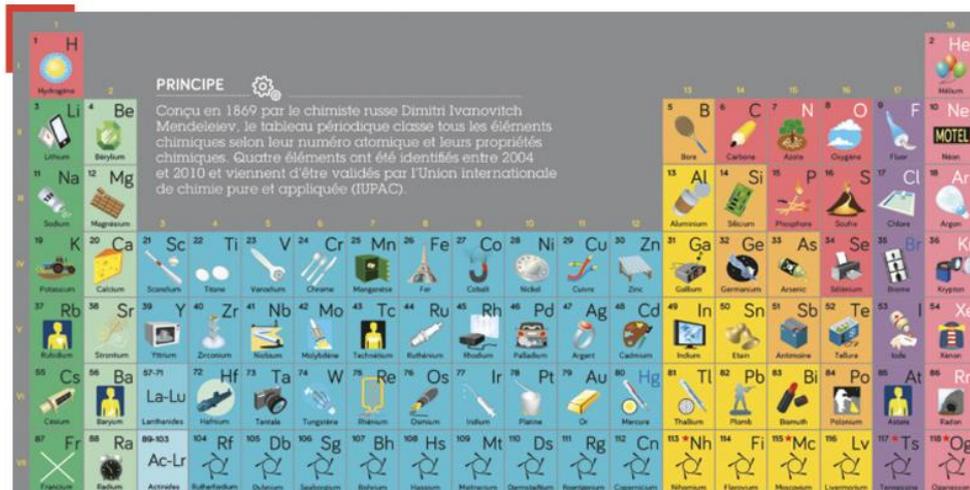
Électrons



orbitales « d »

Stabilité des entités chimiques

ESPRIT CRITIQUE



La classification périodique est un des outils les plus connus de la physique-chimie.

➤ Cette classification a-t-elle comme seul intérêt de ranger les différents éléments ou traduit-elle certaines propriétés chimiques des éléments en question ?

➔ voir les activités 1 et 2, p. 108-109

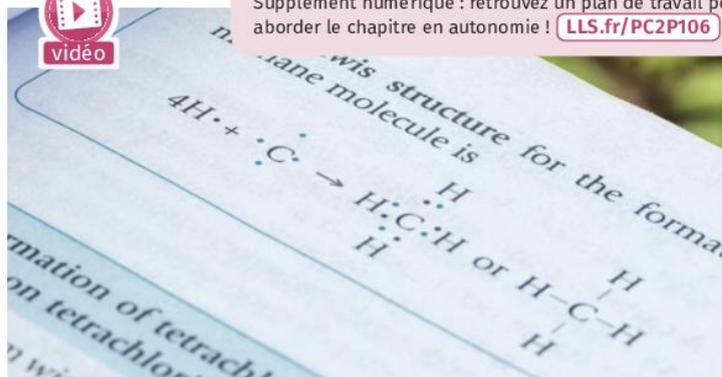


Travailler

autrement

Numérique

Supplément numérique : retrouvez un plan de travail pour aborder le chapitre en autonomie ! [LLS.fr/PC2P106](https://lls.fr/PC2P106)

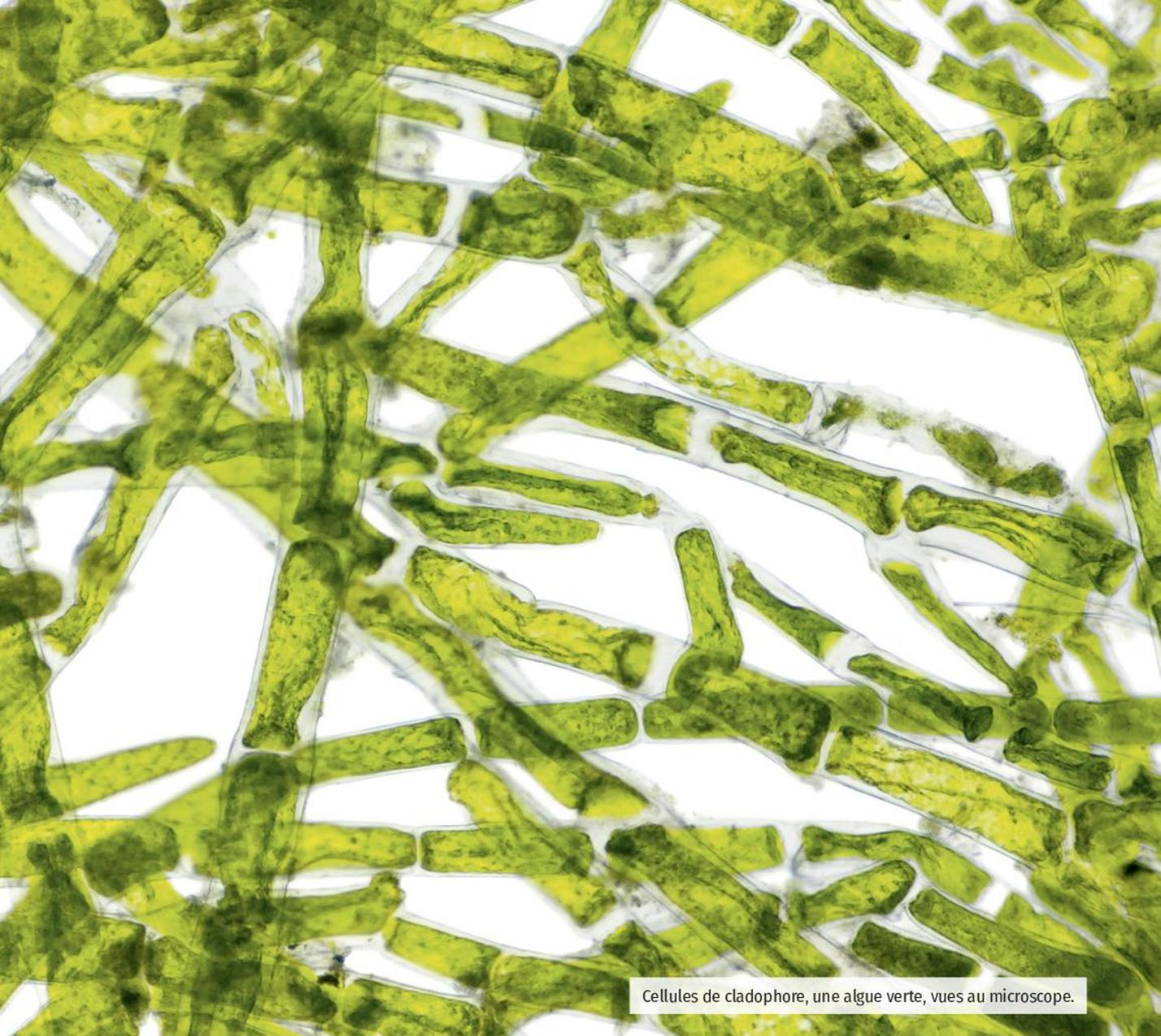


CLASSE
ÉSSAIVS

Connectez-vous sur le livrescolaire.fr pour visionner des capsules vidéos et découvrir les règles régissant la formation des molécules.

[LLS.fr/PC2P106](https://lls.fr/PC2P106)

Voir p. 121



Cellules de cladophore, une algue verte, vues au microscope.

La chlorophylle est la molécule responsable de la couleur des végétaux.

→ **L'étude des liaisons entre les atomes qui composent la chlorophylle peut-elle contribuer à expliquer sa couleur ?**

→ voir l'exercice 27, p. 120

À maîtriser pour commencer

- › Configuration électronique (1s, 2s, 2p, 3s, 3p) d'un atome à l'état fondamental
- › Connaître la notion d'électrons de valence

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P107

Objectifs du chapitre

- ▣ Établir le lien entre stabilité chimique et configuration électronique de valence d'un gaz noble
- ▣ Déterminer la charge électrique d'ions monoatomiques à partir du tableau périodique
- ▣ Décrire et exploiter le schéma de Lewis d'une molécule pour justifier sa stabilité
- ▣ Associer l'énergie d'une liaison entre deux atomes à l'énergie nécessaire pour rompre cette liaison

1 Pourquoi les gaz rares sont-ils devenus nobles ?

Les gaz nobles, autrefois appelés gaz rares, sont les éléments chimiques de la dernière colonne du tableau périodique (groupe 18). Ils sont chimiquement peu réactifs et cette inertie chimique est mise à profit dans de nombreuses applications, en particulier dans le domaine de l'éclairage.

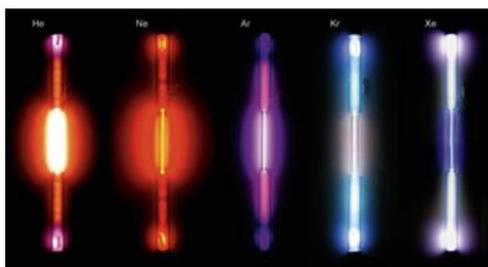
→ Quelle propriété atomistique confère cette inertie chimique aux gaz nobles ?

Par intuition
Pour quelles raisons les gaz rares sont-ils également appelés gaz nobles ou inertes ?

Doc. 1 Présentation des gaz nobles

Il existe à l'état naturel six gaz nobles : l'hélium He, le néon Ne, l'argon Ar, le krypton Kr, le xénon Xe et le radon Ra. Ces gaz ont la particularité d'être très peu réactifs, on dit qu'ils sont stables. On les a longtemps nommés gaz inertes avant que l'on ne découvre quelques composés du xénon et du krypton.

L'argon est le gaz noble le plus présent dans notre atmosphère (0,93 %), c'est le troisième gaz entrant dans la composition de notre atmosphère. Aussi l'appellation de gaz rares autrefois courante est-elle peu appropriée !

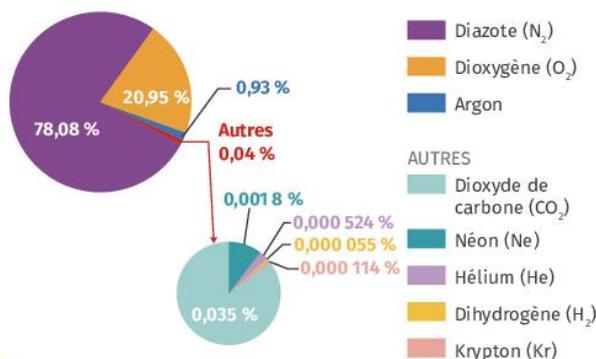


Doc. 2 Les gaz nobles dans le tableau périodique

													18		
													4	He	
													2	Hélium	
													4,0		
11	12	14	15	16	17	18	19	20							
B	C	N	O	F	Ne										
5	6	7	8	9	10										
Bore	Carbone	Azote	Oxygène	Fluor	Néon										
10,8	12,0	14,0	16,0	19,0	20,2										
27	28	31	32	35	40										
Al	Si	P	S	Cl	Ar										
13	14	15	16	17	18										
Aluminium	Silicium	Phosphore	Soufre	Chlore	Argon										
27,0	28,1	31,0	32,1	35,5	40,0										
69	74	75	80	79	84										
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr										
31	32	33	34	35	36										
Gallium	Germanium	Arsenic	Sélénium	Brome	Krypton										
69,7	72,6	74,9	79,0	79,9	83,8										

▶ Colonnes 13 à 18 du tableau périodique des éléments.

Doc. 3 Répartition des gaz dans l'atmosphère



Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour visiter l'Atome Hôtel ! La chambre de l'hélium est particulièrement froide, retrouvez plus d'informations sur LLS.fr/PC2Helium.

Compétence

✓ ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

Synthèse de l'activité

1. Doc. 1 et 2 Indiquer les numéros atomiques des trois premiers gaz nobles.
2. Doc. 2 Établir et comparer la structure électronique des trois gaz nobles ci-dessus.
3. Doc. 1, 2 et 3 Expliquer les raisons pour lesquelles les appellations de gaz inerte et gaz rare ont été progressivement abandonnées au profit de gaz noble.

Quelle particularité électronique des gaz nobles pourrait expliquer leur très faible réactivité chimique ?

2 Déterminer la charge des ions monoatomiques

Certains ions sont positifs, comme l'ion calcium Ca^{2+} , l'ion sodium Na^+ , alors que d'autres sont négatifs, comme l'ion chlorure Cl^- . Certains portent une charge positive, d'autres deux. Mais d'autres encore portent une ou deux charges négatives, voire plus !

→ Comment expliquer la charge portée par ces ions monoatomiques ?

Par intuition

Pourquoi certains ions sont-ils positifs alors que d'autres sont négatifs ?

Doc. 1 Trois éléments chimiques et leurs ions monoatomiques

Ce tableau permet de déterminer les ions monoatomiques issus de trois atomes différents.

Élément chimique	Li	F	Al
Z	3	9	13
Structure électronique de l'atome	$1s^2 2s^1$		
Formule de l'ion monoatomique stable			Al^{3+}
Structure électronique de l'ion monoatomique stable	$1s^2$		
Ion isoélectronique du gaz noble		Ne	

Doc. 3 Les ions monoatomiques à connaître !

Expérimentalement, on peut mettre en évidence dans des solutions ioniques de nombreux ions comme :

- l'ion hydrogène H^+ , l'ion sodium Na^+ , l'ion potassium K^+ , l'ion calcium Ca^{2+} , l'ion magnésium Mg^{2+} ;
- mais aussi l'ion fluorure F^- et l'ion chlorure Cl^- .

Vocabulaire

- **Isoélectronique** : deux espèces chimiques sont isoélectroniques si elles possèdent le même nombre d'électrons.

Compétence

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure du nuage électronique

Doc. 2 Le tableau périodique réduit

1										18							
1 H Hydrogène 1,0											2 He Hélium 4,0						
3 Li Lithium 7,0	4 Be Béryllium 9,0	11 B Bore 10,8	12 C Carbone 12,0	14 N Azote 14,0	15 O Oxygène 16,0	16 F Fluor 19,0	17 Ne Néon 20,2					20 Ar Argon 40,0					
11 Na Sodium 23,0	12 Mg Magnésium 24,3	13 Al Aluminium 27,0	14 Si Silicium 28,1	15 P Phosphore 31,0	16 S Soufre 32,1	17 Cl Chlore 35,5	18 Ar Argon 40,0					36 Kr Krypton 83,8					
19 K Potassium 39	20 Ca Calcium 40,1	21 Ga Gallium 69,7	22 Ge Germanium 72,6	23 As Arsenic 74,9	24 Se Sélénium 79,0	25 Br Brome 79,9	26 Kr Krypton 83,8					36 Kr Krypton 83,8					

Dans le tableau périodique, les lignes portent le nom de période et les colonnes le nom de groupe.

Comme les groupes 3 à 12 n'apparaissent qu'à la 4^e période, on peut utiliser une représentation condensée du tableau pour étudier les trois premières périodes.

Numérique

Continuez la visite de l'Atome Hôtel avec la chambre assez précieuse du béryllium. [LLS.fr/PC2beryllium](https://lls.fr/PC2beryllium)

1. **Doc. 1** Compléter la ligne 3 du tableau pour les trois atomes.

2. **Doc. 1 et 2** Pour l'atome de lithium Li, déduire la formule de l'ion formé de la structure électronique de l'ion proposé (**doc. 1** ligne 5). Retrouver avec le **doc. 2** le gaz noble dont cet ion est isoélectronique et compléter la ligne 6 du tableau du **doc. 1**.

3. **Doc. 1** Compléter l'ensemble du tableau en justifiant les réponses.

4. **Doc. 1 et 3** Justifier les formules des ions monoatomiques du **doc. 3** en reprenant la méthodologie proposée dans le tableau du **doc. 1**.

Synthèse de l'activité

Proposer l'énoncé d'une règle qui permettrait de déduire simplement la structure électronique des ions monoatomiques.

3 Le modèle de Lewis pour ausculter les molécules

La connaissance de la formule brute d'une molécule ne donne aucun renseignement sur la façon dont sont agencés les atomes. Pourtant cette répartition s'avère précieuse pour comprendre les propriétés physiques et chimiques des molécules.

→ **Comment connaître l'agencement des atomes dans une molécule ? Les atomes y respectent-ils des règles particulières ?**

Par intuition

Pourquoi certaines molécules se forment-elles simplement alors que d'autres ne peuvent pas exister ?

Doc. 1 Gilbert Lewis

Gilbert Lewis (1875-1946) est chimiste et théoricien, il est l'auteur d'un modèle de représentation des molécules, nommé modèle de Lewis : ce modèle permet de représenter les atomes et d'établir les structures des molécules à partir de règles simples.

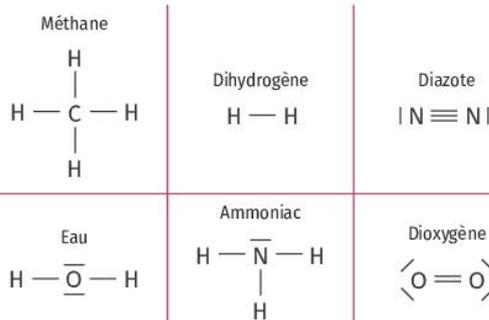


Il propose en particulier la notion de liaison covalente avec la mise en commun de deux électrons pour lier les atomes entre eux.

Ces structures de Lewis, désormais couramment utilisées, ont été très vivement critiquées à leur début : en effet, comment deux électrons de charges négatives pourraient-ils s'apparier pour créer une liaison ?

Lewis a été nommé 41 fois pour le prix Nobel de chimie mais ne l'a jamais obtenu.

Doc. 2 Schémas de Lewis de molécules communes



Doc. 3 Liaison covalente et doublets non liants

Dans les molécules, les atomes mettent en commun des électrons afin de gagner en stabilité.

On représente une liaison covalente par un tiret entre les deux atomes concernés : $\text{A} - \text{B}$.

Les électrons de valence d'un atome qui ne participent pas aux liaisons covalentes sont répartis en doublets d'électrons appelés doublets non liants. Voici leur représentation :



Numérique

Visitez le site *The Nobel Prize* et retrouvez les 41 nominations de Lewis ! [LLS.fr/PC2NobelPrize](https://lls.fr/PC2NobelPrize)

Compétence

✓ MOD : Connaître et déterminer la structure du nuage électronique

Synthèse de l'activité

1. **Doc. 1 et 3** Définir une liaison covalente et préciser sa représentation schématique dans une structure de Lewis.

2. **Doc. 2 et 3** Indiquer les molécules dans lesquelles apparaissent des doublets non liants. Quels atomes en sont porteurs ?

Dans le modèle de Lewis, les deux électrons de la liaison covalente « appartiennent » aux deux atomes de la liaison. Proposer le décompte des électrons des atomes d'hydrogène dans les molécules H_2 , H_2O , NH_3 et CH_4 . Quelle règle pourrait émerger ?

Proposer le décompte des électrons des atomes d'azote, de carbone et d'oxygène dans les molécules H_2O , CH_4 , NH_3 , N_2 et O_2 . Une seconde règle pourrait-elle émerger ?

1 En quête de stabilité

A Les gaz nobles, des espèces chimiques particulièrement stables

➤ Dans la nature, les atomes ont tendance à s'associer pour former des molécules. Seuls les atomes de gaz nobles (He, Ne, Ar, Kr, etc.) présentent une grande inertie chimique : ce sont des gaz monoatomiques dans les conditions ordinaires de température et de pression. Cette particularité est liée à la configuration électronique de la couche externe des atomes correspondants :

- He : $1s^2$;
- Ne : $1s^2 2s^2 2p^6$;
- Ar : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

À l'exception de l'atome d'hélium qui possède deux électrons sur sa couche externe, les autres atomes de gaz nobles ont tous huit électrons sur leur couche externe.

La grande stabilité des gaz nobles est donc liée au nombre particulier d'électrons qu'ils possèdent sur leur couche externe :

- soit deux électrons ou un duet d'électrons pour l'atome He ;
- soit huit électrons ou un octet d'électrons pour les autres atomes (Ne, Ar).

Remarque : Leur couche externe est parfois dite saturée car elle ne peut recevoir plus d'électrons.

B Des règles de stabilité

➤ Dans les entités (ions, molécules) qu'ils forment, les atomes ont tendance à adopter la configuration électronique externe du gaz noble le plus proche.

➤ On peut définir deux règles :

- **la règle du duet :** les atomes dont le numéro atomique est proche de celui de l'hélium $Z = 2$ ont tendance à adopter sa configuration à deux électrons ($1s^2$) ;
- **la règle de l'octet :** les autres atomes ont tendance à adopter la configuration électronique externe de l'atome dit gaz noble le plus proche avec huit électrons ($ns^2 np^6$).

C Et pour les ions monoatomiques ?

➤ Pour un atome donné, certains ions semblent être privilégiés : par exemple Na^+ et non Na^{2+} , Mg^{2+} et non Mg^+ , Cl^- et non Cl^{1-} .

Les règles du duet et de l'octet permettent de justifier l'existence de ces ions.

➔ Doc. 3 activité 2, p. 109
pour retrouver la liste des ions monoatomiques à connaître

Numérique

Retrouvez une vidéo sur les règles de stabilité. [LLS.fr/PC2P111](https://lls.fr/PC2P111)

Extrait de la classification périodique

Doc. 1

18	
4	He
2	Hélium 4,0
20	Ne
10	Néon 20,2
40	Ar
18	Argon 40,0

La colonne 18 correspond à la famille des gaz nobles avec l'hélium He, le néon Ne et l'argon Ar pour les trois premiers gaz.

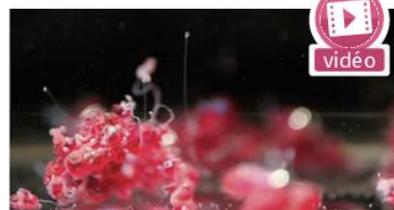
Éviter les erreurs

➔ On parle parfois de gaz rares ou de gaz inertes mais ces appellations ont été remplacées par celle de **gaz nobles**.

Doc. 2 Des jardins chimiques ?

Au début du XX^e siècle, Stéphane Leduc a étudié les combinaisons entre des sels métalliques et des solutions à base de carbonate, de phosphate ou de silicate de sodium.

Il pensait avoir recréé la vie...



Retrouvez une vidéo explicative sur [LLS.fr/PC2JardinChimique](https://lls.fr/PC2JardinChimique)

Vocabulaire

- **Anion :** un ion portant une ou plusieurs charges négatives.
- **Cation :** un ion portant une ou plusieurs charges positives.
- **Ion monoatomique :** un atome ayant perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.

Pas de malentendu

➔ On peut justifier la **charge des ions monoatomiques** avec la règle du duet ou de l'octet en indiquant qu'ils prennent la configuration électronique du gaz noble le plus proche !

Application

Établir la configuration électronique des atomes de Li puis celle de l'ion Li^+ .

Comparer la configuration électronique de l'ion monoatomique établie à celle du gaz noble le plus proche et conclure.

Corrigé :

L'atome de lithium a la configuration électronique suivante : $1s^2 2s^1$. En perdant un électron, cet atome va donner le cation lithium (I) Li^+ de configuration électronique $1s^2$. On dit que Li^+ est **isoélectronique** de He. La règle du duet est vérifiée.

2 Le modèle de Lewis

A Liaison covalente et doublets non liants

➤ Dans les molécules, les atomes mettent en commun des électrons afin de gagner en stabilité.

La **liaison covalente** est une mise en commun de deux électrons de valence entre deux atomes. On représente une liaison covalente par un tiret entre les deux atomes concernés : $\text{A} - \text{B}$.

L'énergie de liaison représente l'énergie requise pour rompre cette liaison.

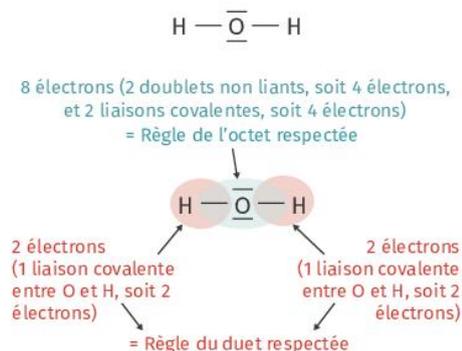
Les électrons de valence d'un atome qui ne participent pas aux liaisons covalentes sont répartis en doublets d'électrons appelés doublets non liants. Chaque **doublet non liant** est représenté par un tiret placé sur l'atome considéré : $\text{A} - \overline{\text{B}}$ Doublet non liant

B Formule de Lewis et stabilité des molécules

➤ En s'associant entre eux pour former des molécules, les atomes vont chercher à acquérir une plus grande stabilité.

Chaque atome respectera donc soit la règle du duet, soit la règle de l'octet. Les formules de Lewis des molécules permettent de vérifier le respect de ces règles en comptabilisant les électrons des liaisons covalentes et des doublets non liants pour chaque atome de la molécule.

Exemple : formule de Lewis de la molécule d'eau.



Doc. 3 Le lithium



Le lithium existe aussi sous forme atomique Li, mais il cède si facilement un électron qu'il réagit violemment avec de nombreux composés, comme l'eau.

Pas de malentendu

➔ Le modèle de Lewis ne s'intéresse qu'aux **électrons de la couche de valence** (ou couche externe). Eux seuls peuvent donner lieu à des liaisons covalentes ou à la présence de doublets non liants.

Numérique

Dans la nature, les atomes ont tendance à s'associer pour former des molécules, des composés ioniques ou bien encore des métaux. Retrouvez le mode d'emploi en quatre étapes pour recréer l'Univers !

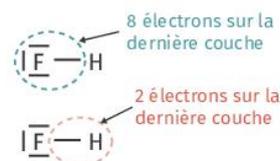
[LLS.fr/PC2Univers](https://lls.fr/PC2Univers)

Vocabulaire

• **Énergie de liaison** : énergie requise pour rompre toutes les liaisons covalentes d'une mole de la molécule considérée. Elle se mesure donc en $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Éviter les erreurs

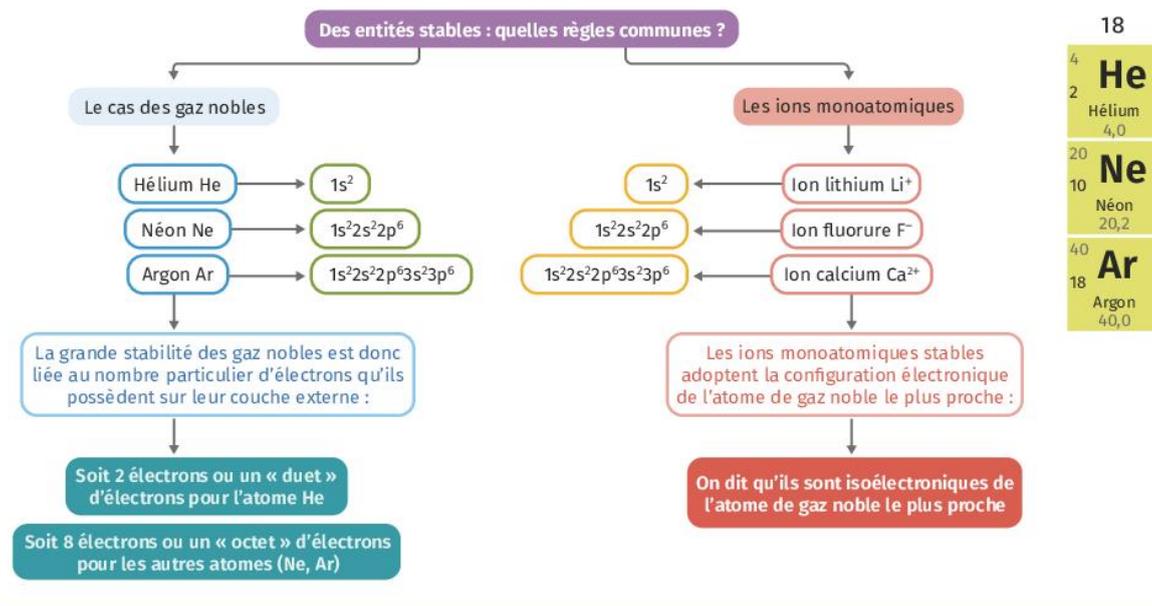
➔ Il faut comptabiliser tous les électrons des liaisons dans lesquelles chaque atome est impliqué :



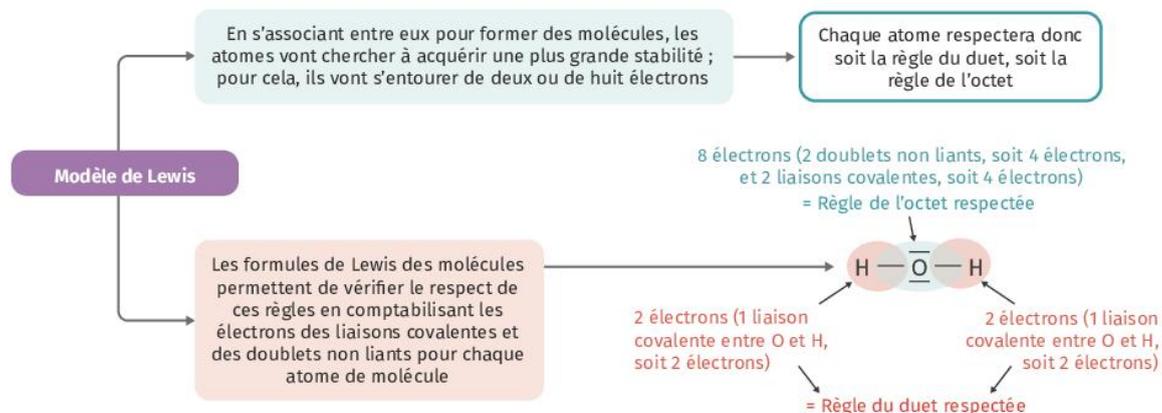
Numérique

Retrouvez une vidéo expliquant la formule de Lewis et les liaisons covalentes. [LLS.fr/PC2Lewis](https://lls.fr/PC2Lewis)

En quête de stabilité



Le modèle de Lewis



Les limites de la modélisation

Le modèle de Lewis permet de :

- rendre compte de la stabilité des espèces chimiques comme les gaz nobles ;
- expliquer et prévoir la stabilité des ions monoatomiques et des atomes au sein des molécules.

Le modèle de Lewis est particulièrement pertinent pour les éléments chimiques dont le numéro atomique est inférieur à 20.

Mais il ne permet pas de :

- connaître la géométrie dans l'espace des molécules, par exemple : pourquoi la molécule d'eau est-elle coudée ?
 - expliquer certaines propriétés chimiques observées, par exemple : le dioxygène est-il paramagnétique ?
- C'est aussi pour cette raison que l'étude en classe de seconde se restreint à ces éléments-là.

1 Stabilité des gaz nobles

	A	B	C
1. L'atome d'hélium :	possède quatre électrons sur sa couche de valence.	a une configuration électronique qui respecte la règle du duet.	possède la même configuration électronique que les autres gaz nobles.
2. L'atome d'argon :	possède 20 électrons.	possède deux électrons sur sa couche de valence.	a une configuration électronique qui respecte la règle de l'octet.
3. La règle de l'octet :	s'applique à tous les atomes de gaz nobles.	est au moins respectée par les atomes O et Ar.	permet de traduire la stabilité de nombreuses espèces chimiques.

2 Les ions monoatomiques

1. Un ion monoatomique :	est positif.	peut porter plusieurs charges électriques élémentaires.	ne porte qu'une charge électrique élémentaire.
2. L'ion calcium :	s'écrit Ca^+ .	respecte la règle de l'octet.	possède la même configuration électronique que Kr.
3. L'ion H^+ :	possède un électron.	respecte la règle du duet.	a perdu son seul électron.

3 Le modèle de Lewis

1. Dans cette structure de Lewis, il y a :	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\overset{\ominus}{\text{O}}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	deux liaisons covalentes simples.	quatre doublets non liants.	huit liaisons covalentes simples.
2. La structure de Lewis de la molécule d'eau est :	$\text{H}-\text{O}-\text{H}$	$\text{H}-\overset{\ominus}{\text{O}}-\text{H}$	$\text{H}-\text{H}-\overset{\ominus}{\text{O}} $	
3. La structure de Lewis de l'éthanol $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ est :	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\overset{\ominus}{\text{O}}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P114

4 Questions Jeopardy

• Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

- a. Les deux atomes qui n'adoptent pas cette règle de stabilité sont l'hélium et l'hydrogène. b. Un atome ayant perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.

Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 343)

- Établir le lien entre stabilité chimique et configuration électronique de valence d'un gaz noble 10

- Déterminer la charge électrique d'ions monoatomiques à partir du tableau périodique 11 13

- Décrire et exploiter le schéma de Lewis d'une molécule pour justifier sa stabilité 14 15 [DIFF]

- Associer l'énergie d'une liaison entre deux atomes à l'énergie nécessaire pour rompre cette liaison 14 24

Pour s'échauffer

5 L'atome d'argon

L'atome d'argon a pour numéro atomique $Z = 18$.

1. Préciser sa configuration électronique.
2. Celle-ci respecte-t-elle la règle de l'octet ?

6 Les gaz nobles

- Justifier la grande stabilité des gaz nobles à partir de considérations électroniques.

7 L'ion sodium

L'atome de sodium a pour numéro atomique $Z = 11$.

- Prévoir la formule chimique de l'ion monoatomique issu de l'atome de sodium.

8 L'ion chlorure

L'atome de chlore a pour numéro atomique $Z = 17$.

1. Prévoir la formule chimique de l'ion monoatomique issu de cet atome.
2. De quel atome cet ion est-il isoélectronique ?

9 La molécule d'ammoniac

La structure de Lewis de la

molécule d'ammoniac est la suivante : $\text{H} - \overset{\text{---}}{\text{N}} - \text{H}$
 $\quad \quad \quad |$
 $\quad \quad \quad \text{H}$

1. Dénombrer les liaisons covalentes.
2. Justifier la stabilité des atomes de cette molécule.

Pour commencer

Stabilité chimique des gaz nobles

10 Le krypton

✓ MOD : Connaître la structure du nuage électronique

1. Donner la structure électronique du néon Ne et celle de l'argon Ar.

On écrit parfois la structure électronique de l'argon sous la forme : $[\text{Ne}] 3s^2 3p^6$.

2. Combien d'électrons l'atome de krypton a-t-il sur sa couche de valence ? Justifier.

Données

• Numéro atomique des éléments :
 Ne ($Z = 10$) ; Ar ($Z = 18$) ; Kr ($Z = 36$).

11 Stabilité du néon et ions monoatomiques

✓ MOD : Connaître la structure du nuage électronique

- Proposer la formule chimique de deux cations et de deux anions de même structure électronique que le néon.



Petites lampes à décharge au gaz néon.

Charge électrique des ions monoatomiques

12 L'ion mystère

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

- Proposer la formule du seul anion monoatomique qui respecte la règle du duet.

13 Stabilité du néon et ions monoatomiques

✓ MOD : Connaître la structure du nuage électronique

Le sel de mer est majoritairement composé de chlorure de sodium (NaCl). Il contient aussi du chlorure de magnésium de formule MgCl_2 .

1. Donner les structures électroniques des atomes Mg et Cl.
2. En déduire les charges des ions magnésium et chlorure.
3. Combien d'électrons ces ions possèdent-ils sur leurs couches externes ?

Données

• Numéro atomique des éléments :
 Mg ($Z = 12$) ; Na ($Z = 11$) ; Cl ($Z = 17$).



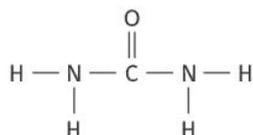
Schéma de Lewis et molécule

14 L'urée, pas seulement un déchet

✓MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie

L'urée est une molécule de formule CH_4ON_2 . Cette molécule est naturellement éliminée par nos urines. C'est la première molécule naturelle à avoir été synthétisée en laboratoire (par Friedrich Wöhler en 1828).

1. Reproduire et compléter le schéma ci-contre pour obtenir la formule de Lewis de l'urée.



2. Si l'on chauffe cette molécule, elle se décompose et forme de l'ammoniac NH_3 . Expliquer pourquoi l'apport de chaleur permet cette décomposition.

CULTURE SCIENTIFIQUE

En appliquant une solution d'urée à un blanc d'œuf dur et en le centrifugeant, des scientifiques ont pu rétablir la protéine appelée lysozyme [lors de la cuisson du blanc d'œuf, la géométrie de la protéine se modifie et elle perd ses propriétés]. [...] Ce procédé pourrait révolutionner la production industrielle de protéines, et baisser les coûts de nombreux traitements, comme des anticancéreux.

Marie-Céline Ray, « Science décalée : des chimistes ont réussi à "décuire" un œuf », *futura-sciences.com*, 1^{er} février 2015.

15 Retrouver la représentation de Lewis d'une molécule

✓MOD : Connaître la structure du nuage électronique

Doc. 1 Fourmi



Doc. 2 Plante d'ortie



L'acide méthanoïque est un liquide incolore à l'odeur pénétrante. Dans la nature, on trouve l'acide méthanoïque dans les glandes de plusieurs insectes comme les abeilles et les fourmis mais aussi sur les poils qui composent les feuilles des orties. Il a pour formule : HCOOH .

1. Choisir la représentation de Lewis correcte pour l'acide méthanoïque :

Proposition 1	Proposition 2	Proposition 3

L'acide éthanoïque se trouve dans le vinaigre. Il a pour formule : CH_3COOH .

2. Dédire de la question précédente la représentation de Lewis de l'acide éthanoïque.

Une notion, trois exercices

- Savoir-faire : Décrire et exploiter le schéma de Lewis d'une molécule

16 Stabilité des atomes dans l'aspirine

✓MOD : Connaître la structure du nuage électronique

La molécule d'aspirine contient des atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

- Donner la structure électronique de ces trois atomes.
- En déduire le nombre d'électrons nécessaire à chaque atome pour respecter la règle du duet ou de l'octet.
- Sachant que l'atome d'oxygène possède deux doublets non liants, proposer la structure de Lewis de la molécule d'aspirine en s'aidant de son modèle moléculaire ci-contre.

17 Modèle moléculaire et formule de Lewis de l'aspirine

✓APP : Extraire l'information utile de supports variés

- À l'aide du modèle moléculaire donné ci-après, proposer la structure de Lewis de l'aspirine.
- Les atomes respectent-ils les règles du duet ou de l'octet au sein de cette molécule ?

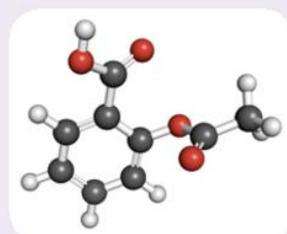
Données

• Numéro atomique des éléments chimiques :

H ($Z = 1$);

O ($Z = 8$);

C ($Z = 6$).

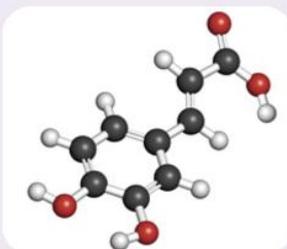


Modèle moléculaire de l'aspirine

18 Un isomère de l'aspirine : l'acide caféïque

✓APP : Extraire l'information utile de supports variés

- Montrer que l'acide caféïque représenté ci-contre est un isomère de l'aspirine (même formule brute) et proposer sa structure de Lewis.



Modèle moléculaire de l'acide caféïque

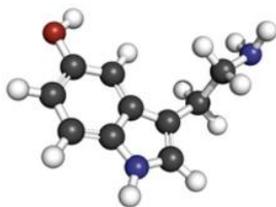
- ✓ APP : Extraire l'information utile de supports variés
- ✓ MOD : Connaître la structure du nuage électronique

Un avant-goût de chimie organique

Énoncé

La sérotonine est notamment impliquée dans la gestion des humeurs et est associée à l'état de bonheur lorsqu'elle a un taux équilibré, réduisant la prise de risque et poussant ainsi l'individu à maintenir une situation qui lui est favorable.

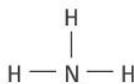
D'après « Sérotonine », wikipedia.org.



Les quatre atomes présents dans la molécule de sérotonine sont les atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote.

- Donner la structure électronique des atomes O et H.
 - En déduire les ions monoatomiques stables respectifs qu'ils auraient tendance à donner.
 - Préciser les gaz nobles dont ces ions sont isoélectroniques.

- L'atome d'azote est impliqué dans une fonction amine qui dérive de la molécule d'ammoniac NH_3 dont la formule de Lewis est :



- Combien de liaisons forme l'atome d'azote ?
- Montrer que l'atome d'azote respecte la règle de l'octet.

DONNÉES

- **Numéro atomique des éléments :**
H ($Z = 1$); O ($Z = 8$); C ($Z = 6$).
- **Formule de Lewis de la molécule d'eau :**
 $\text{H} - \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}} - \text{H}$

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

- Établir la structure électronique des atomes d'hydrogène et d'oxygène connaissant leur numéro atomique (vue dans le chapitre précédent).
 - et c. Identifier les gaz nobles dont ils sont isoélectroniques.
- Compter les liaisons covalentes entre l'atome d'azote et les atomes d'hydrogène.
 - Comptabiliser les électrons autour de l'atome d'azote et comparer aux huit électrons impliqués dans la règle de l'octet.

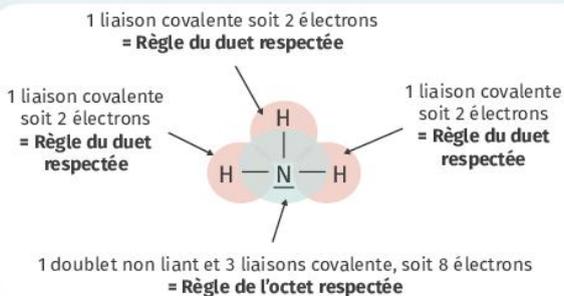
Solution rédigée

1.

Élément chimique	H	O
Structure électronique de l'atome	$1s^1$	$1s^2 2s^2 2p^4$
Ion monoatomique stable	Ion hydruure H^-	Ion oxyde O^{2-}
Ion isoélectronique de...	He	Ne

- L'atome d'azote forme trois liaisons covalentes.

b.



POUR BIEN RÉPONDRE

- Une présentation en tableau peut être efficace pour répondre à **1. a.**, **1. b.** et **1. c.** à la fois.
- Les liaisons covalentes sont symbolisées par un tiret entre les atomes (voir le cours).
 - Chaque liaison covalente et chaque doublet non liant représentent un doublet d'électrons. S'assurer qu'il y en a huit conformément à la règle de l'octet.

19 Mise en application

À l'aide du modèle moléculaire et des formules de Lewis de NH_3 et H_2O , proposer la formule de Lewis de la sérotonine.

Pour s'entraîner

20 Quelques molécules odorantes

✓ APP : Extraire l'information utile de supports variés

La vanilline est une des molécules responsables de l'odeur et du goût tant apprécié de la vanille.

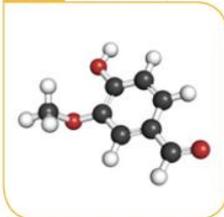
1. À partir du modèle moléculaire du doc. 1, écrire la représentation de Lewis de la molécule de vanilline.

La molécule responsable de l'arôme de banane est l'acétate d'isoamyle. On peut la former à partir d'alcool isoamylique et d'acide éthanoïque.

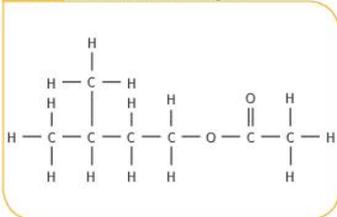
2. Doc. 2 Reproduire et compléter la représentation de Lewis de la molécule d'acétate d'isoamyle.



Doc. 1 La vanilline



Doc. 2 L'acétate d'isoamyle



21 Ammoniac ou ammoniacque ?

✓ MOD : Connaître la structure électronique

L'ammoniac est un gaz incolore, irritant et très odorant. Il a pour formule NH_3 .

- Donner la structure électronique d'un atome d'azote et d'un atome d'hydrogène. Combien d'électrons possèdent-ils sur leurs couches externes ?
- Combien de liaisons covalentes l'atome d'hydrogène peut-il former ?
- Sachant que l'atome d'azote possède un doublet non liant, déterminer le nombre de liaisons covalentes qu'il peut former.
- En déduire la représentation de Lewis de la molécule d'ammoniac.

CULTURE SCIENTIFIQUE

Ne pas confondre ammoniac et ammoniacque !

Lorsqu'on dissout du gaz ammoniac dans de l'eau, on obtient de l'hydroxyde d'ammonium, également appelé ammoniacque (la terminaison évoquant l'adjectif « aqueux »). La formule chimique de l'ammoniac est NH_3 , celle de l'ammoniacque est NH_4OH . L'ammoniac sert essentiellement à la fabrication d'engrais azotés. Mais il peut également être employé comme gaz réfrigérant ou pour la production de plastiques, d'explosifs ou d'autres produits chimiques.

D'après « Ammoniac », futura-sciences.com.

22 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

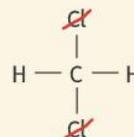
1. La structure électronique de l'aluminium est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$. Pour se stabiliser, il peut donner un ion monoatomique en adoptant la configuration électronique du gaz noble le plus proche ~~donc l'Argon~~.

2. Je propose la formule

ci-contre pour la

dichlorométhane.

Le carbone respecte la règle de l'octet avec 4 liaisons covalentes. ~~Le chlore et l'hydrogène respectent la règle du duet avec 2 électrons.~~



Comprendre les attendus

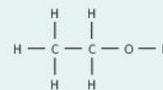
23 De l'alcool dans le sang

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Un prélèvement sanguin permet de dépister une consommation d'éthanol récente. L'éthanol est l'alcool comestible de formule chimique : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

- L'atome d'hydrogène donne un anion monoatomique stable. Lequel ? Justifier.
- L'atome d'oxygène peut donner un anion monoatomique stable. Lequel ? Justifier.
- Pour se stabiliser, les atomes peuvent également s'assembler sous forme de molécule.

Dans la formule de l'éthanol ci-contre, préciser si le modèle de Lewis est respecté et proposer des modifications si besoin :



Détails du barème

TOTAL/5,5 pts

- | | |
|---|--------|
| 1. Écrire la configuration électronique de H. | 0,5 pt |
| Savoir qu'un anion correspond à un gain d'électrons. | 0,5 pt |
| Identifier le gaz noble le plus proche et proposer l'espèce chimique attendue. | 1,5 pt |
| 2. Identifier le gaz noble le plus proche et proposer l'espèce chimique attendue. | 1 pt |
| 3. S'assurer du respect des règles du duet et de l'octet. | 1 pt |
| Proposer la présence de deux doublets non liants. | 1 pt |

Numérique

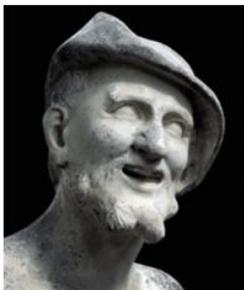
Retrouvez plus d'exercices en ligne. [LLS.fr/PC2P118](https://lls.fr/PC2P118)

Pour aller plus loin

24 Une petite histoire de la liaison chimique

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Dès que la notion d'atome a été proposée, une question a surgi : comment tiennent-ils ensemble ?



Démocrite.

- Doc. 1** Depuis quand la notion de liaison chimique existe-t-elle ? Comment représente-t-on une liaison chimique dans une molécule ?
- Doc. 2** Donner le nom des règles évoquées par la phrase en gras.
- Les atomes d'oxygène et d'hydrogène permettent de former une molécule d'eau de formule H_2O .
 - Donner leurs nombres d'électrons de valence.
 - La formule de l'eau montre-t-elle tous les électrons de valence ?
 - Que doit-on ajouter pour « voir » tous ces électrons ?
- À quoi correspond l'énergie d'une liaison ? Quelle est son unité ?

Doc. 1 Liaisons entre atomes

Pourquoi les chimistes ont-ils inventé la notion de liaison chimique ?

Le grec Démocrite, « inventeur » de l'atome à la fin du V^e siècle[...] avant notre ère, les munissait de petits crochets. [...] Avec les progrès de la chimie expérimentale, la complexité de la liaison chimique est apparue clairement : ce ne sont pas n'importe quels atomes qui se lient entre eux, qui réagissent. Par exemple, les réactifs réagissent dans des proportions bien définies : lorsque l'on mélange de l'oxygène et de l'hydrogène et que l'on approche une flamme, un volume du premier réagit avec deux volumes du second. Ce type d'observations a conduit les chimistes à décrire les molécules selon la formalisation désormais classique : des atomes reliés par des segments de droite, les liaisons.

Cécile Michaut, « La liaison chimique », *La Physique en 18 mots-clés, La recherche, hors-série n° 1*, 2005, Dunod.

Doc. 2 La liaison chimique selon Gilbert Lewis

Comme presque toutes les molécules stables connues à l'époque comportent un nombre pair d'électrons de valence, Lewis postule l'existence de paires électroniques. Les liaisons sont assurées par des paires liantes, mais il existe aussi des paires libres qui n'interviennent pas directement. Pour les former, les atomes mettent en commun, donnent ou reçoivent des électrons. **Le but, pour chaque atome, est d'être entouré de huit électrons (sauf l'hydrogène et l'hélium, auxquels deux électrons suffisent).**

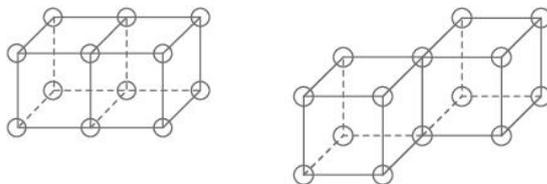
Cécile Michaut, « La liaison chimique », *La Physique en 18 mots-clés, La recherche, hors-série n° 1*, 2005, Dunod.

25 HISTOIRE DES SCIENCES

Le modèle de Lewis

✓ APP : Extraire l'information utile sur supports variés

- À l'aide du **doc. 1**, associer en explicitant la démarche les deux schémas proposés par Gilbert Newton Lewis pour les molécules de diiode et de dioxygène. Justifier.



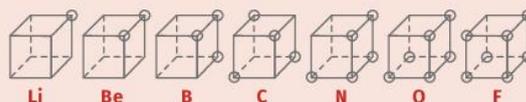
Doc. 1 Création du modèle de la liaison covalente

Gilbert Newton Lewis est généralement considéré comme le premier à avoir présenté le premier modèle satisfaisant de la liaison covalente. Ce modèle était basé sur le concept d'atome cubique que Lewis avait établi dès 1902, mais qui ne fut publié qu'en 1916.

Lewis pense alors qu'une liaison covalente consiste en la mise en commun de deux électrons. La notion de doublet d'électrons apparaît. Il imagine un modèle atomique dans lequel les électrons sont placés aux sommets d'un cube. [...]

Le postulat 3 [de cette théorie] est le suivant : l'atome a tendance à posséder le même nombre d'électrons dans son cube externe, huit électrons qui sont répartis symétriquement. [...]

Le postulat 3 se réfère à ce que l'on désigne sous le terme de : règle de l'octet. En fait, la formulation de cette règle est due à Irving Langmuir en 1919.



C'est en s'appuyant sur ces modèles atomiques que Lewis explique la structure de certaines molécules.

Christine Ducamp et Alain Rabier, « L'enseignement du modèle de Lewis de la liaison covalente au lycée », *BUP UdPPC*, Décembre 2014, n° 969.

Doc. 2 Cristaux de diiode

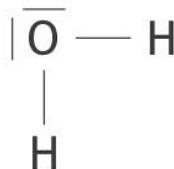


26 De l'eau vers la boule puante !

✓ APP : Faire un brouillon

- À l'aide des documents et des données, proposer la formule de Lewis du sulfure d'hydrogène.

Doc. 1 Molécule d'eau



Doc. 3 Fumerolles d'un volcan



Du sulfure d'hydrogène sous forme de gaz s'échappe de ces fumerolles.

Doc. 2 Extrait de la classification périodique

				18	
1 H Hydrogène				4 He Hélium 4,0	
		15	16	17	
12 C Carbone 12,0	14 N Azote 14,0	16 O Oxygène 16,0	19 F Fluor 19,0	20 Ne Néon 20,2	
28 Si Silicium 28,1	31 P Phosphore 31,0	32 S Soufre 32,1	35 Cl Chlore 35,5	40 Ar Argon 40,0	

Doc. 4 Le sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène ou hydrogène sulfuré, de formule H_2S , est un gaz très reconnaissable à son odeur qualifiée de nauséabonde qui est celle des œufs pourris.

« Sulfure d'hydrogène », *societechimiquedefrance.fr*, 2017.

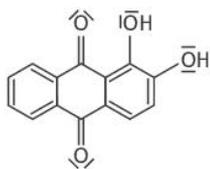
Retour sur la problématique du chapitre

27 Système conjugué et molécule colorée

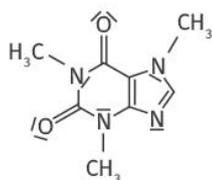
✓ APP : Extraire l'information utile sur supports variés

- Parmi les molécules suivantes, proposer celles qui sont probablement colorées.

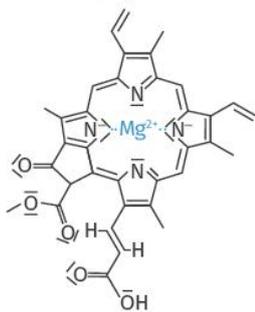
a. Alizarine



b. Caféine

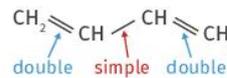


c. Chlorophylle C



Doc. 1 Liaisons conjuguées

Les molécules présentant une alternance régulière de liaisons doubles C=C séparées par une liaison simple C-C sont généralement colorées : on dit alors que ces liaisons doubles C=C sont conjuguées.



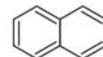
Doc. 2 Exemples de molécules présentant une conjugaison

Benzène (incolore)



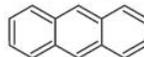
$\lambda_{\max} = 254 \text{ nm}$

Naphtalène (incolore)



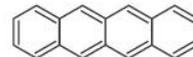
$\lambda_{\max} = 314 \text{ nm}$

Anthracène (jaune)



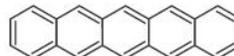
$\lambda_{\max} = 380 \text{ nm}$

Naphtacène (orange)



$\lambda_{\max} = 480 \text{ nm}$

Pentacène (violet)



$\lambda_{\max} = 580 \text{ nm}$

CLASSE
INVERSEE

Travailler le modèle de Lewis en autonomie

Objectifs :

- Préparer le cours en s'appropriant le vocabulaire et les notions concernant la stabilité des éléments chimiques.
- Réaliser un bilan synthétique des notions abordées sous la forme d'une carte mentale.

A Des entités chimiques stables



Visionner la capsule vidéo intitulée « Les groupes de la classification périodique » ([LLS.fr/PC2P121](https://lls.fr/PC2P121)) puis répondre aux questions ci-dessous.

1. De quelle façon réagit un atome afin d'acquiescer une structure électronique stable ?
2. Compléter le tableau ci-contre.
3. Qu'est-ce qu'un gaz noble ?
4. Dans la vidéo, il est question de la règle de l'octet. Qu'est-ce que cela signifie ?
5. Est-ce que ce terme est adapté dans le cas de l'hélium ? Comment devrait alors s'appeler cette règle ?

6. Comment sont interprétées les propriétés chimiques similaires des éléments d'une même colonne ?

CONSEILS :

- Prendre des notes pendant la vidéo.
- Trouver les mots-clés et les notions importantes.

Élément chimique	Mg	Na	Cl	K
Ion monoatomique stable				
Structure électronique de l'ion monoatomique stable				
Ion isoélectronique du gaz noble				

B Vers les édifices polyatomiques avec le modèle de Lewis



Visionner la capsule vidéo « Chimie : les liaisons covalentes » jusqu'à 2 minutes 08 secondes sur ([LLS.fr/PC2P121](https://lls.fr/PC2P121)), puis répondre aux questions.

1. Quelle est l'origine du mot covalente ?
2. Pourquoi des atomes forment-ils des liaisons chimiques covalentes ?
3. Représenter la structure de Lewis de la molécule de méthane CH_4 et d'eau H_2O .



Visionner la capsule vidéo « Chimie : les liaisons ioniques » jusqu'à 3 minutes 11 secondes sur ([LLS.fr/PC2P121](https://lls.fr/PC2P121)), puis répondre aux questions.

4. Qu'est-ce qui différencie une liaison chimique covalente d'une liaison chimique ionique ?
5. Donner deux exemples de composés ioniques.



Visionner la capsule vidéo « Chimie : métaux et liaisons métalliques » en ligne ([LLS.fr/PC2P121](https://lls.fr/PC2P121)), puis répondre aux questions ci-dessous.

6. Qu'est-ce qui différencie une liaison métallique des deux autres liaisons ?
7. Quel est le point commun entre toutes ces liaisons chimiques ?



vidéo

C Synthèse



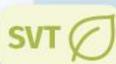
Réaliser un bilan synthétisant les notions principales abordées sous la forme d'une carte mentale sur ([LLS.fr/PC2P121](https://lls.fr/PC2P121)). Cette carte mentale devra inclure :

- les règles qui rendent compte de la réactivité des atomes ;
- la formation des ions, molécules, composés ioniques et métaux ;
- la représentation de Lewis appliquée à certains exemples.

Modélisation des transferts

Parcours d'orientation - Les métiers de la chimie

Spécialités suggérées
en première :



Spécialités suggérées
en terminale :



À la découverte de ces métiers

TECHNICO-COMMERCIAL/E

Études : Bac +2 / BTS

Métier : Son métier consiste à vendre des biens ou des services. Il/Elle doit pour cela maîtriser tous les aspects techniques des produits proposés, ainsi que le secteur sur lequel il/elle opère.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Commercial](https://lls.fr/PC2Commercial)

TECHNICIEN/NE GÉNIE DES PROCÉDÉS

Études : Bac +2 / DUT

Métier : Travaillant avec des ingénieur(e)s ou des chercheur(e)s, il/elle met en place des procédés de fabrication afin d'optimiser la production de nouveaux produits.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2TechnicienProcede](https://lls.fr/PC2TechnicienProcede)

SPÉCIALISTE RECYCLAGE ET VALORISATION

Études : Bac +3

Métier : Ce/Cette spécialiste exerce dans de nombreux domaines industriels tels que le démantèlement, la gestion des déchets mais aussi le droit du transport des déchets, l'hygiène et la sécurité, etc.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2SpeRecyclage](https://lls.fr/PC2SpeRecyclage)

INGÉNIEUR/RE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Études : Bac +5

Métier : Entouré(e) d'une équipe de techniciens, il/elle crée de nouveaux produits ou améliore ceux déjà existants. Son travail se fait en étroite collaboration avec les autres départements de l'entreprise.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2IngeRecherche](https://lls.fr/PC2IngeRecherche)

transformations et d'énergie

Compétences



Retrouver les fiches méthode compétences sur lelivrescolaire.fr LLS.fr/PC2Methode.

INDICATEUR DE MAÎTRISE		chap. 7	chap. 8	chap. 9	chap. 10
APP	Faire un brouillon comprenant schéma, données et notions Extraire l'information utile sur supports variés/schéma/expérience/texte	✓			
ANA	Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques		✓		
REA	Mettre en œuvre un protocole			✓	
REA	Agir de façon responsable/respecter les règles de sécurité		✓	✓	
MOD	Modéliser une transformation chimique/physique : écrire l'équation et l'ajuster/ savoir décrire état initial et état final		✓	✓	✓
MOD	Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie (discerner ressource et énergie, source et transfert, connaître la classification de l'énergie, etc.)	✓	✓		✓
VAL	Précision et incertitudes/chiffres significatifs/identifier et évaluer les sources d'erreur	✓			✓
COM	Compte rendu écrit avec un vocabulaire scientifique rigoureux			✓	
COM	Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques Faire des conversions	✓			

Modélisation des transformations physiques

ESPRIT CRITIQUE



Centrale solaire thermodynamique (Noor Ouarzazate, Maroc).

➤ Sans batterie de stockage, comment exploiter l'énergie solaire pour assurer la production d'électricité de nuit, lorsque la demande est plus forte ?

➔ voir l'activité 2, p. 127 et l'exercice 33, p. 140



Travailler

autrement

CLASSÉ
INVERSE

Les propriétés des états physiques s'expliquent au niveau microscopique. Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver des vidéos explicatives.

LLS.fr/PC2P124

voir page 141





La vapeur provenant du thé chaud se condense au contact de l'air et forme des volutes blanches.

Attention danger ! Les pores de la peau sont assez larges pour laisser passer la vapeur d'eau et provoquer des brûlures internes au second degré sans qu'aucune trace ne s'observe.

→ **Quel phénomène physique permet d'expliquer ces brûlures ?**

→ voir l'exercice 31, p. 139

À maîtriser pour commencer

- › Les changements d'état d'un corps pur se font à température constante à une pression donnée
- › Les notions d'atome, de molécule et d'ion

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P125

Objectifs du chapitre

- ▣ Écrire une équation pour un changement d'état
- ▣ Distinguer une fusion d'une dissolution
- ▣ Reconnaître une transformation exothermique ou endothermique
- ▣ Exploiter la relation entre l'énergie transférée lors du changement d'état et la masse de l'espèce

1 Refroidir ou réchauffer...

Les changements d'état physique sont courants dans notre environnement. La compréhension de leurs mécanismes a permis la création d'objets utiles dans notre quotidien, notamment pour refroidir ou réchauffer.

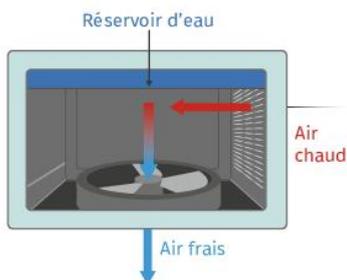
→ Ces changements d'état physique libèrent-ils ou absorbent-ils de l'énergie ?

Par intuition

Pourquoi le fait de transpirer refroidit mon corps ?

Doc. 1 La bioclimatisation

Du fait du réchauffement climatique, la consommation d'énergie liée à la climatisation ne fait qu'augmenter, ce qui se répercute fortement sur l'environnement.



Des solutions plus écologiques existent : quand de l'air chaud arrive au contact de gouttelettes d'eau liquide, une évaporation se produit. L'air chaud se refroidit alors rapidement grâce notamment à l'évaporation.

On parle aussi de rafraîchissement par évaporation (RAE) ou de climatisation naturelle et écologique.

Doc. 2 Les chaufferettes dans les gants de ski

Il existe dans le commerce des chaufferettes, sous forme de poche, qu'il est possible de placer dans des gants afin de se réchauffer les mains en hiver.

Le principe de ces chaufferettes est assez simple : la bouillotte remplie de liquide contient une pièce métallique que l'on « clique ». Cela déclenche la solidification du liquide et dégage de la chaleur. On peut alors en profiter pendant près de 20 minutes !

Vocabulaire

- Lors d'une transformation **exothermique**, l'énergie E du système diminue. Cette variation d'énergie $\Delta E < 0$ correspond à un transfert d'énergie vers l'extérieur.
- Lors d'une transformation **endothermique**, l'énergie du système E augmente. Cette variation $\Delta E > 0$ provient d'un transfert depuis le milieu extérieur.

Doc. 3 Pourquoi a-t-on froid quand on est mouillé ?

Quand l'eau s'évapore, elle passe de l'état liquide à l'état gazeux. Ce phénomène consomme de l'énergie sous forme de chaleur. Cette énergie est directement prise dans l'environnement proche. Lorsqu'on est mouillé, l'énergie provient de notre corps qui se refroidit alors.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour observer le déclenchement d'une solidification en vidéo.

LLS.fr/PC2Solidification

Compétences

- ✓ APP : Extraire l'information de différents documents
- ✓ MOD : Modéliser une transformation physique

• Reproduire et compléter le tableau suivant.

	Doc. 1	Doc. 2	Doc. 3
Nom du système qui subit une transformation physique :			
État physique initial du système / état physique final :	.../...	.../...	.../...
La transformation est-elle exothermique ou endothermique ?			

Synthèse de l'activité

Soit ΔE l'énergie transférée au système.

Pour les trois situations, écrire l'équation pour le changement d'état sous la forme :

- espèce (état physique 1) $\xrightarrow{\Delta E > 0}$ espèce (état physique 2) ;
- ou espèce (état physique 1) $\xrightarrow{\Delta E < 0}$ espèce (état physique 2)

Avec $\Delta E > 0$ si le système gagne de l'énergie ou $\Delta E < 0$ si le système en libère.

2 Les centrales solaires thermiques à concentration

L'exploitation de l'énergie d'origine solaire émet très peu de gaz à effet de serre et permet donc de lutter contre le réchauffement climatique. Elle peut être produite dans des centrales solaires thermiques à concentration.

→ **Comment stocker l'énergie d'origine solaire pour assurer la production d'électricité la nuit sans réseau de batterie chimique ?**

Par intuition

Comment des centrales solaires pourraient-elles produire de l'électricité la nuit sans réseau de batterie chimique ?

Doc. 1 Centrale solaire thermique

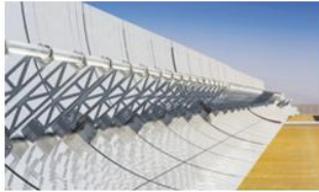
La diminution de l'émission des gaz à effet de serre est un enjeu primordial face au réchauffement climatique. Dans ce contexte, la multiplication des centrales solaires peut permettre d'atteindre l'objectif de préservation de notre environnement. Cependant, l'exploitation de l'énergie d'origine solaire est limitée par tous les facteurs environnementaux agissant sur l'exposition des panneaux (cycle jour/nuit,

couverture nuageuse, etc.).

Le but est donc de stocker l'énergie reçue au cours de la journée afin de pouvoir alimenter un réseau électrique en début de soirée. Elles diffèrent en cela des centrales photovoltaïques qui utilisent l'énergie lumineuse du soleil pour générer directement de l'électricité grâce à des cellules photosensibles.

Doc. 2 Principe de stockage de l'énergie, les MCP

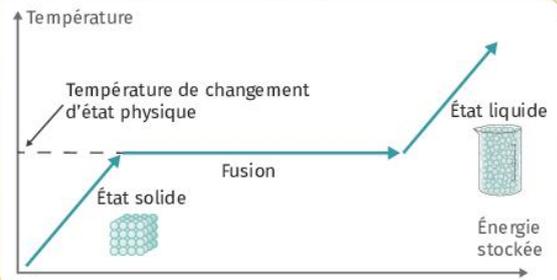
Le principe d'une centrale solaire thermique est de concentrer, grâce à des miroirs réfléchissants, les rayonnements solaires sur un matériau pour lui fournir de l'énergie.



Les matériaux à changement de phase (MCP) ont pour particularité de pouvoir stocker de l'énergie lorsqu'ils changent d'état physique.

La variation d'énergie ΔE en Joule (J) lors d'un changement d'état physique d'une masse m (en kilogramme) du matériau est : $\Delta E = m \cdot L$. Avec L l'énergie massique de changement d'état (en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$) de ce matériau (appelée chaleur latente).

Doc. 3 Diagramme énergétique lors d'une fusion



Données

Énergie de changement d'état, dans le cas d'une fusion, à la pression atmosphérique :

• $L_{\text{fusion}}(\text{KBr}) = 215 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$; • $L_{\text{fusion}}(\text{NaCl}) = 481 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Compétences

- ✓ APP : Extraire l'information de différents documents
- ✓ MOD : Utiliser rigoureusement le modèle de l'énergie

1. **Doc. 3** D'après le diagramme énergétique, lors d'une fusion, le matériau absorbe-t-il ou libère-t-il de l'énergie ?
2. Expliquer alors le principe de stockage de l'énergie dans une centrale solaire thermique.
3. Quelle quantité d'énergie pourra être stockée par 150 kg de sels de bromure de potassium (KBr) au cours de sa fusion ?
4. Quelle masse de sels de chlorure de sodium (NaCl) solide devra-t-on utiliser pour assurer le stockage de la même quantité d'énergie ?

Synthèse de l'activité

En vous inspirant du **doc. 3**, tracer le diagramme énergétique lors du déstockage d'énergie. Conclure sur les avantages des centrales solaires thermiques par rapport aux centrales solaires photovoltaïques.

3 Faire cuire des œufs durs 90'

La cuisson des œufs durs implique de faire bouillir de l'eau pendant 10 minutes. Il faut donc prévoir un volume d'eau suffisant pour que les œufs restent immergés tout au long de la cuisson.

→ **Comment déterminer la quantité d'eau dont on aura besoin ?**

Par intuition

Peut-on calculer la quantité d'eau minimale à mettre dans la casserole pour que les œufs restent immergés pendant toute la cuisson ?

Doc. 1 Une recette de cuisine simple

- Mettre de l'eau dans une grande casserole et porter à ébullition.
- Plonger les œufs et veiller à ce que l'eau les recouvre complètement. Laisser bouillir 10 minutes.

Céline suit la recette indiquée pour faire cuire des œufs durs mais elle craint qu'il ne reste pas assez d'eau dans la casserole pour que les œufs soient recouverts si elle les laisse bouillir pendant 10 minutes. Quelle quantité d'eau va se perdre pendant l'ébullition ?

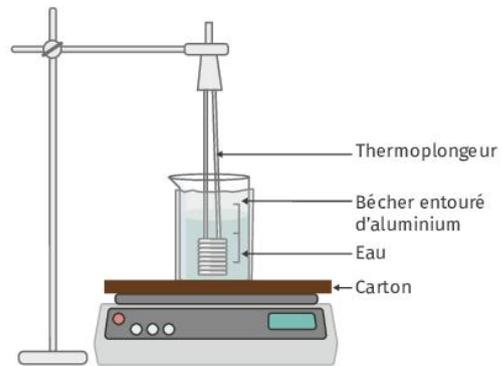
Données

- La quantité de chaleur Q à apporter pour vaporiser une masse m d'un corps pur à température constante est égale à la variation d'énergie de ce corps lors du changement d'état. Elle dépend de la nature de ce corps, et d'un coefficient nommé chaleur latente de vaporisation : L_v . $Q = \Delta E = m \cdot L_v$ avec Q en Joule (J), m en kilogramme (kg) et L_v en Joule par kilogramme ($J \cdot kg^{-1}$).
- Soit P , la puissance d'un thermoplongeur (en watt). La quantité de chaleur Q (en joule) fournie par le thermoplongeur pendant une durée Δt (en seconde) est :
$$Q = P \cdot \Delta t.$$

Doc. 2 Protocole expérimental

- Réaliser le montage du **Doc. 3**.
- Relever la puissance du thermoplongeur.
- Après accord du professeur, faire chauffer l'eau jusqu'à ébullition.
- Lorsque l'eau bout, faire la tare sur la balance, et démarrer le chronomètre.
- Relever régulièrement la masse d'eau évaporée et le temps correspondant. Répertorier les mesures dans un tableau (durée approximative : 10 min).
- Reporter les résultats dans un tableur et tracer la courbe expérimentale de l'évolution de la quantité de chaleur reçue par l'eau en fonction de la masse d'eau évaporée.

Doc. 3 Schéma du montage



Compétences

- ✓ RÉA : Mettre en œuvre un protocole
- ✓ VAL : Identifier et évaluer les sources d'erreur

- 1. Doc. 1** Quel problème faut-il résoudre ? Préciser les grandeurs physiques à déterminer.
- On se propose de déterminer expérimentalement la chaleur latente de vaporisation. Réaliser le protocole expérimental des **doc. 2** et **doc. 3**.
- Exploiter les résultats et déterminer la chaleur latente de vaporisation de l'eau dans les conditions de votre expérience. Expliquer la démarche.
- Répondre alors au problème, en considérant que ce thermoplongeur a été utilisé pour faire cuire vos œufs.

Synthèse de l'activité

La valeur de référence de la chaleur latente de l'eau est $L_v = 2,26 \times 10^6 J \cdot kg^{-1}$. Calculer l'écart relatif entre la valeur théorique et votre valeur. Écart relatif = $\frac{L_v - L_{v,theorique}}{L_{v,theorique}}$

- ♦ Quelles sont les sources d'erreur ? Comment pourrait-on améliorer cette détermination ?

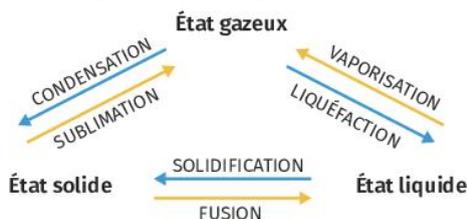
1 Modélisation des transformations physiques

A Changement d'état physique

› La matière qui nous entoure peut se trouver sous trois états physiques différents : solide, liquide, gaz.

Lors d'un changement d'état physique, les propriétés de la matière changent et l'arrangement spatial des molécules est modifié.

› Les différents changements d'état portent des noms distincts :



B Écriture symbolique d'un changement d'état

› Au cours d'un changement d'état physique, les espèces chimiques (atomes, ions, molécules) ne sont pas modifiées.

Ainsi, pour modéliser le changement d'état physique de l'espèce chimique A, on écrit :



Exemple : $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ pour la fusion de l'eau.

Rappel : À une pression donnée, les changements d'état de corps purs s'effectuent à température constante.

C Modélisation microscopique d'un changement d'état

› **Un gaz** est composé d'entités chimiques libres les unes par rapport aux autres, sans liaison entre elles. Elles se choquent sans cesse. Dans un gaz, les particules sont agitées et espacées.

› **Un liquide** est constitué d'entités chimiques très proches, en mouvement, reliées entre elles par des liaisons faibles. Dans un liquide, les particules sont mobiles et peu liées entre elles.

› **Un solide** est formé d'entités chimiques fortement liées les unes aux autres, ne disposant que de très peu de liberté de mouvement. Dans un solide, les particules sont quasi immobiles, et liées entre elles.

Au niveau microscopique, **lors d'un changement d'état physique, l'agitation des entités est modifiée** jusqu'à ce que les liaisons entre les particules s'affaiblissent, se cassent ou se créent.

Exemple : lors de la solidification d'un liquide, les entités ralentissent, les liaisons entre les molécules deviennent de plus en plus fortes. Les particules sont alors quasi immobiles et liées entre elles (doc. 1).

Pas de malentendu

Au cours d'une transformation

- › **physique** : il y a changement d'état physique. Les entités restent identiques ;
- › **chimique** : les entités réagissent ensemble et de nouvelles se forment.

Doc. 1 Modélisation d'une solidification

État liquide



Les particules sont mobiles : peu liées entre elles.

L'agitation diminue, les liaisons entre les particules sont plus fortes.

État solide



Les particules sont quasi immobiles : liées entre elles.

Pas de malentendu

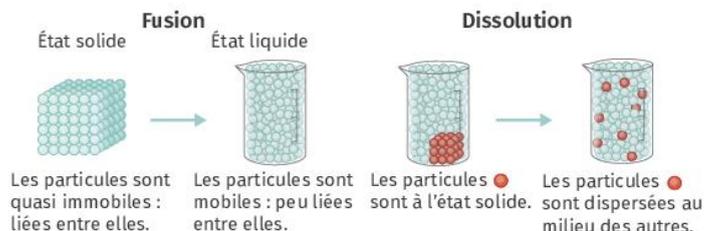
Les solides ont tous une forme, mais à l'échelle microscopique, on distingue :

- › les **cristaux** (comme la glace, le sel, le diamant, la plupart des métaux, etc.) dans lesquels les entités sont ordonnées et disposées de façon régulière ;
- › les **solides amorphes** (comme le magma, le verre, certains polymères, etc.) dans lesquels les entités ne possèdent pas d'ordre. Lors de la solidification, les entités se figent de manière désordonnée.

> Ne pas confondre fusion et dissolution

Une fusion est un changement d'état physique : l'agitation des particules augmente, les liaisons entre elles sont plus faibles : c'est un passage d'un état compact avec une forme propre (solide) à un état compact et désordonné (liquide).

Lors d'**une dissolution**, les particules d'un solide sont séparées de leur voisin par un solvant. Elles se retrouvent alors dispersées dans ce nouveau milieu.



2 Les échanges d'énergie

A Transformations physiques endothermiques et exothermiques

> Lors d'un chauffage, le corps capte de l'énergie au milieu extérieur. On dit que la transformation est endothermique. L'agitation des particules est plus grande, les liaisons entre les particules peuvent se rompre et le désordre augmente (**doc. 3**).

Les transformations physiques telles que la fusion, la vaporisation ou la sublimation absorbent de l'énergie : elles sont **endothermiques**.

> À l'inverse, lorsque le corps perd de l'énergie, l'agitation des particules diminue, les liaisons entre elles peuvent se créer et l'ordre augmente. C'est le cas lors de la solidification, de la condensation ou de la liquéfaction.

Ainsi les transformations physiques telles que la solidification, la condensation ou la liquéfaction libèrent de l'énergie vers l'extérieur : elles sont **exothermiques**.

B Énergie de changement d'état

> L'énergie acquise ou perdue lors d'un changement d'état (ΔE) provient d'un transfert thermique avec un autre système. On note ce transfert thermique Q donc $Q = \Delta E$.

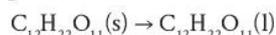
Cette quantité d'énergie est proportionnelle à la masse du corps pur qui subit la transformation.

On en déduit : $Q = m \cdot L$

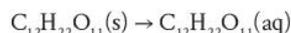
avec Q quantité d'énergie transférée en Joule (J), m masse du corps en kilogramme (kg) et L énergie massique de changement d'état en $J \cdot kg^{-1}$. L est aussi appelée chaleur latente de changement d'état ou enthalpie de changement d'état.

Doc. 2 Le saccharose

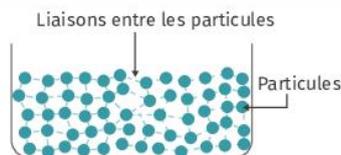
Équation de fusion du saccharose :



Équation de dissolution du saccharose dans un milieu aqueux (symbole (aq)) :



Doc. 3 Au niveau microscopique



Doc. 4 Glaçon dans un verre



Pas de malentendu



> En thermodynamique, lorsque la quantité d'énergie est perdue par le corps, elle est comptée négativement. Lorsqu'elle est gagnée par le corps, elle est comptée positivement.

Vocabulaire

- Une transformation physique est **endothermique** si elle capte de l'énergie au milieu extérieur. Le système gagne de l'énergie.
- Une transformation physique est **exothermique** si le système qui la subit libère de la chaleur vers l'extérieur. C'est une perte d'énergie pour le système.

Numérique

Retrouvez une vidéo sur la mesure de l'énergie de vaporisation de l'eau.

[LLS.fr/PC2Vaporisation](https://lls.fr/PC2Vaporisation)

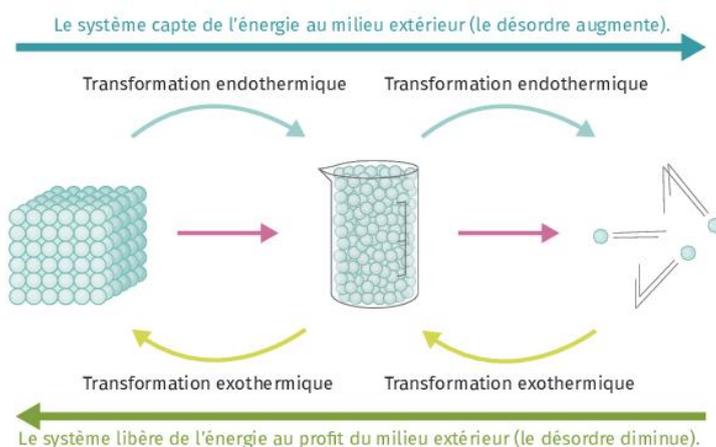
Modélisation des transformations physiques

Équation de changement d'état de l'espèce A : A (état physique 1) → A (état physique 2)



Les échanges d'énergie

Énergie reçue ou libérée par transfert thermique lors d'un **changement d'état** : $Q = m \cdot L$,
avec Q quantité d'énergie transférée en Joule (J), m masse du corps en kilogramme (kg) et L énergie massique de changement d'état en $J \cdot kg^{-1}$. Elle est aussi appelée chaleur latente de changement d'état ou enthalpie de changement d'état.



Les limites de la modélisation

Le modèle particulaire représente de façon simplifiée la réalité étudiée. Les molécules, atomes ou ions sont représentés par des sphères de couleur supposées rigides, insécables et indéformables.

Ce modèle permet :

- de représenter les trois principaux états physiques de la matière et de comprendre leurs propriétés ;
- de distinguer les notions de fusion et dissolution ;
- d'interpréter les effets d'un chauffage ou d'un refroidissement au niveau macroscopique.

Mais il ne permet pas :

- de comprendre que les énergies massiques de changement d'état dépendent de la pression et de la température ;
- de comprendre certains phénomènes, comme la surfusion de la glace.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver une vidéo sur les transferts thermiques lors des changements d'état. LLS.fr/PC2TransfertThermique

1 Modélisation des transformations physiques

	A	B	C
1. Dans l'état liquide :	les liaisons intermoléculaires sont plus fortes que dans l'état gazeux.	les liaisons intermoléculaires sont plus fortes que dans l'état solide.	les particules sont dispersées.
2. Dans l'état gazeux :	les liaisons intermoléculaires sont plus fortes que dans l'état liquide.	les liaisons intermoléculaires sont plus faibles que dans l'état solide.	les particules sont ordonnées.
3. Si l'agitation des particules augmente, on peut observer :	une solidification.	une condensation.	une vaporisation.
4. Si un système absorbe de l'énergie :	l'état est plus ordonné.	l'état est moins ordonné.	l'état est inchangé.

2 Les échanges d'énergie

1. Si un système absorbe de l'énergie :	les liaisons intermoléculaires se cassent.	les liaisons intermoléculaires se créent.	la transformation est exothermique.
2. Lors de sa fusion, un système :	capte de l'énergie du milieu extérieur.	libère de l'énergie vers le milieu extérieur.	dégage de la chaleur.
3. Quelle transformation est endothermique ?	La fusion.	La solidification.	La liquéfaction.
4. L'énergie massique de changement d'état s'exprime en :	joule.	kilogramme.	joule par kilogramme.
5. Quelle est l'énergie absorbée par 10,0 g d'eau pour passer de l'état solide à l'état liquide ?	334×10^4 J.	$3,34 \times 10^3$ J.	3,34 J.

Donnée

$$L_{\text{fusion}}(\text{eau}) = 334 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire des QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P132

3 Questions Jeopardy

♦ Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

- a. Le terme qui caractérise ce type de transformation est endothermique. b. Ce phénomène porte le nom de condensation.

Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 344)

☐ Identifier le sens des transferts d'énergie	13	26		
☐ Savoir écrire une équation pour un changement d'état	10	13	23	
☐ Utiliser correctement les termes exothermique et endothermique	13	[DIFF] 23	24	26
☐ Connaître et utiliser la formule de l'énergie transférée	12	13	16	

Pour séchauffer

4 Repérer les grandeurs et unités

- Rappeler la formule permettant de calculer la quantité d'énergie transférée au cours d'un changement d'état. Préciser toutes les grandeurs et les unités.

5 Liquéfaction

- Décrire le phénomène de liquéfaction du point de vue des échanges d'énergie.

6 Chlorure de sodium

La fusion de sels de chlorure de sodium (NaCl) est réalisée dans certaines centrales solaires thermiques.

- Écrire l'équation de ce changement d'état.

7 Fusion

- Décrire le phénomène de fusion du point de vue moléculaire.

8 Fusion du chlorure de sodium (1)

On réalise la fusion de 10 kg de chlorure de sodium.

- Indiquer si ce sel capte ou libère de l'énergie.

9 Fusion du chlorure de sodium (2)

On réalise la fusion de 10 kg de chlorure de sodium.

- Calculer l'énergie nécessaire.

Donnée

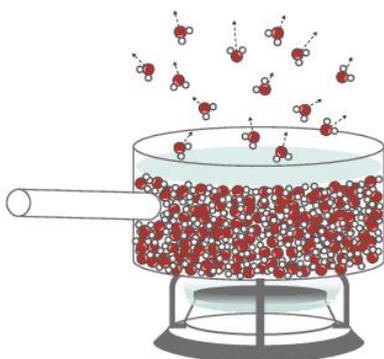
$$L_{\text{fusion}}(\text{NaCl}) = 481 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Pour commencer

Modélisation des transformations physiques

10 Utiliser le modèle particulaire

- ✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours



1. Écrire l'équation de ce changement d'état et en préciser le nom.
2. Au cours de cette transformation physique, que peut-on dire de l'agitation des molécules et des liaisons entre les molécules ?
3. Faire une phrase complète en utilisant un vocabulaire rigoureux pour expliquer ce changement d'état à l'aide du modèle particulaire.

11 Identifier l'état d'une espèce chimique

- ✓ MOD : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

Sous pression atmosphérique normale et à la température de 25 °C, l'éthane est gazeux alors que l'éthanol est liquide.

1. Quel est le composé le plus désordonné à 25 °C ?
2. Dans quel composé les liaisons intermoléculaires sont-elles plus fortes à 25 °C ? Expliquer la réponse.

Les échanges d'énergie

12 Calculer une énergie de changement d'état

- ✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie
- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

De l'éther versé sur la peau procure une sensation de froid.

1. Expliquer ce phénomène (voir activité 1).
2. Si la masse d'éther était de 5,0 g, calculer la quantité d'énergie transférée par la peau lors de ce changement d'état.

Données

- Température d'ébullition de l'éther : 35 °C ;
- Énergie massique de vaporisation de l'éther : 376,5 kJ · kg⁻¹.

13 Les comètes

- ✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie
- ✓ MATH : Pratiquer le calcul littéral et le calcul numérique : puissances de 10



Les comètes sont des petits corps de quelques kilomètres de diamètre, composés principalement de glace d'eau et de poussière.

Du fait de leur longue orbite, parfois éloignée (au-delà des dernières planètes géantes), ces objets se trouvent loin de toute source de chaleur. Ils sont donc très froids et sous forme solide.

Lorsqu'une comète se rapproche du Soleil, les glaces se subliment et entraînent l'éjection de gaz et de poussières. Ce sont ces poussières qu'il est alors possible d'observer depuis la Terre car elles diffusent la lumière solaire et forment la chevelure de la comète.

1. Écrire l'équation de changement d'état de l'eau au cours de la sublimation.
2. Cette transformation est-elle exothermique ou endothermique ? Justifier la réponse à l'aide du texte.
3. Calculer l'énergie nécessaire à fournir pour effectuer la sublimation d'un volume $V = 3,5 \times 10^4 \text{ m}^3$ de glace.

Données

- Masse volumique de l'eau solide : $\rho = 917 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- Énergie de changement d'état pour la sublimation de l'eau : $L_{\text{sublimation}}(\text{eau}) = 2837 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Numérique 

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'informations sur les comètes et leur chevelure.

LLS.fr/PC2Comete

14 La lyophilisation

- ✓ APP : Faire un brouillon
- ✓ MOD : Modéliser une transformation physique

La lyophilisation est un procédé de conservation d'un corps très utilisée en agroalimentaire.

Ce procédé met en jeu plusieurs étapes :

- la congélation du composé ;
- l'abaissement de pression dans l'enceinte de l'appareil.

Lors de cette deuxième phase, l'eau solide dans le composé passe à l'état de gaz. Le composé est ainsi presque déshydraté et pourra être conservé (c'est le cas du café soluble).

La congélation constitue l'étape critique. Si les cristaux de glace sont gros, après le passage à l'état gazeux, ils disparaissent en laissant la place à de gros pores dans le composé. Le composé risque alors de ne pas retrouver ces propriétés une fois réhydraté.



1. Au brouillon, indiquer l'état physique de l'eau au cours des différentes étapes ainsi que le nom des changements d'état physique qu'elle subit.
2. Écrire alors les équations des changements d'état subis par l'eau.
3. Préciser le sens des transferts thermiques.
4. Que peut-on dire du solide formé à la fin de la première étape ? Expliquer la réponse par une modélisation de ce changement d'état au niveau microscopique.

15 L'éthanol

- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique : puissances de 10

L'éthanol est liquide à température ambiante (sa température de vaporisation est de $79 \text{ }^\circ\text{C}$).

1. L'éthanol reçoit-il ou cède-t-il de l'énergie thermique lors de la vaporisation ?
2. Cette transformation est-elle exothermique ou endothermique ?
3. Calculer l'énergie transférée pour réaliser la vaporisation de 200 g d'éthanol à $79 \text{ }^\circ\text{C}$ en précisant si le système reçoit ou libère de l'énergie.

Donnée

- $L_{\text{vaporisation}}(\text{éthanol}) = 855 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

16 L'acide acétique

- ✓ COM : Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques et faire des conversions

Le vinaigre contient de l'acide acétique dilué. Les températures de changement d'état de l'acide acétique pur sont $\theta_{\text{fusion}} = 17\text{ °C}$ et $\theta_{\text{vaporisation}} = 118\text{ °C}$.

1. Quel est l'état physique de l'acide acétique à température ambiante ?
2. Calculer l'énergie transférée pour réaliser la vaporisation de 250 mL d'acide acétique à 118 °C.

3. Calculer l'énergie transférée pour réaliser la solidification de 250 mL d'acide acétique à 17 °C.
4. Préciser si ces réactions sont exothermiques ou endothermiques.

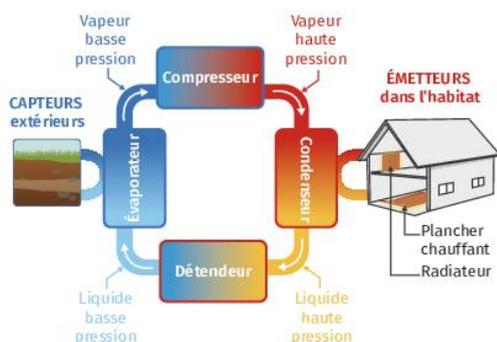
Données

- $L_{\text{vaporisation}}$ (acide acétique) = 395 kJ·kg⁻¹ ;
- $L_{\text{solidification}}$ (acide acétique) = 195,5 kJ·kg⁻¹ ;
- **Masse volumique de l'acide acétique** : $\rho = 1,049\text{ g·mL}^{-1}$.

Une notion, trois exercices

- Savoir-faire : Identifier le sens des transferts d'énergie

La pompe à chaleur géothermique (PAC)



La PAC géothermique puise son énergie du sol pour délivrer un chauffage et une eau chaude très économes. Elle permet ainsi de valoriser l'énergie renouvelable en l'absorbant à l'extérieur puis en la restituant à l'intérieur de l'habitation par l'intermédiaire d'un circuit de distribution (plancher chauffant, réseau de radiateurs, ventilo-convecteurs). Pour cela, un fluide frigorigène circule dans un circuit fermé.

A. Le fluide frigorigène présent dans ce circuit est amené de l'état liquide à l'état gazeux dans l'évaporateur, permettant ainsi de récupérer la chaleur du sol ou du puits.

B. Le compresseur augmente la pression du fluide, ce qui augmente aussi sa température.

C. Dans le condenseur, le fluide transmet la chaleur au circuit de chauffage tout en passant à l'état liquide.

D. Le fluide frigorigène traverse le détendeur thermostatique et se retrouve à l'état initial en basse pression et basse température, avant de retourner à l'évaporateur.

Extrait de www.sofath.com.

DIFFÉRENCIATION

17 L'évaporateur et le condenseur

- ✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie

1. Numéroté sur le schéma les différentes parties de la pompe à chaleur.
2. Faire un schéma à l'échelle moléculaire expliquant le phénomène mis en jeu dans l'évaporateur.
3. Justifier alors la phrase « l'évaporateur, permettant ainsi de récupérer la chaleur du sol ».
4. Répondre aux questions 2 et 3 pour le condenseur.
5. Expliquer le principe de chauffage par géothermie.

18 Le fluide frigorigène

- ✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie

1. Quel est le rôle du fluide frigorigène ?
2. Dans quelle partie du système absorbe-t-il de l'énergie ? Expliquer le phénomène physique.
3. Dans quelle partie du système libère-t-il de l'énergie ? Expliquer le phénomène physique.
4. Expliquer alors le principe de chauffage par géothermie.

19 Étude globale de la pompe

- ✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie

1. Identifier les parties de la pompe où des changements d'état physique ont lieu.
2. Préciser dans chaque cas si ces transformations sont exothermiques ou endothermiques.
3. Indiquer toutes les différences que présente le fluide frigorigène entre l'entrée et la sortie du compresseur, notamment pour ce qui concerne l'énergie qu'il contient.
4. Les pompes à chaleur sont dites dithermes. Expliquer pourquoi.
5. Expliquer le principe de chauffage par géothermie.

Fabriquer une patinoire

Énoncé

L'hiver approchant, une municipalité décide de construire une patinoire. Pour cela, elle doit recouvrir le sol de glace sur une épaisseur de 6,0 cm et une surface rectangulaire de 50 m de longueur sur 20 m de largeur.



1. Pour obtenir le changement d'état physique nécessaire à la formation de la glace, quelle quantité d'énergie doit être fournie ?
2. En réalité, la municipalité doit transférer une quantité d'énergie bien supérieure pour fabriquer cette patinoire. Pouvez-vous en expliquer les raisons ?

Solution rédigée

1. Calcul de la masse de glace à former :

- volume de la glace : $V = \text{épaisseur} \cdot \text{longueur} \cdot \text{largeur}$

soit $V = 6,0 \times 10^{-2} \times 20 \times 50 \text{ m}^3$ soit $V = 60 \text{ m}^3$;

- masse de la glace à fabriquer : $m = \rho \cdot V$

soit $m = 917 \times 60 = 5,5 \times 10^4 \text{ kg}$.

Calcul de la quantité d'énergie à transférer à l'eau liquide pour la faire passer à l'état solide : $Q = m \cdot L_s(\text{eau})$

soit $Q = 5,5 \times 10^4 \times 334 \times 10^3 = 1,8 \times 10^{10} \text{ J}$.

Conclusion : la municipalité doit transférer $1,8 \times 10^{10} \text{ J}$ à l'eau liquide pour la transformer en glace.

2. En réalité, une partie de l'énergie a été transférée pour refroidir l'eau, ensuite pour la faire changer d'état physique, puis à nouveau pour refroidir la glace. La patinoire n'étant pas un milieu isolé, une partie de l'énergie thermique va également être absorbée par l'air et celle contenue dans l'air absorbée par la glace.

DONNÉES

- Masse volumique de l'eau liquide :

$$\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} ;$$

- Masse volumique de l'eau solide :

$$\rho = 917 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} ;$$

- Énergie de changement d'état pour la solidification L_s ou la fusion de l'eau L_f :

$$L_f = -L_s = 334 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Réfléchir aux différentes étapes de la résolution du problème :
 - dans la relation de l'énergie de changement d'état, quelles grandeurs physiques doivent être connues ?
 - sous quel état physique se trouve l'eau dans la patinoire ?
 - comment déterminer une masse à partir de la masse volumique ?
2. Préciser de quel système on parle.

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Penser à bien séparer les expressions littérales et les applications numériques :
 - la masse volumique étant en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, penser à convertir les longueurs en m ;
 - utiliser les puissances de 10 pour les grands nombres.
 Attention à l'unité de l'énergie transférée :
 $1 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} = 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.
2. L'eau liquide n'est pas forcément à 0°C et la glace formée devra être à une température plus basse pour la patinoire.

20 Mise en application

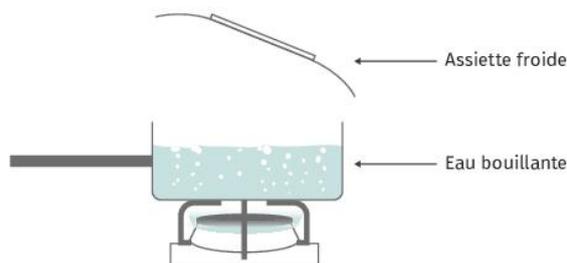
Une couche de glace d'épaisseur 3,0 mm s'est déposée sur le pare-brise d'une voiture de 1,5 m de longueur sur 70 cm de largeur. Le conducteur souhaite enlever cette couche de glace.

- Calculer la quantité d'énergie à transférer pour réaliser le changement d'état en considérant que la couche de glace est à la température de 0°C .

Pour s'entraîner

21 Sur une assiette froide (1)

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours



1. Quel changement d'état physique peut-on observer sur l'assiette froide ? Écrire l'équation de ce changement d'état.
2. Modéliser la situation en représentant à l'échelle moléculaire les molécules d'eau au-dessus de la casserole et sur l'assiette.
3. Expliquer ce changement d'état à l'échelle moléculaire en utilisant les mots suivants : liaisons intermoléculaires, agitation, ordonnées.

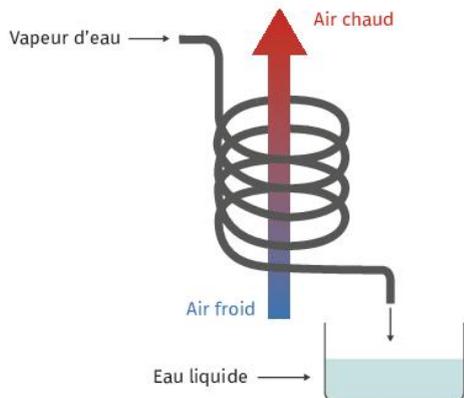
22 Sur une assiette froide (2)

✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie

1. L'eau bouillante dans la casserole capte-t-elle de l'énergie ?
2. La transformation subie par l'eau est-elle exothermique ou endothermique ?
3. La vapeur d'eau au contact de l'assiette capte-t-elle ou libère-t-elle de l'énergie ?
4. La transformation subie par la vapeur d'eau est-elle exothermique ou endothermique ?

23 Libérer ou capter la chaleur

✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie



De la vapeur d'eau pénètre dans le tuyau par le haut puis circule dans le serpentin. De l'eau liquide est récupérée à la sortie en bas.

1. Écrire l'équation du changement d'état subi par l'eau et donner son nom.
2. Le changement d'état subi par l'eau est-il exothermique ou endothermique ? Justifier la réponse en s'appuyant sur le schéma.
3. À quoi peut servir ce dispositif ?

Comprendre les attendus

24 Climatisation automobile

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique : puissances de 10

Dans les pompes à chaleur qui assurent le fonctionnement des climatiseurs circule un fluide appelé fluide frigorigène. Ce fluide subit une série de changements d'état physique (voir [DIFF]) et permet ainsi des échanges thermiques. Dans le cas du fluide R-1234yf destiné à la climatisation automobile (fluide frigorigène de 4^e génération, réduisant l'impact environnemental, et ayant une meilleure efficacité énergétique).

1. Dans l'évaporateur, le fluide passe de l'état liquide à l'état gazeux. L'énergie transférée est alors de $607,6 \times 10^3$ J. Calculer la masse de fluide concernée par ce changement d'état.
2. Quel volume de liquide cela représente-t-il ?
3. Dans le condenseur, le fluide subit une liquéfaction. Sans faire de calcul, quelle serait la quantité d'énergie transférée dans le condenseur ? Cette énergie est-elle captée ou libérée par le fluide ?

Données

- $T_{\text{fusion}}(\text{R-1234yf}) = -53,15$ °C ;
- $T_{\text{ébullition}}(\text{R-1234yf}) = -29,49$ °C ;
- $L_{\text{vaporisation}} = 180,0$ kJ·kg⁻¹ au point d'ébullition ;
- $L_{\text{fusion}} = 93,3$ kJ·kg⁻¹ au point de fusion ;
- **Masse volumique du R-1234yf liquide** : $\rho = 1,263$ kg·dm⁻³.

Détails du barème

TOTAL/5,5 pt

- | | |
|--|--------|
| 1. Écrire l'expression littérale de la masse en fonction des autres grandeurs. | 1 pt |
| Convertir les kJ en J. | 0,5 pt |
| Faire la bonne application numérique avec les puissances de 10. | 0,5 pt |
| 2. Écrire l'expression littérale du volume. | 0,5 pt |
| Calculer en précisant l'unité du résultat. | 1 pt |
| 3. Justifier la réponse par un raisonnement. | 2 pt |

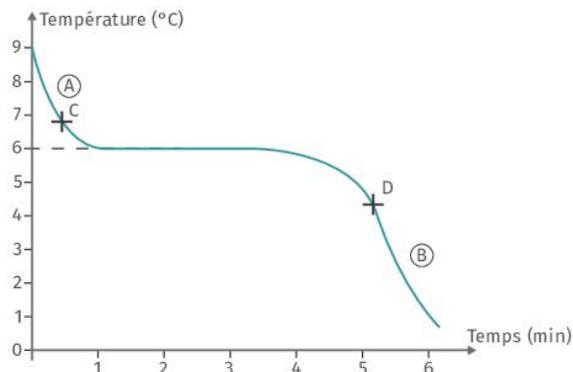
Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P137

25 Le cyclohexane

- ✓ ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

Le graphique ci-dessous représente l'évolution de la température en fonction du temps lorsque l'on refroidit du cyclohexane liquide de formule chimique C_6H_{12} .



1. Préciser les états physiques du cyclohexane sur les parties A et B du graphique.
2. Les liaisons intermoléculaires sont-elles les plus faibles au point C ou au point D ? Expliquer la réponse du point de vue de l'énergie transférée.
3. L'état est-il plus ordonné au point C ou au point D ?

26 Le PVD

- ✓ APP : Faire un brouillon comprenant un schéma, données et notions
- ✓ MOD : Modéliser une transformation physique

Le PVD (*Physical Vapor Deposition*) est un procédé qui permet de déposer sous vide des films minces de matière. Il est utilisé en horlogerie, dans l'industrie, etc., afin de recouvrir une surface et lui donner des propriétés spécifiques. Cette technique consiste à chauffer sous vide le matériau à déposer afin de le vaporiser par sublimation. Par la suite, la formation des couches minces par dépôt physique en phase vapeur sur un substrat (métaux, céramiques, polymères, verres) est le résultat de la condensation solide des particules de matériau. Le mode de croissance des couches ainsi que les conditions de dépôt (température, nature du substrat, etc.) influencent les orientations cristallographiques.



1. Au brouillon, récolter toutes les informations concernant le matériau à déposer. Les organiser.
2. Faire un schéma à l'échelle moléculaire représentant les deux changements d'état physique mis en jeu ainsi

que les échanges d'énergie.

3. Écrire les équations de changement d'état en jeu et préciser si les transformations sont exothermiques ou endothermiques.
4. Le solide déposé est-il un solide amorphe ou cristallin ? (Voir p. 131).

27 L'aluminium

- ✓ MATH : Calcul littéral
- ✓ COM : Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques

L'aluminium est un métal solide à température ambiante ($T_{\text{fusion}} = 660 \text{ }^\circ\text{C}$).

1. Quelle masse de métal pourrait-on faire fondre à $660 \text{ }^\circ\text{C}$ en transférant une quantité d'énergie de $1,04 \times 10^7 \text{ J}$?
2. Calculer le volume d'aluminium correspondant.

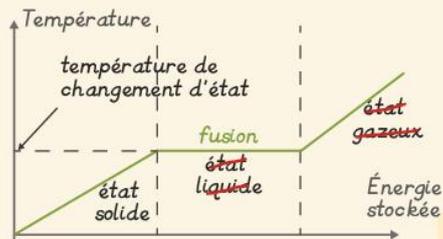
Données

- $L_{\text{fusion}}(\text{aluminium}) = 399,6 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$;
- Masse volumique de l'aluminium : $\rho_{\text{Al}} = 2,7 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

28 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

1. Le cuivre, à température ambiante, est à l'état ~~liquide~~ car sa température de fusion est de $1084 \text{ }^\circ\text{C}$.
2. À l'état solide, les atomes sont libres de se ~~déplacer~~.
3. Sachant que $L_{\text{fusion, cuivre}} = 205,5 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$,
 $Q = 2,23 \times 10^7 \text{ J}$ et $m = \frac{Q}{L_{\text{fusion}}}$ alors :
 $m = \frac{2,23 \times 10^7}{205,5}$ soit $m = 1,08 \times 10^5 \text{ g}$.
4. Sachant que $\rho_{\text{Cu}} = 8,96 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
 $V = \frac{m}{\rho}$, alors :
 $V = 1,08 \times 10^5 \times 8,96 = 9,68 \times 10^5 \text{ kg}$.
5. L'énergie massique de changement d'état de ce métal est donc de : $L = 64,9 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- 6.



Pour aller plus loin

29 Le plasma

✓ MOD : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

Défini comme un quatrième état physique, le plasma constitue environ 99 % de notre Univers et pourtant, on ne le rencontre pas souvent sur Terre. Dans certaines conditions, par exemple si on chauffe un gaz, il est possible d'arracher des électrons aux atomes. On obtient alors un gaz partiellement ou totalement ionisé qui peut contenir des atomes, des molécules, des ions et des électrons, l'ensemble restant neutre.

Comment se forme un plasma ?

- Par chauffage extrême d'un gaz : ce que l'on trouve dans la couronne solaire.
- Par un rayonnement ionisant : presque partout dans l'Univers.
- Par des champs électriques : lors des orages, dans les aurores boréales.
- Par des collisions avec des particules énergétiques : presque partout dans l'Univers.
- Par compression intense : au cœur des étoiles.

Quelles sont les applications industrielles ?

- Tubes fluorescents, ampoules basse consommation.
- Écrans de télévision à plasma.
- Pour la recherche (projets ITER ou fusion contrôlée Tokamak).

1. Rappeler comment se comportent les particules dans les gaz.
2. Étant donné la composition d'un plasma, quelles propriétés différentes pourra-t-il avoir par rapport à un gaz ?
3. Le passage de l'état gazeux au plasma est-il une transformation exothermique ou endothermique ? Expliquer la réponse.



Aurore boréale en Islande.

Numérique

Retrouvez plus d'informations en ligne sur le plasma.

[LLS.fr/PC2Plasma](https://lls.fr/PC2Plasma)

30 HISTOIRE DES SCIENCES

La température absolue

✓ COM : Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques et faire des conversions

L'unité internationale de température est le kelvin, noté K. Ce nom provient du scientifique britannique William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907). La définition de l'unité de température fut donnée par la 10^e CGPM (Conférence Générale des Poids et Mesures) qui choisit le point triple de l'eau comme point



Photo de l'état triple de l'eau.

fixe fondamental en lui attribuant la température de 273,16 K. Le point triple d'une substance chimique pure est un point dans lequel une substance peut exister dans trois états différents. Pour trouver un point où les trois états de l'eau coexistent, il faut se placer à une température de 0,01 °C sous la pression de 611 Pa. En conséquence, la température thermodynamique du point triple de l'eau est égale à 273,16 K exactement.

1. À l'aide du texte, et en sachant qu'une variation de 1 °C équivaut à une variation de 1 K, trouver l'expression littérale permettant de convertir une température T en K à partir d'une température T en °C.
2. Convertir 25 °C en K.

Numérique

Découvrez les nouvelles unités du Système international en ligne. [LLS.fr/PC2UnitesSI](https://lls.fr/PC2UnitesSI)

31 Brûlures à la vapeur

✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie

Les pores de la peau sont assez larges pour laisser passer la vapeur d'eau. Cette dernière peut ainsi atteindre la couche inférieure du derme, et provoquer des brûlures au second degré alors qu'aucune trace ne s'observe sur la peau. Il reste à identifier le phénomène physique qui permet d'expliquer ces brûlures importantes.

1. Si la vapeur chaude atteint la couche inférieure du derme, quel changement d'état peut se produire ?
2. Ce changement d'état est-il endothermique ou exothermique ?
3. Avec quel milieu ce transfert va-t-il se produire ?
4. Expliquer alors ces brûlures importantes dans les couches inférieures.

32 Choix du matériau dans les centrales solaires thermiques

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés



Gisements de sel pour la production de lithium (Salinas Grandes, Argentine).

De nombreux pays misent aujourd'hui sur l'énergie solaire thermique à concentration (connue sous le nom de CSP, *concentration solar power*), mettant en jeu des matériaux à changement de phase. Ces centrales sont le sujet de nombreuses études de recherche scientifique (voir **activité 2**).

1. Par quel principe physique a lieu le stockage ? Expliquer la réponse en termes énergétiques.
2. Le choix du matériau à changement de phase est un paramètre important dont les industriels doivent tenir compte. En vous appuyant sur les documents, quel

matériau semble le plus judicieux de choisir ? Le choix doit être scientifiquement argumenté, des calculs sont attendus.

Doc.1 Le choix du matériau

Critères à respecter pour le choix du matériau :

- plage de température de fusion adéquate ;
- grande chaleur latente (énergie de transfert lors d'un changement d'état, appelée également enthalpie) ;
- faible dangerosité ;
- stabilité dans le temps ;
- conductivité thermique élevée ;
- coût peu élevé ;
- volume de stockage le plus petit possible (ainsi par exemple, les stockages d'énergie par les MCP sous forme de gaz seront à éviter, pas de changement d'état liquide-gaz).

Doc.2 Exemples de MCP

MCP	Température de fusion (°C)	Énergie de changement d'état ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Masse volumique ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
Eau	0	333,6	917
$\text{LiNO}_3\text{-(BaNO}_3\text{)}$	251 à 253	368	2 459
$\text{LiNO}_3\text{-NaCl}$	255	354	2 368
LiNO_3	253	373	2 380

Retour sur l'ouverture du chapitre (esprit critique)

33 Et l'avenir...

✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie (discerner ressource et énergie, source et transfert, connaître la classification de l'énergie, etc.)

Comment stocker l'énergie solaire pour assurer la production d'électricité la nuit ou lorsque la demande est plus forte ?

Dans les centrales solaires thermiques à concentration, le rayonnement solaire est concentré, via des miroirs réflecteurs sur un récepteur. Ce récepteur absorbe l'énergie et la transfère à un matériau, appelé MCP (matériau à changement de phase).

1. Dans un premier temps, le MCP absorbe de la chaleur. Cette transformation est-elle exothermique ou endothermique ?

2. On parle de stockage thermique. Justifier ce terme.

3. Comment est-il possible de déstocker cette énergie afin de la transférer sous forme électrique, y compris la nuit ?

4. La technologie des centrales solaires thermiques à concentration a considérablement évolué et fait l'objet de nombreuses études actuellement. Pouvez-vous en donner plusieurs raisons ?

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'informations sur une centrale solaire mettant en jeu des sels fondus.

LLS.fr/PC2CentraleSolaire



S'appropriier le cours en autonomie

Objectifs :

- Préparer le cours en s'appropriant le vocabulaire et les notions concernant les changements d'état physique.
- Réaliser un bilan synthétique des notions abordées sous la forme d'une carte mentale ou d'un diagramme.

A Transformations physiques



Visionner les capsules vidéos « État de la matière », « Les changements d'état physique de la matière » et « Transferts thermiques avec changement d'état » sur [LLS.fr/PC2P141](https://lls.fr/PC2P141) puis répondre aux questions.

1. Décrire en une phrase chacun des trois états de la matière au niveau macroscopique et au niveau microscopique.
2. Que se passe-t-il au niveau microscopique :
 - lors du passage de l'état liquide à l'état gazeux ?
 - lors du passage de l'état solide à l'état liquide ?
 - lors du passage de l'état liquide à l'état solide ?

3. Décrire l'évolution de la température d'un corps pur :

- avant le changement d'état ;
- pendant le changement d'état ;
- après le changement d'état.

CONSEILS :

- Prendre des notes pendant la vidéo.
- Trouver les mots-clés et les notions importantes.

B Énergie d'un changement d'état



À partir de la capsule vidéo « Transferts thermiques avec changement d'état » et de la capsule vidéo « Énergie solaire thermodynamique, emplois, technologies et investissements au Maroc » sur [LLS.fr/PC2P141](https://lls.fr/PC2P141), répondre aux questions.

1. Lors du passage de l'état solide à l'état liquide du corps pur, sous quelle forme se font les transferts d'énergie ?
2. À quoi sert l'énergie fournie à un corps pur avant le début de sa fusion ? pendant la fusion ? après la fin de sa fusion ?
3. Dans quelle(s) situation(s) un transfert d'énergie est-il compté positivement ? négativement ?

C Synthèse



Rechercher des vidéos sur l'« Effet Mpemba » et décrire ce qu'est ce phénomène. Si ce phénomène est facile à mettre en évidence, son explication reste un mystère. Une hypothèse pour répondre à ce paradoxe serait de considérer un passage partiel de l'état liquide à l'état gazeux suivi d'un passage de l'état gazeux à l'état solide.



Utiliser le logiciel gratuit sur [LLS.fr/PC2P141](https://lls.fr/PC2P141) pour réaliser une carte mentale ou un diagramme synthétisant les notions abordées précédemment appliquées à l'exemple de l'effet Mpemba. La carte mentale ou le diagramme devra contenir :

- le nom des changements d'état impliqués ;
- les transferts d'énergie que subit l'eau ;
- les équations des changements d'état ;
- une description microscopique de l'eau pour chaque état.

Modélisation des transformations chimiques

ESPRIT CRITIQUE



Sur le terrain, le géologue dispose d'un moyen rapide et efficace pour déterminer si une roche est calcaire ou non. Il dépose quelques gouttes d'acide chlorhydrique sur la roche. Une effervescence indique que la roche est calcaire. La transformation chimique observée entre l'acide et la roche ne fait disparaître qu'une petite quantité de celle-ci.

➤ **Comment prévoir quelle fraction de la roche va réagir ?**

→ voir l'exercice 33, p. 159

Travailler

autrement

JEU SÉRIEUX

Comment estimer les quantités de réactifs nécessaires pour respecter le cahier des charges dans une usine de synthèse de produits ménagers ? Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser le jeu sérieux sur [genially](http://genially.com). LLS.fr/PC2P142

Voir p. 161





Cette plante croît grâce à la photosynthèse : de la matière organique est synthétisée grâce à l'apport d'énergie lumineuse provenant du Soleil.

→ Comment peut-on écrire l'équation de la réaction en identifiant expérimentalement les réactifs nécessaires à sa croissance ?

→ voir l'exercice 36, p. 160

À maîtriser pour commencer

- › Savoir que la masse se conserve au cours d'une transformation chimique
- › Savoir calculer les quantités de réactifs
- › Savoir identifier une espèce par un test chimique

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P143

Objectifs du chapitre

- ▣ Savoir écrire et équilibrer une équation de réaction par observation expérimentale
- ▣ Savoir identifier le réactif limitant
- ▣ Savoir relier les variations de température aux proportions de réactifs

1 Combustion du butane 60'

Le butane, liquide contenu dans les briquets, se consume à l'état gazeux lorsque, après avoir tourné la pierre, on maintient un appui sur le détendeur.

→ **Comment écrire l'équation de la combustion du butane par observations expérimentales ?**

Par intuition

Quels peuvent être les produits de la combustion du butane ?

Doc. 1 La réaction de combustion

Lors d'une combustion, il faut réunir trois éléments :

- un combustible qui est l'un des réactifs de la réaction, ici, c'est le butane ;
- un comburant qui est l'autre réactif de la réaction, c'est souvent un constituant de l'air ambiant ;
- une énergie d'activation provenant la plupart du temps d'une étincelle.



L'air ambiant est composé de 78 % de diazote, 21 % de dioxygène et 1 % d'autres gaz.

Doc. 2 Une combustion complète ou incomplète ?

Une combustion complète est obtenue lorsque la proportion de dioxygène disponible est suffisamment importante par rapport à celle de butane libéré par le briquet. Ainsi, en produisant une petite flamme, la combustion sera complète.

Donnée

• Formule du butane : C_4H_{10} .



Combustion complète
Non toxique



Combustion incomplète
Production de monoxyde de carbone

Doc. 3 Matériel nécessaire

- Un briquet réglé pour produire une petite flamme ;
- Un tube à essai avec son bouchon et son portoir pour récupérer les gaz produits ;
- De l'eau de chaux fraîche ;
- Du sulfate de cuivre anhydre ;
- Une spatule ;
- Une pince en bois.

Doc. 4 Modéliser une transformation chimique

Une **transformation chimique** est modélisée par une **réaction** qui ne détaille que l'état initial et l'état final.

L'équation de la réaction est un bilan sur lequel les molécules sont notées avec leur formule chimique.

La combustion complète du méthane dans le dioxygène se traduit par l'équation $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow 2 H_2O + CO_2$

Compétences

- ✓ REA : Respecter les règles de sécurité
- ✓ MOD : Modéliser une transformation

- 1. Doc. 1** Faire un bilan des espèces présentes à l'état initial lorsque l'on allume un briquet. Quels sont les deux réactifs ? Quelles sont les espèces spectatrices ?
- 2. Doc. 2 et 3** D'après le matériel mis à disposition, quel type de combustion veut-on réaliser ici ?
- 3. Doc. 3** Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant d'identifier les deux produits formés lors de la combustion du butane.
- 4.** Traduire la transformation ayant eu lieu par une équation de la réaction de combustion du butane. L'équation doit respecter la conservation des éléments.

Synthèse de l'activité

Les réactifs d'une transformation chimique réagissent-ils toujours dans les mêmes proportions ? Justifier.

2 Les limites d'une réaction !

Lorsque l'on fait réagir deux réactifs ensemble, un ou plusieurs produits se forment. Selon les quantités de réactifs mis en jeu, les quantités de produits obtenues varient.

→ **Quels paramètres déterminent la quantité maximale de produit pouvant être obtenue ?**

Par intuition

Comment peut-on prévoir la quantité finale de produit créée par une réaction ?

Doc. 1 La réaction étudiée

Durant cette expérience, on étudie la transformation entre les ions cuivre (II), Cu^{2+} , apportés par une solution de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}; \text{SO}_4^{2-}$) et les ions hydroxyde, HO^- apportés par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+; \text{HO}^-$).

Cette réaction va former un précipité bleu d'hydroxyde de cuivre (II) de formule $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Les ions sulfate SO_4^{2-} et sodium Na^+ ne participent pas à la transformation.



Données

- Une mole de sulfate de cuivre a une masse de 160 g ;
- Une mole d'hydroxyde de sodium a une masse de 40 g.

Compétences

- ✓ ANA : Faire le lien entre un modèle microscopique et une observation macroscopique
- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

Synthèse de l'activité

Qu'est-ce qu'un réactif limitant ? Comment peut-on l'identifier grâce aux observations du déroulé d'une transformation chimique ?

Doc. 2 Matériel nécessaire

- Une solution de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}; \text{SO}_4^{2-}$) contenant 16 g par litre de solution ;
- Une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+; \text{HO}^-$) contenant 16 g par litre de solution ;
- De l'eau distillée ;
- Des pipettes compte-gouttes ;
- Un dispositif de filtration avec trois papiers filtres ;
- Des béchers ;
- Six tubes à essai et un porte-tube ;
- Deux éprouvettes graduées de 20 mL.

Doc. 3 Expérience

On réalise trois fois la transformation dans trois béchers différents selon les proportions décrites ci-dessous :

Bécher	n° 1	n° 2	n° 3
Volume de solution de sulfate de cuivre	20 mL	20 mL	20 mL
Volume de solution d'hydroxyde de sodium	5 mL	10 mL	15 mL
Volume d'eau distillée	15 mL	10 mL	5 mL

- Doc. 1** Écrire l'équation de la transformation étudiée.
- Doc. 2 et 3** Écrire le protocole à réaliser pour répondre à la problématique.
- Réaliser le protocole et noter l'évolution des paramètres suivants pour les trois expériences : quantité de précipité formé, couleur du filtrat, teneur en ions cuivre (II) dans le filtrat, teneur en ions hydroxyde dans le filtrat.
- En déduire le(s) réactif(s) entièrement consommé(s) pour chaque transformation.
- Calculer les quantités de matière des espèces présentes à l'état initial. Les observations expérimentales sont-elles en accord avec les valeurs calculées ?

3 Un détartrage complet ?

Le tartre est un dépôt solide de carbonate de calcium CaCO_3 qui se retrouve dans les appareils utilisant de l'eau. Lorsqu'une bouilloire, une machine à laver ou un chauffe-eau est entartré, ses performances sont réduites. Ainsi, il est important de détartrer ces appareils régulièrement avec du vinaigre blanc par exemple.

→ **Quelle quantité de vinaigre blanc doit-on utiliser pour détartrer complètement le fond d'une bouilloire ?**

Par intuition

Comment voit-on que l'on a utilisé assez de vinaigre ?

Doc. 1 Acide et calcaire

Le tartre est un dépôt solide de calcaire sous la forme de carbonate de calcium CaCO_3 . Pour l'éliminer, il faut transformer cette espèce solide en espèces solubles dans l'eau. Cela peut se faire par une réaction acido-basique entre un acide et le carbonate de calcium. Le vinaigre ménager (ou vinaigre blanc, cristal ou d'alcool) contient de l'acide éthanoïque, CH_3COOH .

Lors de la réaction entre le carbonate de calcium et un acide, on fait le constat suivant :

- un dégagement gazeux qui trouble l'eau de chaux ;
- la quantité d'eau dans le système augmente ;
- il se produit des ions calcium Ca^{2+} et des ions éthanoate CH_3COO^- .

Doc. 3 Résultats d'expérience

Les trois quantités citées ont été testées sur 60 g de carbonate de calcium. Voici les résultats obtenus :

- avec 200 mL de vinaigre, il reste un important dépôt solide ;
- avec la moitié de la bouteille de vinaigre, il reste un dépôt solide ;
- avec la bouteille entière, il n'y a plus aucun solide présent au fond de la bouilloire.

Doc. 2 Astuce de grand-mère !

Internet regorge de trucs et astuces pour le détartrage d'une bouilloire mais peu de sites s'accordent sur les quantités à utiliser.

Certains recommandent de mettre un verre d'eau de vinaigre blanc, soit environ 200 mL, d'autres conseillent de mettre la moitié de la bouteille d'1 L et d'autres encore proposent de mettre toute la bouteille.



Un vinaigre à 12 ° d'acidité signifie qu'il y a 12 g d'acide éthanoïque pour 100 mL de vinaigre.

Données

- Une mole de carbonate de calcium a une masse de 100 g ;
- Une mole d'acide éthanoïque a une masse de 60,0 g.

Numérique

Retrouvez plus d'informations sur l'équilibre acido-basique et les risques de l'acidification des océans.

[LLS.fr/PC2AcidificationOcean](https://lls.fr/PC2AcidificationOcean)

Compétences

- ✓ MOD : Modéliser une transformation chimique
- ✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

Synthèse de l'activité

- 1. Doc. 1** Faire un bilan des espèces chimiques présentes au début et à la fin de la réaction.
- 2. Doc. 1** En déduire l'équation de la réaction ayant lieu lors du détartrage.
- 3. Doc. 1** Quel est le réactif limitant quand la bouilloire est complètement détartrée ?
- 4. Doc. 2** Si l'on considère une couche de 1 mm d'épaisseur de tartre au fond de la bouilloire, soit 60 g de CaCO_3 , quel est le bon volume de vinaigre à ajouter ?
- 5. Doc. 3** Vérifier la réponse avec les résultats d'expériences proposés.

Peut-on identifier le réactif limitant avant d'effectuer une réaction ?

4 Faire chuter la température chimiquement 60'

Certains processus de dissolution sont endothermiques : la température du milieu s'abaisse au cours de la transformation chimique. Étudions la dissolution du chlorure d'ammonium.

→ **Peut-on modifier la valeur atteinte par la température à la fin de la réaction en changeant les conditions initiales ?**

Par intuition

Quelle température minimale peut-on atteindre avec cette réaction endothermique ?

Doc. 1 Le chlorure d'ammonium



Le chlorure d'ammonium, NH_4Cl , est un solide blanc à température ambiante. Il peut être irritant pour les yeux et nocif en cas d'ingestion.

Il est soluble dans l'eau jusqu'à une certaine limite : on ne pourra dissoudre que 37,2 g dans 100 mL d'eau à 20 °C.

Lors de la dissolution du chlorure d'ammonium dans l'eau, il se dissocie en ses ions constitutifs : les ions ammonium, NH_4^+ , et les ions chlorure Cl^- .

Danger du chlorure d'ammonium : H302 (toxicité aiguë (orale)) ; H319 (irritation des yeux).



Doc. 2 Matériel nécessaire

- Du chlorure d'ammonium solide ;
- De l'eau distillée ;
- Trois béchers ;
- Une éprouvette de 50 mL ;
- Une balance ;
- Une spatule ;
- Trois agitateurs en verre ;
- Trois thermomètres.

Doc. 3 Réaction endothermique

Une transformation endothermique est une transformation pour laquelle l'énergie absorbée est supérieure à l'énergie libérée.

L'énergie absorbée est transférée depuis le système sous forme de chaleur et la température du système diminue donc.

Il est ainsi possible de faire baisser la température chimiquement : de l'eau peut être liquide à une température inférieure à 0 °C si on y dissout un composé dont la transformation de dissolution est endothermique : elle consomme de l'énergie.

Attention, toutes les transformations de dissolution ne sont pas forcément endothermiques !

Compétences

- ✓ REA : Mettre en œuvre un protocole
- ✓ REA : Respecter les règles de sécurité

1. **Doc. 1** Écrire l'équation de la réaction de dissolution du chlorure d'ammonium dans l'eau.
2. **Doc. 2** Réaliser trois dissolutions de chlorure d'ammonium dans différentes proportions : 5, 10 et 15 g de NH_4Cl dans 50 mL d'eau. Mesurer la température initiale (avant ajout du solide) et la température finale atteinte par le système.
3. Écrire un compte rendu de chaque expérience en notant toutes les observations faites.

Synthèse de l'activité

La masse de réactif a-t-elle un impact sur la température finale atteinte par le système ?

1 Modélisation des transformations chimiques

A Observations macroscopiques

➤ Au cours d'une **transformation chimique**, des réactifs réagissent et forment des produits : un réarrangement entre les atomes a lieu. Pour écrire l'équation de la réaction, il faut identifier les espèces mises en jeu.

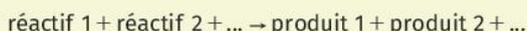
Pour cela, observer expérimentalement ce qui se passe lors de la transformation est crucial. En effet, des changements peuvent être visibles : apparition d'un solide, formation de bulles donc d'un gaz, changement de couleur, etc. Il est aussi possible d'utiliser les tests chimiques d'identification des espèces.

Ces observations expérimentales macroscopiques nous permettent d'écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique microscopique en identifiant les **réactifs** en jeu ainsi que les **produits**.

B Écriture symbolique d'une réaction chimique

➤ Après avoir observé et listé les espèces présentes au cours d'une transformation, il est possible d'indiquer quels sont les réactifs et quels sont les produits de la réaction en comparant les états initial et final de la réaction.

L'équation chimique modélise la transformation chimique microscopique ayant lieu. Elle indique donc les **réactifs** qui se transforment en **produits** à l'aide d'une flèche :



C Notion d'espèce spectatrice

Une espèce chimique qui est présente au cours de la réaction mais qui ne subit aucun changement est une espèce spectatrice.

Ainsi, cette espèce n'apparaît pas dans l'équation de la réaction chimique.

Application

Écrire l'équation de la réaction de combustion du carbone dans l'air (**doc. 2**).

Corrigé : Lors de la combustion du carbone, on constate que du dioxyde de carbone est formé (l'eau de chaux se trouble lorsqu'on l'ajoute dans le tube). De plus, cette combustion ne se fait qu'en présence d'air. L'air est un mélange de dioxygène et de diazote. Ce dernier étant inerte, seul le dioxygène réagit. Le diazote est donc une espèce spectatrice.

Ainsi, le bilan s'écrit :



Ou plus simplement : $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

Vocabulaire

- **Macroscopique** : se voit à l'œil nu.
- **Microscopique** : de dimension comparable à celle d'une entité chimique.

Doc. 1 Disparition d'un réactif

Lorsque l'on mélange de l'acide oxalique (incolore) et du permanganate de potassium (violet), on observe une disparition de la couleur avec le temps : cela signifie que le permanganate de potassium a disparu !



Retrouver la vidéo sur

[LLS.fr/PC2AcideOxalique](https://lls.fr/PC2AcideOxalique).

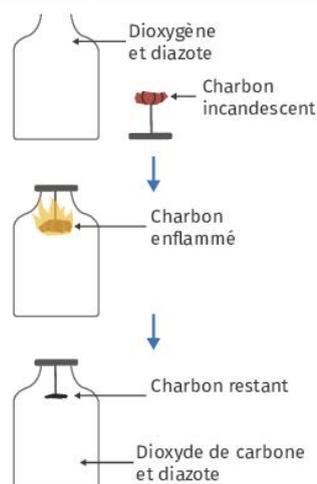
Éviter

les erreurs



- Attention à ne pas confondre l'apparition d'un solide avec un changement d'état. On traite dans ce chapitre de transformations chimiques.

Doc. 2 Réaction de combustion du carbone



Numérique

Retrouvez une vidéo sur l'ajustement d'une équation de réaction.

[LLS.fr/PC2EquationReaction](https://lls.fr/PC2EquationReaction)

2 Stœchiométrie de la réaction chimique

A Ajuster une équation chimique

La notion de stœchiométrie est indispensable pour décrire une réaction chimique qui respecte la loi de conservation de la matière. En effet, d'après le principe de Lavoisier (**doc. 3**), le nombre et la nature des éléments chimiques des réactifs doivent être identiques aux produits.

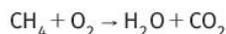
Ajuster une équation chimique consiste à prendre en compte la stœchiométrie de la réaction et donc à indiquer les proportions des réactifs réagissant ensemble et celles des produits formés.

On indique la stœchiométrie de la réaction en modifiant les nombres stœchiométriques.

Application

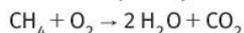
Écrire l'équation de la réaction de combustion du méthane.

Corrigé : Lors de la combustion du méthane avec le dioxygène, de l'eau se forme (gouttelettes sur le tube à essai bleuisant du sulfate de cuivre anhydre) ainsi que du dioxyde de carbone (l'eau de chaux se trouble lorsqu'on l'ajoute dans le tube) (**doc. 4**). Ainsi, l'équation s'écrit :

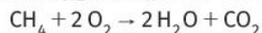


Cette équation n'est pas ajustée car il y a deux atomes d'hydrogène de différence entre les réactifs et les produits ainsi qu'un atome d'oxygène.

Ajouter le chiffre 2 devant l'eau pour ajuster les atomes hydrogène :



Il faut encore ajuster l'oxygène : ajouter un 2 devant le dioxygène :



L'équation de la réaction est ajustée car il y a autant d'atomes de carbone, d'oxygène et d'hydrogène dans les réactifs et dans les produits.

B Réactif limitant

Les nombres stœchiométriques nous renseignent sur les proportions de chacun des réactifs. Ces proportions ont un impact sur le déroulé de la réaction. Lorsque la réaction s'arrête, c'est qu'il n'y a plus de réactif pour réaliser la transformation. Seul un des réactifs peut être responsable de cet arrêt.

Le réactif limitant est celui qui est totalement transformé au cours de la réaction. Il est responsable de l'arrêt de la réaction.

Pour identifier le réactif limitant, il faut comparer les quantités de matière de chacun des réactifs. Cela permet ensuite de calculer les quantités de produits formés et celles des réactifs restants.

Doc. 3 Traité de Lavoisier

[...] car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération ; que la qualité et la quantité des principes sont les mêmes, et qu'il n'y a que des changements, des modifications.

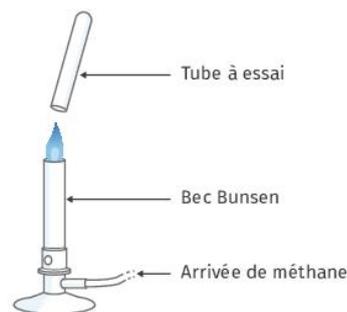
Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 1789.

Pas de malentendu



- Écrire une équation de réaction consiste à indiquer les réactifs et les produits mais aussi à l'équilibrer ! N'oubliez pas cette étape !

Doc. 4 Combustion du méthane



Éviter les erreurs



- Lorsque rien n'est écrit devant une molécule dans une équation chimique, c'est que le nombre stœchiométrique est égal à 1 !
- Le nombre stœchiométrique s'applique à tous les atomes de la molécule associée. Ainsi, pour $2 \text{H}_2\text{O}$, il y a $2 \times 2 = 4$ atomes d'hydrogène et $2 \times 1 = 2$ atomes d'oxygène.

Pas de malentendu



- Si les deux réactifs sont présents en **proportions stœchiométriques**, c'est qu'il n'en reste aucun à la fin de la transformation. Il n'y a donc aucun réactif limitant.

Numérique



Retrouvez une vidéo sur la notion de réactifs limitants.

[LLS.fr/PC2ReactifLimitant](https://lls.fr/PC2ReactifLimitant)

Application

On dispose d'un tube à essai contenant 250 g de dioxygène. On y fait brûler 50 g de méthane. Identifier le réactif limitant.

Corrigé : Calculer les quantités de matière de chacun des réactifs.

Si une mole de méthane pèse 16 g, calculer la quantité de matière contenue dans 50 g de méthane : $\frac{50}{16} = 3,1$ mol.

Si une mole de dioxygène pèse 32 g, calculer la quantité de matière contenue dans 250 g de dioxygène : $\frac{250}{32} = 7,8$ mol.

Or, d'après l'équation de la réaction, une mole de méthane réagit avec deux moles de dioxygène. Ainsi, 3,1 mol de méthane réagissent avec $3,1 \times 2 = 6,2$ mol de dioxygène.

Le méthane est donc le réactif limitant car la quantité de matière de méthane n'est pas suffisante pour faire réagir la totalité du dioxygène.

Données

- Une mole de méthane a une masse de 16 g ;
- Une mole de dioxygène a une masse de 32 g.

Doc. 5 Torchère



► Torchère brûlant des déchets de gaz naturels sur un site d'exploitation.

Doc. 6 Combustion d'une allumette



► Lorsqu'une allumette se consume, c'est une réaction de combustion qui produit de la chaleur : la réaction est exothermique.

Pas de malentendu



- Il se peut qu'il n'y ait aucune variation de température au cours de la transformation. Dans ce cas, la réaction est dite athermique.

3 Effets thermiques d'une transformation chimique

A Transformations endothermiques ou exothermiques ?

► Au cours d'une transformation chimique, des liaisons sont brisées lorsqu'une quantité suffisante d'énergie leur est apportée. C'est pour cette raison qu'une amorce est nécessaire pour démarrer une combustion.

À l'inverse, de nouvelles liaisons chimiques sont créées en libérant de l'énergie. Au final, la réorganisation des molécules implique de l'absorption et de l'émission d'énergie.

► Pour savoir si globalement la réaction consomme de l'énergie ou si elle en libère, il faut comparer l'énergie nécessaire pour briser les liaisons des réactifs avec celle nécessaire pour former les liaisons des produits. L'énergie absorbée ou libérée est échangée avec le système sous forme d'énergie thermique.

Une réaction chimique qui nécessite une absorption d'énergie est **endothermique** : la température globale du système va diminuer.

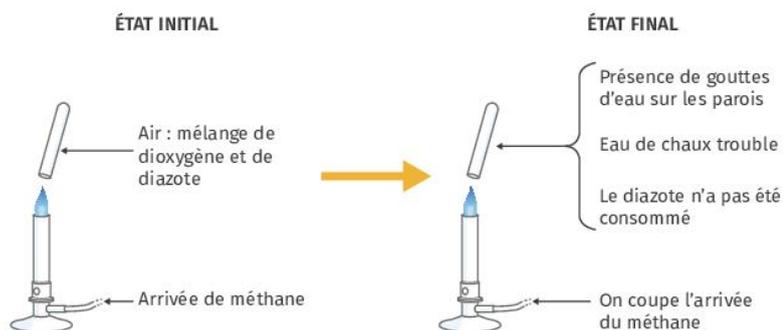
Une réaction chimique qui libère de l'énergie est **exothermique** : la température globale du système va augmenter.

B Influence de la masse de réactif limitant

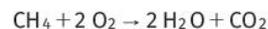
► Si l'on fait varier la masse du réactif limitant, on fait varier la quantité de produits formés et donc l'énergie absorbée ou libérée par la transformation.

Plus la masse du réactif limitant est élevée, plus la variation de température observée sera significative.

Modélisation d'une transformation chimique



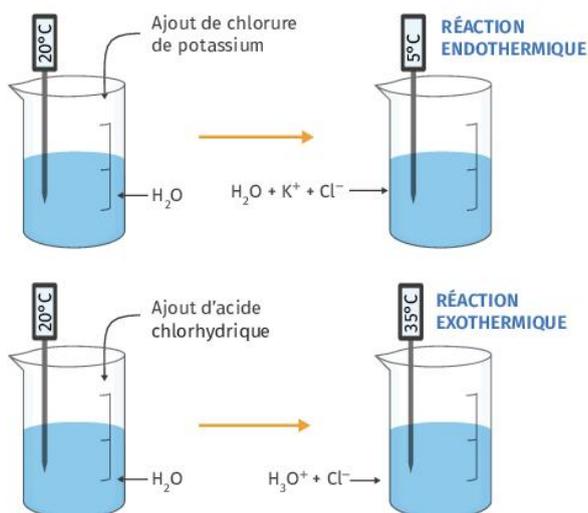
L'équation ajustée de cette réaction est :



Le diazote est une espèce spectatrice : il n'est pas consommé au cours de la réaction.

Le réactif limitant est celui qui disparaît totalement. Il empêche la réaction de se poursuivre. Ici, il s'agit du méthane.

Échange d'énergie lors d'une transformation chimique



Le changement de température observé varie en fonction de la masse du réactif limitant utilisé pour la transformation.

Les limites de la modélisation

On considère ici que c'est la consommation totale du réactif limitant qui arrête la transformation. Cette affirmation n'est valable que pour des transformations dites totales.

Ce modèle permet de :

- faire un bilan des espèces présentes en fin de transformation par le biais de l'équation de la réaction.

Mais il ne permet pas de :

- prendre en compte les transformations qui ne sont pas totales : la réaction peut prendre fin avant que l'un des réactifs soit en défaut. La réaction a atteint un état d'équilibre entre les réactifs et les produits.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire une carte mentale et reprendre les principales notions du chapitre ! LLS.fr/PC2P151

1 Modélisation des transformations chimiques

A

B

C

1. On observe un dégagement gazeux au cours d'une transformation chimique. Après analyse, on constate que ce gaz est du dioxyde de carbone. On peut le qualifier de :

réactif.

produit.

réactif et produit.

2. Une espèce spectatrice lors d'une transformation chimique correspond à :

un joueur sur le banc de touche.

un joueur sur le terrain.

un spectateur dans les gradins.

2 Stœchiométrie des réactions chimiques

1. Les nombres stœchiométriques :

peuvent être nuls.

servent à ajuster l'équation.

dépendent des quantités de matière.

2. Le réactif limitant est celui :

qui est entièrement consommé lorsque la réaction s'arrête.

qui possède la plus petite quantité de matière entre les deux réactifs.

qui possède le plus petit nombre stœchiométrique entre les deux réactifs.

3. Dans cette équation, $C_3H_8 + a O_2 \rightarrow b CO_2 + c H_2O$, a, b et c valent :

a = 5, b = 2 et c = 4.

a = 5, b = 3 et c = 4.

a = 1, b = 3 et c = 4.

3 Variation de température

1. Une transformation chimique dont la température augmente au cours de la réaction est :

endothermique.

exothermique.

athermique.

2. On réalise la même réaction qu'au 3. 1. mais cette fois-ci l'augmentation de la température est plus faible :

on a diminué les masses des deux réactifs.

on a augmenté la masse du réactif limitant.

on a diminué la masse du réactif limitant.

3. Une augmentation de température a toujours pour origine une transformation chimique.

Vrai.

Faux.

-

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P152

4 Questions Jeopardy

♦ Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

a. On l'appelle réactif limitant.

b. Cette transformation est endothermique.

Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 344)

□ Savoir écrire et équilibrer une équation de réaction	11	12	[DIFF]	21
□ Savoir identifier le réactif limitant			13	21
□ Savoir relier les variations de température aux proportions de réactifs			16	25

Pour s'échauffer

5 Équation de réaction (1)

Le fer solide Fe réagit lorsqu'il est plongé dans une solution contenant des ions hydrogène H⁺. Un gaz est formé : le dihydrogène H₂ et des ions fer (II) Fe²⁺ apparaissent en solution.

- Écrire l'équation de la réaction correspondant à cette transformation chimique.

6 Équation de réaction (2)

• Ajuster cette équation de réaction :
 $... Al(s) + ... H^+(aq) \rightarrow ... Al^{3+}(aq) + ... H_2(g)$

7 Équation de réaction (3)

On étudie la formation d'un précipité rouge selon la réaction : $Fe^{3+}(aq) + 3 OH^-(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(aq)$

- Que signifie le chiffre 3 inscrit devant les ions hydroxyde selon l'équation de la réaction ?

8 Réactif limitant

Dans la pile Daniell, les ions cuivre (II), bleus en solution, réagissent avec le zinc solide présent sur une électrode. À la fin de la réaction, la solution est encore bleue.

- Quel est le réactif limitant ?

9 Variation de température (1)

Lorsque l'on dissout le chlorure de sodium dans de l'eau, la température du système s'abaisse.

- Comment qualifie-t-on cette transformation ?

10 Variation de température (2)

Lors de la combustion du propane C₃H₈ dans le dioxygène, de l'eau et du dioxyde de carbone se forment.

1. Écrire l'équation de la réaction.
2. Il y a échauffement du système : est-ce une transformation endothermique ou exothermique ?

Pour commencer

Modélisation des transformations chimiques

11 Savoir modéliser une réaction chimique

✓ ANA : Faire le lien entre un modèle microscopique et une observation macroscopique



Lors d'une plongée sous-marine, la respiration est possible grâce aux bouteilles de plongée. Elles sont remplies d'un mélange de gaz constitué de dioxygène O₂ et de diazote N₂. Ces deux gaz sont

inspirés par le plongeur et transportés dans l'organisme par le sang. Le diazote n'est pas consommé et s'accumule dans le sang alors que le dioxygène est consommé par les muscles. En réagissant avec le glucose C₆H₁₂O₆, il produit du dioxyde de carbone CO₂ et de l'eau H₂O ainsi que l'énergie nécessaire à la mise en mouvement des muscles.

1. Parmi toutes les espèces citées ci-dessus, une espèce est spectatrice. Laquelle ?

12 Analyser un énoncé

✓ MOD : Modéliser une transformation

La fermentation lactique est un procédé utilisé pour conserver certains types d'aliments (yaourts, certains fromages, etc.). Elle produit de l'acide lactique C₃H₆O₃ à partir du glucose C₆H₁₂O₆ du lait, grâce à certaines bactéries. Cette formation d'acide fait diminuer le pH du milieu, ce qui ralentit la prolifération de certaines bactéries non désirées. Plus il y a d'acide lactique formé, moins les bactéries sont actives, et l'aliment se conserve mieux.

1. Quel est le réactif de la réaction ?
2. Quel est le produit de la réaction ?
3. Écrire l'équation de la réaction.



Lactobacilles produisant l'acide lactique.

Stœchiométrie des réactions chimiques

13 Identifier le réactif limitant

✓ MOD : Modéliser une transformation

On étudie la synthèse de l'aspirine. On insère 100 g d'acide salicylique de formule $C_7H_6O_3$ en solution et on ajoute 100 g d'anhydride éthanoïque de formule $C_4H_6O_3$. On obtient alors de l'aspirine de formule $C_9H_8O_4$ ainsi que de l'acide éthanoïque de formule $C_2H_4O_2$.

1. Quelle est l'équation de la réaction ?
2. Quel est le réactif limitant ?

Données

Une mole d'acide salicylique a une masse de 138 g tandis qu'une mole d'anhydride éthanoïque a une masse de 102 g.

14 Comprendre l'écriture d'une équation de réaction

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

La synthèse de l'ammoniac se produit selon cette équation de réaction non ajustée : $N_2(g) + H_2(g) \rightarrow NH_3(g)$.

1. Ajuster l'équation de la réaction.
2. On se place dans les proportions stœchiométriques. Reproduire et compléter ce tableau en conséquence :

$n(N_2)$ (mol)	1			5
$n(H_2)$ (mol)		1	8	

Variation de température

15 Étudier une combustion

✓ MOD : Utiliser rigoureusement le modèle de l'énergie

Pour étudier la combustion du carbone, on suspend un bout de charbon à une plaquette en bois. On allume le morceau de charbon à l'aide d'un briquet et on le place à l'intérieur d'un flacon contenant de l'air. On observe alors la formation de dioxyde de carbone dans le flacon.

1. Écrire l'équation de la réaction expliquée dans ce texte.
2. Pourquoi le morceau de charbon n'a-t-il pas été entièrement consommé ?
3. Il y a eu augmentation de la température globale du système, comment qualifier cette réaction ?

16 Étudier une dissolution

✓ MOD : Utiliser rigoureusement le modèle de l'énergie

Les poches de froid utilisées par les sportifs contiennent deux compartiments : un contenant du nitrate de sodium $NaNO_3$ et un contenant de l'eau. Lorsque les deux se mélangent, la poche refroidit.

1. Écrire l'équation de dissolution du nitrate de sodium dans l'eau sachant qu'il y a formation de ces ions constitutifs : Na^+ et NO_3^- .
2. Cette transformation est-elle endothermique ou exothermique ?

Une notion, trois exercices

DIFFÉRENCIATION

- Savoir-faire : Savoir écrire et équilibrer une équation de réaction

17 Test d'identification des ions chlorure

✓ MOD : Modéliser une transformation

En ajoutant du nitrate d'argent, $AgNO_3$, dans une solution contenant des ions chlorure, Cl^- , il y a formation d'un précipité blanc qui noircit à la lumière.

1. Lorsque l'on met le nitrate d'argent en solution, il se dissocie en ses ions constitutifs : Ag^+ et NO_3^- . Écrire cette équation de dissolution.
2. Écrire l'équation de formation du précipité.
3. Quelle espèce, présente en solution, est spectatrice de cette deuxième transformation ?

18 Test d'identification des ions fer (II)

✓ MOD : Modéliser une transformation

Pour mettre en évidence la présence d'ions fer (II), Fe^{2+} , dans une solution, on peut ajouter quelques gouttes d'hydroxyde de sodium, $NaOH$. Il y aura formation d'un précipité vert de formule $Fe(OH)_2$.

- ♦ Écrire l'équation de formation du précipité.



19 Test d'identification des ions aluminium

✓ MOD : Modéliser une transformation

Les ions aluminium, Al^{3+} , peuvent être identifiés en solution grâce à la formation d'un précipité blanc lorsque l'on ajoute quelques gouttes d'hydroxyde de sodium $NaOH$.

1. Écrire l'équation de la réaction de formation du précipité.
2. Quel est a priori le réactif limitant ?

La bougie

Énoncé

La bougie génère de la lumière grâce à la combustion de la paraffine de formule $C_{25}H_{52}$.

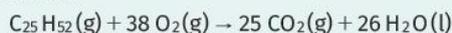
Cette cire monte par capillarité dans une mèche et elle se vaporise. La paraffine à l'état gazeux réagit au contact du dioxygène dans la zone de combustion, et la flamme est ainsi entretenue. Une réaction de combustion complète peut alors avoir lieu : il se produit du dioxyde de carbone et de l'eau.



1. Deux transformations différentes sont décrites dans ce texte. Laquelle est une transformation physique ?
2. Quels sont les réactifs de la réaction chimique qui a lieu ?
3. Quels sont les produits de la réaction chimique qui a lieu ?
4. Écrire l'équation de la réaction qui a lieu lorsque la bougie se consume.

Solution rédigée

1. Les deux transformations décrites sont la vaporisation de la paraffine lorsqu'elle sort de la mèche ainsi que la combustion de la paraffine avec le dioxygène. La première transformation est un changement d'état donc c'est une transformation physique.
2. D'après le texte, la réaction chimique ayant lieu est la combustion de la paraffine. Ainsi, les réactifs sont la paraffine de formule $C_{25}H_{52}$ et le dioxygène de formule O_2 .
3. Les produits de la réaction sont le dioxyde de carbone CO_2 et l'eau H_2O .
4. Grâce aux deux questions précédentes et en équilibrant l'équation, on obtient :



20 Mise en application

Le briquet permet lui aussi une réaction de combustion d'un hydrocarbure. Le combustible est le butane, placé dans un réservoir sous forme liquide de formule C_4H_{10} . En appuyant sur le bouton poussoir, il y a vaporisation du butane. La roulette crantée permet de former une flamme en tapant contre une pierre. À l'état gazeux, le butane s'enflamme alors au contact du dioxygène de l'air. La combustion du butane d'un briquet est incomplète, il peut se former du monoxyde de carbone et du carbone en plus du dioxyde de carbone et de l'eau formés dans toutes combustions.

1. Deux transformations différentes sont décrites dans ce texte. Laquelle est physique ?
2. Pour la transformation chimique, écrire l'équation équilibrée de la réaction ayant lieu, sachant qu'il se forme notamment du carbone.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Si la transformation est physique, c'est qu'il n'y a pas eu changement de structure.
2. Les réactifs sont les espèces présentes à l'état initial de la réaction chimique.
3. Les produits sont les espèces présentes à l'état final.
4. L'équation s'écrit : réactifs \rightarrow produits. Équilibrer l'équation pour qu'il y ait conservation des éléments.

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Repérer les deux transformations dans le texte. S'il y a un changement d'état, c'est une transformation physique.
2. Rechercher le mot *consommé* ou *réagit* pour trouver les réactifs.
3. Rechercher le mot *produit* ou *formé* pour trouver les produits.
4. Commencer par équilibrer les atomes de carbone puis ceux d'hydrogène et enfin ceux d'oxygène.

Pour s'entraîner

21 Arbre de Diane

✓ MOD : Modéliser une transformation

On plonge un morceau de cuivre solide dans un bécher contenant une solution incolore contenant des ions argent notés Ag^+ . Quelques instants après, on ajoute une solution d'hydroxyde de sodium dans la solution finale, et on constate l'apparition d'un précipité bleu.



1. D'après l'observation des photos et l'énoncé, analyser les produits formés lors de cette réaction.
2. Écrire l'équation de la réaction chimique ayant eu lieu dans le bécher.

Rappel

Les ions cuivre (II) notés Cu^{2+} forment un précipité bleu lorsqu'ils sont en contact d'une solution d'hydroxyde de sodium.

ÉTYMOLOGIE

Le nom donné à cet édifice chimique provient de l'alchimie. En effet, les personnages de la mythologie romaine étaient associés aux métaux. Diane était le nom associé à l'argent. Ainsi, cette végétation métallique d'argent a pris le nom d'arbre de Diane.

22 Le bicarbonate en QCM

✓ MOD : Modéliser une transformation

Le bicarbonate de sodium peut faire office de levure pour les pâtisseries. En effet, en chauffant du bicarbonate de sodium, on obtient de l'eau, du dioxyde de carbone et du carbonate de sodium de formule $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$.

1. Sachant que les nombres stœchiométriques sont tous égaux à un sauf celui du réactif, la formule du bicarbonate de sodium est :
 - a. $\text{Na}_2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_6$.
 - b. Na_2HCO_6 .
 - c. NaHCO_3 .
2. Quel produit permet de faire gonfler une préparation culinaire ?
 - a. L'eau.
 - b. Le dioxyde de carbone.
 - c. Le carbonate de sodium.

23 Eau de chaux

✓ MOD : Modéliser une transformation

Fréquemment utilisée en Sciences de la vie et de la Terre, l'eau de chaux permet de vérifier la présence de dioxyde de carbone dans une solution.

Elle est préparée à partir de calcaire de formule CaCO_3 qui est chauffé pour se décomposer en dioxyde de carbone et en oxyde de calcium de formule CaO . Ce dernier, aussi appelé chaux vive, est hydraté pour produire de la chaux éteinte de formule $\text{Ca}(\text{OH})_2$. On obtient alors de l'eau de chaux en diluant ce produit légèrement.

1. Écrire les deux équations de réaction permettant de transformer le calcaire en chaux éteinte.

Si on souffle à l'aide d'une paille dans une solution d'eau de chaux, elle va se troubler : un précipité s'est formé par réaction avec le dioxyde de carbone expiré.

2. Sachant que cette réaction produit aussi de l'eau, et que tous les nombres stœchiométriques sont égaux à 1, trouver la formule du précipité formé.

Comprendre les attendus

24 La combustion de l'éthanol

✓ MATH : Utiliser le calcul numérique

On imbibe un morceau de tissu avec de l'éthanol de formule $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. Après avoir enflammé le tissu dans un flacon, on constate qu'il y a de la vapeur d'eau sur les parois du flacon, et l'eau de chaux que l'on insère dans le flacon se trouble. Le tissu est seulement un support pour réaliser la réaction, il n'y participe pas.

1. Toutes les espèces chimiques présentes dans l'air participent-elles à la combustion ?
2. Décrire le système à l'état initial et à l'état final.
3. En déduire l'équation de la réaction ayant eu lieu.
4. Les réactifs ont une masse de 100 g à l'instant initial et 38 mL d'eau se sont formés. Quelle masse du deuxième produit a été formée ?

Donnée

• Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Détails du barème

TOTAL/6,5 pts

- | | |
|--|------------|
| 1. Connaître la composition de l'air et les réactifs utiles à la combustion. | 1 pt |
| 2. Lister les réactifs et les produits. | 1 + 1 pt |
| 3. Écrire correctement l'équation de réaction et les nombres stœchiométriques. | 1 + 0,5 pt |
| 4. Utiliser la conservation de la masse. | 1 pt |
| Utiliser la masse volumique pour trouver la masse d'eau formée. | 1 pt |

25 Décomposition de l'eau oxygénée

✓ MOD : Utiliser le modèle de l'énergie

L'eau oxygénée ou peroxyde d'hydrogène est très utilisée pour ses propriétés oxydantes. Agent de blanchiment ou antiseptique, le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 peut se décomposer en deux produits très courants selon une réaction vive mais non toxique produisant de la chaleur. La poussière peut entraîner cette vive dismutation. Ainsi, le peroxyde d'hydrogène est souvent vendue sous l'appellation eau oxygénée stabilisée car des agents permettant d'éviter la dégradation de la molécule ont été ajoutés.

1. D'après le nom commercial du peroxyde d'hydrogène, quels sont les deux produits formés par décomposition de cette molécule ?
2. Écrire l'équation de la réaction, appelée réaction de dismutation.
3. Comment peut-on qualifier cette transformation d'un point de vue énergétique ?

26 Éthylotest

✓ MOD : Modéliser une transformation

La conduite sous l'emprise de l'alcool est dangereuse car elle modifie la perception et l'attention du conducteur. L'éthylotest est utilisé par les forces de l'ordre pour vérifier le taux d'alcool dans le sang.



Un solide orange contenant des ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ acidifiés par des ions H^+ est placé dans la barrette. Si la personne a absorbé de l'alcool, de l'éthanol C_2H_6O passe dans la barrette quand elle souffle dedans. Cela produit des ions chrome (III) Cr^{3+} de couleur verte, ainsi que de l'eau et de l'acide acétique $C_2H_4O_2$. Toutes les espèces étant piégées dans un gel de silice, on ne tient pas compte des états physiques pour l'écriture de l'équation de la réaction.

1. Compléter l'équation de la réaction ayant lieu dans la barrette lorsque la personne qui a consommé de l'alcool souffle dans le ballon. Penser à la conservation des éléments mais aussi à celle de la charge.
 $3C_2H_6O + 2Cr_2O_7^{2-} + \dots H^+ \rightarrow 3C_2H_4O_2 + \dots Cr^{3+} + \dots H_2O$
2. L'éthanol soufflé par la personne doit-il être le réactif limitant ou le réactif en excès de la transformation ?

Numérique

Retrouvez plus d'exercices sur [LLS.fr/PC2P157](https://lls.fr/PC2P157).

27 Le fer est attaqué !

✓ MOD : Modéliser une transformation chimique

Le fer sous forme métallique ne résiste pas à l'attaque des acides s'il n'est pas au préalable recouvert d'une couche de protection.



Train rouillé, Salar d'Uyuni (Bolivie).

L'acide chlorhydrique de formule $(H^+ ; Cl^-)$ est ajouté sur du fer solide Fe. Il se produit un dégagement gazeux ainsi que des ions fer (II) Fe^{2+} . Les ions chlorure Cl^- sont toujours présents en solution à la fin de la réaction.

1. Identifier le gaz formé.
2. Proposer un protocole pour l'identifier.
3. Écrire l'équation de la réaction chimique ayant lieu.
4. Les ions chlorure jouent-ils un rôle dans cette transformation chimique ? Quel nom leur donne-t-on ?

28 Copie d'élève à commenter

- ♦ Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

L'eau de Javel, produit d'entretien bien connu, est une solution d'hypochlorite de sodium.

L'hypochlorite de sodium $NaClO$ est le produit de la réaction réalisée entre le dichlore Cl_2 gazeux et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $NaOH$. Deux sous-produits sont également formés lors de cette synthèse : de l'eau H_2O et du chlorure de sodium formé en solution $NaCl$.

1. L'équation de réaction de la synthèse de l'hypochlorite de sodium est :
 $Cl_2 + NaOH \rightarrow NaCl + NaClO + H_2O$ *Incomplet !*
2. Si on veut optimiser la synthèse, il faut se placer dans les conditions stœchiométriques et donc faire en sorte qu'il y ait ~~autant~~ de dichlore qui réagisse avec de l'hydroxyde de sodium.
3. Aucun changement de température n'est observé pendant la synthèse donc cette transformation est ~~endothermique~~.

29 Cycle du cuivre

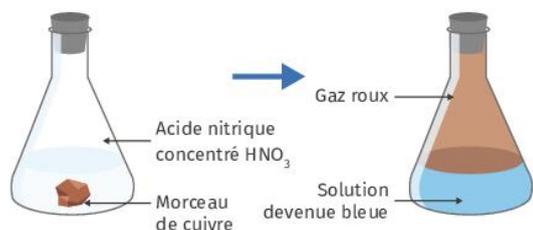
✓ ANA : Faire le lien entre un modèle microscopique et des observations macroscopiques

Le cuivre métallique est présent à l'état natif dans la croûte terrestre. Reconnaisable par sa couleur brique au naturel, il est beaucoup utilisé en bijouterie. Au laboratoire, il est possible de montrer la conservation de cet élément chimique lors d'une série de réactions chimiques successives.

Doc. 1 Étapes de la réaction

- Par chauffage, l'hydroxyde de cuivre $\text{Cu}(\text{OH})_2$ se déshydrate en oxyde de cuivre.
- La réaction entre le métal cuivre et l'acide nitrique produit des fumées rouges toxiques de dioxyde d'azote NO_2 et des ions cuivre Cu^{2+} donnant une couleur bleue à la solution.
- L'ion cuivre réagit avec une solution d'hydroxyde de sodium (Na^+ ; HO^-) en donnant un précipité bleu d'hydroxyde de cuivre. Les ions sodium Na^+ sont spectateurs.
- Un mélange de poudre de carbone C et d'oxyde de cuivre CuO chauffé de façon homogène donne du métal cuivre et produit un dégagement gazeux.

Doc. 2 Étape 1 de la réaction



- Remettre les différentes étapes expliquées ci-dessus dans le bon ordre pour qu'à partir du cuivre métal, on passe par quatre réactions successives pour obtenir à nouveau du cuivre métal.
- À l'aide de la question précédente, établir un schéma bilan permettant de rendre compte de l'état chimique du cuivre à chaque étape et du réactif avec lequel se fait la réaction entre deux étapes.
- Chacune des étapes, sauf la première, peut être traduite par une équation.
 - Quelles sont les espèces spectatrices ?
 - Écrire l'équation de la réaction de l'étape n° 2.
 - Déshydrater signifie enlever l'eau. En déduire l'équation de la réaction de l'étape n° 3.
 - Si on relie le tube à essai siège de la réaction n° 4 à un tube contenant de l'eau de chaux, on constate qu'elle se trouble. En déduire l'équation de la réaction correspondant à l'étape n° 4.
- Pourquoi cette suite d'expériences est-elle un exemple de la conservation de l'élément chimique ?

30 Question d'équilibre !

✓ MOD : Écrire et ajuster des équations de transformations

- Ajuster les équations suivantes.
 - $\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$.
 - $\text{I}_2(\text{g}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{I}^-(\text{aq}) + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq})$.
 - $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
 - $\text{CO}(\text{g}) + \text{NO}(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$.
- Ajuster les équations suivantes.
 - $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
 - $\text{Al}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$.
 - $\text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
 - $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Al}^{3+}(\text{aq})$.
- Ajuster les équations suivantes.
 - $\text{C}_7\text{H}_8(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
 - $\text{CO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$.
 - $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{g}) + \text{Fe}(\text{s})$.
 - $\text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Fe}^{3+}(\text{aq})$.

31 Acide et base

✓ MOD : Utiliser de façon rigoureuse le modèle de l'énergie

La réaction entre une solution d'acide chlorhydrique (H_3O^+ ; Cl^-) et une solution basique d'hydroxyde de sodium (Na^+ ; HO^-) produit de l'eau.



1. Écrire l'équation de la transformation.

2. Identifier les deux espèces spectatrices.

On réalise trois transformations dans les proportions indiquées ci-dessous :

Numéro de la réaction	1	2	3
Volume de solution d'acide (mL)	20	10	1
Volume de solution basique (mL)	10	20	20

1 L de solution acide contient 36,5 g de (H_3O^+ ; Cl^-) et 1 L de solution basique contient 40 g de (Na^+ ; HO^-).

On ajoute quelques gouttes de bleu de bromothymol à chaque transformation. C'est un indicateur de la présence d'ions oxonium H_3O^+ : en sa présence, la solution apparaît jaune. En son absence, elle est bleue.

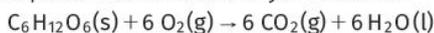
- Pour le premier mélange, justifier le fait que la solution apparaisse jaune.
- Quel est le réactif limitant pour le mélange 2 ? et 3 ? Entre l'état initial et l'état final pour le mélange n° 2, on constate que la température a augmenté de 3 °C.
- Cette réaction est-elle endothermique ou exothermique ?
- Comment va varier cette augmentation pour le mélange n° 3 ?

Pour aller plus loin

32 La combustion du glucose par les muscles

✓ ANA : Choisir et élaborer un protocole

Lors d'un effort musculaire, le glucose et le dioxygène sont consommés par les muscles afin de libérer de l'énergie. Du dioxyde de carbone et de l'eau sont produits. L'équation de la réaction ayant lieu est :



Les signes physiques d'un effort musculaire sont une augmentation de la température du corps ainsi que de la fréquence cardiaque et respiratoire.

On dispose d'un flacon rempli d'air, de cendres et de glucose en poudre ainsi que d'une allumette. La cendre permet seulement d'entretenir la combustion du glucose, elle n'entre pas en jeu dans l'équation de la réaction.

On a également la possibilité de trouver au laboratoire tout type de réactifs utiles pour faire des tests.

- D'après les rappels ci-dessous, proposer un protocole permettant de vérifier l'équation de la réaction proposée.
- Justifier chacun des signes physiques d'un effort musculaire.

► Tests caractéristiques d'identification d'espèces chimiques

Espèce testée	Méthode utilisée	Résultat positif
CO ₂	Barbotage dans l'eau de chaux	Solution trouble
H ₂	Approche d'une allumette	Un POP est entendu
O ₂	Approche d'une bûchette incandescente	Reprise de la combustion
H ₂ O	Dépôt sur sulfate de cuivre anhydre	Teinte bleue observée
C ₆ H ₁₂ O ₆	Chauffage avec quelques gouttes de liqueur de Fehling	Obtention d'un précipité orange

33 ESPRIT CRITIQUE ! ?

Du calcaire ?

✓ ANA : Faire le lien entre un modèle microscopique et une observation macroscopique

La réaction entre l'acide chlorhydrique et le calcaire a pour équation :



- D'après vous, pourquoi la roche n'est-elle pas entièrement transformée en produits lorsque l'on y dépose quelques gouttes d'acide chlorhydrique ?
- Comment peut-on qualifier l'acide chlorhydrique dans cette transformation ?
- Comment pourrait-on entièrement transformer l'échantillon de roche par cette réaction ?

34 Lavoisier et la conservation de la masse

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

Dans cet extrait du *Traité élémentaire de chimie* écrit par Lavoisier en 1789, le chimiste français étudie la combustion du fer de formule Fe(s). Il pèse les échantillons utilisés et obtenus et confirme ainsi sa loi.

Ce qu'il appelle « ethiops martial » est en réalité de l'oxyde de fer de formule Fe₃O₄(s).

► L'expérience de combustion du fer de Lavoisier

Je dois avertir ici qu'à moins qu'on ne veuille faire des expériences de recherches, il vaut mieux ne brûler que des quantités médiocres de fer. [...] On enlève doucement la cloche, on détache de la capsule les globules de fer qui y sont contenus, on rassemble soigneusement ceux qui pourraient s'être élaboussés et qui nagent sur le mercure, et on pèse le tout. Ce fer est dans l'état de ce que les anciens chimistes ont nommé ethiops martial, il a une sorte de brillant métallique, il est très cassant, très friable, et se réduit en poudre sous le marteau et sous le pilon. Lorsque l'opération a bien réussi, avec 100 grains de fer on obtient 135 à 136 grains d'ethiops. On peut donc compter sur une augmentation de poids au moins de 35 livres par quintal. Si l'on a donné à cette expérience toute l'attention qu'elle mérite, l'air se trouve diminué d'une quantité en poids exactement égale à celle dont le fer est augmenté. Si donc on a brûlé 100 grains de fer, et que l'augmentation de poids que ce métal a acquise ait été de 35 grains, la diminution du volume de l'air est assez exactement de 70 pouces cubiques, à raison d'un demi-grain par pouce cube.

Antoine-Laurent de Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 1789, p. 41 et 42.

- Écrire l'équation de la réaction réalisée par Lavoisier.
- Calculer la masse des réactifs et celle des produits.
- Expliquer alors la phrase « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».

Données

- 1 pouce cubique = 16,387 cm³ ;
- 1 grain a une masse de 0,0531 g ;
- 1 mL = 1 cm³ ;
- Masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,23 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

HISTOIRE DES SCIENCES

Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) est considéré comme le père de la chimie moderne, qui marque la fin de l'alchimie. Il est à l'origine de nombreuses découvertes en chimie comme la composition de l'air ou la conservation de la matière. Sa célèbre citation est une reformulation d'une phrase du philosophe grec Anaxagore.



35 Électrolyse de l'eau

✓APP : Faire un brouillon

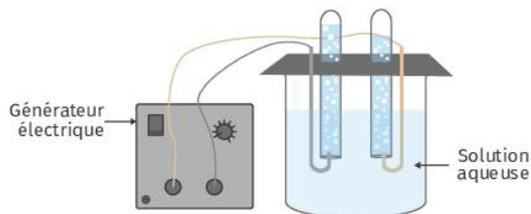
L'ammoniac, espèce utilisée dans de nombreuses industries (carburant, réfrigérant, fabrication d'engrais, etc.), est fabriqué à partir de dihydrogène. Ce dernier peut être produit par électrolyse de l'eau.

1. Écrire l'équation de réaction de formation de dihydrogène par électrolyse de l'eau.
2. Calculer le volume d'eau qui a été consommé pour produire 1 L de dihydrogène dans les conditions de l'expérience décrite ci-dessous.

Doc. 1 L'électrolyse de l'eau

Lors de son électrolyse, l'eau se décompose en deux gaz dont l'un est le dihydrogène.

Cette réaction n'est pas spontanée, il faut donc appliquer un courant électrique à une solution ionique pour réaliser cette décomposition. Le montage utilisé au laboratoire est le suivant :



Doc. 2 Observation suite à l'expérience

Une fois la réaction effectuée, on constate que l'on obtient un volume deux fois plus important d'un gaz que d'un autre.

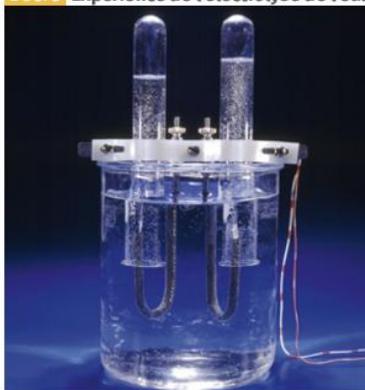
Au laboratoire, on peut approcher une allumette de chacune des éprouvettes après les avoir retournées. On constate que l'une ravive le feu alors que l'autre produit un « pop ». Ce bruit est entendu pour l'éprouvette où il y a le plus de gaz formé.

Données

Dans les conditions de l'expérience :

- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg L}^{-1}$;
- Masse volumique du dihydrogène : $\rho_{\text{dihydrogène}} = 0,0831 \text{ g L}^{-1}$;
- Masse volumique de l'autre gaz : $\rho_{\text{gaz}} = 1,33 \text{ g L}^{-1}$.

Doc. 3 Expérience de l'électrolyse de l'eau



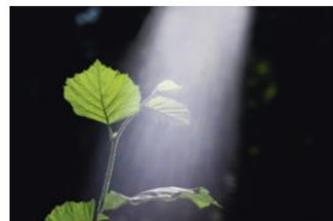
Retour sur la problématique du chapitre

36 Source de carbone ?

✓MOD : Modéliser une transformation chimique : savoir décrire l'état initial

On s'intéresse à la réaction de photosynthèse utilisée par les plantes pour leur développement. Afin de synthétiser la matière organique nécessaire à leur croissance, souvent du glucose de formule $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, les plantes ont besoin d'eau ainsi que d'une source de carbone. Il existe deux sources principales de carbone présentes à la surface de la Terre : le carbone sous forme solide disponible dans les sédiments, et le dioxyde de carbone gazeux, composant de l'atmosphère à hauteur de 0,04 %.

Pour déterminer quelle source de carbone participe à la photosynthèse, des scientifiques ont fait croître une plante dans une enceinte fermée et éclairée, contenant du dioxyde de carbone ainsi que de la terre humidifiée préalablement mélangée avec une source de carbone solide.



D'après les capteurs placés dans l'enceinte, du dioxygène a été formé pendant cette expérience.

- ♦ Quelle est la source de carbone utile à la réaction de photosynthèse ?

JEU
SÉRIEUX

Synthèse d'une molécule

A Des arômes synthétiques pour les produits ménagers

Un nettoyant ménager à l'odeur de fleur de jasmin

Pour son nouveau nettoyant Sols Magix®, la directrice commerciale de la société Lavorama®, Jamie Sembien, a choisi le parfum jasmin. Il faut plusieurs millions de bourgeons de jasmin pour extraire 1 kg d'huile essentielle de jasmin. L'huile essentielle pure contient environ 20 % d'acétate de benzyle, qui donne cette odeur caractéristique à la fleur de jasmin.

Synthèse de l'acétate de benzyle

Pour des raisons de coût et pour protéger les ressources naturelles, la directrice financière, Laure Enmace, propose d'utiliser une molécule synthétique, qui sera fabriquée par le laboratoire. C'est Hamid Azotay, le chimiste, qui est chargé d'en réaliser la synthèse.

B Vérifiez la pureté du produit obtenu !

Une tâche complexe

Afin d'estimer le coût de la production, la directrice commerciale demande à l'équipe de chimistes de proposer un protocole détaillé.



Votre mission :

Proposer un protocole et estimer les quantités de réactifs à utiliser pour synthétiser une tonne d'acétate de benzyle. Le mettre en œuvre sur un petit échantillon et vérifier la pureté du produit synthétisé.

À vous de jouer !

Allez chercher les informations, répondez aux questions, récoltez les indices dans le plateau de jeu en suivant le lien ci-dessous.

À la fin de votre mission, vous découvrirez un troisième indice qui vous aidera à résoudre l'énigme de cette année.



Faire le jeu sérieux sur [LLS.fr/PC2P161](https://lls.fr/PC2P161) !



genially

Liste du matériel

- Une balance ;
- Une coupelle de pesée ;
- Une spatule ;
- Des tubes à essais (et leurs bouchons) ;
- Un porte-tubes ;
- Une éprouvette graduée de 25 mL ;
- Une pipette simple ;
- Une pipette jaugée de 10,0 mL ;
- Un banc Kofler étalonné.



C Une mission, un métier

Le métier d'ingénieur(e) chimiste

Pétrochimie, agroalimentaire, pharmaceutique, colorants, transformation des plastiques... Dans de nombreuses industries, l'ingénieur(e) chimiste participe à

la recherche et développement, à la production, etc. L'environnement fait aussi partie de ses missions.

D'après l'Onisep



Retrouver la fiche Onisep sur [LLS.fr/PC2Chimiste](https://lls.fr/PC2Chimiste).

Synthèse de molécules naturelles

DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES



INGREDIENTS: WATER (75%), SUGARS (12%) (GLUCOSE (48%), FRUCTOSE (40%), SUCROSE (2%), MALTOSE (<1%), STARCH (5%), FIBRE (3%) (E460, E461, E462, E464, E466, E467) AMINO ACIDS (GLUTAMIC ACID (19%), ASPARTIC ACID (16%), HISTIDINE (11%), LEUCINE (7%), LYSINE (5%), PHENYLALANINE (4%), ARGININE (4%), VALINE (4%), ALANINE (4%), SERINE (4%), GLYCINE (3%), THREONINE (3%), ISOLEUCINE (3%), PROLINE (3%), TRYPTOPHAN (1%), CYSTINE (1%), TYROSINE (1%), METHIONINE (1%)), FATTY ACIDS (1%) (PALMITIC ACID (30%), OMEGA-6 FATTY ACID: LINOLEIC ACID (14%), OMEGA-3 FATTY ACID: LINOLENIC ACID (8%), OLEIC ACID (7%), PALMITOLEIC ACID (3%), STEARIC ACID (2%), LAURIC ACID (1%), MYRISTIC ACID (1%), CAPRIC ACID (<1%)), ASH (<1%), PHYTOSTEROLS, E515, OXALIC ACID, E300, E306 (TOCOPHEROL), PHYLLOQUINONE, THIAMIN, COLOURS (YELLOW-ORANGE E101 (RIBOFLAVIN), YELLOW-BROWN E160a), FLAVOURS (ETHYL HEXANOATE, ETHYL BUTANOATE, 3-METHYLBUT-1-YL ETHANOATE, PENTYL ACETATE), E1510, NATURAL RIPENING AGENT (ETHENE GAS).

À propos des molécules présentes dans les aliments, la bloggeuse et influenceuse FoodBabe a déclaré sur la chaîne américaine ABC News: « *If a third grader can't pronounce it, don't eat it* » (si un élève de CE2 ne peut pas le prononcer, ne le mange pas).

► En chimie, les noms des molécules dans la nomenclature officielle sont souvent complexes. Impliquent-ils pour autant un danger systématique pour la santé ?

→ voir l'exercice 32, p. 176

Travailler

autrement

EMI

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour visionner une vidéo dénonçant les dangers de la molécule de monoxyde de dihydrogène.

LLS.fr/PC2P162

Voir p. 179





→ Pour quelles raisons et comment synthétise-t-on des molécules pourtant présentes dans la nature ?

→ voir les activités 1 et 2, p. 164-165

À maîtriser pour commencer

- › Reconnaître et utiliser les pictogrammes de sécurité
- › Différencier un mélange et un corps pur
- › Interpréter la formule d'une molécule

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P163

Objectifs du chapitre

- ☐ Savoir ce qu'on appelle molécule de synthèse
- ☐ Connaître la différence entre une molécule artificielle et une molécule naturelle de synthèse
- ☐ Savoir mettre en œuvre un montage de chauffage à reflux
- ☐ Savoir mettre en œuvre une analyse par CCM

1 Pourquoi fabriquer ce qui existe déjà ? 30'

Une des activités du chimiste est de recréer des molécules de la nature pour les inclure dans la composition d'un yaourt, d'un médicament, etc.

→ Pourquoi chercher à reproduire ce que l'on trouve dans la nature ?

Par intuition

Un produit de synthèse est-il différent d'un produit extrait de la nature ?

Doc. 1 Les arômes d'un yaourt à la vanille

L'arôme d'un fruit ne dépend pas d'un seul type de molécule. Pour recomposer un arôme de pomme, il faut au moins 50 molécules différentes, dans les bonnes proportions. Par chance, dans la vanille, l'arôme est essentiellement dû à une seule molécule : la vanilline ($C_8H_8O_3$).

Pour faire un yaourt à la vanille, plusieurs méthodes. La première : extraire l'arôme de la gousse de vanille. C'est comme si vous prépariez vos yaourts vous-même, en trempant dans le lait les gousses fendues. Autre méthode : faire fabriquer par des chimistes la molécule de vanilline, à partir du bois ou de la betterave. Cette fois, l'arôme n'est plus appelé « naturel » mais « identique au naturel ». Il n'y a aucune différence entre la vanilline extraite de la gousse et celle qui sort du laboratoire, dont la formule est aussi $C_8H_8O_3$.

Enfin, un « goût vanille » peut être obtenu avec l'éthylvanilline ($C_9H_{10}O_5$), une molécule qui n'existe pas dans la nature. Elle n'a pas tout à fait le même goût que la vanilline, mais il en faut dix fois moins pour obtenir un produit aussi parfumé. Cette fois, l'arôme est dit « artificiel ».

D'après Sylvie Redon-Cluzard, *Sciences et Vie Junior*, Hors Série n° 60, avril 2005.



Vocabulaire

- **Espèce de synthèse** : élaborée par l'homme, existe dans la nature.
- **Espèce artificielle** : inventée par l'homme, n'existe pas dans la nature.

Numérique

Connaître la composition grâce à l'emballage, c'est possible ! Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver toutes les informations. LLS.fr/PC2P164

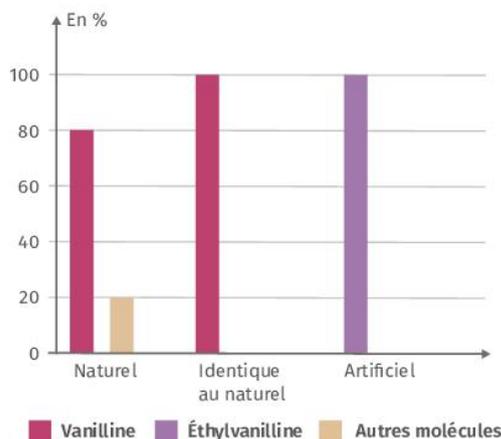
Données

- **Vanilline naturelle** : 3 500 €/kg ;
- **Vanilline de synthèse** : 50 €/kg ; • **Éthylvanilline** : 35 €/kg.

Compétence

✓ APP : Extraire des informations à partir de documents variés

Doc. 2 Composition de trois arômes de vanille



- Doc. 1** Identifier dans le texte la molécule naturelle extraite de la vanille, la molécule de synthèse identique à la molécule naturelle et la molécule de synthèse artificielle.
- Doc. 1** Quelle différence y a-t-il entre une molécule de vanilline naturelle et une molécule de vanilline de synthèse ?
- Doc. 2** Les arômes de synthèse présentés dans le document sont-ils des corps purs ou des mélanges ? Que penser de l'appellation « identique au naturel » ?

Synthèse de l'activité

Pour quelle(s) raison(s) les arômes de synthèse sont-ils privilégiés aux arômes naturels ?

2 Synthèse de l'éthanoate d'isoamyle 90'

L'éthanoate d'isoamyle est une molécule odorante que l'on trouve dans la banane, dans les pommes mûres, dans certains vins, etc.

→ Quelles sont les étapes à respecter lors de sa synthèse au laboratoire ?

Par intuition

À la fin de la manipulation, l'odeur dans la salle sera-t-elle vraiment celle d'une banane ?

Doc. 1 Protocole de la synthèse

Dans le ballon, introduire :

- 10 mL d'alcool isoamylique ;
- 15 mL d'acide éthanoïque ;
- 1 mL d'acide sulfurique.

Monter le système de chauffage à reflux, en respectant le sens de circulation de l'eau. Porter le mélange réactionnel à ébullition et chauffer à reflux durant 30 minutes.

Descendre le chauffe-ballon et le remplacer par un bain d'eau froide (ou laisser le ballon refroidir à l'air).

Procéder ensuite à un relargage : introduire dans le ballon 25 mL d'eau salée saturée ; verser le mélange réactionnel dans l'ampoule à décanter. Agiter, puis laisser décanter. Éliminer la phase aqueuse dans un bécher, recueillir alors la phase organique dans un tube fermé.

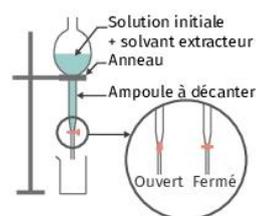
→ Fiche méthode 17, p. 334 sur le chauffage à reflux.

Données

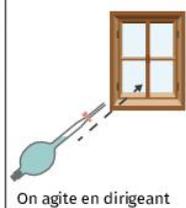
La réaction de synthèse est : **acide éthanoïque + alcool isoamylique → éthanoate d'isoamyle + eau**

Nom	Acide éthanoïque	Alcool isoamylique	Éthanoate d'isoamyle	Acide sulfurique
Formule	$C_2H_4O_2$	$C_5H_{12}O$	$C_7H_{14}O_2$	$(2H^+; SO_4^{2-})$
Masse volumique	1,05 g/mL	0,81 g/mL	0,87 g/mL	1,83 g/mL
Solubilité dans l'eau	Grande	Moyenne	Faible	Grande
Solubilité dans l'eau salée	Grande	Très faible	Très faible	Grande
Sécurité	 	 		

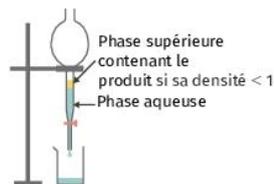
Doc. 2 Utilisation de l'ampoule à décanter



Introduction du mélange



On agite en dirigeant le robinet vers un mur ou une fenêtre



On laisse décanter : la phase supérieure est constituée de substances les moins denses

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver la liste du matériel nécessaire et une vidéo de la synthèse de l'arôme.

LLS.fr/PC2P165

Compétences

- ✓ REA: Mettre en œuvre un protocole
- ✓ REA: Respecter les règles de sécurité
- ✓ MOD: Modéliser une réaction chimique

1. Établir l'équation de la réaction puis vérifier qu'elle est ajustée.
2. D'après les pictogrammes, quelles sont les précautions à prendre pour cette synthèse ?
3. **Doc. 1** Proposer une explication à l'utilisation d'un chauffage à reflux et pas un simple chauffage. Réaliser ce montage selon le protocole fourni.
4. **Doc. 1** En s'appuyant sur les données fournies, indiquer l'intérêt de l'ajout d'eau salée saturée en fin de synthèse (étape du relargage).
5. Représenter les deux phases visibles dans l'ampoule à décanter, les légenter.

Synthèse de l'activité

Rédiger un compte rendu détaillé de la synthèse de l'éthanoate d'isoamyle qui intégrera les réponses aux questions.

3 Identifier une molécule synthétisée 30'

Dans l'activité 2, on a obtenu un produit qui devrait être l'éthanoate d'isoamyle. Une chromatographie sur couche mince (CCM) permet de confirmer qu'il s'agit de cette molécule. On propose ici une analyse préalable de colorants alimentaires avant d'utiliser la technique de la CCM sur le produit obtenu.

→ La molécule synthétisée peut-elle être identifiée par chromatographie ?

Par intuition

La molécule synthétique est-elle identique à la molécule naturelle ?

Doc. 1 Révéler une chromatographie

Lorsque l'on réalise la chromatographie d'espèces chimiques non colorées, celles-ci ne forment pas de taches visibles sur la plaque. Pour les faire apparaître, deux options sont possibles :

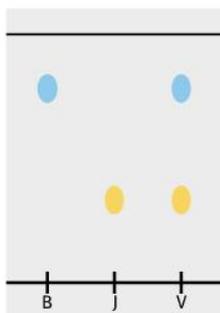
- soumettre le chromatogramme à une lumière ultraviolette si les espèces analysées absorbent celle-ci ;
- plonger rapidement le chromatogramme dans un révélateur qui va réagir avec les espèces chimiques. Dans le cas du permanganate de potassium KMnO_4 , on peut observer des taches marron.

→ Fiche méthode 18, p. 335

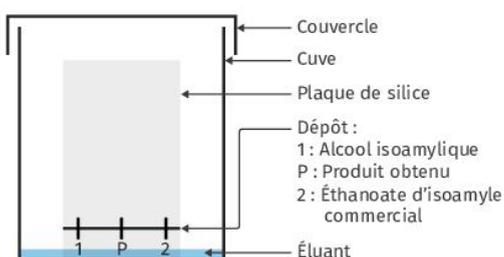
Doc. 2 CCM de colorants

L'analyse du chromatogramme montre que :

- le colorant vert (V) est un mélange d'au moins deux molécules ;
- la molécule responsable de la tache bleue est identique à celle du colorant bleu B car les taches sont à la même hauteur ; idem pour la molécule responsable de la tache jaune, identique à celle du colorant jaune (J).



Doc. 3 CCM du produit synthétisé



Données

	Support (phase fixe)	Éluant (phase mobile)
CCM des colorants alimentaires	Papier-filtre	Eau salée saturée
CCM du produit synthétisé	Plaque de silice	Cyclohexane/acétate d'éthyle (80/20)

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver la liste du matériel nécessaire. LLS.fr/PC2P166

Compétences

- ✓ COM : Rédiger un compte rendu avec un vocabulaire scientifique
- ✓ REA : Mettre en œuvre un protocole

Synthèse de l'activité

1. **Doc. 2** Quelles sont les informations que l'on peut extraire de l'étude du chromatogramme obtenu avec les colorants alimentaires ?
2. **Doc. 3** Pourquoi dépose-t-on, en plus du produit obtenu, l'alcool isoamylique et l'éthanoate d'isoamyle commercial sur la plaque ?
3. **Doc. 1 et 3** Réaliser la CCM du produit synthétisé avec le matériel fourni.

Est-on parvenu à reproduire en laboratoire la molécule d'éthanoate d'isoamyle qui existe dans la nature ? Justifier en rédigeant un compte rendu rigoureux de l'expérience.

1 Espèces de synthèse : pourquoi copier la nature ?

A Une seule différence : la provenance

➤ Synthétiser une molécule, c'est la fabriquer grâce à une réaction chimique. Aujourd'hui, les chimistes savent reproduire certaines molécules présentes dans la nature (**doc. 1**), mais également synthétiser de nouvelles molécules.

Selon leur provenance, on distingue trois catégories de molécules :

- les **molécules naturelles** (extraites de la nature) ;
- les **molécules de synthèse** identiques au naturel (fabriquées par l'homme et copiées sur celles issues de la nature) ;
- les **molécules de synthèse artificielles** (fabriquées par l'homme, n'existant pas dans la nature).

Toutes les molécules artificielles sont fabriquées à partir de molécules dont l'origine est naturelle.

Exemple : le pétrole à partir duquel on synthétise des espèces artificielles est extrait de la nature !

B Des molécules identiques

➤ Quelle que soit sa provenance, une molécule a toujours les mêmes propriétés.

Une molécule de synthèse reproduisant une molécule naturelle est exactement identique à cette dernière : **même formule, mêmes propriétés physico-chimiques et mêmes dangers éventuels.**

Les propriétés d'une molécule ne dépendent pas de sa provenance, mais de sa composition. Le dioxyde de carbone, par exemple, qu'il provienne de la respiration d'une souris ou d'une usine, possède toujours les mêmes propriétés.

C Les raisons du développement des synthèses

Les molécules de synthèse sont fréquemment préférées à leur équivalent naturel par les industriels.

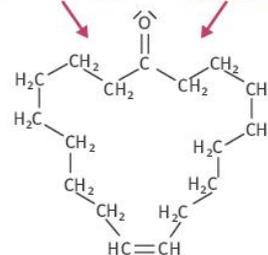
Les motivations des industriels sont diverses : un souci d'économie avant tout, car fabriquer une molécule revient souvent moins cher que de l'extraire de son milieu naturel, mais aussi pour ne pas surexploiter les ressources naturelles.

À l'inverse, l'industrie des parfums de luxe tient à utiliser les essences naturelles et non leur équivalent de synthèse, même si elles sont plus coûteuses : le mélange naturel contient une plus grande variété de molécules, rendant le parfum final plus riche et complexe.

Éviter les erreurs !

➤ Les chimistes évitent l'expression « produit chimique » pour une substance quelconque car le terme « produit » fait référence aux espèces créées lors d'une réaction chimique.

Doc. 1 La civettone



➤ Cette molécule odorante autrefois extraite de la glande d'un animal (la civette) est aujourd'hui synthétisée en laboratoire et permet donc d'éviter l'abattage d'animaux. Elle entre dans la composition de certains parfums.

Pas de malentendu !

➤ Un arôme est un mélange de molécules aromatisantes ; si toutes ces molécules sont copiées sur la nature, on l'appelle « identique au naturel », même s'il contient moins de molécules que le fruit qu'il cherche à copier (et qu'il n'a donc pas tout à fait le même goût !).

Doc. 2



➤ Produits contenant une molécule odorante de synthèse.

2 Techniques mises en œuvre pour synthétiser une molécule

A Synthétiser et séparer

➤ Une des techniques largement répandues pour synthétiser des molécules est le chauffage à reflux (**doc. 3**).

Un **chauffage à reflux** permet de maintenir un mélange réactionnel à ébullition, en évitant les pertes de matière grâce au refroidissement des vapeurs, qui se liquéfient et retombent dans le ballon.

➤ Une fois la réaction terminée, il faut encore séparer le produit désiré du reste du mélange (autres produits, solvant, restes de réactifs, etc.).

➤ L'étape suivante est une étape d'extraction qui consiste à séparer l'espèce chimique souhaitée des autres encore présentes dans le milieu réactionnel.

Lorsque l'espèce à extraire est mélangée avec plusieurs autres espèces liquides, on est amené à effectuer un relargage et/ou une extraction liquide-liquide. Ces procédés utilisent les différences de solubilités des espèces chimiques dans des solvants non miscibles. On sépare les différentes phases à l'aide d'une ampoule à décanter.

Dans les deux cas (relargage ou extraction liquide/liquide), la phase inférieure est celle qui a la plus grande masse volumique.

La filtration est utilisée si l'un des produits à séparer est solide.

B Analyser le produit obtenu

➤ Une fois le produit de synthèse isolé, il est nécessaire de le caractériser pour être certain qu'on a obtenu la molécule désirée.

La **chromatographie sur couche mince (CCM)** est une technique d'analyse qui permet de comparer le produit obtenu à un ou plusieurs produits de référence. C'est grâce à la différence d'affinité chimique que les molécules migrent plus ou moins haut.

Si le produit testé se sépare pour former plusieurs taches, il s'agit d'un mélange : la molécule obtenue est mêlée à des impuretés.

Deux taches à la même hauteur indiquent la présence de molécules identiques.

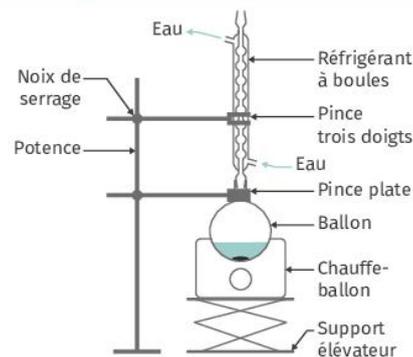
Quand les composés à analyser sont incolores, on utilise une lampe UV ou un révélateur (diiodure, permanganate de potassium) pour faire apparaître les taches.

➤ En complément de la chromatographie, on peut identifier une molécule en mesurant d'autres paramètres, comme sa masse volumique, ou sa température de fusion si elle est solide.

Application

Le menthol peut être obtenu à partir du citronnellal. Après réaction et extraction, on analyse le produit obtenu avec une CCM. Sur le chromatogramme ci-contre (**doc. 4**), on constate que le produit obtenu n'est pas pur, il contient deux molécules : le menthol qu'on a donc synthétisé, et le citronnellal dont il reste des traces.

Doc. 3 Montage à reflux



Éviter les erreurs

➔ Ne pas confondre : la **synthèse** qui permet de fabriquer le produit par une réaction chimique et l'**extraction** qui permet de le séparer des autres constituants.

Numérique

Retrouvez une vidéo sur les techniques de synthèse. [LLS.fr/PC2Synthese](https://lls.fr/PC2Synthese)

Vocabulaire

- **Éluant** : solvant qui migre par capillarité sur le support de CCM.
- **Front de l'éluant** : ligne marquant la hauteur atteinte par l'éluant quand on sort la plaque de CCM de la cuve.

Pas de malentendu

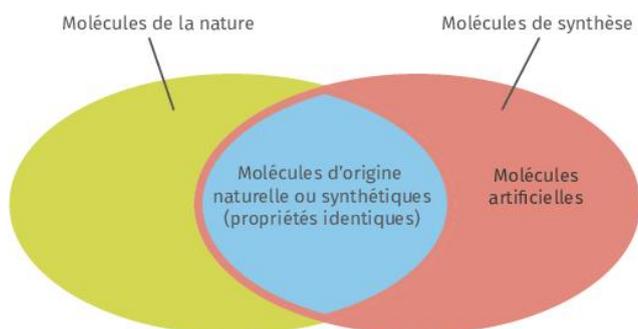
➔ Une CCM ne permet pas d'identifier une molécule qui serait totalement inconnue. Elle permet de comparer une substance produite à une référence connue, dans des conditions d'éluant bien définies.

Doc. 4 CCM de la synthèse du menthol



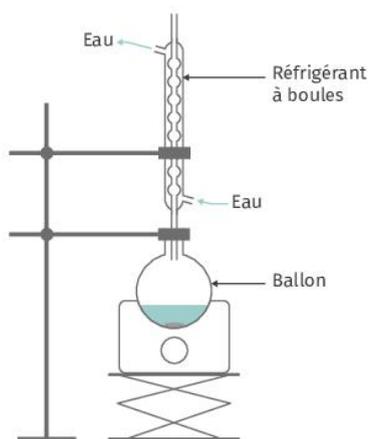
M : menthol ; C : citronnellal ; P : produit obtenu.

Espèces de synthèse : peut-on copier la nature ?



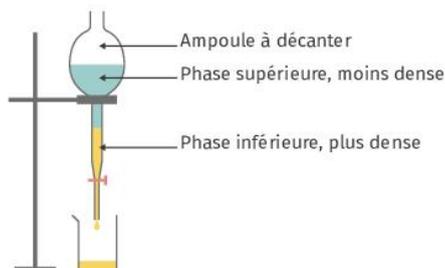
Une molécule copiée par l'homme sur la nature a exactement les mêmes propriétés que si on l'avait extraite de la nature.

Techniques mises en œuvre pour synthétiser, extraire et identifier.

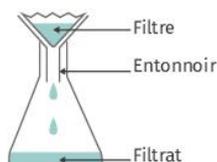


Chauffage à reflux

SYNTHÉTISER LA MOLÉCULE

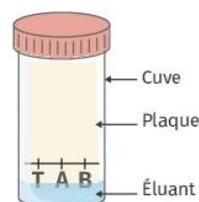


Ou



Lavage, extraction liquide/liquide ou filtration

EXTRAIRE LA MOLÉCULE DU MÉLANGE RÉACTIONNEL



Chromatographie sur couche mince

IDENTIFIER LA MOLÉCULE

Les limites de la modélisation

Il existe une grande variété de procédés permettant la synthèse, l'extraction et l'identification de molécules, des plus simples aux plus complexes.

Les méthodes d'analyse employées dans l'industrie sont en général bien plus précises que la CCM, mais certaines sont fondées sur les mêmes principes physico-chimiques (la chromatographie en phase gazeuse par exemple).

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire une carte mentale et reprendre les principales notions du chapitre ! LLS.fr/PC2P169

1 Espèces de synthèse

	A	B	C
1. Une molécule de synthèse :	est fabriquée par l'homme.	n'existe pas dans la nature.	est toujours artificielle.
2. La vitamine C est présente dans le citron. Pour quelle raison préfère-t-on utiliser la vitamine C de synthèse dans les médicaments, plutôt que l'extraire du citron ?	Elle a plus d'effets sur la santé si on la synthétise.	Cela coûterait trop cher de l'extraire du citron.	Pour ne pas dépendre de la production de citron.
3. Parmi ces molécules, lesquelles sont appelées naturelles ?	Le dioxyde de carbone produit par une usine.	Le dioxyde de carbone rejeté par les volcans.	Le dioxyde de carbone expiré par les êtres vivants.
4. Une molécule naturelle :	est forcément bénéfique pour la santé.	est issue de l'agriculture biologique.	est identique à une même molécule synthétisée.

2 Techniques de synthèse des molécules

1. Quelle technique est couramment utilisée pour synthétiser des molécules ?	Le chauffage à reflux.	Le chauffage à remous.	Le chauffage à refroidissement.
2. L'objectif d'une extraction est de :	fabriquer une molécule.	séparer une molécule du mélange réactionnel.	dissoudre une molécule.
3. Quel instrument est nécessaire pour réaliser une extraction liquide/liquide ?	Une ampoule à décanter.	Un entonnoir.	Du papier-filtre.
4. Que signifie ce pictogramme ? 	Inflammable.	Explosif.	Dangereux pour la santé (nocif, irritant, etc.).
5. Une CCM permet :	de synthétiser une molécule.	de séparer une molécule du mélange réactionnel.	d'identifier une molécule.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P170

3 Questions Jeopardy

- Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :
 - On observe des taches au même niveau après élution.
 - On peut en conclure que le produit analysé contient plusieurs sortes de molécules.

Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 345)

□ Connaître l'intérêt de la chimie de synthèse	12	22
□ Savoir mettre en œuvre un chauffage à reflux	17	26
□ Connaître le principe d'une extraction	21	29
□ Savoir mettre en œuvre une CCM et l'interpréter	16	[DIFF] 33

Pour séchauffer

4 Argumenter

- Pour quelles raisons préfère-t-on souvent synthétiser une molécule plutôt que de l'extraire de la nature ?

5 Vocabulaire

- Définir les termes suivants.
 - Molécule de synthèse.
 - Molécule artificielle.

6 Chauffage à reflux

- À quoi sert l'olive aimantée (ou barreau aimanté) dans un montage de chauffage à reflux ?

7 Pictogrammes

- À quoi reconnaît-on un pictogramme signalant un danger sur les flacons de produits ?

8 Mise en place du réfrigérant

- Rappeler la manière dont les tuyaux d'arrivée et de sortie d'eau d'un réfrigérant doivent être branchés.

9 Superposition des phases

- Rappeler les positions relatives dans lesquelles se superposent des liquides non miscibles.

10 Vocabulaire de la CCM

- Schématiser une plaque de CCM sortie de la cuve en faisant figurer les mots suivants : dépôt, plaque de chromatographie, front de l'éluant, ligne de dépôt.

Numérique

Retrouvez plus d'exercices sur [LLS.fr/PC2P171](https://lls.fr/PC2P171)

Pour commencer

Peut-on copier la nature ?

11 Est-ce dangereux ?

✓ REA : Agir de manière responsable

1. Peut-on affirmer qu'un produit naturel est sans danger ? Donner quelques exemples.
2. À l'inverse, peut-on affirmer qu'un produit de synthèse est toujours dangereux pour la santé ? Expliquer.

12 Bois de rose

✓ REA : Agir de manière responsable

Le linalol, utilisé en parfumerie, est extrait du bois de rose (une espèce exotique) depuis le XIX^e siècle. Aujourd'hui, il est majoritairement synthétisé en laboratoire.

- Expliquer pourquoi on n'utilise quasiment plus de linalol extrait du bois de rose.

Exploitation du bois de rose

Dans les années 1960, la production d'huile essentielle de bois de rose oscillait entre 300 à 400 tonnes par an, ce qui a nécessité l'abattage de 500 000 tonnes de bois ! Aujourd'hui, le bois de rose est devenu une espèce protégée et une vaste campagne de replantation de celui-ci a été entreprise sous l'impulsion de diverses associations.

Extrait de l'article « Bois de rose en parfumerie », www.olfactory.com.

13 Indigo

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

L'indigo est un pigment que l'on trouve dans la nature et que l'on peut aussi synthétiser en laboratoire. Historiquement, ce pigment est à l'origine de la célèbre couleur bleue des *jeans*.

1. Qualifier les deux molécules d'indigo selon leur provenance.
2. Laquelle de ces deux formes d'indigo sera la plus efficace pour colorer un vêtement ?



Fabrication traditionnelle de pigments indigo par fermentation dans un pot en argile.

Techniques de synthèse et d'analyse

14 Pictogrammes

✓ REA : Respecter les règles de sécurité

On réalise une synthèse à partir de produits dont les flacons portent les pictogrammes ci-contre.



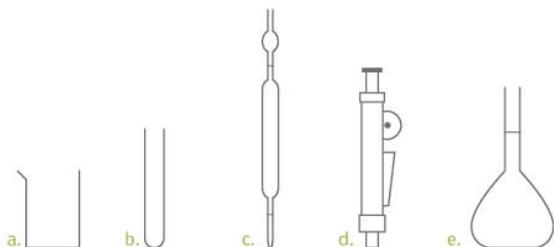
- Rappeler la signification de chaque pictogramme.
- Donner les consignes de sécurité à respecter.

15 Prélever un liquide

✓ REA : Élaborer un protocole

Pour réaliser une synthèse, Tristan a besoin de mesurer précisément un volume $V = 20,0$ mL d'éthanol.

- Choisir le(s) instrument(s) nécessaire(s) et le(s) nommer.



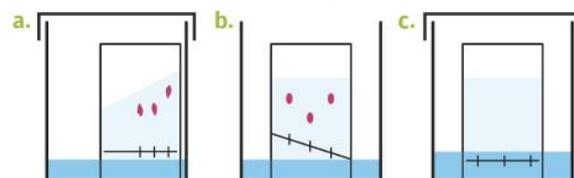
2. Décrire les étapes pour effectuer le prélèvement.

16 Quelques erreurs à éviter

✓ VAL : Identifier les sources d'erreur

Trois élèves réalisent une CCM suite à une synthèse.

- Relever les erreurs commises par chacun.



17 Remettre de l'ordre dans un protocole

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

- Remettre dans l'ordre les étapes du protocole de synthèse du butanoate d'éthyle, une des molécules composant l'arôme de l'ananas.

- Recueillir la phase supérieure.
- Dans un ballon, introduire l'acide butanoïque et l'éthanol.
- Introduire le mélange dans une ampoule à décanter, ajouter de l'eau salée et agiter.
- Chauffer à reflux durant 30 minutes.

Une notion, trois exercices

DIFFÉRENCIATION

□ Savoir-faire : Savoir mettre en œuvre une CCM et l'interpréter

18 Apprendre à lire un chromatogramme

✓ APP : Extraire l'information utile

L'éthanoate de menthyle a été synthétisé en faisant réagir du menthol et de l'acide éthanoïque. On réalise une CCM du produit obtenu (chromatogramme 1 ci-contre).

- Rappeler l'objectif d'une chromatographie.
- Comparer la hauteur des taches des trois substances testées.
- Conclure sur la nature du produit P obtenu.

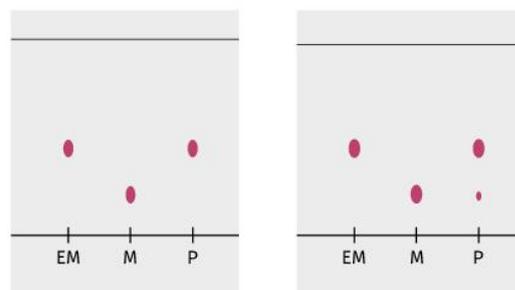
19 Lire seul un chromatogramme

✓ APP : Extraire l'information utile

L'éthanoate de menthyle a été synthétisé en faisant réagir du menthol et de l'acide éthanoïque. On réalise une CCM du produit obtenu (chromatogramme 1 ci-contre).

- Les trois substances sont-elles des corps purs ?
- Identifier le produit P. Justifier la réponse.

▶ Chromatogrammes après élution et révélation



Chromatogramme 1

Chromatogramme 2

P : produit obtenu ; EM : éthanoate de menthyle ; M : menthol

20 Analyser un chromatogramme

✓ APP : Extraire l'information utile

L'éthanoate de menthyle est synthétisé en faisant réagir du menthol et de l'acide éthanoïque. On réalise une CCM du produit P obtenu (chromatogramme 2 ci-dessus).

- Analyser la plaque obtenue après élution.

Synthèse de la menthone

Énoncé

La menthone est une molécule que l'on trouve naturellement dans un grand nombre d'huiles essentielles. On peut la synthétiser selon le protocole suivant : dans un montage de chauffage à reflux, introduire du menthol et une solution aqueuse de permanganate de potassium. Porter 15 minutes à ébullition. Transvaser ensuite le mélange réactionnel dans une ampoule à décanter ; ajouter du cyclohexane, agiter et laisser décanter.



1. Quels sont les réactifs ? Citer l'un des produits de la réaction.
2. A-t-on introduit de l'eau dans le mélange réactionnel ? Justifier.
3. À quoi sert la dernière étape décrite dans le protocole ?
4. Dans l'ampoule à décanter, le cyclohexane se trouve-t-il au-dessus ou en dessous de la phase aqueuse ? Justifier.

Solution rédigée

1. Les réactifs sont le menthol et le permanganate de potassium. La menthone est un des produits de la réaction.
2. On a introduit une solution aqueuse de permanganate de potassium, il y a donc de l'eau dans le mélange réactionnel.
3. La dernière étape vise à extraire la menthone du mélange.
4. $\rho_{\text{cyclohexane}} < \rho_{\text{eau}}$, donc le cyclohexane sera au-dessus de la phase aqueuse dans l'ampoule à décanter.

21 Mise en application

L'éthanoate de linalyle est une molécule présente dans la lavande. On la synthétise selon la réaction :

linalol + anhydride éthanoïque \rightarrow acide éthanoïque + éthanoate de linalyle.

Voici une partie du protocole permettant sa synthèse : dans un ballon, introduire 5 mL de linalol et 10 mL d'anhydride éthanoïque. Chauffer à reflux 20 minutes, laisser refroidir l'ensemble. Transvaser dans une ampoule à décanter, ajouter 30 mL d'eau salée, agiter puis laisser décanter. Récupérer la phase organique qui contient l'éthanoate de linalyle.

1. Quels sont les réactifs et les produits de cette réaction ?
2. À quoi sert l'ajout d'eau salée ?
3. Schématiser l'ampoule à décanter en précisant dans quelle phase se trouve chaque produit, et chacun des réactifs qui n'auraient pas entièrement réagi.

DONNÉES

- De toutes les substances utilisées, seule la menthone est soluble dans le cyclohexane.
- Masse volumique du cyclohexane :
 $\rho_{\text{cyclohexane}} = 0,78 \text{ g/mL}$.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Lire en détail le protocole fourni, pour identifier les réactifs et les produits.
2. Se rappeler de la définition de l'adjectif aqueux.
3. L'obtention d'une nouvelle molécule passe par plusieurs étapes : la synthèse, l'extraction, l'identification, etc.
4. C'est en fonction de leur masse volumique que les liquides non miscibles se superposent.

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Attention à ne pas citer le cyclohexane, qui n'intervient pas à cette étape !
2. Il y a beaucoup plus d'eau que de soluté dans une solution aqueuse.
3. Après avoir produit la menthone, il faut la séparer des autres composés.
4. La masse volumique de l'eau est $\rho = 1,0 \text{ g/mL}$.

Données

- L'éthanoate de linalyle et le linalol sont très faiblement solubles dans l'eau salée. Leur masse volumique est $\rho = 0,9 \text{ g/mL}$.
- L'acide éthanoïque est soluble dans l'eau salée.
- La totalité de l'anhydride éthanoïque réagit lors de la réaction.
- $\rho_{\text{eau salée}} = 1,1 \text{ g/mL}$.

Pour s'entraîner

22 Aspirine et acide salicylique

✓ APP : Extraire l'information utile

L'aspirine est un des antipyrétiques (médicaments contre la fièvre) les plus utilisés au monde. On la synthétise à partir de l'acide salicylique, lui-même pouvant soit provenir de l'écorce de saule, soit être synthétisé en laboratoire. L'acide salicylique a également des propriétés antipyrétiques, mais il est moins efficace que l'aspirine.

1. L'aspirine peut-elle être qualifiée de naturelle ?
2. Pourquoi n'utilise-t-on plus l'acide salicylique comme antipyrétique ?
3. A priori, pour quelle raison l'industrie pharmaceutique utilise-t-elle de l'acide salicylique de synthèse plutôt que l'acide salicylique naturel pour fabriquer l'aspirine ?



HISTOIRE DES SCIENCES

En 1897, le chimiste allemand Felix Hoffmann (1868-1946) employé par la société Bayer met au point un procédé permettant la synthèse de l'aspirine pure, marquant le début de l'usage de cette molécule comme médicament.



23 Équilibrer une équation de réaction

✓ MOD : Écrire une équation de réaction et l'ajuster



L' α -ionone est une molécule présente dans l'essence de violette. On peut la synthétiser en faisant réagir le géraniol ($C_{10}H_{16}O$) et l'acétone (C_3H_6O) ; la réaction produit également de l'eau.

- Sachant que tous les coefficients de la réaction sont égaux à 1, établir la formule brute de l' α -ionone.

24 La masse volumique en QCM

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

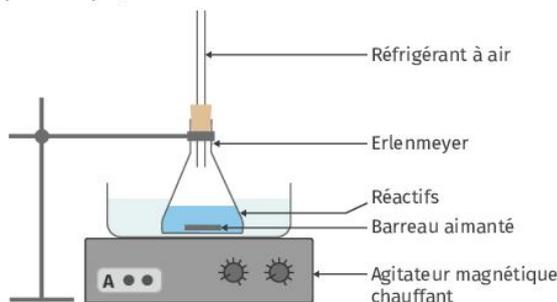
L'éthanol est un liquide fréquemment employé dans les synthèses. Sa masse volumique est $\rho = 0,79 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

1. Quel volume doit-on mesurer pour prélever $m = 20 \text{ g}$ d'éthanol ?
a. 40 cm^3 . b. 25 cm^3 . c. 16 cm^3 .
2. Quelle est la masse d'un volume $V = 5,0 \text{ L}$ d'éthanol ?
a. 40 kg . b. $4,0 \text{ kg}$.
c. $0,40 \text{ kg}$. d. $0,040 \text{ kg}$.

25 Chauffage à reflux

✓ ANA : Justifier un protocole

Un chauffage à reflux peut être mis en place de manière plus simple, selon le schéma ci-dessous.



1. Identifier le système de chauffage et le système de réfrigération.
2. Pourquoi utilise-t-on un bain-marie au lieu de poser directement l'erenmeyer sur la plaque ?
3. Ce système n'est pas employé pour des synthèses nécessitant une ébullition. Expliquer pourquoi.

Comprendre les attendus

26 Le montage à reflux

✓ MOD : Écrire une équation de réaction et l'ajuster

L'éthanoate d'isoamyle ($C_{17}H_{34}O_2$) est le principal composant de l'arôme de banane. On l'obtient par synthèse en faisant réagir l'acide éthanoïque ($C_2H_4O_2$) et l'alcool isoamylique ($C_5H_{12}O$), que l'on chauffe à reflux durant plusieurs minutes. De l'eau est également produite au cours de cette réaction.

1. Réaliser un schéma légendé du montage.
2. Identifier les réactifs et les produits.
3. Écrire l'équation de la réaction de synthèse de l'éthanoate d'isoamyle.

Détails du barème

TOTAL/5,5 pts

- | | |
|---|--------|
| 1. Réaliser correctement le montage du chauffage à reflux. | 1 pt |
| Soigner et légendé le schéma. | 1 pt |
| 2. Identifier les réactifs. | 0,5 pt |
| Identifier les produits, y compris l'eau. | 0,5 pt |
| 3. Placer correctement les formules des réactifs et des produits. | 1,5 pt |
| Équilibrer l'équation. | 1 pt |

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P174

27 Huiles essentielles

✓ APP : Extraire l'information utile

Sur un catalogue d'huiles essentielles, on trouve un coffret de 5 flacons, dont le descriptif est le suivant.



Un coffret complet pour prendre soin de soi au naturel. Cinq mélanges d'huiles essentielles biologiques, justement dosés et prêts à l'emploi, idéal pour profiter des nombreuses vertus des huiles essentielles naturelles.

D'après *natureetdecouvertes.com*.

1. Relever dans le texte les arguments de vente qui mettent en avant l'aspect naturel du produit.
2. Observer l'étiquette de l'un de ces flacons (ci-dessus) : ces huiles essentielles sont-elles sans danger ?
3. Comment expliquer qu'un produit de bien-être puisse présenter ces dangers ?

28 Utilisation d'une ampoule de coulée

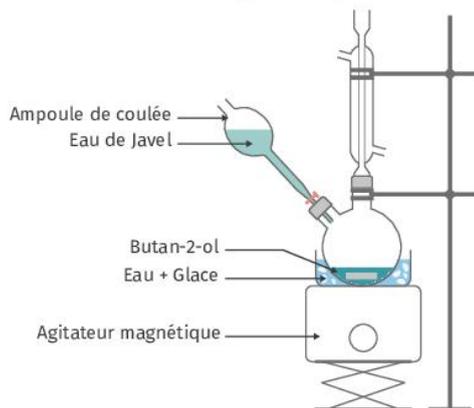
✓ REA : Respecter les règles de sécurité

✓ ANA : Extraire l'information utile

La butanone est une molécule qu'on trouve dans certains végétaux et dans le lait. On la synthétise en grande quantité pour la fabrication de certaines colles selon la réaction suivante :

butanol + eau de Javel → butanone + acide chlorhydrique.

Pour mener à bien cette réaction, on utilise le montage suivant qui contient une ampoule de coulée par laquelle l'eau de Javel est introduite goutte à goutte.



Informations sur l'eau de Javel concentrée :

- liquide très corrosif ;
- réactions d'oxydation souvent exothermiques ;
- possibilité de production de dichlore (gaz suffocant extrêmement toxique) si l'oxydation est trop rapide.

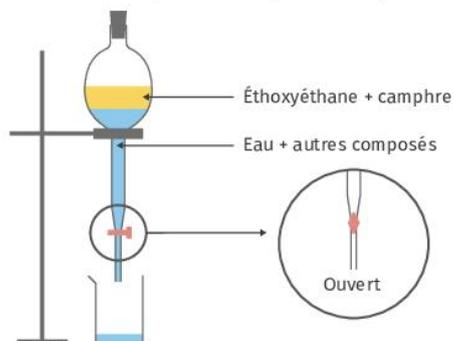
1. Que signifie le terme exothermique ?
2. Pour quelle raison utilise-t-on un bain de glace et un réfrigérant dans cette synthèse ?

3. Justifier l'emploi de l'ampoule de coulée.

29 Une extraction récalcitrante !

✓ REA : Mettre en œuvre un protocole

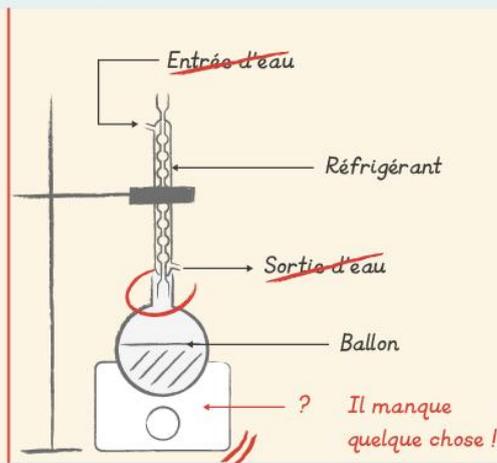
Le camphre, utilisé pour soulager les douleurs musculaires, peut être synthétisé en laboratoire. Pour séparer le camphre du milieu réactionnel, on réalise une extraction liquide/liquide. Théo s'étonne que le liquide de son ampoule à décanter (ci-dessous) ne coule plus.



- Donner une explication et proposer une solution.

30 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.



31 Additifs des bonbons

✓ APP : Extraire l'information utile

Les bonbons Dragibus contiennent les colorants suivants : E100, E131, E153, E160a, E163.

1. Chercher le nom de ces colorants. Préciser s'ils sont d'origine naturelle ou synthétiques.



2. Peut-on dire que ces bonbons sont artificiels ? Justifier.

32 Violet de gentiane

✓ MOD : Écrire une équation de réaction et l'ajuster

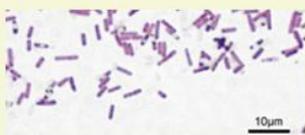
Le violet de gentiane, naturellement présent dans certaines plantes, peut être synthétisé en laboratoire à partir de la diméthylaniline et de tétrachlorométhane. Voici une partie du protocole à suivre : sous hotte aspirante, introduire dans un erlenmeyer 10 mL de diéthylamine et 10 mL de tétrachlorométhane. Agiter durant 5 minutes. Filtrer le contenu de l'erlenmeyer pour récupérer le produit obtenu.

1. Au cours de la réaction, un second produit est formé : le chlorure d'hydrogène HCl. Écrire l'équation de la réaction puis l'équilibrer.
2. Les réactifs doivent-ils être manipulés en prenant des précautions particulières ? Justifier.
3. Cette synthèse doit se faire sous hotte aspirante, expliquer pourquoi.
4. Calculer la masse des deux réactifs introduits.
5. Par quel procédé sépare-t-on le produit du reste du mélange réactionnel ? Justifier le choix de cette méthode.
6. Le violet de gentiane lui-même présente-t-il des risques pour la santé ? À l'aide des informations complémentaires ci-dessous, justifier que son usage habituel peut se faire sans danger particulier.

Données

Espèce chimique	Formule	T_{fusion} (en °C)	ρ (kg·L ⁻¹)	Sécurité
Diméthylaniline	C ₈ H ₁₁ N	2	0,956	 
Tétrachlorométhane	CCl ₄	-23	1,594	 
Violet de gentiane	C ₂₅ H ₃₀ N ₃ Cl	215		   
Chlorure d'hydrogène	HCl	Gazeux à température ordinaire		   

COMPLÉMENT



Le violet de gentiane est habituellement utilisé en solution à 1 % dans de l'eau alcoolisée (1 g de violet de gentiane dans 99 g de solvant) pour colorer les bactéries afin de les rendre visibles au microscope (une goutte de colorant pour une lame de microscope).

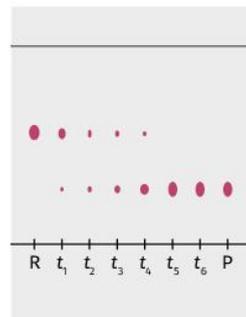
33 Suivi d'une réaction par CCM

✓ ANA : Justifier un protocole

L'acide benzoïque (E210) est un conservateur naturellement présent dans certaines plantes. On peut le synthétiser en faisant réagir l'alcool benzylique avec les ions permanganate.

Pour suivre l'évolution de la transformation, on prélève une goutte du mélange réactionnel toutes les 15 min, que l'on dépose sur une plaque de CCM. Au bout de 90 min, on stoppe le chauffage, puis on plonge la plaque de CCM dans l'éluant. On obtient le chromatogramme ci-dessous où P et R sont des dépôts témoins.

1. Identifier les espèces chimiques présentes dans le mélange au début de la réaction.
2. Observer le chromatogramme : comment interpréter l'évolution de la tache haute et de la tache basse ?
3. Aurait-on pu arrêter le chauffage plus tôt ? Justifier.



Données

- R : réactif (alcool benzylique) ;
- P : produit (acide benzoïque) ;
- t_1, t_2, \dots : temps des prélèvements dans le mélange réactionnel.

34 Comparer les arômes

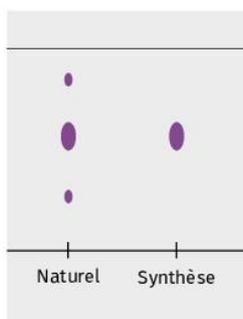
✓ ANA : Justifier un protocole

Iris souhaite comparer deux arômes : l'arôme de vanille naturel (extrait de la gousse) et un arôme de vanille identique au naturel, contenant de la vanilline de synthèse.

Voici le chromatogramme qu'elle obtient :



Fleurs et gousses de vanille.



1. Comment interpréter les différentes taches laissées par la migration de l'arôme naturel ?
2. L'arôme de synthèse est-il vraiment identique à l'arôme naturel ? Pourquoi conserve-t-on cette appellation « identique au naturel » ?

Pour aller plus loin

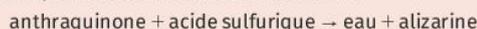
35 HISTOIRE DES SCIENCES

Synthèse de l'alizarine

✓ APP : Extraire l'information utile

L'alizarine est une molécule colorante, présente dans la racine d'une plante appelée garance. La garance était utilisée depuis l'Antiquité pour teindre les tissus en rouge. En 1869, les chimistes allemands Graebe et Liebermann mettent au point la synthèse de l'alizarine. Cette version synthétique de la molécule, deux fois moins coûteuse que le colorant naturel, va rapidement entraîner la fin de la culture de la garance, et la reconversion de plusieurs régions qui en avaient fait leur spécialité (Alsace, Hollande, sud de la France). L'alizarine est employée également comme indicateur coloré en biochimie. On l'utilise alors en solution aqueuse à 5 % (5 g d'alizarine dans 95 g d'eau, soit 100 g de solution).

La synthèse de l'alizarine se fait par sulfonation de l'antraquinone, selon la réaction suivante :



1. Pour quelle raison la culture de la garance est-elle aujourd'hui abandonnée ?
2.  L'alizarine n'est plus utilisée aujourd'hui, recherchez une explication à cela sur internet.
3. Décrire le protocole opératoire permettant d'obtenir 1 L de solution d'alizarine à 5 %.
4. Il faut 1 g d'acide sulfurique pur pour faire réagir 2 g d'antraquinone. Quel volume d'acide sulfurique à 90 % faudra-t-il utiliser pour $m = 25$ g d'antraquinone ?

Donnée

• Masse volumique de l'acide sulfurique à 90 % :

$$\rho = 1,81 \text{ g/mL}$$



Georges Ripart, *Poilu*, La Marne 1914.

Au début du XX^e siècle, le pantalon des fantassins français était teint avec de l'alizarine (c'est le célèbre rouge garance).

36 PROPOSITION DE PROTOCOLE

Choix d'un solvant

✓ ANA : Élaborer un protocole

Le benzaldéhyde possède une odeur d'amande amère. Si on le chauffe en présence d'une solution aqueuse de soude, il se décompose pour donner deux produits : l'acide benzoïque et l'alcool benzylique. On dispose alors d'un mélange contenant donc majoritairement de l'acide benzoïque, de l'alcool benzylique, une solution aqueuse de soude et quelques traces de benzaldéhyde.

- À l'aide des données ci-dessous, proposer un protocole permettant de récupérer uniquement l'acide benzoïque solide. Plusieurs étapes seront nécessaires.

Données

Espèce chimique	Solubilité		
	Dans l'eau	Dans l'éther	Dans l'acétone
Benzaldéhyde	Nulle	Grande	Grande
Acide benzoïque	Grande en milieu basique, très faible en milieu acide	Faible	Grande
Alcool benzylique	Faible	Grande	Grande
Soude	Très grande, rend la solution basique	Nulle	Nulle
Acide chlorhydrique	Très grande, rend la solution acide	Nulle	Nulle

Solvants	Miscible avec l'eau	Sécurité	Masse volumique
Éther	Non	 	0,71 g·mL ⁻¹
Acétone	Oui	 	0,78 g·mL ⁻¹

37 PROPOSITION DE PROTOCOLE

Choix d'un éluant

✓ ANA : Élaborer un protocole

On a synthétisé l'éthanoate de linalyle, présent dans l'huile essentielle de lavande. Le milieu réactionnel contient encore des traces d'un des réactifs, le linalol à la fin de la synthèse. Pour effectuer la CCM du produit obtenu, on sait qu'il faut utiliser comme éluant un mélange d'éther et de cyclohexane. Trois mélanges sont disponibles : mélange 1/1, mélange 1/2, mélange 2/1 (proportions éther/cyclohexane).

1. Comment doivent être réparties les taches pour que le chromatogramme soit acceptable ?
2. Proposer un protocole qui permettrait de déterminer quel éluant donnera le meilleur chromatogramme.

38 Authentification d'une œuvre d'art

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

Le tableau reproduit ici est daté de 1631 ; il est attribué à Guido Reni et est exposé au Louvre. Un visiteur remarque que le ciel semble trop clair pour l'époque, où l'on employait du lapis-lazuli comme pigment bleu. La couleur du ciel lui semble plutôt due à un pigment nommé bleu de Prusse, découvert un siècle plus tard.

- ♦ À l'aide des documents et de vos connaissances, montrer que d'un point de vue technique il est tout à fait possible que cette œuvre soit attribuée à Guido Reni.



Guido Reni, *L'Enlèvement d'Hélène*, 1631 (détail).

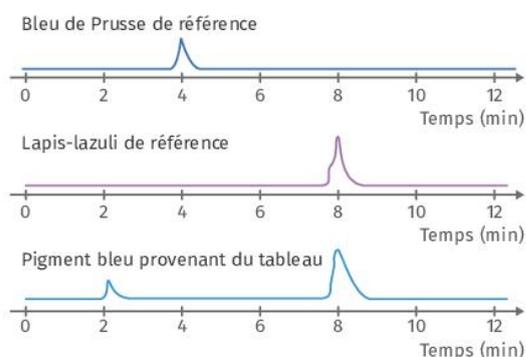
Doc. 1 Principe de la chromatographie en phase gazeuse (CPG)

Le mélange à analyser est injecté à l'entrée d'une colonne, qui renferme une phase stationnaire, puis il est transporté à travers celle-ci à l'aide d'un gaz vecteur, qui entraîne les molécules du mélange, plus ou moins vite selon leur nature. À la sortie de la colonne, un détecteur les repère et un chromatogramme est tracé. Sur ce document, on visualise la sortie d'une espèce par un pic dont l'intensité dépend de sa nature et de sa quantité.

Doc. 3 Quelques propriétés chimiques du lapis-lazuli

Le lapis-lazuli est un pigment bleu qui blanchit quand il est exposé à un pH < 5. Guido Reni diluait ses pigments avec de l'huile de lin, légèrement acide.

Doc. 2 Chromatogrammes de différents pigments



Retour sur l'ouverture du chapitre (Déconstruire les idées fausses)

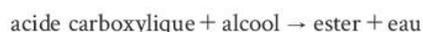
39 Étude d'une réaction d'estérification

✓ MOD : Écrire une équation de réaction et l'ajuster

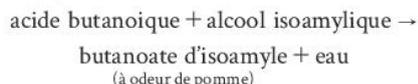
De nombreuses molécules à odeur puissante font partie de la famille des **esters**, comme le butanoate d'isoamyle (à odeur de pomme) et l'éthanoate de benzyle (à odeur de jasmin). Établir la formule de Lewis de la molécule d'éthanoate de benzyle, à partir des documents ci-dessous.

Principe de l'estérification

Un ester est synthétisé lors d'une estérification, c'est-à-dire lors d'une réaction entre une molécule de la famille des acides carboxyliques et une molécule de la famille des alcools :

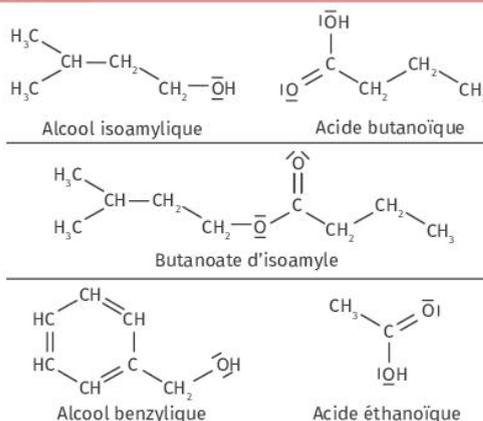


Par exemple, pour synthétiser un arôme de pomme :



De la même façon, on peut synthétiser un arôme de jasmin en faisant réagir l'acide éthanoïque et l'alcool benzylique.

Données





Éducation aux médias et à l'information

A Une devinette pour les plus habiles

Le MODH, de nombreux risques



Visionner la vidéo jusqu'à 3 minutes 12 secondes.

LLS.fr/PC2P179

Quel sentiment se dégage de la première partie de ce discours ? Pour quelle raison ?

Le MODH, des dangers dont on ne parle pas.

Relever quelques dangers du MODH listés dans cette première partie. Comment expliquer le silence des médias traditionnels sur cette substance qui semble si dangereuse ?

Le MODH un nom qui met sur la voie

Le nom entier du MODH est monoxyde de dihydrogène, nom qui respecte les règles traditionnelles de nomenclature. Établir la formule de cette molécule à partir de son nom.

Visionner la suite de la vidéo pour confirmer ou corriger votre réponse.



B Une réflexion sur les discours des médias

Le message derrière le canular



Visionner la vidéo jusqu'à la fin.

LLS.fr/PC2P179

Quel est le message que le chroniqueur cherche à faire passer à travers son intervention ?

Comprendre le vocabulaire scientifique

Le chroniqueur évoque l'exemple de produits retrouvés « à l'état de traces » dans des couches. Quelles ont été les conséquences de cette découverte ? Pourquoi n'y avait-il pas raison de s'inquiéter ?

Analyser les mécanismes du discours

Pour quelles raisons le discours de la première partie de la vidéo semble-t-il inquiétant ? On pourra dégager deux ou trois causes.

C Décoder les mécanismes d'un discours

Adopter un esprit critique

Apporter des exemples pour contrer les phrases suivantes, entendues dans des médias non scientifiques :

- « Tout ce qui est naturel est sans danger. »
- « Les additifs alimentaires portant un nom de code comme E300 sont mauvais pour la santé. »

Appliquer un regard scientifique sur une information



Le site sciencepop.fr présente l'article ci-contre dans lequel les faits cités, repris d'autres articles en ligne, sont exacts. Les mécanismes employés pour inquiéter le lecteur ont été mis en gras. Les expliquer, puis consulter l'analyse de sciencepop.fr.

LLS.fr/PC2SciencePop

On retrouve des **quantités détectables** d'uranium dans la plupart des légumes que nous consommons. Comment expliquer une telle concentration d'éléments radioactifs dans les produits que nous mangeons ? **Peut-être** faut-il regarder du côté de nos centrales vieillissantes, qui **multiplient les incidents plus ou moins cachés** au public, et qui répandent impunément leur poison insidieux dans l'environnement.

En 2008, une filiale d'AREVA admet avoir relâché **74 kg d'uranium radioactif** sur le site nucléaire du Tricastin, contaminant ainsi des cours d'eau affluents du Rhône. Après de tels « incidents », rien d'étonnant à ce que cet uranium se retrouve dans nos assiettes !

Modélisation des transformations nucléaires

DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES



Pendant des siècles, à l'image du petit sorcier Harry Potter et de ses amis, les alchimistes ont pensé que la pierre philosophale leur permettrait de réaliser la transmutation des métaux vils, comme le plomb, en or.

➤ Avec les techniques actuelles, est-il possible de transformer du plomb en or et de découvrir ainsi la poule aux œufs d'or ?

→ voir l'activité 2, p. 183



Travailler

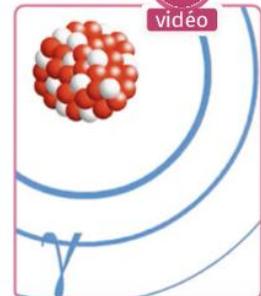
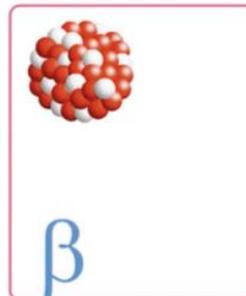
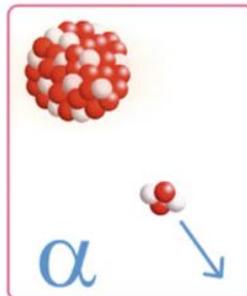
autrement

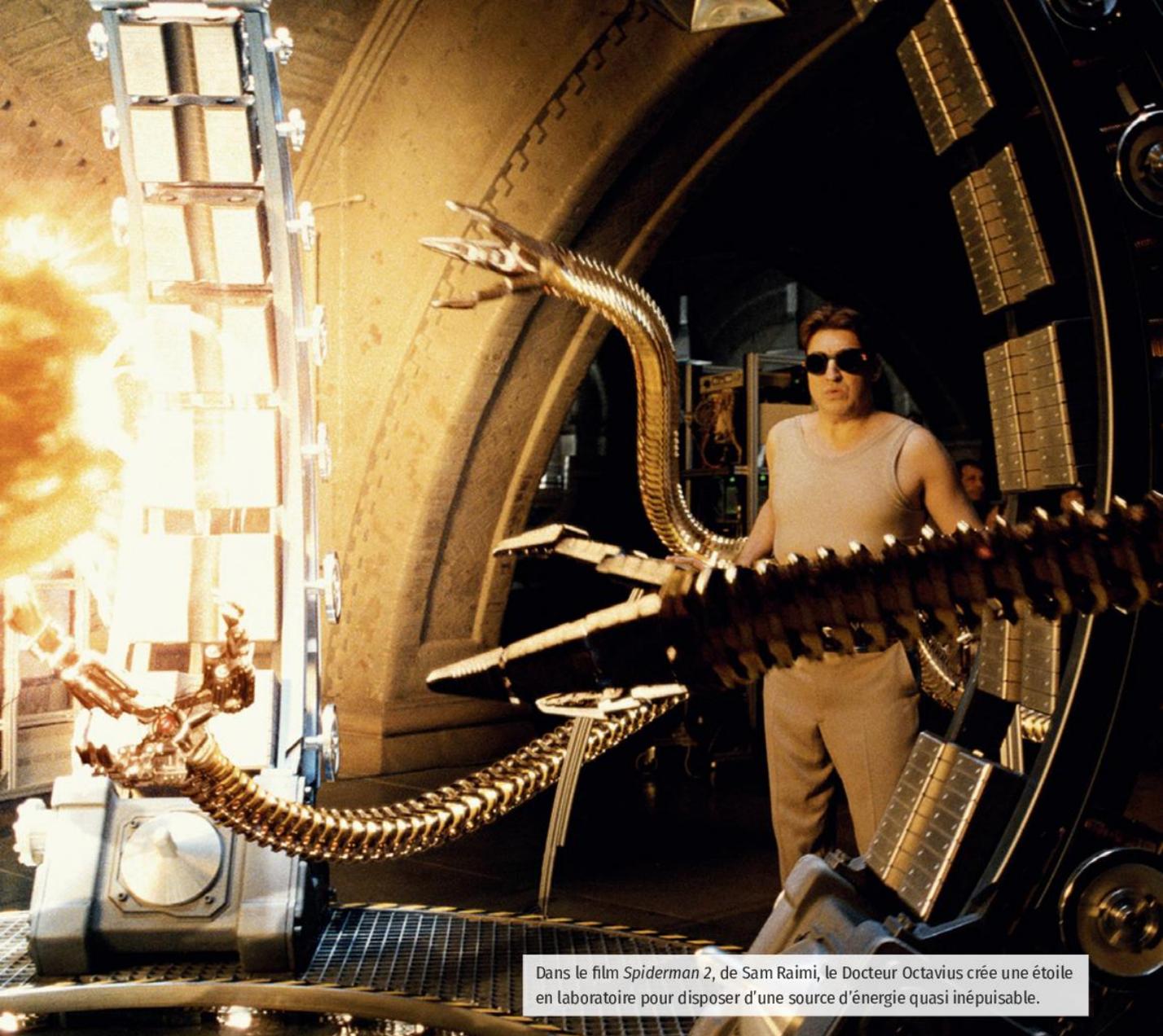
CLASSIC
ESSAI

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour visionner la vidéo du CEA sur la radioactivité et réaliser une activité numérique !

LLS.fr/PC2P180

Voir p. 197





Dans le film *Spiderman 2*, de Sam Raimi, le Docteur Octavius crée une étoile en laboratoire pour disposer d'une source d'énergie quasi inépuisable.

→ La maîtrise de la fusion thermonucléaire peut-elle réellement nous permettre de subvenir à nos besoins énergétiques ?

→ voir exercice 32, p. 196

À maîtriser pour commencer

- › Connaître la notation symbolique d'un noyau
- › Savoir déterminer le nombre d'entités et la quantité de matière que contient un échantillon
- › Connaître l'écriture symbolique d'une transformation physique et/ou chimique

Numérique

Connectez-vous sur le [livrescolaire.fr](https://www.livrescolaire.fr) pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! [LLS.fr/PC2P181](https://www.livrescolaire.fr/LLS.fr/PC2P181)

Objectifs du chapitre

- ▣ Savoir identifier des isotopes
- ▣ Savoir vérifier les lois de conservation lors d'une transformation nucléaire, l'équation de réaction étant donnée
- ▣ Savoir identifier la nature nucléaire d'une transformation
- ▣ Connaître les conversions d'énergie se déroulant au sein du Soleil et dans un réacteur nucléaire

1 L'élément Césium : utilité et danger

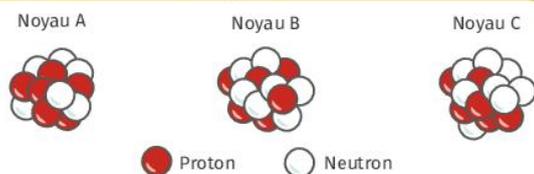
Le césium est l'un des éléments radioactifs les plus nocifs produits dans les réacteurs à fission nucléaire et dont on cherche à minimiser l'impact sur l'environnement lors d'un accident nucléaire. Il est également utilisé en radiothérapie pour traiter des tumeurs cancéreuses.

→ Comment expliquer qu'un élément chimique puisse être nocif et en même temps utilisé à des fins thérapeutiques ?

Par intuition

Peut-on prévoir la différence de radioactivité entre deux noyaux du même élément ?

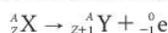
Doc. 1 Différents noyaux d'un même élément



Tous les nucléons du noyau sont visibles ici.

Doc. 3 Radioactivité β^-

La radioactivité β^- est un processus radioactif au cours duquel un noyau se transforme en un autre noyau en émettant une particule : un électron. L'équation nucléaire modélisant cette transformation s'écrit :



où X est le symbole du noyau se transformant, Y le symbole du noyau produit et ${}^0_{-1}e$ le symbole de l'électron. On remarque qu'il y a lors de cette transformation nucléaire la conservation du nombre de charge Z ($Z = Z + 1 - 1$) et du nombre de masse ($A = A + 0$).

Doc. 2 Utilisation du césium

Le césium 137 est un isotope radioactif qui se transforme spontanément en émettant une particule et de l'énergie sous la forme d'un rayonnement. Cette propriété est utilisée en brachythérapie qui est une technique de traitement de certains cancers mise au point par l'institut Curie. Elle consiste à placer, en très faible quantité, une source radioactive de césium 137 à l'intérieur ou très proche de la région à traiter afin que le rayonnement émis détruise la tumeur cancéreuse.

Cet isotope du césium est également produit au cours des réactions qui ont lieu dans les centrales nucléaires. Lors de l'accident nucléaire de Fukushima, au Japon, plusieurs kilogrammes de césium 137 se sont répandus dans l'atmosphère, provoquant un réel danger pour l'environnement et les populations.

Le césium 133 quant à lui est le seul isotope qui ne se transforme pas et que l'on trouve à l'état naturel.

La régularité des oscillations énergétiques des atomes de césium 133 a permis la mise au point d'horloges de très grande précision servant de base pour la redéfinition de la seconde par le Bureau international des poids et mesures depuis 1967.



Numérique

Visionnez sur lelivrescolaire.fr le principe de la brachythérapie, ou radiumthérapie, lors du traitement du cancer de la prostate. LLS.fr/PC2Radiumtheapie

Compétence

✓ MOD : Modéliser une transformation nucléaire

- 1. Doc. 1** Donner le nombre de protons et de neutrons de chaque noyau et écrire leur notation symbolique en s'aidant d'une classification périodique des éléments.
- 2. Doc. 1** Ces noyaux sont appelés des isotopes. Donner une définition de l'isotope.
- 3. Doc. 2** Identifier la propriété du césium 137 utilisée à des fins thérapeutiques. Qu'est-ce qui différencie le césium 137 du césium 133 ?
- 4. Doc. 3** Sachant que les noyaux de césium 137 sont des émetteurs β^- , écrire l'équation de la réaction nucléaire associée à leur désintégration radioactive.

Synthèse de l'activité

Donner un paramètre dont dépend la nocivité d'un isotope.

2 Le jeu de l'or

Les avancées technologiques en physique nucléaire permettent de modifier le noyau des atomes. Il est possible d'augmenter le nombre de neutrons d'un noyau et ainsi de le transformer en un autre isotope du même élément. D'autre part, un isotope peut se transformer spontanément au moyen de trois principales transformations nucléaires que l'on appelle α , β^- et β^+ .

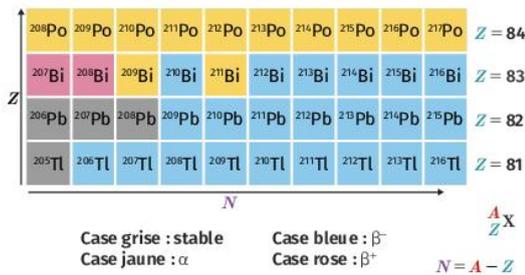
→ Le jeu de l'or consiste à trouver une façon de transformer un des isotopes naturels du plomb en un noyau d'or $^{197}_{79}\text{Au}$.

Par intuition
Peut-on obtenir de l'or à partir de plomb ?

Doc. 1 Plateau du jeu : le diagramme de Segré

Le diagramme de Segré représente l'ensemble des isotopes des noyaux connus. Les caractéristiques du noyau sont repérées de la façon suivante : la valeur de N , le nombre de neutrons, sur l'axe horizontal et la valeur de Z , le nombre de protons, sur l'axe vertical. Un isotope en gris signifie qu'il ne se transformera pas spontanément en un autre isotope (il est dit stable).

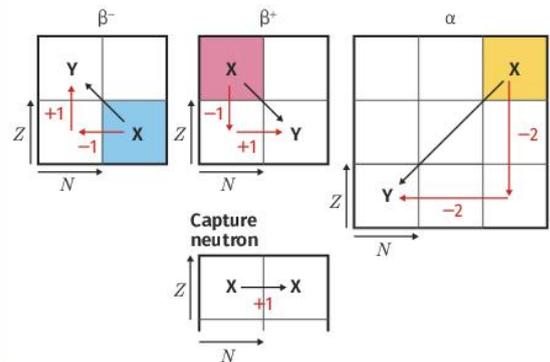
Un isotope d'une autre couleur se transformera selon une réaction correspondant à la couleur de la case (transformations α , β^- ou β^+).



Doc. 2 Règles de déplacements

Les différents déplacements autorisés correspondant aux réactions nucléaires sont les suivants :

- pour une transformation β^- , se déplacer d'une case vers la gauche (N diminue de 1) et d'une case vers le haut (Z augmente de 1) ;
- pour une transformation β^+ , se déplacer d'une case vers la droite (N augmente de 1) et d'une case vers le bas (Z diminue de 1) ;
- pour une transformation α , se déplacer de deux cases vers la gauche (N diminue de 2) et de deux cases vers le bas (Z diminue de 2) ;
- pour la capture neutronique, se déplacer d'une case vers la droite (N augmente de 1).



Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver les règles du jeu de l'or et une vidéo explicative !

LLS.fr/PC2P183

Compétence

✓MOD : Modéliser une transformation nucléaire

1. Doc. 1 Donner les représentations symboliques des isotopes naturels (stables) du plomb.
2. Doc. 2 Donner l'isotope obtenu quand le plomb 207 subit une capture neutronique.
3. Jouer au jeu de l'or avec son voisin pour les trois isotopes naturels du plomb.

Synthèse de l'activité

Mettre en commun les résultats des différents groupes de la classe afin de découvrir l'ensemble des possibilités du jeu. Conclure en répondant à la problématique de départ.

3 Le Soleil, l'énergie du futur ?

La gestion des déchets radioactifs, les accidents tels que ceux de Tchernobyl et Fukushima, et l'épuisement des ressources d'uranium rendent la filière nucléaire moins populaire. L'une des alternatives pour répondre à la demande énergétique serait de contrôler les réactions à l'origine de l'énergie émise par le Soleil.

→ **La fusion thermonucléaire est-elle une source d'énergie suffisante pour subvenir aux besoins énergétiques de la planète ?**

Une opinion ?

Quels sont les enjeux actuels de la production d'électricité ?

Doc. 1 Fission et fusion

Sous l'impact d'un neutron, un noyau d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$, peut se scinder en deux noyaux plus petits tout en rayonnant des photons. Lors de cette transformation, des neutrons sont émis et peuvent à leur tour scinder d'autres noyaux d'uranium. C'est le principe de la fission nucléaire, réaction en chaîne qui est mise à profit dans les centrales nucléaires.

Au début du XX^e siècle, les scientifiques identifient l'hydrogène comme source de l'énergie du Soleil. En 1939, Hans Bethe explique que cette énergie est générée par des noyaux d'hydrogène qui réagissent ensemble pour former un noyau plus lourd : c'est le principe de la fusion thermonucléaire.

Doc. 3 Le Laser Mégajoule

Le Laser Mégajoule près de Bordeaux est une installation expérimentale étudiant la possibilité de réaliser des réactions de fusion thermonucléaire. 176 lasers dont la puissance totale est de l'ordre du Mégajoule convergent vers une petite cible afin d'obtenir les conditions de fusion des isotopes de l'hydrogène (deutérium et tritium) contenus dans la cible. En théorie, 2,5 g de combustible deutérium-tritium libèrent une énergie de 20 t.e.p.

Doc. 2 Les sources d'énergie

Pour comparer l'efficacité énergétique d'une source d'énergie, on utilise la t.e.p. (tonne équivalent pétrole) qui correspond à l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole. En 2017, selon l'Agence internationale de l'énergie, la consommation mondiale d'énergie a été d'environ 13 500 Mt.e.p. À ce rythme, les ressources énergétiques seront épuisées d'ici une cinquantaine d'années pour le charbon et le pétrole et dans une centaine d'années pour le gaz naturel et l'uranium. On estime les réserves mondiales d'uranium fissile à environ 6 millions de tonnes.

Combustible	t.e.p.
1 tonne de charbon	0,69
1000 m ³ de gaz naturel	0,87
1 tonne d'uranium	$9,0 \times 10^4$



Construction du laser Mégajoule, Bordeaux.

Compétence

✓ MOD : Utiliser le modèle de l'énergie

- 1. Doc. 1** Quelle est l'origine de l'énergie convertie dans une centrale nucléaire et dans le Soleil ?
- 2. Doc. 2** Combien de tonnes d'uranium seraient nécessaires pour couvrir l'ensemble des besoins énergétiques mondiaux de 2017 ?
- 3. Doc. 3** Montrer que la fusion d'une tonne de deutérium-tritium dégage une énergie de 8 Mt.e.p.

Synthèse de l'activité

En déduire la masse de combustible de fusion nécessaire pour couvrir l'équivalent des besoins énergétiques mondiaux de 2017. Conclure.

1 Transformations nucléaires

A Isotopie

Des **isotopes** sont des noyaux ayant le même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons.

Ils appartiennent au même élément chimique et ont des propriétés chimiques identiques mais des propriétés physiques différentes.

Exemples : $^{12}_6\text{C}$, $^{13}_6\text{C}$ et $^{14}_6\text{C}$ sont des isotopes du carbone.

Certains isotopes peuvent se transformer spontanément en un autre noyau tout en émettant une particule et de l'énergie. **Lors d'une transformation nucléaire, il y a conservation du nombre de charge Z et du nombre de masse A.**

B Radioactivité

Un noyau peut spontanément se transformer selon trois processus radioactifs : α , β^- et β^+ . Les réactions α et β^- sont naturelles (les isotopes sont dans la nature), la réaction β^+ est artificielle (les isotopes sont produits en laboratoire). Les lois de conservation permettent d'établir les équations de réactions suivantes :

- α : un noyau ^A_ZX se transforme en un autre noyau $^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ et émet un noyau d'hélium ^4_2He (particule alpha) :
 $^A_Z\text{X} \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + ^4_2\text{He}$ | exemple : $^{213}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{209}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$
- β^- : un noyau ^A_ZX se transforme en un autre noyau $^{A}_{Z+1}\text{Y}$ et émet un électron $^0_{-1}\text{e}$ (particule bêta « - ») :
 $^A_Z\text{X} \rightarrow ^A_{Z+1}\text{Y} + ^0_{-1}\text{e}$ | exemple : $^{209}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{209}_{83}\text{Bi} + ^0_{-1}\text{e}$
- β^+ : un noyau ^A_ZX se transforme en un autre noyau $^{A}_{Z-1}\text{Y}$ et émet un positon (positron en anglais) ^0_1e (particule bêta « + ») :
 $^A_Z\text{X} \rightarrow ^A_{Z-1}\text{Y} + ^0_1\text{e}$ | exemple : $^{205}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{205}_{81}\text{Tl} + ^0_1\text{e}$

C Fission et fusion

Une **fission nucléaire (doc. 1)** est une transformation dans laquelle, sous l'action d'un neutron, un noyau dit lourd est séparé en deux noyaux plus légers et quelques neutrons.

Exemple : $^1_0\text{n} + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{94}_{38}\text{Sr} + ^{139}_{54}\text{Xe} + 3^1_0\text{n}$.

Lors de cette réaction, de l'énergie est libérée sous forme de rayonnement et elle est exploitée pour produire de l'électricité.

Il y a **fusion nucléaire (doc. 2)** lorsque deux noyaux légers s'assemblent pour former un noyau plus lourd.

Exemple : $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$.

Cette réaction nécessite une température de plusieurs millions de degrés pour être initiée. Cette condition est réalisée dans les étoiles. Sur Terre, des laboratoires de recherche étudient la possibilité de contrôler la fusion nucléaire (projet international ITER et Mégajoule en France).

Éviter les erreurs

- Lors de l'écriture de l'équation d'une réaction nucléaire, toujours vérifier la conservation de Z et A.
- Pour l'électron $Z = -1$ et $A = 0$, sa notation symbolique est : $^0_{-1}\text{e}$.
- Le positon n'est pas un proton ! La notation symbolique du proton est ^1_1p , celle du positon ^0_1e .

Vocabulaire

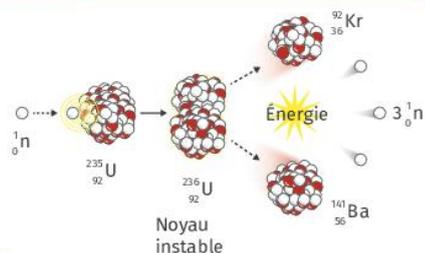
- **Becquerel** : unité pour mesurer l'activité radioactive d'un échantillon. 1 Bq est égal à une désintégration par seconde.
- **Chaîne radioactive** : à partir d'un noyau initial, suite de transformations spontanées selon des processus de désintégration jusqu'à la formation d'un isotope qui, lui, ne se transformera plus (il est dit stable).
- **Fissile** : noyau qui peut être le siège d'une réaction de fission.

Numérique

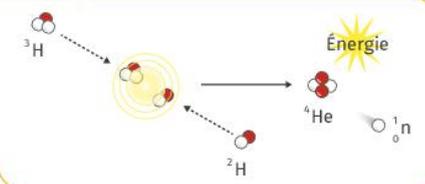
Retrouvez en vidéo les règles d'écriture des équations nucléaires

[LLS.fr/PC2EquationNucleaire](https://lls.fr/PC2EquationNucleaire).

Doc. 1 Réaction de fission



Doc. 2 Réaction de fusion



2 Conversion d'énergie nucléaire

A Radioactivité

Lors des transformations nucléaires α , β^- et β^+ de l'énergie est libérée sous forme de rayonnement.

Ces transformations nucléaires ne libèrent pas suffisamment d'énergie afin que celle-ci soit convertie en énergie thermique pour une production électrique. Cependant, l'énergie dégagée lors de ce type de réaction est utilisée en médecine pour, par exemple, irradier (détruire) des cellules cancéreuses de façon locale (**doc. 3**). C'est le principe de fonctionnement des techniques de radiothérapie.

B Fission et fusion

1. Le Soleil

Dans le cœur du Soleil, les noyaux d'hydrogène sont suffisamment comprimés par les forces gravitationnelles pour déclencher **des réactions de fusion thermonucléaire**. Lors de ces transformations, de grandes quantités d'énergie sont libérées sous la forme de rayonnements électromagnétiques (voir chapitre 15).

Cette énergie libérée lors de réactions de fusion thermonucléaire est utilisée par l'Homme à des fins militaires dans les bombes H (bombe à hydrogène) et à des fins civiles dans les réacteurs expérimentaux tels que le Laser Mégajoule ou le projet ITER.

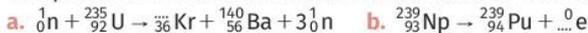
2. Les centrales nucléaires

Dans le cœur des réacteurs des centrales nucléaires se déroulent **des réactions de fission nucléaire**. Ces réactions libèrent de l'énergie sous la forme de rayonnements. Cette énergie peut être récupérée et convertie pour une production électrique.

Certains déchets produits lors de ces réactions sont hautement radioactifs et dangereux pour l'environnement. Une partie peut être retraitée, le reste doit être stocké dans un endroit sécurisé pendant de longues périodes (des centaines voire des milliers d'années).

Application

Compléter et identifier les réactions nucléaires ci-dessous.



Corrigé :

a. D'après la loi de conservation du nombre de masse :

$$1 + 235 = A(\text{Kr}) + 140 + 3 \times 1. \quad A(\text{Kr}) = 93.$$

Un noyau lourd est scindé en deux noyaux légers : c'est une fission.

b. D'après la loi de conservation du nombre de charge :

$$93 = 94 + Z(\text{e}). \quad Z(\text{e}) = -1.$$

Un noyau de neptunium se transforme en un noyau de plutonium avec émission d'un électron, c'est une désintégration β^- .

Doc. 3 Implants radioactifs



Implants radioactifs comparés à une pièce de 1 centime.

Vocabulaire

- **Rayonnement électromagnétique :** mode de transfert d'énergie décrit par la propagation d'ondes électromagnétiques.

Pas de malentendu



- La valeur de l'énergie libérée lors des transformations nucléaires est petite. Cependant, ramenée à l'échelle d'une mole ou d'un kilogramme de combustible, elle est bien plus importante que l'énergie libérée lors de transformations chimiques ou physiques.

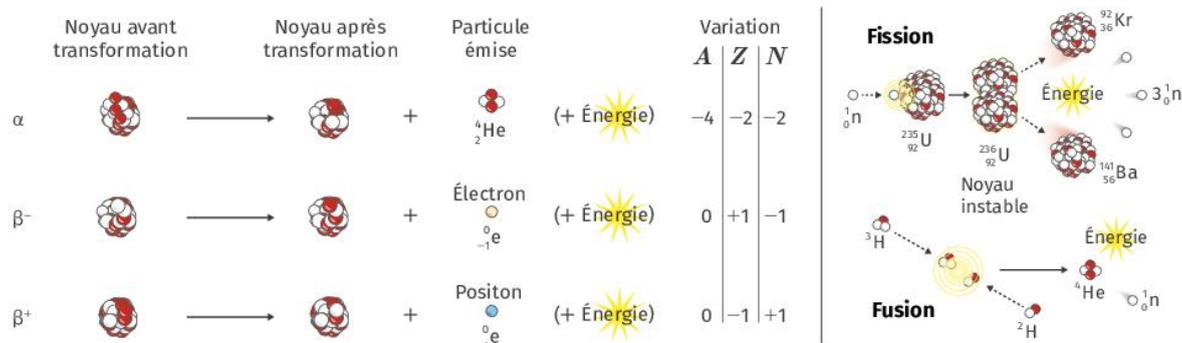
Doc. 4



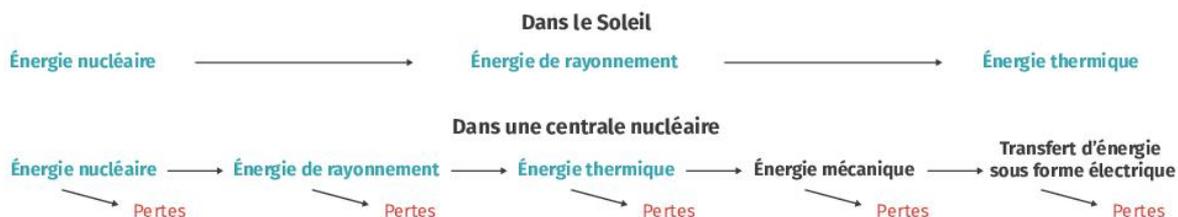
Maquette en coupe d'un réacteur nucléaire

Transformations nucléaires

Les transformations nucléaires mettent en jeu les noyaux des atomes. Les noyaux qui réagissent se transforment en d'autres noyaux avec un dégagement d'énergie.



Conversion de l'énergie nucléaire



Les limites de la modélisation

Pour faire le bilan des noyaux présents avant et après la transformation, on utilise le modèle de la réaction nucléaire représentée par une équation.

Ce modèle permet de :

- décrire les phénomènes de radioactivité, fission et fusion ;
- comprendre leurs conséquences énergétiques au niveau macroscopique.

Mais il ne permet pas de :

- prendre en compte les interactions entre les nucléons à l'intérieur du noyau ;
- comprendre au niveau du noyau pourquoi certains isotopes se transforment et pas d'autres (stabilité) ;
- déterminer la quantité d'énergie émise lors des processus radioactifs.

La compréhension et la description de ces phénomènes sont essentielles dans la recherche de la maîtrise de l'énergie nucléaire.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser un schéma afin de reprendre les principales notions du chapitre ! LLS.fr/PC2P187

1 Isotopie

	A	B	C
1. Les isotopes d'un élément chimique ont :	un nombre de protons différent.	un nombre de protons identique.	un nombre de neutrons identique.
2. Lors d'une transformation nucléaire, un noyau se transforme spontanément :	pour former une molécule.	en un autre noyau.	en un ion.
3. La notation symbolique d'un positon est :	0_1e .	1_1e .	0_1e .

2 Transformations nucléaires

1. Lors d'une transformation nucléaire, il y a conservation :	de la masse.	du nombre de charge et du nombre de masse.	de l'élément chimique.
2. Lors d'une réaction de fusion :	deux noyaux lourds forment un noyau plus lourd.	un noyau lourd donne deux noyaux plus légers.	deux noyaux légers donnent un noyau plus lourd.
3. Lors d'une réaction de fission :	deux noyaux lourds forment un noyau plus lourd.	deux noyaux légers donnent un noyau plus lourd.	un noyau lourd donne deux noyaux plus légers.

3 Conversion d'énergie

1. Lors d'une réaction nucléaire :	de l'énergie thermique est immédiatement libérée.	de l'énergie contenue dans les noyaux est convertie.	de l'énergie chimique est convertie.
2. L'origine de l'énergie solaire provient essentiellement de :	réactions chimiques.	réactions de fusion.	réactions de fission.
3. Les noyaux produits lors de la fission nucléaire sont :	facilement transformables.	hautement dangereux.	inoffensifs.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire des QCM et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P188

4 Questions Jeopardy

♦ Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

- a. Un noyau d'hélium est émis dans ce type de transformation nucléaire. b. Il s'agit de la source de l'énergie convertie dans le Soleil.

Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 346)

□ Savoir identifier des isotopes

[DIFE]

21

□ Savoir vérifier les lois de conservation dans une équation de réaction nucléaire

12

18

□ Savoir identifier la nature nucléaire d'une transformation

19

□ Connaître les conversions d'énergie se déroulant au sein du Soleil et dans un réacteur nucléaire

14

Pour s'échauffer

5 Composition des noyaux

Le magnésium 24 de symbole ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ et le magnésium 25 de symbole ${}^{25}_{12}\text{Mg}$ sont stables.

- Donner la composition de ces deux noyaux.

6 Radioactivité α

Le béryllium 8 de symbole ${}^8_4\text{Be}$ est un isotope radioactif qui se désintègre selon un processus de type α (noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$).

- Identifier l'autre noyau produit et écrire l'équation de la transformation.

7 Radioactivité β^-

L'arsenic 77 de symbole ${}^{77}_{33}\text{As}$ est un isotope radioactif qui se désintègre selon un processus de type β^- .

- Identifier le noyau et la particule produite puis écrire l'équation de la transformation.

8 Radioactivité β^+

Le zirconium 86 de symbole ${}^{86}_{40}\text{Zr}$ est un isotope radioactif qui se désintègre selon un processus de type β^+ .

- Identifier le noyau et la particule produite puis écrire l'équation de la transformation.

9 Fusion

- Donner une définition de la fusion thermonucléaire et rappeler les conditions pour que le processus se déclenche.

10 Fission

- Écrire l'équation de la réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 ${}^{235}_{92}\text{U}$ par un neutron ${}_0^1\text{n}$ qui donne un noyau de tellure 137 ${}^{137}_{52}\text{Te}$, un noyau de zirconium 97 ${}^{97}_{40}\text{Zr}$ et deux neutrons.



Retrouver une vidéo sur l'écriture des équations de réaction nucléaire. [LLS.fr/PC2P189](https://lls.fr/PC2P189)

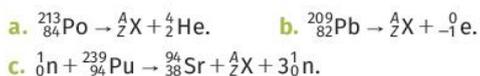
Pour commencer

Lois de conservation

11 Utiliser les lois de conservation

✓ MOD : Modéliser une transformation par une équation

1. Quelles sont les deux grandeurs physiques qui se conservent lors d'une transformation nucléaire ?
2. En utilisant les lois de conservation et la classification périodique des éléments, identifier le noyau ${}^A_Z\text{X}$ dans chacune des équations de réaction ci-dessous :



12 Chaîne radioactive

✓ MATH : Effectuer des calculs numériques

Le thorium ${}^{232}_{90}\text{Th}$ est l'isotope du thorium le plus abondant naturellement sur Terre (99,95 %). Il fait partie d'une chaîne de transformations successives composée de 5 désintégrations α d'équation ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$ et de 7 désintégrations β^- d'équation ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z+1}\text{Y} + {}^0_{-1}\text{e}$

- Trouver et écrire la notation symbolique du noyau final.

Réactions de fission et fusion

13 Fission de l'atome

✓ MATH : Calcul numérique : utiliser la proportionnalité

La première bombe nucléaire utilisée, surnommée *Little Boy*, fut lâchée par l'armée américaine sur la ville d'Hiroshima le 6 août 1945. 70 % de la ville ont été détruits et près de 140 000 personnes sont mortes des conséquences directes ou indirectes de l'explosion. L'explosion de 1 kg de TNT (trinitrotoluène) dégage 4,2 MJ et la combustion de 1 kg de pétrole dégage une énergie de 42 MJ. L'énergie dégagee par le bombardement d'Hiroshima est de $6,3 \times 10^{13}$ J.

1. Quel est le type de transformation qui a lieu lors de la combustion du pétrole ou l'explosion de TNT ?
2. À quelle masse de TNT correspond l'explosion de *Little Boy* sur la ville d'Hiroshima ?



Hiroshima, 7 août 1945.

Conversion d'énergie

14 Centrale nucléaire

✓APP : Extraire l'information utile sur supports variés



Une centrale nucléaire est constituée de réacteurs dans lesquels des réactions de fission libèrent de l'énergie sous forme d'énergie de rayonnement. Cette énergie est convertie en énergie thermique et est utilisée pour chauffer l'eau du circuit primaire. Ce circuit primaire est en contact avec le circuit secondaire. L'eau du circuit

secondaire est chauffée et transformée en vapeur. La pression de cette vapeur permet de faire tourner une turbine qui entraîne un alternateur (générateur) qui transmet l'énergie reçue vers le réseau électrique par transfert électrique. L'eau circule alors dans un circuit de refroidissement où elle est condensée à l'état liquide et refroidie par échange thermique avec l'air.

Numérique

Retrouvez le schéma de fonctionnement d'une centrale nucléaire sur [LLS.fr/PC2P190](https://lls.fr/PC2P190).

- En utilisant les termes ci-dessous, représenter un diagramme énergétique des échanges qui ont lieu dans les circuits primaire et secondaire de la centrale nucléaire.

Mots : Énergie nucléaire - Énergie thermique - Énergie cinétique - Transfert électrique - Énergie de rayonnement - Réseau de distribution électrique - Turbine - Fluide caloporteur - Noyaux - Fission.

Une notion, trois exercices

DIFFÉRENCIATION

□ Savoir-faire : Savoir vérifier les lois de conservation dans une équation de réaction nucléaire

15 Brachythérapie

✓MOD : Modéliser une transformation par une équation

La brachythérapie est une technique de radiothérapie qui consiste à placer une source radioactive près d'une tumeur cancéreuse. Cette technique permet de contrôler la dose donnée au patient, la durée d'exposition et la zone à irradier. L'un des isotopes utilisés est le cobalt ^{60}Co . Celui-ci est produit par une capture d'un neutron ^1_0n par le cobalt ^{59}Co . Ensuite, il se transforme selon un processus β^- émettant un électron $^0_{-1}\text{e}$.

- Écrire l'équation de la transformation produisant le cobalt 60, puis identifier le noyau obtenu lors de la transformation radioactive β^- du cobalt 60.

16 Traceurs radioactifs

✓MOD : Modéliser une transformation par une équation

L'irathérapie est une technique d'imagerie médicale qui consiste à injecter au patient des noyaux radioactifs qui vont se fixer sur les organes que l'on veut observer. Une caméra détecte le rayonnement émis par ces noyaux lors de leur désintégration β^- .

- Les isotopes 123, 125 et 131 de l'iode I sont fréquemment utilisés en médecine. Lequel est utilisé en irathérapie ? Justifier (voir activité 2, p. 183, si nécessaire).
- Écrire l'équation de désintégration de l'isotope de l'iode utilisé.

^{124}Xe	^{125}Xe	^{126}Xe	^{127}Xe	^{128}Xe	^{129}Xe	^{130}Xe	^{131}Xe	^{132}Xe
123 I	124 I	125 I	126 I	127 I	128 I	129 I	130 I	131 I

17 Datation

✓MOD : Modéliser une transformation par une équation

À l'origine de la Terre, les minéraux formés ne contenaient pas de plomb. Cependant ils contenaient de l'uranium 235 et de l'uranium 238 qui ont subis une chaîne de transformations successives pour aboutir respectivement à deux isotopes stables du plomb. La mesure de la proportion des isotopes du plomb présents dans les roches permet de dater celles-ci.

- Sachant que la chaîne de l'uranium 235 est composée de 4 désintégrations β^- et de 7 désintégrations α et que celle de l'uranium 238 est composée de 6 désintégrations β^- et de 8 désintégrations α . Déterminer, sans écrire les équations pour chaque transformation, les deux isotopes en question.

Rappel

- Désintégration α : $^A_Z\text{X} \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + ^4_2\text{He}$;
- Désintégration β^- : $^A_Z\text{X} \rightarrow ^A_{Z+1}\text{Y} + ^0_{-1}\text{e}$.

Les énergies du futur

Énoncé

Les réserves mondiales d'uranium connues sont limitées et les spécialistes estiment qu'elles seront épuisées dans moins d'un siècle. Quant aux autres réserves d'énergies fossiles, elles seront également épuisées d'ici 50 à 100 ans. En 2017, la consommation mondiale d'énergie était de 13 500 Mt.e.p. L'énergie de combustion d'un kilogramme de pétrole est de l'ordre 42 millions de joules et correspond à l'énergie libérée par la fission de 0,10 g d'uranium.

1. Quelle masse de pétrole faut-il pour libérer autant d'énergie que la fission de 1,000 kg d'uranium ?
2. Quelle masse d'uranium faut-il pour répondre totalement aux besoins énergétiques mondiaux ?
3. La fission de l'uranium 235 par un neutron produit deux noyaux dont l'un est un noyau de krypton 85, ainsi que 3 neutrons. L'équation de la transformation est la suivante :



À partir des lois de conservation, identifier le noyau X.

Solution rédigée

1. Pour une même énergie le rapport de masse est de $1,0 \times 10^4$. Il faut une masse $1,0 \times 10^4$ fois plus importante de pétrole :

$$m_{\text{pétrole}} = 1,0 \times 10^4 \times 1,000 = 1,0 \times 10^4 \text{ kg.}$$

2. La consommation d'énergie mondiale en Joule est :

$E_{\text{totale}} = 13\,500 \times 10^6 \times 42 \times 10^9 = 5,7 \times 10^{20} \text{ J}$. La masse d'uranium nécessaire est donc :

$$m_{\text{uranium}} = \frac{5,7 \times 10^{20}}{0,42 \times 10^9} = 1,35 \times 10^{12} \text{ g} = 1,4 \times 10^6 \text{ tonnes}$$

3. À partir de l'équation de la transformation, on applique les lois de conservation de la charge et de la masse :



- conservation du nombre de charge : $0 + 92 = 36 + Z + 0$, d'où $Z = 56$. Il s'agit du baryum ;
- conservation du nombre de masse : $1 + 235 = A + 85 + 3$, d'où $A = 148$. Le noyau est l'isotope 148 du baryum de symbole ${}_{56}^{148}\text{Ba}$.



Mine d'uranium.

DONNÉES

- 1 t.e.p. = 42 GJ ; • 1 GJ = 10^9 J ;
- **Numéro atomique** : strontium Sr ($Z = 38$),
Xénon Xe ($Z = 54$), césium Cs ($Z = 55$),
baryum Ba ($Z = 56$), plutonium ($Z = 94$).

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Rechercher les données dans l'énoncé pour comparer les masses de combustibles.
2. Écrire la relation de proportionnalité permettant de calculer la valeur attendue.
3. Analyser la relation générale d'une réaction de fission utilisant la notation symbolique.

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Déterminer le facteur de proportionnalité des masses de combustible pour une même énergie libérée.
2. Convertir les données énergétiques dans la même unité.
3. Utiliser les lois de conservation pour trouver les données manquantes et identifier le noyau.

18 Mise en application

Les centrales nucléaires de quatrième génération permettront d'exploiter la fertilité de l'isotope 238 de l'uranium qui constitue 99 % des minerais d'uranium. En effet, l'uranium 238 non fissile peut être transformé en plutonium 239 qui lui est fissile. Après une capture neutronique (1), le noyau formé subit deux désintégrations β^- (2) et (3).

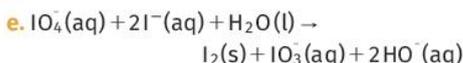
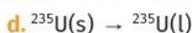
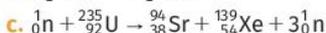
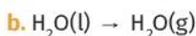
1. En utilisant les lois de conservation, identifier dans les équations ci-dessous les noyaux X et Y impliqués dans la formation du plutonium 239. a. ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow \dots X$ b. $\dots X \rightarrow \dots Y + {}_0^0\text{e}$ c. $\dots Y \rightarrow {}_{94}^{239}\text{Pu} + {}_{-1}^0\text{e}$
2. Sachant que la fission du plutonium 239 libère une énergie de $83,6 \times 10^{12} \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ calculer la masse de plutonium nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques mondiaux estimée à 13 500 Mt.e.p.

Pour s'entraîner

19 Nature d'une transformation

✓ MOD : Interpréter une équation de transformation

- Pour chaque équation de réaction écrite ci-dessous, identifier et justifier la nature physique, chimique ou nucléaire de la transformation.



20 Laissez-moi manger ma banane !

✓ MATH : Effectuer un calcul numérique



La dose équivalente banane (DEB) est une unité de mesure non officielle qui a été mise au point à des fins pédagogiques pour comparer les doses radioactives à la

dose ingérée due au potassium 40 lorsque l'on mange une banane. Elle permet aux autorités de communiquer sur les risques encourus lors d'une exposition à un rayonnement radioactif en comparant la mesure de l'impact d'une dose radioactive sur l'homme en Sievert (unité officielle) à la dose générée par l'ingestion d'une banane.

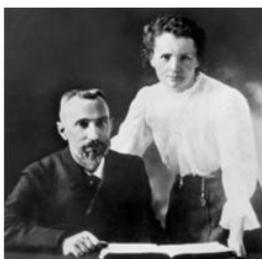
La dose radioactive létale est de l'ordre de 4 500 mSv. Une banane moyenne correspond à une dose de 0,1 nSv.

- Combien de bananes faut-il ingérer pour atteindre la dose létale ?

21 Découverte d'isotopes

✓ MOD : Modéliser une transformation par une équation

Marie Curie, alors docteurante dans le laboratoire d'Henri Becquerel, a travaillé sur le rayonnement émis par des minerais d'uranium. Elle remarque avec son mari Pierre qu'après avoir séparé l'uranium de toutes les impuretés, celles-ci émettaient encore un rayonnement plus intense que celui de l'uranium isolé. Plus tard, ils identifieront deux éléments responsables de ce rayonnement qu'ils nommeront radium et polonium.



Le radium ${}^{226}Ra$ subit deux désintégrations successives, la seconde étant une désintégration de type α . Après les deux désintégrations, le noyau obtenu est du polonium de symbole ${}_{84}^{218}Po$.

1. Représenter sous la forme d'un schéma la chaîne radioactive allant du radium au polonium. On notera A_ZX le noyau de l'isotope intermédiaire.
2. À l'aide des lois de conservation, identifier A_ZX et la nature de la première désintégration.

22 Radioactivité naturelle

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

Rayan effectue des recherches sur internet pour la présentation du projet qu'il doit faire en Physique-Chimie sur la radioactivité. Il lit l'article suivant :

« À travers notre alimentation ou en respirant nous assimilons des éléments radioactifs qui ont été produits par les rayonnements cosmiques ou qui sont contemporains de la formation du système solaire. Nous sommes nous-mêmes radioactifs ! Huit mille atomes [...] se désintègrent par seconde dans notre corps. » La moitié de ces atomes est du potassium 40.

D'après laradioactivite.com

1. Le potassium 40 a la particularité de se désintégrer selon un processus β^- dans 90 % des cas et selon un processus β^+ dans 10 % des cas. Donner les noyaux produits dans chaque situation.

Un compteur Geiger-Müller mesure le nombre de désintégrations par seconde c'est-à-dire l'activité en becquerel.

2. Quelle serait l'activité moyenne d'un humain en becquerel ?
3. L'énergie dégagée lors d'une transformation β^- est de $2,1 \times 10^{-13}$ J et de $2,4 \times 10^{-13}$ J lors d'une β^+ . Pour un humain, calculer l'énergie par seconde dégagée due aux réactions de désintégration du potassium 40.
4. On considère que pour une personne de 70 kg une exposition à une dose radioactive équivalente à une énergie inférieure à 0,7 J n'entraîne pas de risque notable pour la santé. Comparer cette énergie avec celle calculée à la question précédente.

INFO : Des unités pour la mesure de la radioactivité

Becquerel : unité pour mesurer l'activité radioactive d'un échantillon. 1 Bq est égal à une désintégration par seconde.

Sievert : le sievert mesure la dose de rayonnement absorbée par le corps humain et les effets qui y sont associés.

Numérique

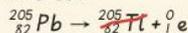
Retrouvez plus d'exercices sur LLS.fr/PC2P192.

23 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

1. Une transformation nucléaire c'est quand les ~~atomes et les éléments~~ se transforment en modifiant le nombre de ~~neutrons~~.

2. L'équation de la transformation radioactive β^+ du plomb 205 est :



La particule émise est un ~~électron~~.

3. Lors d'une réaction de fission un noyau dit ~~fissible~~ est cassé en deux par un ~~autre noyau~~ produisant des noyaux et des neutrons.

4. Les centrales nucléaires transforment de l'énergie ~~chimique~~ de l'élément uranium en énergie électrique.

5. Une réaction de fusion nucléaire est la transformation de deux noyaux ~~isotopes~~ d'un ~~même élément~~ en un noyau plus lourd.

24 Mesures et incertitude

- VAL : Précision et incertitude



Champ de fleurs à Hitashi.

Des mesures de l'activité massique de feuilles d'épinard dans la ville d'Hitachi suite à l'accident nucléaire de la centrale de Fukushima Dai-ichi (valeur de référence : 54 kBq/kg) ont été effectuées sur différents échantillons ayant la même provenance. Deux séries de ces mesures réalisées avec deux instruments de mesure différents ont abouti aux valeurs du tableau ci-dessous.

Mesure instrument 1 (kBq·kg ⁻¹)	47	51	52	53	51	55	58	65
Mesure instrument 2 (kBq·kg ⁻¹)	47	46	53	51	52	54	49	48

- Pour chaque instrument, calculer la valeur moyenne et l'écart-type expérimental. Conclure quant à la fiabilité et la précision de chaque instrument.

Comprendre les attendus

25 Thé radioactif

- COM : Utiliser un vocabulaire scientifique rigoureux

Cathy-Anne, élève de seconde, passe les vacances avec ses parents. Pendant le petit déjeuner, ils discutent de l'article qu'ils ont lu dans le journal, et tout particulièrement de l'extrait ci-dessous.

Le 1^{er} novembre 2006, au bar de l'hôtel Millenium à Londres, l'ancien lieutenant-colonel des services de renseignement soviétique passé à l'ouest, Alexandre Litvinenko rencontre deux hommes d'affaires russes, sans trop savoir si ce sont des suppôts de ce Vladimir Poutine qu'il vomit en public depuis huit ans. Il ne se méfie pas de ces ex-espions ayant soi-disant rattaché qui l'ont persuadé de venir à ce rendez-vous. C'est en réalité un véritable guet-apens. Dans le thé très *british* que lui offrent ces hôtes venus du froid, infuse du polonium 210, un redoutable poison radioactif.

D'après *Le Nouvel obs*, 26 août 2017.



Le polonium a été nommé en hommage aux origines polonaises de Marie Curie (ici en statue à Varsovie, Pologne).

- Donner la composition d'un noyau de polonium 210 ainsi que sa notation symbolique.

Cathy-Anne explique à ses parents que les noyaux de polonium se transforment en plomb 206 en émettant une particule et de l'énergie qui détruisent les cellules du corps, et que le nom de ce processus est la radioactivité β^- .

- À l'aide des lois de conservation, identifier la particule émise.
- Est-ce bien une désintégration β^- ? Justifier.

Données

Numéro atomique :

- Polonium : $Z = 84$;
- Plomb : $Z = 82$.

Détails du barème

TOTAL/4 pts

- Décrire la composition du noyau. 0,5 pt
Donner l'écriture symbolique du polonium. 0,5 pt
- Déterminer Z et A de la particule émise à partir des lois de conservation. 1 pt
Identifier la particule émise. 0,5 pt
- Identifier le type de transformation nucléaire cohérente avec les résultats de la question précédente. 0,5 pt
Justifier la réponse. 1 pt

26 Les propulsions des sous-marins

✓ MOD : Modéliser une transformation par une équation

Avec le développement de l'industrie nucléaire, l'armée a pu équiper ses sous-marins de réacteurs nucléaires. La première génération française de sous-marins nucléaires d'attaque (SNA) constitue la classe Rubis et comporte 6 navires.



Le *Perle*, sous-marin nucléaire d'attaque (SNA) de classe Rubis.

L'avantage de la propulsion avec un réacteur nucléaire est de garantir une autonomie considérable en comparaison à la propulsion électrique (la propulsion utilisant un combustible classique est impossible pour un sous-marin en immersion profonde).

Tout comme les réacteurs des centrales nucléaires électriques, les réacteurs nucléaires embarqués dans les sous-marins nucléaires fonctionnent grâce à la fission de l'uranium ^{235}U . Le fonctionnement classique d'un réacteur nucléaire peut être résumé par la chaîne suivante :

- sous l'action d'un neutron, les noyaux d'uranium 235 se scindent en deux noyaux et un ou plusieurs neutrons ;



Réacteur nucléaire d'un brise-glace russe.

- cette fission libère de l'énergie qui chauffe un fluide caloporteur ;
- le fluide caloporteur élève la température de l'eau dans un autre circuit. Cette eau se vaporise ;
- la vapeur d'eau sous pression fait tourner une turbine, permettant d'alimenter des moteurs électriques.

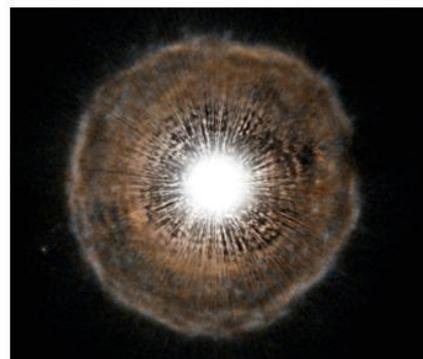
1. Rappeler les deux éléments nécessaires en plus du combustible pour qu'une combustion ait lieu.
2. Expliquer alors pourquoi une propulsion au diesel n'est pas envisageable pour un sous-marin en plongée profonde.
3. Identifier les deux transformations ayant lieu lors du fonctionnement d'un réacteur nucléaire et justifier le caractère nucléaire, chimique ou physique de ces transformations.
4. Proposer une équation pour chacune de ces transformations.

27 La nucléosynthèse stellaire (I) : fusion de l'hélium

✓ MOD : Modéliser une transformation par une équation

Sans l'énergie libérée par la fusion de l'hydrogène, le Soleil s'effondrerait sous son propre poids à cause des forces de gravitation.

C'est ce qui se produit lorsqu'une étoile a fusionné suffisamment d'hydrogène. Le cœur de l'étoile se contracte alors, sa température augmente et les couches extérieures de l'étoile se dilatent forte-



L'étoile Camelopardalis expulse une couche de carbone et amorce la fusion d'une nouvelle couche d'hélium autour de son cœur.

ment : l'étoile devient une géante rouge. Lorsque la température autour du cœur de l'étoile atteint quelque 10^8 K , la fusion de l'hélium ^4He peut s'amorcer. La fusion de l'hélium 4 permet de former deux éléments plus lourds : le béryllium ^8Be et le carbone ^{12}C .

1. Écrire l'équation de la réaction de fusion de deux noyaux d'hélium 4 en béryllium 8.
2. En fusionnant avec un autre noyau ^A_ZX , l'hélium 4 forme du carbone 12. Identifier le noyau ^A_ZX .
3. Dans certaines conditions une réaction de fusion entre l'hélium 4 et le carbone 12 peut avoir lieu. Identifier le noyau alors formé.

28 La nucléosynthèse stellaire (II) : fusion du carbone

✓ MOD : Modéliser une transformation par une équation

Pour les étoiles les plus massives, à la fin de la phase de la fusion de l'hélium, des réactions de fusion des noyaux carbone 12 peuvent s'effectuer.

Ces réactions amènent principalement à la création de trois nouveaux noyaux :

- la première fusion de deux noyaux de carbone ^{12}C crée un noyau de néon ^{20}Ne et une autre particule ;
- la seconde réaction de fusion de deux noyaux de ^{12}C a pour sous-produit un proton ;
- la troisième réaction de fusion de deux ^{12}C produit un noyau de 23 nucléons ainsi qu'un neutron.

1. Rappeler les règles de conservation pour les transformations nucléaires.
2. Écrire alors l'équation des trois fusions principales du carbone 12.

Numérique

Retrouvez plus d'exercices sur [LLS.fr/PC2P194](https://lls.fr/PC2P194).

Pour aller plus loin

29 HISTOIRE DES SCIENCES

Marie Curie

✓ MOD : Connaître la structure de l'atome



Marie Curie dans son laboratoire.

Pour leur travail de recherche en cours de Physique-Chimie, Abigaïl, Pénélope et Salomé, toutes trois élèves de seconde, décident de s'intéresser à des femmes scientifiques. Après quelques recherches, elles décident de réaliser un poster sur la physicienne Marie Curie, qui fut la première femme à recevoir un prix Nobel de physique et qui fait partie des *Magnificent Four* : les quatre scientifiques à en avoir reçu deux !

Au cours de leurs recherches elles trouvent sur le site du CEA un livret sur la radioactivité dans lequel elles lisent le texte suivant.

La radioactivité n'a pas été inventée par l'homme. Elle a été découverte, il y a un peu plus d'un siècle, en 1896, par le physicien français Henri Becquerel. Ce dernier cherchait à savoir si les rayons qu'émettaient les sels fluorescents d'uranium étaient les mêmes que les rayons X découverts en 1895 par Wilhelm Röntgen, physicien allemand. Il pensait que les sels d'uranium, après avoir été excités par la lumière, émettaient ces rayons X. Quelle ne fut pas sa surprise lorsqu'à Paris, en mars 1896, il découvrit que le film photographique avait été impressionné sans avoir été exposé à la lumière du soleil ! Il en conclut que l'uranium émettait spontanément et sans s'épuiser des rayonnements invisibles, différents des rayons X. Le phénomène découvert est appelé radioactivité (du latin *radius* : rayon). À la suite des travaux d'Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie isolèrent en 1898 le polonium et le radium, des éléments radioactifs inconnus présents dans le minerai d'uranium.

D'après le CEA.

1. En utilisant une classification périodique, donner la notation symbolique du polonium et du radium.

2. Le polonium 210 et le radium 223 sont des isotopes qui se transforment en émettant une particule α . Donner la notation symbolique de cette particule.
3. Écrire les deux équations de désintégration du polonium 210 et du radium 223.
4. Rechercher la cause de la mort de Marie Curie.

30 Accident nucléaire

✓ ANA : Faire le lien entre le microscopique et le macroscopique

Lors de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Dai-ichi au Japon, plusieurs isotopes radioactifs ont été relâchés dans l'atmosphère dont l'iode 131 qui est dangereux lorsqu'il est ingéré ou inhalé car il se fixe sur la thyroïde favorisant le développement de cancers.

Un isotope instable se transforme spontanément lors d'un processus radioactif. Il est caractérisé par son temps de demi-vie qui correspond à la durée au bout de laquelle l'activité d'un échantillon est divisée par deux. Dans le cas de l'iode 131, le temps de demi-vie est de 8 jours.

Après l'accident de Fukushima Dai-ichi, des mesures ont été faites sur des épinards de la ville d'Hitachi, 120 km au sud de la centrale nucléaire. Une activité massique de 54 000 Bq/kg a été mesurée. La limite de détection des appareils de mesure est de l'ordre de 50 Bq/kg.

D'après l'IRSN, *Bilan des conséquences de l'accident de Fukushima sur l'environnement au Japon.*

1. À l'aide d'un tableur-grapheur, tracer la représentation graphique $A = f(t)$ de l'évolution de l'activité massique en Bq/kg d'un échantillon d'épinards prélevé à Hitachi en fonction du temps.

MÉTHODE :

- Dans la première colonne, saisir les valeurs correspondant à des multiples entiers du temps de demi-vie de l'iode 131 : $nt_{1/2}$ avec $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots$ jusqu'à 12 ;
- dans la première case de la deuxième colonne, saisir l'activité initiale de l'iode 131 relevée à Hitachi. Puis saisir les activités correspondant à chaque durée de la première colonne ;
- tracer le graphe $A = f(t)$.

L'Union européenne a défini un seuil de contamination de 2 000 Bq/kg pour l'importation de denrées alimentaires hors produits laitiers.

2. Déterminer au bout de quelle durée l'activité massique de l'iode 131 est inférieure au seuil de 2 000 Bq/kg.
3. Au bout de combien de temps l'activité massique de l'iode 131 n'est-elle plus détectable ?
4. Lors d'un accident nucléaire, des pastilles d'iodure de potassium qui contiennent de l'iode 127 (inoffensif pour l'organisme) sont distribuées à la population autour d'une centrale nucléaire. Rechercher l'explication de cette procédure.

31 La guerre de Troie a-t-elle eu lieu ?

✓ APP : Faire un brouillon

Le site archéologique de la colline d'Hissarlik a mis à jour la superposition de neuf villes différentes. Les différentes couches de ruines correspondent à différentes époques de la ville de Troie qui sont numérotées de I à IX (**doc. 2**). En 2009, un archéologue découvre des squelettes d'hommes portant des marques de mort violente et des armes de combat au niveau de la ville de Troie VII. Il se demande si celle-ci correspond à la ville de Troie évoquée par Homère dans *l'Iliade*. D'après les historiens, la guerre de Troie homérique se serait déroulée entre 1350 et 1150 avant J.-C. La technique de datation au carbone 14 est utilisée pour dater les vestiges à partir d'un échantillon prélevé sur le site.

♦ Troie VII est-elle la ville décrite par Homère ?

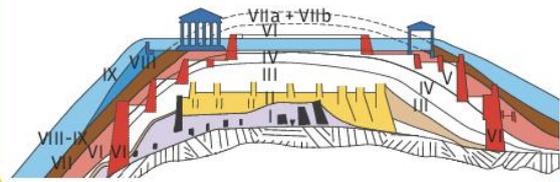
Doc. 1 Datation au carbone 14

Le carbone 14 est le seul isotope du carbone qui se transforme spontanément selon un processus radioactif β^- . Il est créé en permanence en haute atmosphère par la capture d'un neutron par les noyaux d'azote. Il est ensuite oxydé pour donner du dioxyde de carbone $^{14}\text{CO}_2$.

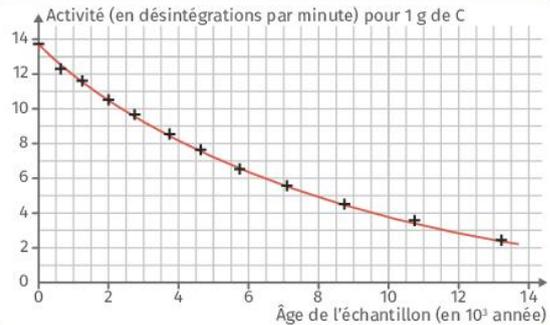
La quantité de carbone 14 présent dans un être vivant est constante car il y a un équilibre entre la quantité absorbée via le dioxyde de carbone et la quantité qui se désintègre au cours du temps.

Quand un être vivant meurt, il n'y a plus de régénération du carbone 14 par absorption de $^{14}\text{CO}_2$ et sa quantité diminue au cours du temps. Cette diminution suit une loi de décroissance que l'on peut observer sur le **doc. 3**. Ainsi la mesure de l'activité d'un morceau de bois mort permet par comparaison avec l'activité actuelle de déterminer la date de sa mort.

Doc. 2 Schéma du site archéologique de Troie



Doc. 3 Courbe de désintégration du carbone 14



Doc. 4 Analyse chimique et radioactive de l'échantillon

Un échantillon de bois calciné est prélevé. Son activité est de 93 désintégrations par minute pour 10,0 g de carbone.



Le Roman de Troie, vers 1330 (BNF, Paris).

Retour sur la problématique du chapitre

32 Fusion thermonucléaire et besoins énergétiques

✓ MATH : Pratiquer un calcul numérique

La réaction de fusion étudiée sur différents projets est la réaction entre le deutérium et le tritium. En théorie, 2,5 g de combustible dégagent une énergie de 20 t.e.p. Le deutérium, ^2H , est présent dans l'eau naturellement. En effet, 10³ kg d'eau contiennent environ 33 g de deutérium.

Le tritium, ^3H , quant à lui, est très rare sur Terre, mais il peut être produit en laboratoire.

1. Le combustible deutérium-tritium est constitué de 2/5 de deutérium en masse. Quelle masse d'eau faudrait-il pour fournir l'énergie nécessaire à la consommation mondiale d'énergie ?
2. Comparer avec les réserves d'eau disponibles sur Terre dont la valeur est $1,4 \times 10^{21}$ kg. Conclure sur l'intérêt de cette source d'énergie.

Donnée

• Consommation mondiale en 2017 : 13 500 Mt.e.p.



Activité numérique

Objectifs :

- Préparer le cours en s'appropriant le vocabulaire et les notions concernant les transformations nucléaires.
- Réaliser un bilan synthétique des notions abordées sous la forme d'une présentation.

A Les transformations nucléaires



Le Commissariat à l'énergie atomique propose un site avec des animations et des vidéos concernant les transformations nucléaires. Se rendre sur le site du CEA. [LLS.fr/PC2P197](https://lls.fr/PC2P197)



Visionner les animations « De l'atome à la radioactivité », « La radioactivité », et « Une illustration de la démarche scientifique : la découverte de la radioactivité ».



Ensuite, sur ce même site, répondre aux questions du « Quiz : la radioactivité », en sélectionnant le thème « Généralités ».

1. Qu'est-ce qu'une transformation nucléaire ?
2. Qu'est-ce que le phénomène de radioactivité ?
3. Quelle est la différence entre la radioactivité naturelle et la radioactivité artificielle ?

CONSEILS :

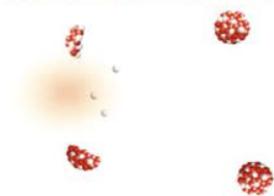
- Prendre des notes pendant la vidéo.
 - Trouver les mots-clés et les notions importantes.
4. Quels sont les scientifiques associés à la découverte de la radioactivité (naturelle et artificielle) ?
 5. Donner les caractéristiques de chaque type de transformation nucléaire radioactive.
 6. Quelles grandeurs se conservent au cours d'une transformation nucléaire ?

B Fission et fusion



Visionner les animations sur la fusion et la fission. [LLS.fr/PC2P197](https://lls.fr/PC2P197)

1. Quels types de noyaux sont concernés par la fusion ? Par la fission ?
2. Donner une définition de ces deux types de transformations nucléaires.
3. Où sont réalisés ces deux types de transformation nucléaire ?



C Synthèse



Illustration de l'intérieur du tore du Tokamak.



Réaliser une affiche ou une présentation en ligne, [LLS.fr/PC2P197](https://lls.fr/PC2P197), sur le thème des transformations nucléaires en choisissant parmi l'un des sujets suivants :

- l'histoire de la radioactivité : de sa découverte à nos jours ;
- le confinement inertiel ou magnétique : deux voies vers la maîtrise de la fusion ;
- l'avenir des réacteurs à fission nucléaire ;
- l'usage thérapeutique des transformations nucléaires.

Parcours d'orientation - Les métiers de la physique

Spécialités suggérées en première :

MATH f_x

Spécialités suggérées en terminale :

MATH f

À la découverte de ces métiers

TECHNICIEN/NE GÉNIE MÉCANIQUE

Études : Bac +2

Métier : Il/Elle participe à la conception, au contrôle qualité des produits fabriqués et à la maintenance dans des secteurs variés (aéronautique, BTP, navale, automobile, nucléaire ou médical).

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2GenieMeca](https://lls.fr/PC2GenieMeca)

URBANISTE

Études : Bac +3 / +5

Métier : Intervenant dans les plans de création et de réaménagement de quartiers ou de voies de circulation, il/elle propose et organise des projets pour répondre aux commandes des élus.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Urbaniste](https://lls.fr/PC2Urbaniste)

INGÉNIEUR/RE FINANCIER/ÈRE

Études : Bac +5

Métier : Le développement des outils de mesure et d'investissement sont au cœur de son métier. De solides bases en sciences ainsi que la maîtrise de l'anglais sont indispensables.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Financier](https://lls.fr/PC2Financier)

ARCHITECTE

Études : Bac +5 / +6

Métier : L'architecte coordonne l'ensemble des phases de création ou de réhabilitation d'un bâtiment. Il/Elle doit maîtriser l'ensemble des contraintes techniques, de la conception à la réalisation.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Architecte](https://lls.fr/PC2Architecte)

et interactions



Compétences



Retrouver les fiches méthode compétences sur lelivrescolaire.fr LLS.fr/PC2Methode.

INDICATEUR DE MAÎTRISE		chap. 11	chap. 12	chap. 13
APP	Maîtriser le vocabulaire du cours (fiche de vocabulaire)		✓	
ANA	Choisir, élaborer, justifier un protocole			✓
REA	Mettre en œuvre un protocole	✓		✓
COM	Compte rendu écrit avec un vocabulaire scientifique rigoureux		✓	
MATH	Calcul littéral, résoudre une équation	✓		
MATH	Utiliser des outils numériques/un langage de programmation	✓		
MATH	Utiliser le modèle du vecteur en physique	✓	✓	✓

Décrire un mouvement

ESPRIT CRITIQUE



Giacomo Balla, *Petite fille courant sur un balcon*, 1912.

► Comment peut-on décomposer un mouvement pour en faire l'étude détaillée ?

→ voir l'activité 1, p. 202

Travailler

autrement



L'outil informatique permet d'étudier et de tracer des trajectoires.

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser une activité numérique Python !

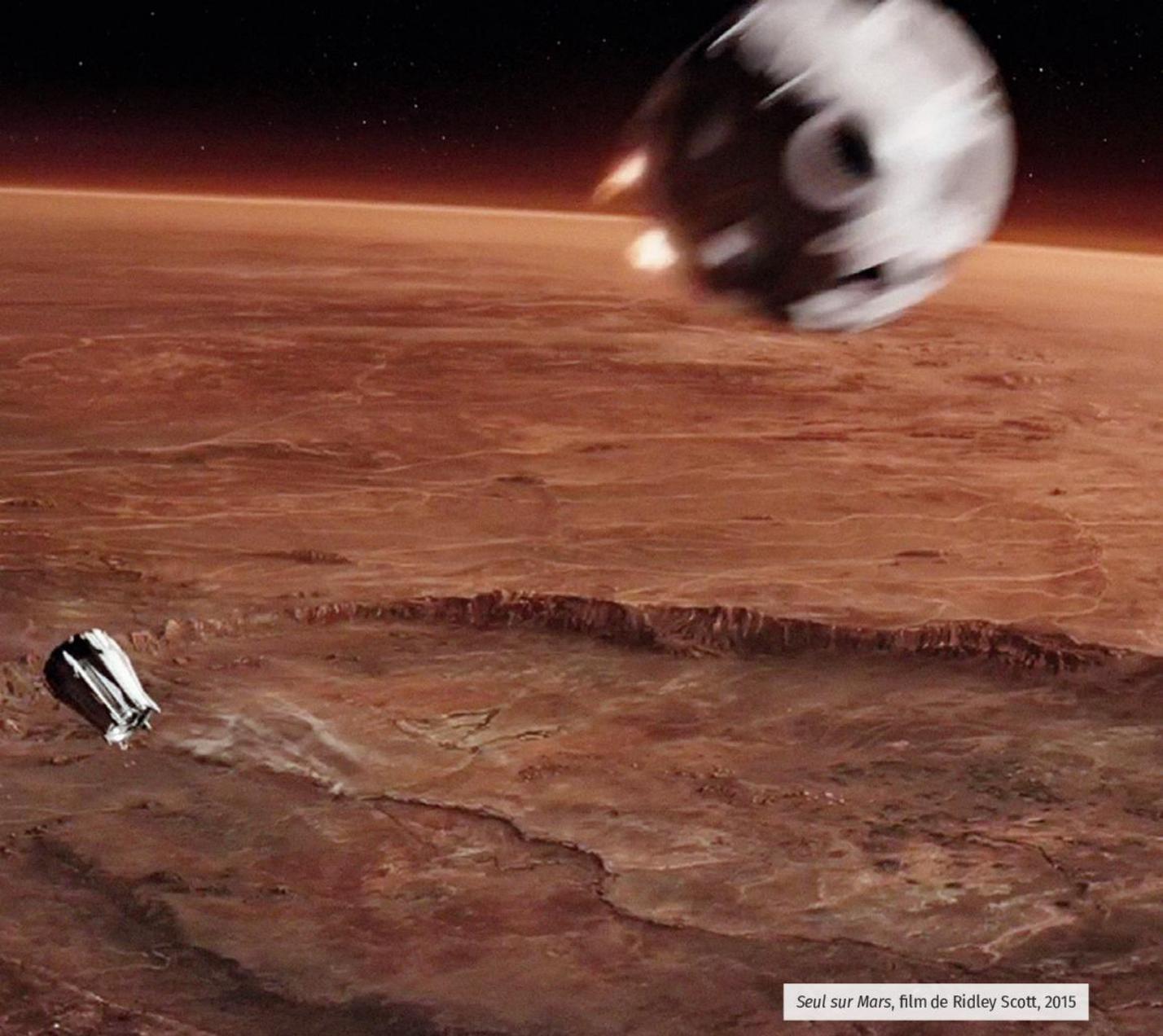
LLS.fr/PC2P200

Voir p. 217

```

2 import sys
3 import os
4 import simpleknn
5 from bigfile import BigFile
6
7 if __name__ == "__main__":
8     trainCollection = 'toydata'
9     nimages = 2
10    feature = 'f1'
11    dim = 3
12
13    testCollection = trainCollection
14    testset = testCollection
15

```



Seul sur Mars, film de Ridley Scott, 2015

→ Pourquoi, lors d'un décollage spatial, un astronaute peut-il être confronté à une perte de connaissance passagère ?

→ voir l'exercice 31, p. 216

À maîtriser pour commencer

- › Associer à la vitesse d'un objet une direction, un sens et une valeur
- › Savoir que le mouvement d'un objet dépend de l'observateur

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P201

Objectifs du chapitre

- ☐ Savoir choisir un référentiel pour décrire le mouvement d'un système
- ☐ Savoir décrire le mouvement d'un système par celui d'un point matériel et savoir que cette modélisation se traduit par une perte d'informations
- ☐ Reconnaître un mouvement rectiligne uniforme ou non uniforme
- ☐ Savoir tracer un vecteur vitesse

1 Jeté de pierre

Dans le *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* du savant Galilée, Simplicio et Salviati discutent du mouvement d'une pierre lâchée depuis un bateau en mouvement.

→ **Quelle est l'influence d'une translation sur la description du mouvement d'un objet ?**

Par intuition

Lorsqu'on lâche verticalement une pierre du haut d'un navire qui avance, tombe-t-elle au pied du mât ?

Doc. 1 Pointage d'une balle lors du mouvement de la trottinette



Doc. 2 Dialogue entre Simplicio et Salviati

—Simplicio : « Lorsqu'on lance une pierre du haut du mât d'un navire au repos, elle tombe au pied du mât. Quand le navire est en route, elle tombe à une distance égale à celle dont le navire a avancé pendant le temps de la chute de la pierre. »

—Salviati : « L'expérience montre le contraire ! La pierre tombe au même endroit du navire, que celui-ci soit à l'arrêt ou avance. »

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver la vidéo de la chute de la balle !

LLS.fr/PC2P202

Vocabulaire

- **Référentiel** : solide ou ensemble de points considérés comme fixes et d'une horloge par rapport auxquels on décrit le mouvement.
- **Trajectoire** : ensemble des positions successives occupées par un objet au cours du temps.

Méthode

Pour réaliser le pointage de la vidéo, consulter la méthodologie suivante.

→ **Fiche méthode 20, p. 337**

Compétences

- ✓ APP : Extraire l'information utile sur supports variés
- ✓ COM : Compte rendu écrit avec un vocabulaire scientifique rigoureux

1. **Doc. 1** Dans quel référentiel le mouvement a-t-il été filmé ?
2. **Doc. 1** Décrire le mouvement de la balle dans ce référentiel.
3. **Doc. 1** D'après le pointage de la balle lors du mouvement, quelle est la position finale de la balle par rapport à son point de départ ? Par rapport à la main ?
4. **Doc. 2** Par analogie avec le mouvement de la balle étudié, qui de Simplicio ou Salviati a raison quant à la position finale de la pierre ?
5. Quelle serait la trajectoire de la pierre dans le référentiel lié au navire ?

Synthèse de l'activité

Qu'est-ce qu'un référentiel ? Pourquoi est-il indispensable de définir un référentiel pour décrire un mouvement ?

2 Le shoot parfait 80'

Lors d'un *shoot*, le joueur de basketball tire depuis la ligne de lancer franc. La vitesse initiale du ballon détermine la réussite du lancer. Les sites internet regorgent de conseils techniques pour améliorer la technique du lancer. Au programme : s'entraîner et se filmer !

→ **Comment déterminer l'angle et la vitesse de tir lors d'un shoot ?**

Par intuition

Une analyse vidéo permet-elle de connaître précisément l'angle et la vitesse du ballon lors du lancer ?

Doc. 1 L'angle et la vitesse idéale



L'angle de lancement optimal par rapport à l'horizontal varie entre 50 et 55 degrés. Quant à la vitesse de tir, elle doit se situer aux alentours des $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Stephen Curry, meilleur shooter de NBA entre 2013 et 2017.

Doc. 2 Matériel nécessaire

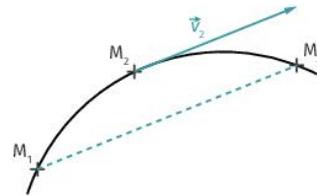
- Un ballon de basket ;
- Une caméra ;
- Un logiciel de pointage ;
- Un tableur-grapheur.

Doc. 4 Le vecteur vitesse

Le vecteur vitesse \vec{v}_2 d'un système au point M_2 entre deux dates t_1 et t_3 a pour expression :

$$\vec{v}_2 = \frac{\overrightarrow{M_1 M_3}}{t_3 - t_1}$$

Il est parallèle au segment $M_1 M_3$.



Pour tracer le vecteur vitesse au point M_2 :

1. Mesurer la distance réelle entre les points M_1 et M_3 puis, grâce à une échelle de distance, en déduire la valeur de la vitesse.
2. Choisir une échelle de représentation (exemple : 1 cm sur le schéma correspond à $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en réalité).
3. Tracer le vecteur \vec{v}_2 , à partir du point M_2 et parallèle au segment $M_1 M_3$.

Doc. 3 Bien filmer un mouvement

On a souvent recours à la vidéo pour étudier le mouvement d'un objet. Pour qu'une vidéo soit exploitable, il faut respecter les consignes suivantes :

- l'objet doit être éclairé et bien visible ;
- le mouvement doit avoir lieu dans un seul plan : le caméraman doit donc orienter sa caméra dans une direction fixe et perpendiculaire au mouvement ;
- placer un objet dont on connaît la dimension dans le plan du mouvement (exemple : une règle graduée) ;
- relever le nombre d'images par seconde prises par la caméra.

Compétences

- ✓ REA : Mettre en œuvre un protocole
- ✓ MATH : Utiliser des outils numériques

1. **Doc. 1** Définir le référentiel pour étudier le mouvement du ballon.

2. **Doc. 2** Proposer un protocole permettant, à l'aide du matériel disponible, de tracer la trajectoire du ballon lors d'un lancer.

3. **Doc. 3 et 4** Réaliser le protocole, puis représenter le vecteur vitesse en différents points de la trajectoire. Peut-on déterminer la vitesse initiale ?

4. Mesurer l'angle et la vitesse du ballon juste après le lancer.

5. **Doc. 1** Comparer les valeurs obtenues à celles d'un lancer idéal.

Synthèse de l'activité

Combien de points sont nécessaires pour déterminer une vitesse ? Quelles vitesses ne sont pas accessibles ?

3 Vitesse limite ? 80'

Sur un forum de parachutisme, on peut lire : « L'accélération est progressive, les 300 premiers mètres sont parcourus en 10 secondes environ puis la vitesse se stabilise aux alentours de 50 m/s. »

→ Comment varie le vecteur vitesse lors d'un saut en parachute ?

Par intuition

Le parachutiste accélère-t-il constamment jusqu'à l'ouverture du parachute ?

Doc. 1 Modélisation de la situation

La glycérine est un liquide transparent, visqueux, utilisé dans de nombreuses préparations pharmaceutiques.

Pour réaliser l'étude de la chute au laboratoire, on modélisera le parachutiste par une bille et l'air qui l'entoure par de la glycérine.



Doc. 2 Parachutiste en « chute libre »



Doc. 3 Matériel nécessaire

- Une bille ;
- Une éprouvette graduée ;
- De la glycérine ;
- Une caméra ;
- Un logiciel de pointage ;
- Un tableur-grapheur.

Numérique

Téléchargez une vidéo de la chute d'une bille dans la glycérine. [LLS.fr/PC2P204](https://lls.fr/PC2P204)

Doc. 4 Calculer une vitesse à l'aide d'un tableur

Pour un mouvement à une dimension selon (Oy), la vitesse en un point M_i a pour expression :

$$v_i = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

$f_x = (B4-B2)/(A4-A2)$

	A	B	C	D
1	t (s)	z (m)	v (m/s)	
2	0	0	0	
3	0,01	0,04	$= (B4-B2)/(A4-A2)$	
4	0,02	0,08		
5	0,03	0,2		
6	0,04	0,25		
7	0,05	0,3		
8				

On étire ensuite le calcul pour toute la colonne.

Compétences

- ✓ REA : Mettre en œuvre un protocole
- ✓ MATH : Utiliser des outils numériques

1. **Doc. 1** Définir le système (objet étudié) et le référentiel d'étude dans la situation décrite dans l'introduction. Quel objet modélise le parachutiste au laboratoire ?
2. **Doc. 3** À l'aide du matériel disponible, proposer un protocole expérimental permettant de tracer la trajectoire de cet objet lors de sa chute.
3. Réaliser le protocole.
4. **Doc. 4** À l'aide du tableur, calculer la valeur de la vitesse pour chaque position.
5. Définir une échelle de représentation puis tracer plusieurs vecteurs vitesse.
6. Comment évoluent la direction, le sens et la valeur du vecteur vitesse au cours de la chute de l'objet ?

Synthèse de l'activité

Que modélise la glycérine dans l'expérience simulant le saut en parachute ?
Comment varie le vecteur vitesse lors d'un saut de ce type ?

1 Système et référentiel

A Système

➤ La **cinématique** est l'étude purement descriptive du mouvement d'un système. On ne s'intéresse alors pas aux causes du mouvement.

Le **système** est l'objet ou un ensemble d'objets reliés entre eux, dont on étudie le mouvement. Pour simplifier l'étude, on modélise le système par un point, de même masse, et situé au centre de gravité de l'objet. C'est le **modèle du point matériel**.

Le modèle du point matériel ne prend en compte ni la géométrie de l'objet, ni ses éventuelles déformations ou rotations. Il permet toutefois de décrire le déplacement global de cet objet.

B Référentiel

Le **référentiel** d'étude est l'objet de référence par rapport auquel on étudie le mouvement du système (**doc. 1**).

On associe au référentiel un repère d'espace et un repère de temps.

➤ Le repère d'espace doit être constitué de trois axes pour un mouvement à trois dimensions ou deux axes pour un mouvement à deux dimensions. Dans un repère cartésien à deux dimensions, le système assimilé à un point matériel M a pour coordonnées $M(x; y)$.

Un repère de temps est une horloge que tous les observateurs déclenchent en même temps.

C Relativité du mouvement

La description du mouvement dépend du **référentiel** d'étude choisi.

Exemple : un voyageur lit, assis à bord d'un TGV en marche, et un passager se situe sur le quai (**doc. 1**). Dans le référentiel lié au passager situé sur le quai, le lecteur s'éloigne.

Dans le référentiel lié au voyageur assis face au lecteur, le lecteur est immobile. La notion de mouvement est donc relative au choix du référentiel d'étude.

2 Trajectoire et vecteur vitesse

A Trajectoire

La **trajectoire** d'un point matériel, dans un référentiel d'étude donné, correspond à la courbe formée par l'ensemble des positions successivement occupées par le point matériel lors de son mouvement (**doc. 2**).

Vocabulaire

- **Référentiel géocentrique** : référentiel lié au centre de la Terre.
- **Référentiel héliocentrique** : référentiel lié au centre du Soleil.
- **Référentiel terrestre** : référentiel lié à la surface de la Terre.

Doc. 1 Deux référentiels différents



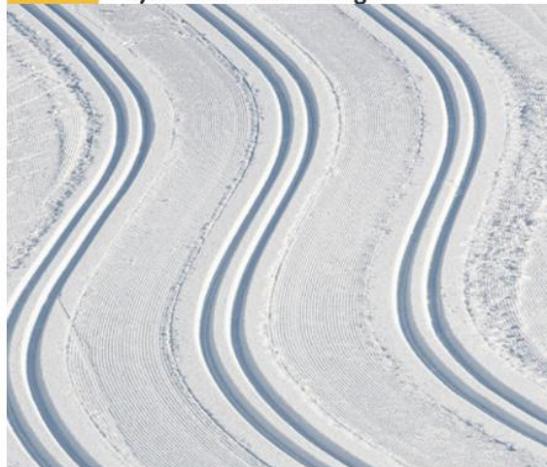
➤ Voici deux référentiels distincts pour l'étude d'un mouvement : le référentiel terrestre et celui du train en marche.

Pas de malentendu



- Si deux référentiels se déplacent l'un par rapport à l'autre, la trajectoire d'un système sera différente selon qu'elle est décrite par rapport à l'un ou à l'autre de ces référentiels.
- Un objet fixe dans le référentiel terrestre est, en première approximation, en mouvement circulaire uniforme dans le référentiel géocentrique.

Doc. 2 Trajectoires dans la neige



- Si la trajectoire est une droite, on dit que le mouvement est rectiligne (**doc. 3**).
- Si la trajectoire est un cercle ou une portion de cercle, on dit que le mouvement est circulaire.
- Si la trajectoire est une courbe quelconque, on dit que le mouvement est curviligne.

B Vecteur vitesse

Le **vecteur vitesse** d'un point matériel M permet de décrire la direction, le sens et la valeur de la vitesse en un point, à un instant t donné. Il est, en tout point, tangent à la trajectoire, et orienté dans le sens du mouvement.

Soient M la position d'un point matériel à la date t et M' la position de ce même point à la date t' . Le déplacement du point matériel entre les dates t et t' est défini par le vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$.

Pour obtenir la vitesse instantanée du point matériel M à la date t , il faut connaître sa position à une date t' très proche de t . On calcule alors le vecteur vitesse instantanée :

$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t} \text{ avec } \Delta t = t' - t$$

➤ En pratique, on ne peut pas mesurer la position d'un point à deux instants infiniment proches, séparés d'une durée Δt infiniment petite. On mesure alors la **vitesse moyenne** entre deux points.

Le vecteur vitesse moyenne \vec{v}_2 d'un système au point M_2 , entre deux dates t_1 et t_3 , a pour expression :

$$\vec{v}_2 = \frac{\overrightarrow{M_1M_3}}{t_3 - t_1}$$

Ce vecteur a les caractéristiques suivantes :

- direction : parallèle au segment M_1M_3 ;
- sens : celui du mouvement ;
- norme : $v_2 = \frac{M_1M_3}{t_3 - t_1}$ avec :
 - M_1M_3 la distance entre les points M_1 et M_3 en mètre (m),
 - $t_3 - t_1$ la durée séparant les instants t_1 et t_3 en seconde (s),
 - v_2 la valeur de la vitesse en mètre par seconde $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

En classe de seconde, on appellera **vecteur vitesse** le vecteur vitesse moyenne calculé entre deux points.

Application

Tracer le vecteur vitesse au point M_2 (**doc. 4**), la durée entre deux marquages étant de 50 ms.

Corrigé :

1. Mesurer la distance réelle entre les points M_1 et M_3 . En tenant compte de l'échelle indiquée : $M_1M_3 = 72,5 \text{ cm}$. On en déduit la valeur de la vitesse

$$v_2 = \frac{M_1M_3}{t_3 - t_1} = \frac{M_1M_3}{2\tau} = \frac{72,5 \times 10^{-2}}{2 \times 50 \times 10^{-3}} = 7,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

2. Choisir une échelle de représentation des vitesses (voir **doc. 4**). En fonction de l'échelle choisie, tracer le vecteur vitesse \vec{v}_2 parallèle au segment M_1M_3 , partant de M_2 et d'une longueur adaptée à l'échelle qui a été choisie.

Doc. 3 Trajectoire rectiligne d'un skieur



Vocabulaire

• **Vecteur** : objet mathématique représenté par un segment fléché dont les caractéristiques sont : le point d'application, la direction, le sens et la norme (dite aussi valeur ou intensité).

• **Vecteur constant** : un vecteur est constant si toutes ses caractéristiques (direction, sens et norme) sont les mêmes tout au long du mouvement.

Pas de malentendu



- t_2 et t_1 sont des **dates** tandis que Δt est une **durée**. La durée est définie comme le temps séparant deux dates, par exemple : $\Delta t = t_2 - t_1$. La durée séparant deux positions sur une chronophotographie est souvent notée τ .

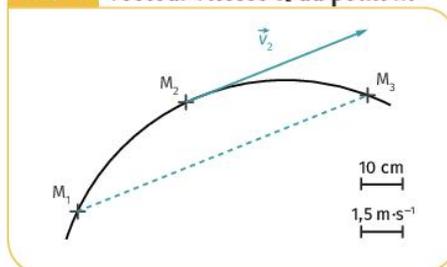
Éviter

les erreurs



- \vec{v} est un **vecteur** tandis que v représente sa **norme**, qui a pour valeur un nombre réel positif.
- Dans le système international d'unités, la **vitesse** s'exprime en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Pour représenter un vecteur vitesse, il faut définir une **échelle**. Exemple : 1 cm sur le schéma correspond à $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en réalité.

Doc. 4 Vecteur vitesse \vec{v}_2 au point M



3 Variation du vecteur vitesse

Décrire l'évolution du vecteur vitesse d'un système au cours du mouvement consiste à décrire la variation de ses trois caractéristiques : direction, sens et valeur.

A Variation de la valeur du vecteur vitesse

Si la valeur du vecteur vitesse augmente, le mouvement est accéléré (**doc. 5**).

Si la valeur du vecteur vitesse diminue, le mouvement est décéléré (ou ralenti).

Si la valeur du vecteur vitesse est constante, le mouvement est uniforme.

B Variation de la direction du vecteur vitesse

Si la direction du vecteur vitesse est constante lors du mouvement, alors le mouvement est rectiligne (**doc. 5**).

Lors d'un mouvement circulaire ou curviligne, la direction du vecteur vitesse varie (**doc. 6**).

Application

On a représenté le vecteur vitesse de la Lune pour quatre positions successives (**doc. 7**). Décrire la variation du vecteur vitesse de la Lune dans le référentiel géocentrique.

Corrigé :

Sur le schéma, on remarque que les quatre segments fléchés ont la même longueur. Donc la valeur de la vitesse de la Lune est constante. \vec{v}_1 et \vec{v}_3 sont horizontaux tandis que \vec{v}_2 et \vec{v}_4 sont verticaux. Ainsi, la direction du vecteur vitesse varie au cours du mouvement.

Donc, lors du mouvement de la Lune dans le référentiel géocentrique, la valeur du vecteur vitesse de la Lune est constante, tandis que sa direction varie.

Un mouvement est rectiligne uniforme si le vecteur vitesse est constant tout au long du mouvement.

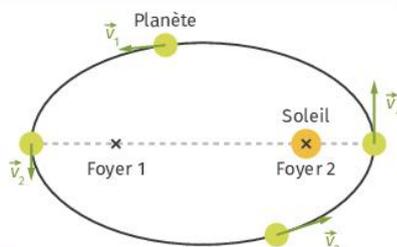
Un mouvement est rectiligne non uniforme si la direction et le sens sont identiques tout au long du mouvement mais que la valeur de la vitesse varie.

Doc. 5 Vecteur vitesse d'une fusée



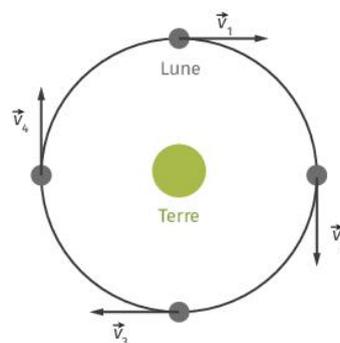
La direction du vecteur vitesse est constante (verticale), de même que son sens (vers le haut). En revanche, la valeur du vecteur vitesse augmente.

Doc. 6 Trajectoire elliptique d'un astre



Au cours de son mouvement, son vecteur vitesse varie en direction et en valeur.

Doc. 7 Vitesse de la Lune

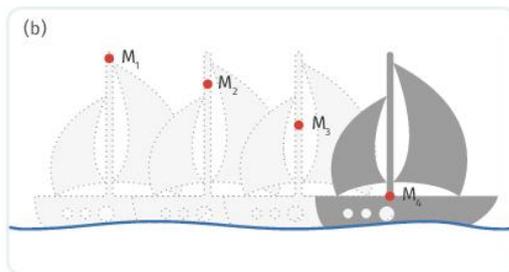
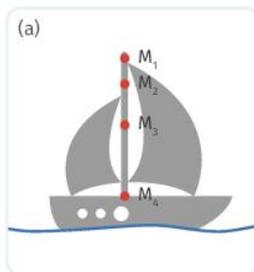


Au cours de sa course, la vitesse du joueur de baseball augmente : son mouvement n'est pas uniforme.

Référentiel et trajectoire

La description du mouvement est relative au référentiel d'étude choisi :

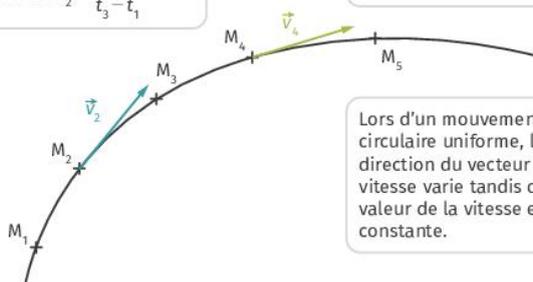
- dans le référentiel lié au bateau, la trajectoire est une droite (a).
- dans le référentiel terrestre, la trajectoire est une parabole (b).



Vecteur vitesse

Le **vecteur vitesse** au point M_2 permet de décrire la direction, le sens et la valeur de la vitesse à l'instant t_2 .

$$\text{Expression : } \vec{v}_2 = \frac{\overrightarrow{M_1 M_3}}{t_3 - t_1}$$



Le système est modélisé par un **point matériel** M . L'ensemble des points successivement occupés par le point matériel forme la **trajectoire**.

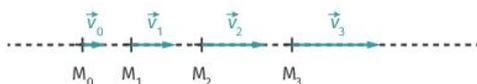
Lors d'un mouvement circulaire uniforme, la direction du vecteur vitesse varie tandis que la valeur de la vitesse est constante.

Cas d'un mouvement rectiligne :

- \vec{v} a une direction constante.

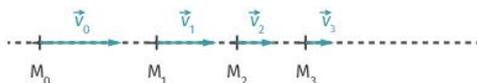
Mouvement rectiligne accéléré :

- la valeur de \vec{v} augmente.



Mouvement rectiligne décéléré :

- la valeur de \vec{v} diminue.



Les limites de la modélisation

> Le modèle du point matériel

Pour décrire le mouvement d'un objet, on modélise l'objet par un point matériel, situé en son centre de gravité.

Ce modèle permet de :

- décrire facilement la trajectoire d'un objet ;
- représenter simplement le vecteur vitesse en un point.

Mais il ne permet pas de :

- décrire les mouvements de rotation d'un objet sur lui-même ;
- décrire sa déformation éventuelle au cours du mouvement.

> Le vecteur vitesse

En pratique, on détermine le vecteur vitesse moyenne d'un objet entre deux points proches.

Ce modèle permet de :

- définir la direction, le sens et la valeur en différents points.

Mais il ne permet pas de :

- déterminer la vitesse instantanée qui est calculée entre deux points infiniment proches l'un de l'autre.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser un schéma et reprendre les principales notions du chapitre ! LLS.fr/PC2P208

1 Système et référentiel

	A	B	C
1. Le système est :	l'objet dont on étudie le mouvement.	l'objet par rapport auquel l'étude du mouvement est effectuée.	un objet immobile.
2. Le référentiel lié à un objet fixe par rapport à la surface de la Terre est :	le référentiel terrestre.	le référentiel géocentrique.	le référentiel héliocentrique.
3. La description du mouvement dépend :	du système étudié.	du référentiel d'étude.	du système étudié et du référentiel d'étude.

2 Trajectoire et vecteur vitesse

1. Si la trajectoire d'un système est une portion de cercle, le mouvement est :	circulaire.	curviligne.	quelconque.
2. Le vecteur vitesse moyenne au point M_4 a pour expression :	$\vec{v}_4 = \frac{\overrightarrow{M_4M_3}}{t_4 - t_3}$	$\vec{v}_4 = \frac{\overrightarrow{M_3M_5}}{t_5 - t_3}$	$\vec{v}_4 = \frac{\overrightarrow{M_5M_3}}{t_5 - t_3}$
3. Le mouvement est uniforme si :	$\vec{v} = \overrightarrow{\text{constante}}$	$v = \text{constante}$	$\Delta\vec{v} = \overrightarrow{\text{constante}}$

3 Variation du vecteur vitesse

1. Lors d'un mouvement uniforme :	la valeur du vecteur vitesse varie.	la direction et la valeur du vecteur vitesse sont constantes.	la valeur du vecteur vitesse est constante.
2. Lors d'un mouvement rectiligne accéléré :	la direction du vecteur vitesse varie.	la direction et le sens du vecteur vitesse sont constants.	la direction, le sens et la valeur du vecteur vitesse sont constants.

Numérique 

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P209

4 Questions Jeopardy 

- ♦ Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :
 - C'est un mouvement lors duquel la direction, le sens et la valeur du vecteur vitesse ne varient pas.
 - C'est un référentiel lié au centre de la Terre.

(Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 346)

- Savoir choisir un référentiel pour décrire un mouvement
- Savoir décrire le mouvement d'un système
- Reconnaître un mouvement uniforme ou non uniforme
- Savoir tracer un vecteur vitesse

11 13 21
13 22
14 25
[DIFF] 19

Pour s'échauffer

5 Le référentiel

Quel est le référentiel le plus adapté pour étudier :

1. le mouvement de la Terre autour du Soleil ?
2. le mouvement d'un satellite autour de la Terre ?
3. la trajectoire d'un ballon de football ?

6 Le point matériel

Pour décrire le saut acrobatique d'un skieur, on le modélise par un point matériel.

- Que permet ce modèle ? Que ne permet-il pas ?

7 Balançoire

Un enfant se balance sur une balançoire.

- Décrire sa trajectoire dans le référentiel terrestre. En déduire la nature de son mouvement.

8 Trajectoire lunaire

La Lune effectue une révolution autour de la Terre en 27,3 jours.

- Décrire sa trajectoire dans le référentiel géocentrique. En déduire la nature de son mouvement.

9 Caractéristiques du vecteur vitesse

Une bille chute dans un verre d'huile à vitesse constante.

- Quelles sont les caractéristiques du vecteur vitesse dans le référentiel terrestre au cours de la chute ?

10 Variation du vecteur vitesse d'un grêlon

Lors de la chute d'un grêlon, sa vitesse augmente.

- Comment varient la direction, le sens et la valeur du vecteur vitesse du grêlon au cours de sa chute dans le référentiel terrestre ?

Pour commencer

Système et référentiel

11 Choisir un référentiel

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Romain Bardet participe au Tour de France à vélo. Un spectateur assiste à la scène, fixe par rapport à la barrière.

- Quel est le référentiel adapté à l'étude du mouvement du cycliste ?

12 Expliquer l'influence du choix du référentiel lors d'une translation

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Une joggeuse laisse tomber sa gourde alors qu'elle se déplace à une allure stable.

1. Décrire le mouvement de la gourde dans le référentiel lié à la joggeuse, puis dans le référentiel terrestre.
2. Expliquer l'influence du choix du référentiel dans le cas d'une translation.



Trajectoire et vecteur vitesse

13 Décrire une trajectoire

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Mars est une des planètes du système solaire. L'illustration ci-dessous est une chronophotographie représentant les positions occupées par Mars dans le ciel terrestre toutes les trois nuits.

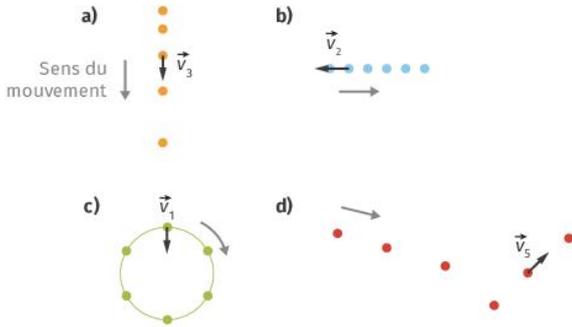


1. Dans quel référentiel la trajectoire de Mars est-elle représentée ? Quelle est la nature de cette trajectoire ?
2. Dans quel référentiel Mars décrit-elle une courbe quasi circulaire ?

14 Connaitre les caractéristiques du vecteur vitesse

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Les positions successivement occupées par un système à intervalles de temps réguliers sont représentées ci-dessous.



1. Décrire dans chacun des cas le mouvement du système en termes de trajectoire et de variation de la vitesse.
2. Parmi les vecteurs vitesse, lesquels sont correctement représentés ?
3. Pour chacun de vecteurs vitesse erronés, expliquer l'erreur.

Trajectoire et vecteur vitesse

15 Décrire l'évolution du vecteur vitesse

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Les positions successives occupées à intervalles de temps égaux par Julie lorsqu'elle grimpe à la corde, dans le référentiel terrestre, sont représentées ci-contre.



1. Décrire l'évolution du vecteur vitesse de Julie.
2. Qualifier la nature de son mouvement.



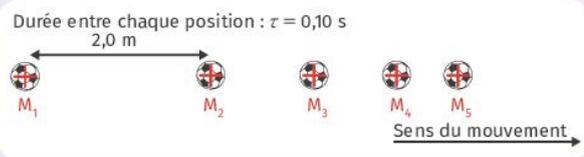
Une notion, trois exercices

□ Savoir-faire : Tracer un vecteur vitesse

16 Mouvement d'un ballon de football à 1D

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Les positions successives d'un ballon de football sont représentées ci-dessous.



1. Quelle est la distance réelle entre M_3 et M_5 ?
2. Donner l'expression reliant la valeur du vecteur \vec{v}_4 , la distance M_3M_5 et la durée entre deux positions τ . Faire l'application numérique.
3. Quelles sont les caractéristiques du vecteur \vec{v}_4 ?
4. Représenter le vecteur \vec{v}_4 à l'échelle $1\text{cm} \leftrightarrow 10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

17 Mouvement d'un ballon de football à 2D

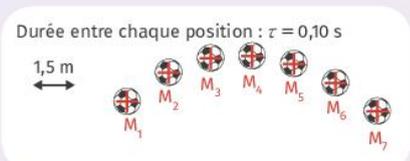
✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Les positions successives d'un ballon de football, lors d'un coup franc, sont représentées ci-après.

DIFFÉRENCIATION

1. Quelle est la distance réelle entre M_1 et M_3 ?

2. Donner l'expression reliant la valeur du vecteur vitesse \vec{v}_2 ,



la distance M_1M_3 et la durée entre deux positions τ . Faire l'application numérique.

3. Quelles sont les caractéristiques du vecteur \vec{v}_2 ?

4. Représenter le vecteur \vec{v}_2 à l'échelle $1\text{cm} \leftrightarrow 10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

18 Mouvement d'un ballon de basketball

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Les positions successives d'un ballon de basketball lors d'un lancé sont représentées ci-contre.



• Représenter le vecteur vitesse au point M_3 à l'échelle $1\text{cm} \leftrightarrow 5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

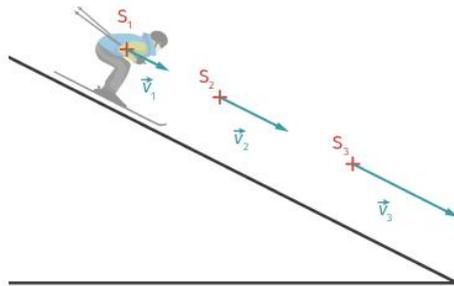
- ✓ APP : Mobiliser et organiser ses connaissances
- ✓ REA : Effectuer des mesures.
- ✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Mouvement d'un skieur

Énoncé

On a filmé un skieur puis pointé, à l'aide d'un logiciel d'analyse vidéo, son centre de gravité S à intervalles de temps réguliers.

La vitesse est représentée à l'échelle $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



1. Décrire la trajectoire du skieur.
2. Dans quel référentiel le skieur a-t-il été filmé ?
3. En tenant compte de l'échelle, déterminer la valeur de la vitesse \vec{v}_1 , \vec{v}_2 et \vec{v}_3 aux points S_1 , S_2 et S_3 .
4. Décrire la variation du vecteur vitesse du skieur au cours de son mouvement.

Solution rédigée

1. Les positions du point S sont alignées. La trajectoire est donc une droite.
2. Le skieur a été filmé dans le référentiel terrestre.
3. Les vecteurs vitesse v_1 , v_2 et v_3 mesurent respectivement 0,5 ; 1,5 et 2,0 cm sur la figure. Or 1,0 cm sur la figure correspond à 10 m/s en réalité. On en déduit la valeur de la vitesse v_1 , v_2 et v_3 :
 $v_1 = 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
 $v_2 = 15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
 $v_3 = 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
4. Les vecteurs vitesse \vec{v}_1 , \vec{v}_2 et \vec{v}_3 ont la même direction et le même sens. Cependant, $v_1 < v_2 < v_3$ donc la valeur de la vitesse augmente. Ainsi, au cours du mouvement du skieur, la direction et le sens du vecteur vitesse sont constants tandis que la valeur du vecteur vitesse augmente.



ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Quelle forme géométrique les points dessinent-ils ?
2. Situer l'observateur qui a filmé le mouvement.
3. Identifier l'échelle de représentation de la vitesse.
4. Se rappeler des caractéristiques du vecteur vitesse.

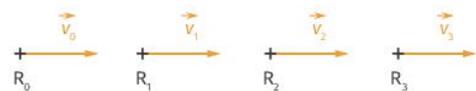
POUR BIEN RÉPONDRE

1. Lorsque l'on parle d'une trajectoire, il faut donner une forme géométrique.
2. Remarquer que le mouvement a été filmé par un observateur fixe par rapport à la surface de la Terre.
3. Mesurer la longueur de chaque segment fléché sur le schéma et en déduire sa valeur réelle.
4. Décrire la variation de la direction, du sens et de la valeur du vecteur vitesse.

19 Mise en application

On a représenté les positions successivement occupées par une randonneuse, assimilée à un point matériel M , dans le référentiel terrestre. La vitesse est représentée à l'échelle $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1. Quel est le système étudié ?
2. Déterminer la valeur des vecteurs vitesse représentés.
3. Décrire l'évolution du vecteur vitesse.



Pour s'entraîner

20 Astrophotographie

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Une astronome amatrice photographie les étoiles avec une longue durée d'exposition.

Filet d'étoiles



1. Dans quel référentiel les étoiles sont-elles photographiées ?
2. Décrire leur trajectoire.
3. L'étoile polaire est une étoile qui paraît fixe par rapport à la Terre. Identifier cette étoile sur la photographie.
4. En quoi le mouvement apparent des étoiles peut-il être un inconvénient en astrophotographie ?
5. Les astrophotographes professionnels sont équipés de télescopes motorisés qui suivent le mouvement d'une étoile. Expliquer.

21 Station spatiale internationale

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

✓ REA : Effectuer des calculs littéraux et numériques



La station spatiale internationale (ISS) est une station spatiale en orbite circulaire basse autour de la Terre. Des astronautes internationaux y mènent des expériences de recherche scientifique en milieu spatial. Située à une altitude d'environ 330 km, l'ISS effectue un tour complet en 93 minutes.

1. Quel est le référentiel adapté à l'étude du mouvement de l'ISS ?
2. Décrire le mouvement de l'ISS dans ce référentiel.

3. Calculer la valeur de la vitesse.

4. Décrire la variation du vecteur vitesse.

5. Combien de tours effectue l'ISS en une journée ?

Donnée

• Rayon de la Terre : $R_T = 6370$ km.

Comprendre les attendus

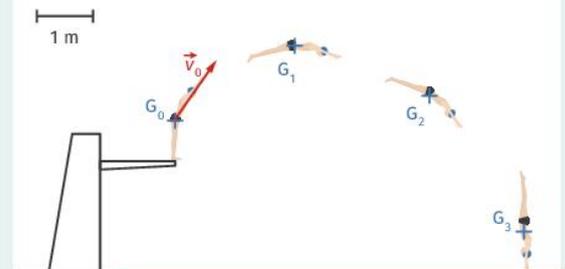
22 Performances d'un nageur

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

✓ REA : Effectuer des mesures. Effectuer des calculs littéraux et numériques

En natation, la chronophotographie permet d'analyser les performances du nageur. L'échelle choisie pour la représentation de la vitesse est : $1\text{ cm} \leftrightarrow 4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Durée entre deux positions : $\Delta t = 0,3$ s



1. Définir le système et le référentiel d'étude.
2. Quelle est la valeur de la vitesse initiale \vec{v}_0 au point G_0 ?
3. Calculer la valeur du vecteur vitesse \vec{v}_1 et \vec{v}_2 du plongeur aux points G_1 et G_2 .
4. Tracer le vecteur vitesse \vec{v}_1 et \vec{v}_2 du plongeur aux points G_1 et G_2 .
5. Comment varient les caractéristiques du vecteur vitesse au cours du mouvement ? Qualifier alors le mouvement du plongeur.

Détails du barème

TOTAL/5,5 pts

1. Employer les termes du cours. 0,5 pt
2. Mesurer à la règle la longueur du vecteur \vec{v}_0 et convertir à l'échelle. 0,5 + 0,5 pt
3. Donner la formule littérale puis faire l'application numérique. Exprimer le résultat numérique avec deux chiffres significatifs, en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. 1,5 pt
4. Indiquer le point d'application, l'origine, le sens et la valeur correcte. 1,5 pt
5. Décrire l'évolution du vecteur vitesse en termes de direction, sens et valeur. Utiliser le vocabulaire approprié pour qualifier le mouvement. 1 pt

23 Sky Jump à Las Vegas

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique



À Las Vegas, les adeptes de sensations fortes peuvent sauter du haut de la tour Stratosphère pour un saut de 253 mètres, reliés à un câble en acier. Lors des premiers instants (phase 1), le sauteur est en chute libre, puis l'arrivée au sol (phase 2) est freinée par une bobine.

- Définir le système et le référentiel d'étude.
- Décrire le mouvement du système lors des deux phases du mouvement.
- Décrire la variation du vecteur vitesse lors des deux phases du mouvement.

24 La grêle

✓ ANA : Exploiter des informations

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

La grêle peut avoir des effets dévastateurs pour les habitants et les agriculteurs en raison de la vitesse que les grêlons acquièrent lors de leur chute.



En effet, le grêlon chute avec une vitesse initiale nulle puis accélère jusqu'à atteindre une vitesse limite de $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

- Définir le système et le référentiel d'étude.
- Le système est assimilé à un point matériel. Quel(s) aspect(s) ne peut-on pas aborder lors de cette étude ?
- Comment évolue le vecteur vitesse lors de la première phase de la chute ?
- Donner la direction, le sens et la valeur du vecteur vitesse en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ lors de la deuxième phase de la chute. Comment qualifier le mouvement lors de cette deuxième phase ?

25 Remontées mécaniques en QCM

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

On étudie deux remontées mécaniques dans le référentiel terrestre. Un télésiège tire des skieurs sur une portion rectiligne à vitesse constante.

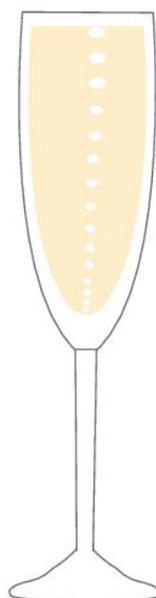
- Le vecteur vitesse du skieur :
 - est nul.
 - est constant.
 - a une valeur constante.

Un télésiège décrit une portion de cercle à vitesse constante pour récupérer les skieurs.

- Le vecteur vitesse du télésiège :
 - est nul.
 - est constant.
 - a une valeur constante.
 - diminue au cours du mouvement.

26 Les bulles de champagne

✓ ANA : Proposer un protocole



Dans une flûte de champagne, les bulles se créent au niveau des aspérités de la paroi puis remontent verticalement jusqu'à la surface.

On a représenté la chronophotographie d'une bulle lors de son ascension. La durée séparant de deux images est égale à $0,050 \text{ s}$.

- Proposer un protocole expérimental qui permettrait de représenter l'évolution de la vitesse de la bulle en fonction du temps.
- Estimer la taille réelle d'une flûte de champagne et en déduire l'échelle verticale approximative de cette représentation.
- Comment évolue la valeur de la vitesse au cours du temps ?
- Estimer la vitesse limite atteinte par la bulle.

27 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur. Les réponses sont liées à des questions indépendantes.

1. Déterminons la valeur de la vitesse au point 3 :

$$v_0 = \frac{M_2 M_4}{2\tau} = \frac{10}{2 \times 0,5} = 10 \text{ m/s}$$

2. Le mouvement est circulaire uniforme donc la variation du vecteur vitesse est nulle.

3. La Lune décrit un cercle dans le référentiel qui est centré sur la Terre et appelé référentiel terrestre.

4. Le vecteur vitesse au point considéré est horizontal, vers la droite et a pour valeur 15 m/s .

5. La vitesse a toujours la même valeur donc le vecteur vitesse est constant.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P214

Pour aller plus loin

28 L'ascenseur spatial

- ✓ MATH : Effectuer des calculs numériques
- ✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

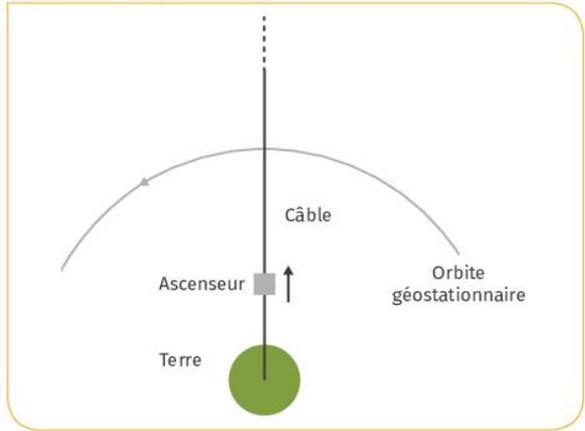
Yuri Artsutanov, un ingénieur russe, fut le premier, en 1960, à concevoir l'idée d'un câble pour transporter des charges depuis la surface de la Terre jusqu'à une orbite géostationnaire.

L'orbite géostationnaire, située à 36 000 kilomètres d'altitude dans le plan de l'équateur, est l'orbite empruntée par les satellites géostationnaires. Ainsi les satellites restent en permanence au-dessus du même point au-dessus de l'équateur.

Ce projet pourrait offrir une alternative aux fusées pour lancer des satellites.

On étudie le mouvement d'un satellite géostationnaire S_1 dans le référentiel géocentrique (référentiel centré sur la Terre et pointant vers des étoiles lointaines).

Principe de l'ascenseur spatial



1. a. Décrire le mouvement du système.
 b. Exprimer la valeur de sa vitesse v_1 , en fonction de l'altitude h , le rayon de la Terre R_T et la période T de révolution de la Terre. Calculer v_1 .
 c. Schématiser, sans souci d'échelle, le vecteur vitesse et le vecteur variation de vitesse.
 d. Dans quel référentiel S_1 est-il immobile ?
2. Considérons un satellite S_2 en ascension, à vitesse constante, le long du câble reliant la surface de la Terre à un satellite géostationnaire S_1 .
 a. Décrire le mouvement de S_2 dans le référentiel lié à S_1 .
 b. Donner les caractéristiques du vecteur vitesse de S_2 .
 c. Quelle devrait être la valeur du vecteur vitesse de S_2 pour réaliser l'ascension en 5 jours ?
3. a. Représenter la trajectoire de S_2 dans le référentiel géocentrique.
 b. Quel principe est ainsi illustré ?

Donnée

• Rayon de la Terre : $R_T = 6370$ km.

Numérique

Retrouvez la vidéo « L'ascenseur spatial c'est pour quand ? » de l'émission *Tu mourras moins bête* sur Arte. [LLS.fr/PC2AscenseurSpatial](https://www.lls.fr/PC2AscenseurSpatial)

29 Héliocentrisme vs géocentrisme

- ✓ VAL : Discuter d'une information, faire preuve d'esprit critique

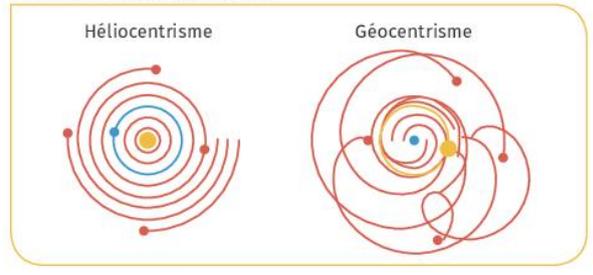
Au II^e siècle, Ptolémée développe un modèle de trajectoires, pour expliquer le mouvement des astres, compatible avec les observations astronomiques menées durant l'Antiquité. Selon lui, la Terre se situe au centre. Le Soleil, la Lune et les planètes décrivent des cercles (épicycles) autour d'un point P décrivant également un cercle autour de la Terre.

Au XV^e siècle, Copernic révolutionne les idées en affirmant que c'est la Terre qui tourne autour du Soleil, de façon circulaire uniforme.

Enfin, au XVII^e siècle, grâce aux observations menées par Tycho Brahe, Kepler montre que la trajectoire suivie par la Terre autour du Soleil est une ellipse.

1. Selon Ptolémée, quel est le mouvement du Soleil dans le référentiel lié au point P ? dans le référentiel géocentrique ?
2. Selon Copernic, quel est le mouvement de la Terre dans le référentiel héliocentrique ?
3. Quel modèle de trajectoire est le plus simple à représenter ? En déduire le référentiel adopté, de nos jours, pour décrire le mouvement des planètes du système solaire.
4. Quelle forme géométrique est décrite à la fois dans le modèle de Ptolémée et dans celui de Copernic ?
5. Quelle nouvelle forme géométrique est ensuite introduite par Kepler ?

Simulation des deux modèles



Numérique

Retrouvez l'animation de ces deux modèles sur [LLS.fr/PC2 SimulationModeles](https://www.lls.fr/PC2SimulationModeles).

30 Service smashé au volley-ball

✓ APP : Faire un brouillon

Le service smashé est le service le plus pratiqué en volley-ball. Le joueur se place derrière la ligne de terrain, lance haut son ballon



et effectue une petite course pour le frapper en hauteur. Un joueur sert un service smashé avec une vitesse initiale horizontale, représentée à l'échelle sur la figure du **doc. 1**.

D'après Bac 2018, Métropole

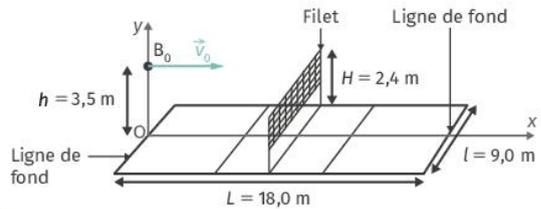
- Vérifier que le ballon, assimilé dans cette étude à un point matériel B, franchit le filet et atteint le sol avant la ligne de fond.

Donnée

- Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Doc. 1 Allure de la trajectoire du ballon

Échelle choisie pour la vitesse : 1 cm correspond à $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Doc. 2 Équation de la trajectoire

Soit un point B de coordonnées $(x ; y)$. L'équation de la trajectoire est l'expression de y en fonction de x . Dans la situation décrite dans la figure du **doc. 1**, l'équation de la trajectoire du ballon a pour expression :

$$y = -\frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2 + h.$$

Retour sur la problématique du chapitre

31 12 g ?

✓ ANA : Exploiter des informations sur des supports variés

Dans le film *Seul sur Mars*, Mark Watney s'évanouit dans la fusée chargée de le ramener au vaisseau principal. Son collègue commente : « Il vient de se prendre **12 g**, laissez-lui deux minutes ».



- À l'aide de la chronophotographie fournie, vérifier l'affirmation en gras.

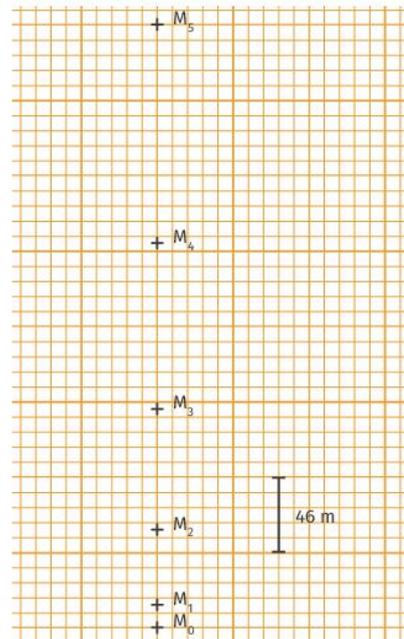
Doc. 1 g et accélération

Avant de partir en expédition, les astronautes sont préparés à subir de fortes accélérations, communément quantifiées en g.

Sur Terre, lorsqu'une fusée « monte à 1 g », cela signifie que sa vitesse augmente de 9,81 mètres par seconde, en une seconde.

Doc. 2 Positions de Mark pendant le décollage

On a représenté les positions successivement occupées par Mark. La durée séparant chaque position est égale à 0,50 seconde.





PYTHON : Activité numérique

A Afficher la trajectoire d'un point mobile

Activité programmation

On enregistre la/les coordonnées x , ou x et y d'un point mobile à intervalles de temps connus

$$(Dt). M_1 \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}; M_2 \begin{pmatrix} 1 \\ 0,125 \end{pmatrix}; M_3 \begin{pmatrix} 2 \\ 0,5 \end{pmatrix}; M_4 \begin{pmatrix} 3 \\ 1,125 \end{pmatrix}; M_5 \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix};$$

$$M_6 \begin{pmatrix} 5 \\ 3,125 \end{pmatrix}; M_7 \begin{pmatrix} 6 \\ 4,5 \end{pmatrix}; M_8 \begin{pmatrix} 7 \\ 6,125 \end{pmatrix}; M_9 \begin{pmatrix} 8 \\ 8 \end{pmatrix}.$$

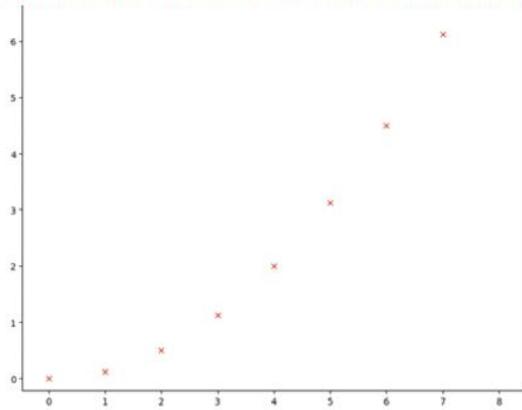


Écrire un script en langage Python permettant d'obtenir la trace de la trajectoire. On utilisera le module Python Matplotlib. Utiliser la console Python en ligne. [LLS.fr/PC2P217](https://lls.fr/PC2P217)

Le script doit permettre la saisie des coordonnées des points à la main et l'intervalle de temps Dt entre deux points.

Améliorations possibles

On peut ajouter la possibilité de récupérer les valeurs depuis un fichier .txt ou .csv généré par un logiciel de pointage.



Éviter

les erreurs



- Pour que la courbe soit juste, il faut que le repère soit orthonormé. La valeur d'une graduation doit être la même en abscisse et en ordonnée. On utilise pour cela la commande Matplotlib : `plt.axis('equal')`.

B Afficher le vecteur vitesse d'un point matériel sur la trajectoire

Objectif de l'activité

On utilise le script précédent pour afficher la trajectoire d'un point mobile. On souhaite ensuite afficher le vecteur vitesse de ce point à une date donnée. Pour cela, il faut tracer la tangente à la courbe en ce point.

Question : rappeler la formule du vecteur vitesse au point M_i , approximé à la vitesse moyenne entre M_2 et M_4 .

Analyse du problème

Pour tracer le vecteur vitesse v_i , il faut déterminer ses coordonnées v_{xi} et v_{yi} . On les calcule à partir des coordonnées des points M_{i-1} et M_{i+1} .

Programmation

À partir de la fonction ci-dessous, écrire un script qui répond au cahier des charges.

```

1 def vitesse(x,y,Dt,i) :
2     # x et y sont des listes contenant les coordonnées , i le numéro du point
3     # dont on affiche la vitesse, Dt l'intervalle de temps entre chaque point
4     # affichage du vecteur vitesse
5     plt.arrow(x[i],y[i],(x[i+1]-x[i-1])/2,(y[i+1]-y[i-1])/2 , shape='full',
6             lw=1,length_includes_head=True,rasterized=True, color = 'c', head_width=.1,fc='c')
7     # affichage de l'échelle
8     plt.annotate(str(int(100/Dt)/100)+' m/s', xy=(1, 1),
9             xytext=(max(x)-(max(x)-min(x))/5, min(y)+(max(y)-min(y))/8))
10    plt.plot([max(x)-(max(x)-min(x))/5,max(x)-(max(x)-min(x))/10],
11            [min(y)+(max(y)-min(y))/10,min(y)+(max(y)-min(y))/10], 'c')

```

LABO
PYTHON

Modéliser une action sur un système

DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES



Ces fruits sont-ils soumis à une force gravitationnelle ?

➤ **Pour quelle raison les objets « flottent-ils » dans la station spatiale internationale ?**

➔ voir l'exercice 25, p. 231

Travailler

autrement

JEU
SÉRIEUX

Les voyages spatiaux permettent d'observer le phénomène de gravitation. Lors du trajet vers la Lune, on peut vivre un moment de « non-pesanteur » où l'attraction gravitationnelle de la Terre et de la Lune se compensent. Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour découvrir ce phénomène ! LLS.fr/PC2P218

Voir p. 233





Comme une pomme qui tomberait au sol, la Lune est soumise à l'interaction gravitationnelle avec la Terre.

→ Pourquoi la Lune ne s'écrase-t-elle pas sur la Terre ?

→ voir l'exercice 28, p. 232

À maîtriser pour commencer

- › Connaître les quatre caractéristiques d'une force : point d'application, direction, sens, valeur
- › Connaître et utiliser la force de pesanteur et son expression $P = m \cdot g$
- › Connaître la différence entre poids et masse

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P219

Objectifs du chapitre

- ▣ Modéliser une action mécanique par une force représentée par un vecteur
- ▣ Exploiter le principe des actions réciproques
- ▣ Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle
- ▣ Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet
- ▣ Représenter qualitativement la force exercée par un support sur un corps immobile

1 Représenter une force

Un corps exerce une action mécanique sur un autre corps s'il est capable de modifier son mouvement ou de le déformer. Au collège, la notion de force a été introduite pour modéliser les actions mécaniques.

→ Comment représenter une force ?

Mes acquis

Avant de démarrer l'activité, expliquer pourquoi la valeur numérique d'une force n'est pas une information suffisante pour décrire une action mécanique.

Doc. 1 Le mât chinois

Régulièrement à l'honneur dans le cirque contemporain, le mât chinois est une structure composée d'un poteau vertical pouvant atteindre plusieurs mètres de haut ! Les artistes de cirque l'utilisent pour effectuer des numéros en solo, duo ou trio dans lesquels ils enchaînent des figures acrobatiques (montées, chutes, figures statiques, etc.).



Donnée

On considère que les deux artistes ont une masse de 75 kg.

Point maths

Un vecteur est un objet mathématique caractérisé par : une direction, un sens et une norme.
On le représente par une flèche.

Compétence

✓ MATH : Utiliser le modèle du vecteur en physique

Synthèse de l'activité

- Doc. 1 et doc. 2** Nommer les deux forces exercées sur Diosmani. Comparer les expressions des valeurs de ces deux forces, puis faire l'application numérique.
- Sur un schéma, proposer une représentation schématique des deux forces.
- Doc. 3** Déterminer les caractéristiques du vecteur tracé sur le schéma (on pourra utiliser l'échelle fournie pour déterminer la norme). Quelle est l'origine de ce vecteur ? En quoi ce vecteur offre-t-il une représentation satisfaisante du poids de Leosvel ?

Après avoir recopié le schéma du **Doc. 3**, représenter les forces s'exerçant sur Diosmani. Expliquer pourquoi le vecteur est un objet mathématique pertinent pour représenter une force.

Doc. 2 La réaction du support

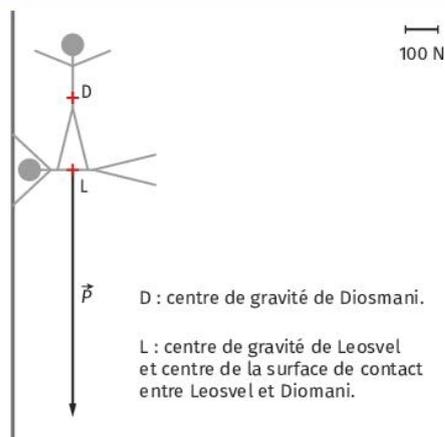
Un corps de masse m reposant sur un autre corps (appelé support) subit de la part de ce support une action de contact. Dans le cas d'un corps immobile sur lequel ne s'exerce que le poids et la force exercée par le support, on montre que cette force, dont on note la valeur R , compense exactement le poids de ce corps :

$$R = P = m \cdot g$$

Donnée

• $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Doc. 3 Le poids de Leosvel



D : centre de gravité de Diosmani.

L : centre de gravité de Leosvel et centre de la surface de contact entre Leosvel et Diosmani.

2 Déterminer une masse sans balance 60'

Avant le développement des balances à ressort, la plupart des balances reposaient sur la comparaison successive de l'objet de masse inconnue avec une série d'objets dont la masse était connue, appelés « masses marquées » ou « masses de référence ».

→ Comment exploiter l'équilibre des forces pour effectuer une mesure ?

Par intuition

Deux poulies et deux masses peuvent-elles vraiment remplacer une balance ?

Doc. 1 Une balance à plateaux



Doc. 2 Forces s'exerçant sur un solide au repos

Si un solide est immobile dans un référentiel (on dit aussi qu'il est au repos), alors les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

Autrement dit, la somme vectorielle des forces qui s'exercent sur lui, que l'on appelle force résultante, est égale au vecteur nul.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver des coups de pouce afin de réaliser le protocole.

LLS.fr/PC2P221

Compétence

✓ MATH : Utiliser le modèle du vecteur en physique

Synthèse de l'activité

Doc. 3 Matériel nécessaire

- Une feuille A3, quadrillée de préférence ;
- Deux poulies ;
- Des supports et un panneau pour fixer les poulies ;
- Du fil inextensible ;
- Deux masses de référence ($m_1 = 2 \text{ kg}$ et $m_2 = 3 \text{ kg}$).



Les deux poulies sont attachées en haut du panneau. On fait passer dans chacune des poulies un morceau de fil auquel

on suspend une des masses marquées. Les deux extrémités restantes des fils sont alors nouées ensemble. On ajoute à ce nœud un troisième fil auquel on suspend l'objet de masse inconnue. En fixant une feuille sur le panneau, il est possible de repérer la position du nœud ainsi que la direction des trois forces.

Donnée

- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

1. **Doc. 1** Expliquer brièvement comment fonctionne ce type de balance.
2. **Doc. 1** Citer au moins un inconvénient d'une balance à plateaux.
3. **Doc. 2 et doc. 3** Trois objets de masse inconnue sont fournis. Déterminer expérimentalement leur masse. Cela aurait-il été possible avec une balance à plateaux ayant des masses de référence de 100 g, 200 g, 500 g, 1 kg, 2 kg et 5 kg ?

Quelle a été la représentation mathématique de la force utilisée dans cette activité ? L'activité aurait-elle été possible en ne raisonnant que sur les valeurs des forces ?

3 Le voyage de Cassini

La sonde Cassini-Huygens a été lancée en 1997 avec l'objectif d'observer au plus près Saturne, ses anneaux et ses satellites. Au cours de son voyage, la sonde a pu observer des variations dans les actions gravitationnelles qu'elle a subies.

→ De quelle(s) grandeur(s) la force de gravitation dépend-elle ?

Par intuition

Lister les grandeurs physiques dont pourrait dépendre la force de gravitation.

Doc. 1 Cassini, Saturne et Jupiter

Avant d'arriver en orbite de Saturne, la sonde a survolé Jupiter. Située à une même distance de leur centre respectif, Cassini était soumise à une force 3,3 fois plus grande de la part de Jupiter que de Saturne.

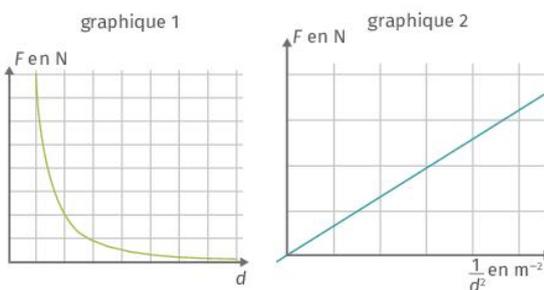


Illustration de la sonde Cassini en approche de Saturne.

Données

• $m_{\text{Saturne}} = 5,685 \times 10^{26}$ kg ; • $m_{\text{Jupiter}} = 1,899 \times 10^{27}$ kg.

Doc. 2 Force exercée par le Soleil sur la sonde Cassini



Au cours de son trajet en direction de Saturne, la sonde Cassini s'est d'abord éloignée puis rapprochée du Soleil. On a représenté l'allure de la valeur de la force \vec{F} exercée par le Soleil sur la sonde en fonction de la distance d qui les sépare (graphique 1) et l'allure de cette même force en fonction de la variable $\frac{1}{d^2}$ (graphique 2).

Point maths Relation entre des grandeurs

Pour déterminer l'existence de lois mathématiques reliant deux grandeurs physiques, on les représente sur un graphique (une en ordonnée, l'autre en abscisse). La forme la plus simple de relation entre deux grandeurs est la proportionnalité.

Deux grandeurs proportionnelles dessinent une droite qui passe par l'origine. Deux grandeurs a et b proportionnelles sont reliées par l'égalité $a = k \cdot b$ où k est une constante.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver une vidéo faite par la sonde Cassini-Huygens à la surface de Titan. LLS.fr/PC2SondeCassini

Compétence

✓ VAL : Apprendre une relation entre grandeurs physiques

- 1. Doc. 1** Justifier par un calcul que la force gravitationnelle F est proportionnelle à la masse de l'objet qui l'exerce.
- 2. Doc. 2** Déterminer la seconde grandeur à laquelle la force F est proportionnelle.
- Proposer une expression mathématique de la force gravitationnelle faisant intervenir les grandeurs précédentes.

Synthèse de l'activité

À quel résultat cette activité permet-elle d'aboutir ? Quelles simplifications ont été faites implicitement pour obtenir ce résultat ?

1 Actions mécaniques et forces

A Pourquoi modéliser une action par une force ?

► Un corps A exerce une **action mécanique** sur un corps B s'il est capable de provoquer ou de modifier un mouvement du corps B ou encore de le déformer.

Exemple : une footballeuse tirant au but (**doc. 1**) exerce une action mécanique sur le ballon puisqu'elle provoque sa mise en mouvement.

On modélise une telle **action mécanique** par une force $\vec{F}_{A/B}$ représentée par un vecteur qui possède les trois caractéristiques suivantes :

- une **norme** notée $F_{A/B}$. Il s'agit de la **valeur** de la force, qui s'exprime en newton (N) ;
- une **direction** ;
- un **sens**.

En mécanique du point, le système étudié (ici, le corps B) est **modélisé** par un unique point ; c'est le modèle du point matériel.

Dans le cadre de ce modèle, la force s'applique toujours au niveau du point matériel.

B Deux types de force

Les actions mécaniques peuvent être séparées en deux catégories : les **actions de contact** et les **actions à distance**.

Si les deux corps doivent être en contact pour que l'action ait lieu, alors il s'agit d'une action de contact.

Exemple : l'action qu'exerce une footballeuse sur le ballon lors d'un tir ou l'action qu'exerce la route sur les roues d'une voiture sont des actions de contact. Dans le second cas, une partie de cette action mécanique peut être modélisée par une force de frottement.

Si une action a lieu, même lorsque les deux corps ne sont pas en contact, alors il s'agit d'une action à distance.

Exemple : l'action qu'exerce la Terre sur la Lune, l'action d'un aimant sur certains métaux comme le fer sont des actions à distance. Les deux forces modélisant ces actions sont appelées respectivement force d'interaction gravitationnelle et force d'interaction électromagnétique.

C Principe des actions réciproques

Lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$, alors B exerce sur A une force $\vec{F}_{B/A}$ telle que : $\vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B}$.

La force $\vec{F}_{B/A}$ a donc ainsi :

- la **même direction** que $\vec{F}_{A/B}$;
- le **sens opposé** de celui de $\vec{F}_{A/B}$;
- la même valeur : $F_{B/A} = F_{A/B}$.

Ce principe est également appelé **la troisième loi de Newton**.

Doc. 1



► Ada Hegerberg, ballon d'or féminin 2018, s'apprête à frapper la balle.

Doc. 2 Mesurer une force



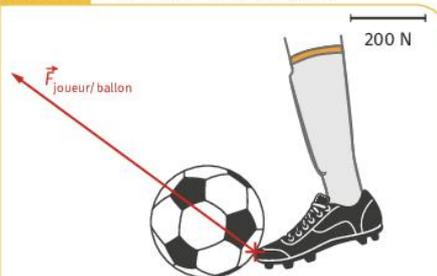
► La mesure d'une force s'effectue à l'aide d'un dynamomètre.

Un dynamomètre est constitué d'un ressort dont l'allongement est proportionnel à la force qui lui est appliquée. On l'appelait autrefois peson car on s'en servait pour déterminer des masses.

Éviter les erreurs

- Attention à ne pas confondre $\vec{F}_{A/B}$ et $F_{A/B}$ et veiller à les utiliser correctement.
- La norme de \vec{F} peut aussi être appelée intensité de la force F .

Doc. 3 Une action de contact



► Exemple de vecteur force au foot.

Vocabulaire

- **Force de frottement** : force de contact d'un corps avec un fluide (liquide, gaz) ou avec une surface solide et qui s'oppose au mouvement de ce corps.
- **Système** : ensemble de matière que l'on sépare par la pensée du reste de l'univers (appelé milieu extérieur).

2 Exemples de forces caractéristiques

A Poids

➤ À proximité de la surface d'un astre tel que la Terre, tout corps de masse m est soumis à une force dite de pesanteur. C'est cette force, aussi appelée poids, qui est à l'origine de la chute des objets.

Au point de l'espace où se trouve le corps, le poids peut être modélisé par un vecteur \vec{P} ayant pour caractéristiques :

- **une valeur** : $P = m \cdot g$, exprimée en newton (N), la masse m s'exprimant en kilogramme (kg), et avec g , l'intensité de la pesanteur ($\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$) ;
- **une direction** : verticale (du lieu considéré) ;
- **et un sens** : du haut vers le bas.

B Forces exercées par un support

➤ Un corps de masse m reposant sur un autre corps (appelé support) exerce sur ce support des forces de contact. D'après la troisième loi de Newton, ce support exerce alors une force appelée réaction du support.

Dans le cas d'un corps **immobile** sur lequel ne s'exerce que le poids et la force exercée par le support, la force \vec{R} compense exactement le poids de ce corps : $\vec{R} = -\vec{P}$.

C Force d'interaction gravitationnelle

Au point de l'espace où se trouve un corps B, on modélise l'attraction exercée par un corps A sur ce corps B par un vecteur $\vec{F}_{A/B}$ ayant pour caractéristiques :

- **une valeur** : $F_{A/B} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$, exprimée en newton (N), les masses m_A et m_B s'exprimant en kilogramme (kg), la distance d s'exprimant en mètre (m), et avec G , la **constante universelle de gravitation**, ayant pour valeur $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$;
- **une direction** : la droite passant par les centres des corps A et B ;
- **et un sens** : de B vers A (car il s'agit d'une force attractive).

Remarque : En première approximation, la surface de la Terre, la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre et le poids de ce corps sont deux forces égales : $\vec{P} \simeq \vec{F}_{\text{Terre}/\text{corps}}$ (doc. 5).

$$\text{Alors } m \cdot g = G \cdot \frac{m \cdot m_T}{R_T^2} \text{ soit } g = G \cdot \frac{m_T}{R_T^2}.$$

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver une vidéo expliquant le lien entre poids et gravitation

LLS.fr/PC2PoidsGravitation

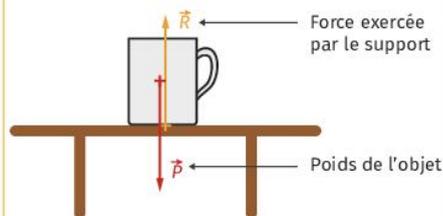
Éviter les erreurs

- Ne pas confondre g et G (constante universelle de gravitation) : ces deux grandeurs n'ont ni la même valeur, ni la même unité.
- Parfois on nomme g « accélération de la pesanteur » et g peut ainsi être exprimée en $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Donnée

Au niveau de la surface terrestre $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Doc. 4 Réaction du support



Force exercée par un support.

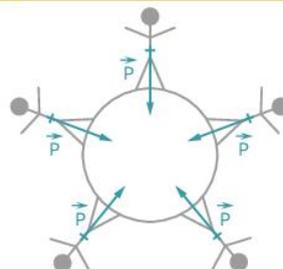
Vocabulaire

- **Masse** : propriété fondamentale d'un corps qui rend compte de la quantité de matière de ce corps et qui ne dépend pas de l'endroit où il se trouve.
- **Poids** : force exercée par un astre (la Terre, la Lune, etc.) sur un corps massif, qui dépend de la masse de ce corps et de l'intensité de la pesanteur à l'endroit où se trouve le corps.

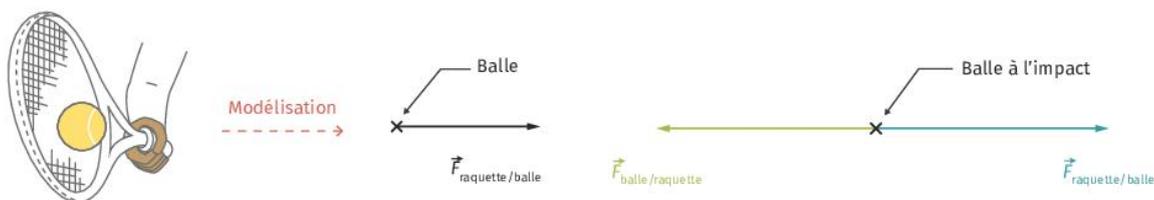
Pas de malentendu

- Un corps proche de la surface de la Terre n'est pas soumis à la fois à son propre poids et à la force d'attraction gravitationnelle. Le poids est l'expression de la force d'attraction gravitationnelle de la Terre près de sa surface.

Doc. 5 Le poids sur Terre



Actions mécaniques et forces



Objet d'étude : une balle à l'impact, **modélisée par un point**.

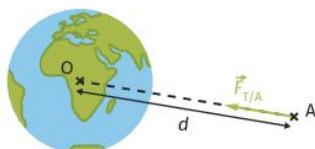
La force exercée par la raquette sur la balle est **modélisée par un vecteur** défini par une direction, un sens et

une longueur qui dépend de l'intensité de cette force et de l'échelle de représentation.

Principe des actions réciproques (ou 3^e loi de Newton) :

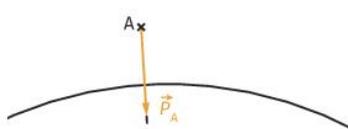
$$\vec{F}_{\text{raquette/balle}} = -\vec{F}_{\text{balle/raquette}}$$

Exemples de forces



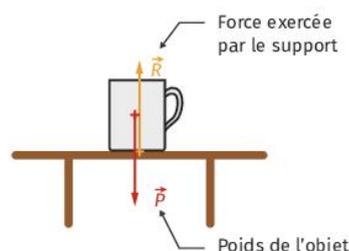
La force d'interaction gravitationnelle :

$$F_{\text{Terre/A}} = G \cdot \frac{m_T \cdot m_A}{d^2}$$



Le poids (près de la surface de la Terre) :

$$P_A = m_A \cdot g$$



Résultante des forces F exercées par un support :

$$R = P$$

pour un objet immobile, soumis à \vec{R} et \vec{P} uniquement

Remarque : $P_A \simeq F_{\text{Terre/A}} \simeq G \cdot \frac{m_T \cdot m_A}{d^2}$ (valable seulement près de la surface de la Terre).



Retrouver une vidéo présentant les caractéristiques des forces. [LLS.fr/PC2P225](https://lls.fr/PC2P225)

Les limites de la modélisation

On se place dans le cadre de la **mécanique du point** en modélisant l'objet étudié par un **objet ponctuel fictif** de même masse que l'objet réel et situé en son centre de gravité.

Ce modèle permet de :

- faire un bilan simplifié des forces s'exerçant sur les objets ;
- expliquer une grande partie des situations d'équilibre.

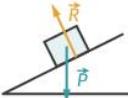
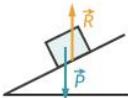
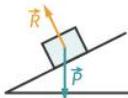
Mais il ne permet pas de :

- expliquer pourquoi un objet tourne quand les forces qui s'appliquent sur lui se compensent mais qu'elles n'ont pas le même point d'application ;
- calculer les valeurs des différentes actions de contact quand elles sont réparties sur plusieurs points.

1 Actions mécaniques et forces

	A	B	C
1. Pour représenter une force, il suffit de connaître :	sa valeur et le point où elle s'exerce.	sa direction ainsi que son sens.	tous ces éléments à la fois.
2. Une voiture tire une remorque. L'action que la voiture exerce sur la remorque :	est une action à distance.	est une action de contact.	est mise en jeu dans le phénomène d'interaction électromagnétique.
3. Un objet A exerce une force sur un objet B. La valeur de la force qu'exerce l'objet B sur l'objet A est :	plus faible que celle qu'exerce l'objet A sur l'objet B.	égale à celle qu'exerce l'objet A sur l'objet B.	nulle.
4. Le principe des actions réciproques peut se formuler sous la forme :	$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$	$F_{A/B} = -F_{B/A}$	$\vec{F}_{A/B} = \vec{F}_{B/A}$

2 Exemples de forces caractéristiques

1. Le vecteur \vec{P} d'un objet de masse m :	ne dépend pas de la masse m de l'objet.	est vertical et dirigé vers le bas.	a une norme P qui s'exprime en kg.
2. La valeur de la force d'interaction gravitationnelle exercée par un objet A sur un objet B est :	$F_{A/B} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$	$F_{A/B} = g \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$	$F_{A/B} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d}$
3. Quelle grandeur ne varie pas pour un corps quel que soit l'endroit où il se trouve ?	Son poids P .	Sa masse m .	La force qu'exerce la Terre sur lui.
4. Un <i>smartphone</i> est posé sur une table horizontale. La force qu'exerce la table sur celui-ci est appelée :	constante universelle de gravitation.	force de frottement.	réaction du support.
5. La force exercée par la table sur le téléphone de la question 4. :	est une action à distance.	compense exactement le poids.	est verticale, dirigée vers le bas.
6. Un objet est immobile dans une pente. Quel tracé des forces qui s'exercent sur celui-ci est le bon ?			

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P226

3 Questions Jeopardy

- Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :
 - a. Il s'agit de l'autre nom pour désigner le principe des actions réciproques.
 - b. C'est une action mécanique pour laquelle les deux corps n'ont pas besoin d'être en contact.

Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 347)

☐ Modéliser une action mécanique par une force représentée par un vecteur	11	
☐ Exploiter le principe des actions réciproques	15	16
☐ Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle	11	[DIFF]
☐ Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet	10	
☐ Représenter qualitativement la force exercée par un support sur un corps immobile	10	15

Pour séchauffer

Données

$g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$; $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.

4 « Norme » en maths... et en physique ?

• En mathématiques, on parle de « norme » d'un vecteur. Donner deux équivalents en physique.

5 Connaître l'origine du poids

• Rappeler l'origine physique du poids d'un objet sur Terre.

6 Action de contact ou action à distance ?

L'eau liquide des océans permet aux icebergs de flotter.
• Déterminer la nature de l'action mécanique mise en jeu.

7 Là-haut

Un aigle a une masse de 5 kg.

1. Représenter le vecteur poids sans souci d'échelle.
2. Donner ses caractéristiques.

8 Parquer son char

Une voiture est garée dans une rue en pente à Montréal.

• Représenter la résultante des forces de contact exercées par la route sur la voiture.

9 Masse d'un globule rouge

• Calculer la masse d'un globule rouge dont le poids sur Terre est 0,40 pN.

Rappel : 1 pN = 10^{-12} N.

Pour commencer

Modéliser une action mécanique

10 Modéliser une force par un vecteur

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Léa s'est rendue à la bibliothèque pour étudier l'interaction gravitationnelle. À côté des œuvres de Newton, elle trouve un vieil ouvrage écrit par Galilée. Curieuse, elle l'emprunte et le pose sur sa table.

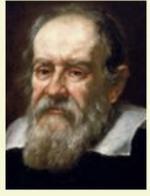
1. Donner les caractéristiques des forces s'exerçant sur l'ouvrage de Léa.
2. Représenter vectoriellement ces forces en prenant pour échelle de représentation 1 cm pour 2 N.

Données

• Masse de l'ouvrage de Léa : $m = 600 \text{ g}$; $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.



HISTOIRE DES SCIENCES



Galilée (1564-1642) est un mathématicien, physicien et astronome italien. Expérimentateur très adroit, il met au point une lunette permettant des observations astronomiques inédites pour l'époque. Dans *Dialogues sur les deux grands systèmes du monde*, Galilée traite, entre autres, du mouvement de la Terre et de la gravitation.

Exemples de forces caractéristiques

11 Exemples de forces caractéristiques

✓ VAL : Apprendre une relation entre grandeurs

La Terre et la Lune sont en interaction gravitationnelle.

• Donner la direction, le sens et l'expression littérale de la force qu'exerce la Terre sur la Lune.

12 La tour de Pise

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

1. Déterminer les forces s'appliquant sur la tour de Pise.
2. Représenter ces forces sur un schéma sans souci d'échelle.
3. Hormis les normes, quelles sont les caractéristiques des vecteurs forces mis en jeu ?



13 Connaître la formule de la force d'interaction gravitationnelle

✓ REA : Effectuer un calcul numérique



- Rappeler la formule de la valeur de la force gravitationnelle entre deux objets A et B de masses m_A et m_B distants de d . On précisera les unités.
- Calculer la valeur de cette force dans le cas du Soleil et de Jupiter.

Données

• $m_{\text{Jupiter}} = 1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$;	• $d = 7,79 \times 10^8 \text{ km}$;
• $m_{\text{Soleil}} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$;	• $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.

14 Faire le lien entre poids et force d'interaction gravitationnelle

✓ REA : Effectuer des calculs littéraux et numériques

On considère un corps de masse m , situé à une altitude h (distance par rapport à la surface terrestre).

- Exprimer la valeur de g en fonction de G , du rayon terrestre R_{Terre} , de la masse de la Terre m_{Terre} et de h .

- Calculer la valeur numérique de g à 12 000 mètres d'altitude (altitude d'un vol long courrier).

Données

• $R_{\text{Terre}} = 6,371 \times 10^3 \text{ km}$;	• $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.
• $m_{\text{Terre}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$;	

Principe des actions réciproques

15 Connaître le principe des actions réciproques

✓ REA : Réaliser un schéma

Guilhem est à la piscine et fait la planche. La force qui lui permet de flotter est appelée « poussée d'Archimède ». Elle est verticale et dirigée vers le haut.

- Sans souci d'échelle, représenter cette force.
- Représenter également la force que Guilhem exerce sur l'eau.

16 Utiliser le principe des actions réciproques

✓ ANA : Décrire un phénomène à l'aide d'un modèle

Baptiste est à la piscine. Il participe à une compétition de 100 mètres nage libre. Au bout de 50 mètres, il fait demi-tour en poussant sur le mur avec ses pieds.

- À l'aide du principe des actions réciproques, justifier l'intérêt pour Baptiste d'utiliser le mur pour faire son demi-tour.

Une notion, trois exercices

□ Savoir-faire : Utiliser l'expression du poids

17 Le poids sur Terre et sur la Lune

✓ REA : Effectuer des calculs littéraux et numériques

Un équipement d'astronaute a un poids de 687 N sur Terre. On cherche à prévoir le poids de cet équipement une fois l'astronaute sur la Lune.

- Rappeler la formule reliant le poids P , la masse m et l'intensité de pesanteur g .
- Réarranger la formule sous la forme $m = \dots$.
- Calculer la masse de l'équipement de l'astronaute.
- En déduire le poids de l'équipement sur la Lune.
- Sur quel astre l'équipement sera-t-il le plus facile à transporter ?

18 Le poids sur Terre et sur Mars

✓ REA : Effectuer des calculs littéraux et numériques

Afin de prévoir si la vie sur Mars peut être envisageable, on cherche à déterminer la différence entre le poids d'un humain sur Mars et sur Terre. Le poids d'un spationaute sur Terre est de 736 N.

- Calculer le poids du spationaute sur Mars.
- Commenter la différence entre les deux valeurs.

19 Le poids sur Terre et sur Vénus

✓ REA : Effectuer des calculs littéraux et numériques

Tout comme la Terre, Vénus est une planète tellurique, on donc peut envisager un voyage en sa direction.

- Sachant que le poids d'un équipement de fusée sur Terre est de 543 N, déterminer le poids de ce même objet sur Vénus.

Données

Intensité de la pesanteur sur :

• Terre : $g_T = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
• Lune : $g_L = 1,62 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
• Mars : $g_M = 3,71 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
• Vénus : $g_V = 8,87 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



Buzz Aldrin sur la Lune, 1969.

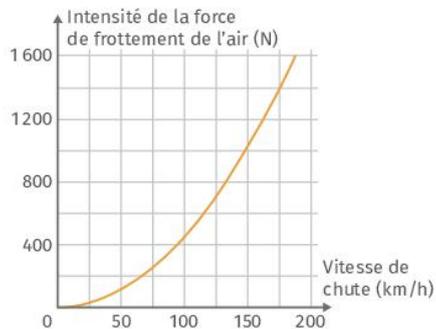
DIFFÉRENCIATION

- ✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique
- ✓ ANA : Exploiter des données

Baptême de l'air

Énoncé

Pour son passage au lycée, Apolline a reçu en cadeau un saut en parachute. Avec une professionnelle, elle saute de l'avion : leur vitesse verticale augmente rapidement puis se stabilise à $v = 180 \text{ km/h}$. On note S l'ensemble constitué par Apolline, sa monitrice et leur parachute. Les forces qui s'exercent sur S sont le poids P et la force de frottement de l'air.



Pour S, on donne l'évolution de la valeur de cette force de frottement en fonction de la vitesse sur la courbe ci-dessus.

1. S'agit-il d'actions de contact ou d'actions à distance ?
2. Donner la direction et le sens de chaque force.
3. Calculer la valeur du poids total de l'ensemble S.
4. À l'aide de la courbe, proposer une hypothèse concernant le fait que la vitesse atteigne une valeur constante lors de la chute.

Solution rédigée

1. Le poids est dû à l'interaction gravitationnelle de la Terre sur les parachutistes : c'est une action à distance. La force de frottement exercée par l'air sur les parachutistes nécessite un contact : c'est une action de contact.
2. Le vecteur poids total \vec{P} de S est vertical et dirigé vers le bas. Comme la force de frottement de l'air s'oppose au mouvement, elle est verticale et dirigée vers le haut.
3. \vec{P} a pour valeur $P = m \cdot g$, soit $P = 150 \times 9,81 = 1,47 \times 10^3 \text{ N}$.
4. Par lecture graphique, on constate que pour une vitesse $v = 180 \text{ km/h}$, la force de frottement de l'air sur S a une valeur comprise entre 1450 N et 1500 N, valeur proche de celle de P . Pour que la vitesse atteigne une vitesse constante, la force de frottement de l'air semble devoir compenser le poids ($P = F_{\text{air/S}}$).



DONNÉES

- $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- Masse d'Apolline, de sa monitrice et du parachute : $m = 150 \text{ kg}$.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Rappeler l'origine physique du poids. Cette interaction suppose-t-elle un contact ? La notion de frottement suppose-t-elle un contact ?
2. Rappeler l'expression vectorielle du poids.
4. Identifier par lecture graphique la force de frottement à v la valeur de $v = 180 \text{ km/h}$? Que peut-on remarquer ? Comment pourrait-on l'interpréter ?

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Se rappeler la définition d'action de contact et d'action à distance.
2. Interpréter l'expression « s'oppose au mouvement » en terme vectoriel : le vecteur vitesse et le vecteur force auront la même direction mais de sens opposé.
3. Bien séparer l'expression littérale de l'application numérique. Veiller aux unités et aux chiffres significatifs.
4. Comparer à la seule autre valeur de force connue de l'exercice. En déduire l'hypothèse attendue.

20 Mise en application

Lola est une parachutiste diplômée. Elle peut donc sauter seule. Sa masse totale (parachute inclus) est de 75 kg.

- En considérant que la vitesse limite est atteinte lorsque la force de frottement de l'air compense exactement le poids, déterminer la vitesse limite qu'atteindra Lola (on suppose que la courbe ci-dessus reste valable).

Pour s'entraîner

21 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.



1. La skieuse étant en contact avec la surface de la Terre, le poids (qui est dû à l'interaction gravitationnelle entre la Terre et le skieur) est une ~~action de contact~~.

$$2. P = 736 \text{ N. Or } P = m \cdot g \text{ d'où } m = \frac{P}{g}$$

L'application numérique donne :

$$m = \frac{736}{9,81} = 75,03 \text{ kg} \text{ donc la masse de la skieuse est égale à } 75,03 \text{ kg.}$$

3. Lorsqu'elle est tirée par le téléski, la skieuse subit une ~~action à distance puisque la force s'exerce au niveau du contact entre la perche et le câble~~.

4. Lorsque la skieuse est immobile en haut de la piste noire avant de s'élancer, ~~la seule force qui s'exerce sur elle est le poids~~ puisque la force de frottement de la neige n'existe pas lorsque la skieuse est à l'arrêt et sur un plan horizontal.

5. Lorsque la pente est plus importante, la skieuse accélère ~~car la valeur de son poids augmente~~.

6. Si la skieuse effectue un saut, elle n'est alors ~~plus soumise à son poids~~ et à la réaction du support mais uniquement à la ~~force d'interaction gravitationnelle~~.

7. La raison pour laquelle la skieuse va plus vite en position recroquevillée est ~~que son corps devient plus dense dans ce cas~~.

Comprendre les attendus

22 De l'équateur au Népal

- REA : Effectuer des calculs littéraux et numériques
- COM : Écrire un résultat de manière adaptée

Notre planète est partiellement composée de matériaux déformables. Tournant sur elle-même, elle a subi une légère déformation et apparaît comme une boule aplatie aux pôles et boursouflée au niveau de l'équateur. Une expérience a mesuré le poids P_{Ch} d'une masse de 1,000 kg au sommet du volcan Chimborazo (altitude : 6263 m ; latitude : 1° 28' sud) et P_{Ev} au sommet du mont Everest (altitude : 8848 m ; latitude : 27° 6' nord).

- En faisant l'hypothèse simplificatrice que la masse de la Terre est concentrée en son centre, déterminer les distances entre ces deux sommets et le centre de la terre.
- Le sommet le plus haut en altitude est-il le plus distant du centre de la Terre ? Argumenter.

Données

- $P_{\text{Ch}} = 9,778 \text{ N}$; $P_{\text{Ev}} = 9,785 \text{ N}$;
- Masse de la Terre : $m_T = 5,9736 \times 10^{24} \text{ kg}$;
- Constante de gravitation : $G = 6,6741 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.

Détails du barème

TOTAL/6 pts

- Écrire l'expression de la force de gravitation F , en précisant les unités.

1 + 0,5 pt

Retourner la formule pour exprimer la distance d .

1 pt

Faire l'application numérique pour l'Everest avec quatre chiffres significatifs.

0,5 + 0,5 pt

Faire l'application numérique pour le Chimborazo - résultat avec quatre chiffres significatifs.

0,5 + 0,5 pt

- Formuler une phrase de réponse complète : analyser le résultat, en lien avec le titre par exemple.

1,5 pt



Volcan Chimborazo, Équateur.

Numérique 

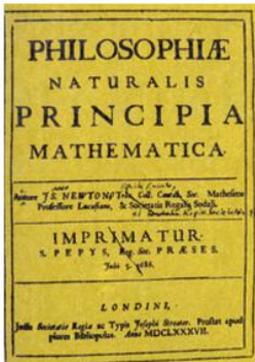
Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P230

Pour aller plus loin

23 HISTOIRE DES SCIENCES

Forces centripètes

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours



Les *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* est l'ouvrage majeur de Newton, dans lequel apparaît notamment la formalisation de la notion de force et de l'interaction gravitationnelle.

Exemplaire de Newton.

Doc. 1 DÉFINITION V

La force centripète est celle qui fait tendre les corps vers quelque point, comme vers un centre, soit qu'ils soient tirés ou poussés vers ce point, ou qu'ils y tendent d'une façon quelconque.

La gravité qui fait tendre tous les corps vers le centre de la terre ; la force magnétique qui fait tendre le fer vers l'aimant, et la force, quelle qu'elle soit, qui retire à tout moment les planètes du mouvement rectiligne, et qui les fait circuler dans des courbes, sont des forces de ce genre.

Isaac Newton, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* 1, 1759.

- Dans la définition V, Newton définit la notion de force centripète. L'expression « vers un centre » permet de déduire deux des trois caractéristiques du vecteur force centripète. Lesquelles ?
- Citer les trois exemples de force centripète donnés par Newton. S'agit-il d'actions de contact ou d'actions à distance ? S'agit-il bien de trois forces distinctes ?

24 PROPOSITION DE PROTOCOLE

Io ou Ganymède

✓ ANA : Proposer un protocole

Octobre 2158, un spationaute de masse $m = 200$ kg avec son équipement est chargé d'aller faire des prélèvements sur les sols de deux des satellites de Jupiter, Io et Ganymède. Malheureusement, il ne sait pas sur lequel il a atterri en premier. Dans son aéronef, il dispose d'un pèse-personne réglé pour être utilisé sur Terre.

- Comment le spationaute peut-il déterminer sur quel satellite il se trouve ? Répondre à l'aide d'un argumentaire détaillé s'appuyant sur des calculs.

Données

- Intensité de la pesanteur terrestre : $g_T = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$;
- Intensité de la pesanteur sur Io : $g_I = 1,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$;
- Intensité de la pesanteur sur Ganymède : $g_G = 1,4 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

25 DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES

Impesanteur

✓ VAL : Faire preuve d'esprit critique

On lit parfois que les spationautes flottent dans les stations spatiales car ils ne sont plus soumis à la gravité. On s'intéresse à la station spatiale internationale (ou ISS), en orbite circulaire autour de la Terre à une vitesse constante $v = 2,76 \times 10^4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

- En rappelant l'origine du poids, donner l'expression littérale de l'intensité de la pesanteur g_{ISS} au sein de l'ISS en fonction de G , du rayon terrestre R_{Terre} , de la masse de la Terre m_{Terre} et de l'altitude h de l'ISS.
- a. Calculer la valeur numérique de g_{ISS} et la comparer à $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.
b. Est-il correct d'affirmer que les spationautes ne sont plus soumis à la force de gravité au sein de l'ISS ?
- Quel est le mouvement décrit par l'ISS dans le référentiel géocentrique ? Faire un schéma faisant figurer la Terre, l'ISS et la trajectoire qu'elle décrit.
- D'après la rubrique **INFOS**, donner les caractéristiques de la force (autre que son poids) qui s'exerce sur un spationaute de masse m dans le référentiel de l'ISS.
- Compléter le schéma de la question 3. en représentant les forces s'exerçant sur un astronaute dans le référentiel de l'ISS.
- Déterminer la valeur du poids du spationaute de masse $m = 80$ kg, puis celle de la force d'inertie d'entraînement s'exerçant sur lui. Que remarque-t-on ?
- Proposer une explication au fait que le spationaute semble flotter dans l'ISS.

INFOS : La force centrifuge est une force fictive (car elle ne traduit aucune action réelle) utilisée, entre autres, dans l'étude du mouvement d'un objet dans un référentiel en mouvement circulaire. Dans le cas d'un référentiel en mouvement circulaire uniforme à la vitesse v et à une distance R d'un centre, la force centrifuge s'exerçant sur un système de masse m dans le référentiel a pour valeur $F = m \cdot \frac{v^2}{R}$.

Cette force est portée par la droite joignant le centre du cercle et le centre du système et est dirigée vers l'extérieur du cercle. C'est cette force qui explique pourquoi les passagers d'une voiture dans un rond-point sentent leur buste attiré vers l'extérieur du rond-point. L'appellation « force centrifuge » est impropre, il faudrait rigoureusement parler de force d'inertie d'entraînement.

Données

- Altitude de l'ISS : $h = 3,70 \times 10^2 \text{ km}$;
- $R_{\text{Terre}} = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$;
- $m_{\text{Terre}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$;
- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.

26 Le rayon de Mars

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

- À partir des documents à votre disposition, déterminer la valeur du rayon de Mars.

Doc. 1 Volume d'une boule

Le volume d'une boule de rayon R est donné par :

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3.$$

Doc. 2 Masse volumique

La masse volumique ρ permet de faire le lien entre la masse d'un objet et son volume. $\rho = \frac{m}{V}$ avec ρ en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, m en kg et V en m^3 .

Doc. 3 La Terre et Mars

La Terre et Mars sont deux planètes telluriques. En première approximation, on peut considérer que ces deux planètes ont une composition similaire. Les deux planètes ont une géométrie quasi sphérique.

La force d'attraction réciproque entre la Terre et Mars est de $3,98 \times 10^{16}$ N lorsque les deux planètes sont situées à 80 millions de kilomètres l'une de l'autre.

Données

- Masse de la Terre : $m_{\text{Terre}} = 5,97 \times 10^{24}$ kg ;
- Rayon de la Terre : $R_{\text{Terre}} = 6,37 \times 10^3$ km ;
- $G = 6,67 \times 10^{-11}$ $\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.

27 Masse de l'atmosphère terrestre

✓ APP : Faire un brouillon

- En utilisant les documents et les données ci-dessous, estimer la masse de l'atmosphère terrestre.

Doc. 1 Quelques informations sur la pression

La pression est définie par l'intensité de la force exercée par un fluide sur une surface donnée. Par exemple, l'eau retenue par un barrage exerce une force répartie sur toute la surface du barrage. Il est plus pertinent dans certains cas d'utiliser la notion de pression que de force. En pratique, si une force F (exprimée en N) s'exerce sur une surface S (exprimée en m^2), la pression p est égale à $p = \frac{F}{S}$. Son unité est le Pascal (Pa).

Doc. 2 Surface d'une sphère

La surface d'une sphère de rayon R est donnée par :

$$S = 4\pi R^2.$$

Données

- Pression atmosphérique : $p_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5$ Pa ;
- Rayon de la Terre : $R_{\text{Terre}} = 6,37 \times 10^3$ km ;
- Intensité de pesanteur terrestre : $g = 9,81$ $\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Doc. 3 La pression atmosphérique

La pression atmosphérique est la pression exercée par la couche gazeuse qui entoure le globe terrestre, appelée atmosphère, sur la surface entière de la Terre. Cette pression est due à l'attraction par la Terre des molécules de gaz composant l'atmosphère via l'interaction gravitationnelle. C'est donc le poids de l'atmosphère s'exerçant en tout point de la surface terrestre qui est à l'origine de l'existence de la pression atmosphérique.

Doc. 4 La Lune vue au-dessus de l'atmosphère terrestre



Retour sur la problématique du chapitre

28 Pourquoi la Lune ne s'écrase-t-elle pas sur la Terre ?

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés



Regarder la vidéo et expliquer pourquoi la Lune ne s'écrase pas sur Terre. La réponse doit comporter :

- un bilan des actions s'exerçant sur la Lune ;
- l'identification du paramètre physique qui permet à la Lune de ne pas s'écraser.

Numérique



Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour visionner la vidéo explicative. LLS.fr/PC2Lune

JEU
SÉRIEUX

En route pour la Lune

A Prête pour le décollage ?

Un vol pour la Lune

La spationaute Bo Lîd se prépare à réaliser son rêve : aller sur la Lune. Après une sélection drastique, de nombreuses années de formation et une préparation exigeante, la voilà dans la navette Spac'inplace®, pour le lancement de la mission Xtras.

Le lanceur spatial

Jack Célère, le technicien en chef chargé de la maintenance, a tout vérifié : tous les points clés, les calculs, les installations ont été revus et son équipe a rendu le rapport indiquant que tout était prêt pour le décollage.

Un dernier échange avant le grand départ

Au moment de vérifier ses sangles, Bo revoit la procédure avec Jack : après la phase de décollage, puis la mise en orbite, elle entrera dans une zone de zéro gravité, à mi-chemin entre la Terre et la Lune.



B Zéro gravité

À mi-chemin ?

Bo est étonnée, à mi-chemin, cela lui paraît étrange... Le point où l'attraction des deux astres sur Bo est la même lui semble être plus proche de la Lune que de la Terre contrairement à ce que lui a dit Jack.



Votre mission :

Déterminer qui a raison.

Données

- Masse de la Terre : $m_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg ;
- Masse de la Lune : $m_L = 7,36 \times 10^{22}$ kg ;
- Masse de Léa avec son équipement : $m = 120$ kg ;
- Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N·m²·kg⁻².

À vous de jouer !

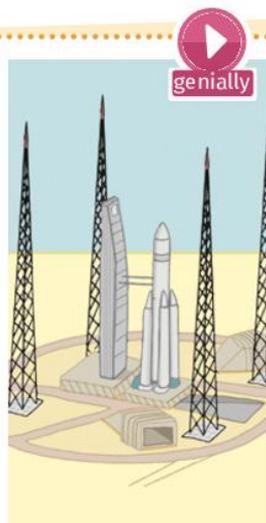
Allez chercher les informations, répondez aux questions, récoltez les indices dans le plateau de jeu en suivant le lien ci-dessous.

À la fin de votre mission, vous découvrirez un quatrième indice qui vous aidera à résoudre l'énigme de cette année.



Faire le jeu sérieux

sur [LLS.fr/PC2P233](https://lls.fr/PC2P233) !



C Une mission, un métier



Le métier de technicien maintenance aéronautique

Dans le secteur aéronautique, le/la technicien(ne) participe à l'élaboration de la politique d'entretien des avions et des équipements. Il/Elle assure le suivi de l'appareil et organise les opérations de maintenance. Il/Elle recueille également les informations de fiabilité, les incidents en exploitation et propose les solutions techniques et d'entretien.

D'après l'Onisep



Retrouver la fiche métier Onisep sur [LLS.fr/PC2Aeronautique](https://lls.fr/PC2Aeronautique).

DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES ! ?



L'*impetus* est une théorie élaborée à Alexandrie au VI^e siècle, selon laquelle un mouvement se prolonge tant que le système possède de l'*impetus*, c'est-à-dire de l'impulsion. La chute des objets serait donc due à une perte progressive de cet *impetus*.

➤ L'homme-canon est-il soumis à l'*impetus* ?

→ voir l'exercice 26, p. 247

Travailler
autrementCLASS
ESSAI

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour expérimenter avec les forces grâce aux animations de l'université du Colorado.

LLS.fr/PC2P234

Voir p. 249



→ Quels renseignements est-il possible d'extraire de l'étude d'une trajectoire par chronophotographie ?

→ voir l'exercice 9, p. 242

À maîtriser pour commencer

- › Caractériser différentes trajectoires
- › Modéliser une action par une force
- › Représenter les vecteurs forces et vitesses

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P235

Objectifs du chapitre

- ☐ Savoir exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée
- ☐ Savoir relier la variation du vecteur vitesse et la somme des forces appliquées
- ☐ Connaître la chute libre à une dimension

1 Chute d'une goutte et principe d'inertie 60'

Une goutte de permanganate de potassium qui tombe dans l'huile est soumise aux forces suivantes : son poids et une force exercée par l'huile sur la goutte. Cette force se compose elle-même de la poussée d'Archimède (**doc. 3**) et d'une force de frottements.

→ **Quelle relation existe-t-il entre ces forces lors de la chute de la goutte ?**

Par intuition

L'étude de cette chute permet-elle d'accéder à la valeur des forces de frottements ?

Doc. 1 Énoncé du principe d'inertie

Si les forces qui s'exercent sur un corps se compensent, soit ce corps est immobile, soit il a un mouvement rectiligne uniforme.

Doc. 2 Matériel nécessaire



- Une éprouvette graduée remplie d'huile alimentaire ;
- Une solution de permanganate de potassium ;
- Une pipette pasteur ;
- Télécharger l'application Motion Shot sur LLS.fr/PC2MotionShot.

Point maths

Le principe d'inertie est une implication du type : si A alors B. On appelle alors contraposée l'implication : si non(B) alors non(A).

Données

- **Volume d'une goutte** : $V = 0,050 \text{ mL}$;
- **Masse volumique de l'huile** : $\rho(\text{huile}) = 920 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- **Masse volumique du permanganate de potassium** : $\rho(\text{permanganate}) = 1010 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- **Intensité de la pesanteur sur Terre** : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (ou $\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Doc. 3 La poussée d'Archimède

La poussée d'Archimède est la force que subit un objet plongé dans un fluide. Pour une goutte immergée, la poussée d'Archimède notée Π est caractérisée de la façon suivante :

Point d'application	Direction	Sens
Centre de gravité	Verticale	Vers le haut

Son intensité s'exprime par la relation $\Pi = \rho \cdot V \cdot g$, avec :

- ρ la masse volumique du fluide en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- V le volume de la goutte en m^3 ;
- g l'intensité de la pesanteur terrestre en $\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Compétences

- ✓ ANA : Élaborer un protocole
- ✓ RÉA : Effectuer des mesures

1. **Doc. 1 Point maths** Énoncer la contraposée du principe d'inertie.
2. **Doc. 2** Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de visualiser le mouvement de la goutte de permanganate dans l'huile à l'aide d'une chronophotographie.
3. En utilisant la méthode de son choix (logiciel de traitement d'image, téléphone portable avec une application de mesures), utiliser la chronophotographie pour caractériser le mouvement de la goutte.
4. Calculer la valeur du poids et de la poussée d'Archimède.
5. Utiliser le principe d'inertie pour en déduire la valeur de la force de frottements.

Synthèse de l'activité

Donner la relation qui existe entre toutes les forces s'exerçant sur la goutte en précisant les conditions pour que cette relation soit valable.

2 Le service au tennis 60'

Une joueuse de tennis s'apprête à servir. Pour cela, elle lance la balle verticalement au-dessus d'elle afin de la frapper lorsqu'elle retombe.

→ **Quelle est l'influence d'une force sur la vitesse d'un objet ?**

Par intuition

Lors du lancer, la vitesse de la balle est-elle plus grande lors de la montée ou de la descente ?

Doc. 1 La chute libre

On parle de chute libre lorsque le système n'est soumis qu'à son poids. Les autres forces sont négligées ou inexistantes.

Lors d'un service au tennis, le phénomène de chute libre a lieu entre les instants où la balle quitte la main de la joueuse et se dirige vers le haut (chute libre avec vitesse initiale) et celui où la balle change de sens et se dirige vers la raquette avant de la toucher (chute libre sans vitesse initiale).



▶ Venus Williams, *Open it* de tennis, Paris, 2018.

Doc. 2 Matériel nécessaire

- Une balle de tennis ;
- Un système d'acquisition vidéo (caméra, smartphone) ;
- Un ordinateur avec le tableur-grapheur.



Doc. 3 Calcul des valeurs de la vitesse

Le pointage permet d'obtenir les coordonnées du système étudié à différents instants (t_1, t_2, t_3 , etc.).

Grâce au tableur, on peut calculer les coordonnées du vecteur vitesse à différents instants à l'aide de la formule : $v_x(t_2) = \frac{x(t_3) - x(t_1)}{t_3 - t_1}$ (de même pour les coordonnées y et z).

	A	B	C
1	t (en s)	y (en m)	vy (en m/s)
2		0	0,000
3	0,04	0,200	=(B4-B2)/(A4-A2)
4	0,08	0,369	
5	0,12	0,537	

Compétences

- ✓ MATH : Utiliser le modèle du vecteur en physique
- ✓ RÉA : Effectuer des mesures

1. **Doc. 1** Faire le bilan des forces appliquées sur la balle de tennis sur un point lors de la montée puis lors de la descente. En déduire que la balle est en chute libre à tout instant.
2. **Doc. 2** Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de visualiser le mouvement de la balle lors de la montée, puis lors de la descente.
3. Représenter les vecteurs vitesse à l'aide du tableur-grapheur utilisé lors de la montée, puis de la descente.
4. Comment varie le vecteur vitesse entre deux positions à la montée et à la descente ?

Synthèse de l'activité

Répondre au problème posé en dressant un bilan de l'influence d'une force verticale sur un mouvement vertical.

1 Le principe d'inertie

A Le système et le référentiel d'étude

► Comme vu au chapitre 11, avant toute étude d'un mouvement, il sera nécessaire de préciser :

1. Le système étudié

Quelles que soient la taille et la forme de l'objet d'étude, celui-ci sera modélisé par un point matériel par souci de simplification. On attribue à ce point la masse m de l'objet.

2. Le référentiel de l'étude

La plupart des études de trajectoires sur Terre se font dans un référentiel terrestre, c'est-à-dire par rapport à un point lié au sol.

B Le principe d'inertie et sa contraposée

► En s'appuyant sur les travaux de plusieurs physiciens, dont ceux de Galilée et Descartes, Newton publie en 1687 *Principia Mathematica*, ouvrage dans lequel il énonce le principe d'inertie, appelé aussi parfois la « première loi de Newton » (**doc. 2**).

► L'énoncé actuel du **principe d'inertie** est le suivant :

Si les forces qui s'exercent sur un système se compensent, ce système est soit immobile soit en mouvement rectiligne uniforme.

La réciproque est également vraie : si le système est soit immobile soit en mouvement rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

Exemple : un palet de air-hockey (**doc. 1**) soumis à deux forces qui se compensent (son poids et la réaction de la table) a un mouvement rectiligne et uniforme ou reste immobile.

► La **contraposée du principe d'inertie** s'énonce alors :

Si un système n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas.

La réciproque est également vraie.

Exemple : dans le référentiel héliocentrique, les planètes n'ont pas un mouvement rectiligne et uniforme car elles sont soumises à une force, la force gravitationnelle exercée par le Soleil.

Numérique

Retrouvez une vidéo présentant le principe d'inertie et sa contraposée. LLS.fr/PC2P238

Application

On étudie dans le référentiel terrestre la chute d'une graine de pissenlit par un système d'acquisition vidéo. L'étude montre que son mouvement est vertical et à vitesse constante.

1. Quelles informations peut-on en déduire sur les forces \vec{F}_{air} que l'air exerce sur la graine ?
2. Si cette graine chutait dans un milieu sans air, que pourrait-on déduire sur les caractéristiques de son mouvement ?

Vocabulaire

• **Inertie** : en mécanique, tendance qu'ont les corps à ne pas changer d'état (repos ou mouvement) en l'absence de forces appliquées.

Par extension, ce terme se retrouve en sciences sociales pour désigner un comportement de résistance à tout changement.

Doc. 1 Un poussoir d'air-hockey



Pas de malentendu



- Dire que les forces qui s'exercent sur le système se compensent, c'est dire que leur somme vectorielle est nulle : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \vec{0}$.
- Le principe d'inertie et sa contraposée s'appliquent seulement dans les référentiels dits galiléens tels que le référentiel géocentrique ou héliocentrique. Dans les référentiels terrestres, le principe d'inertie ne s'applique que pour des mouvements de courte durée.

Doc. 2 Première loi de Newton

DE LA PHILOSOPHIE NATURELLE. 17

A X I O M E S,

o u

L O I X D U M O U V E M E N T.

P R E M I E R E L O I

Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelques forces n'agissent sur lui, & ne le contraignent à changer d'état.

- Traduction depuis le latin par la marquise Émilie du Châtelet : « Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelques forces n'agissent sur lui, et ne le contraignent à changer d'état. »

Corrigé

1. D'après le principe d'inertie appliqué dans le référentiel terrestre, les forces qui s'exercent sur la graine se compensent donc :

$$\vec{P} + \vec{F}_{\text{air}} = \vec{0}$$

En mesurant la valeur du poids $P = m \cdot g$ de la graine, le principe d'inertie permet donc de déterminer la valeur de F_{air} .

2. Dans un milieu sans air, la seule force présente est le poids de la graine. Les forces ne se compensent donc pas, d'après la contraposée du principe d'inertie, le mouvement de la graine n'est pas rectiligne et uniforme.

2 La variation du vecteur vitesse

A Comment varie un vecteur vitesse ?

On considère un système modélisé par un point matériel en mouvement. L'étude du mouvement par traitement vidéo ou chronophotographie permet de tracer les vecteurs vitesse point par point.

Au cours de la trajectoire, si l'une des trois caractéristiques du vecteur vitesse change (sa valeur, sa direction ou bien son sens), la contraposée du principe d'inertie permet de déduire que les forces exercées sur l'objet ne se compensent pas (**doc. 3**).

Inversement, si le vecteur vitesse est invariant lors du mouvement, les forces appliquées au système se compensent : leur somme est égale au vecteur nul.

B Cas de la chute libre à une dimension

Lorsqu'un système est soumis uniquement à son poids, on dit que le système est en **chute libre**.

Le système n'est donc ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme. Si de plus le mouvement est vertical, on parle de chute libre à une dimension.

Lorsque l'objet est lancé verticalement vers le haut, la valeur de la vitesse diminue entre deux instants voisins. Sur le **doc. 4**, $v_3 < v_2$.

Le système ralentit : le poids et le vecteur vitesse ont la même direction mais n'ont pas le même sens.

Lorsque l'objet est lâché, la vitesse augmente entre deux instants voisins. Sur le **doc. 4**, $v_4 < v_5$. Le système accélère : le poids et le vecteur vitesse ont le même sens et la même direction.

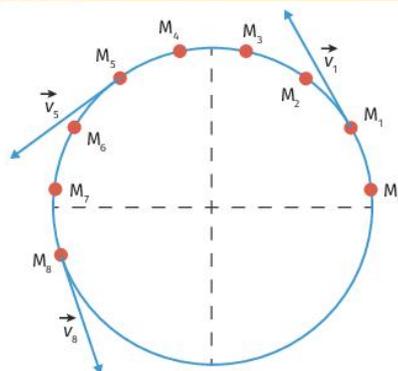
Dans les deux cas, on constate que le tracé de la variation du vecteur vitesse entre deux positions successives est un vecteur vertical et orienté vers le bas (**doc. 4**).

Pour tous les mouvements en chute libre, on constate que la direction et le sens de ce vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v} = \vec{v}_{i+1} - \vec{v}_i$ sont identiques à ceux du poids, qui est la seule force qui s'exerce sur l'objet lors de sa montée et lors de sa descente.

Vocabulaire

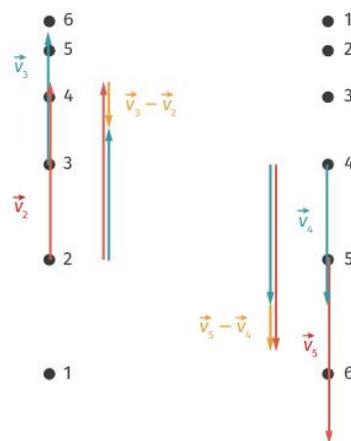
• **Principe** : une affirmation faite au sujet d'une propriété non démontrée et non démontrable. Cette propriété est considérée comme vraie tant qu'elle n'est pas mise en défaut.

Doc. 3 Exemple de variation du vecteur vitesse



$v_1 = v_3 = v_5$ mais $\vec{v}_1 \neq \vec{v}_3 \neq \vec{v}_5$
Le système est donc soumis à des forces qui ne se compensent pas.

Doc. 4 Variation du vecteur vitesse



Lancer vertical

Chute verticale

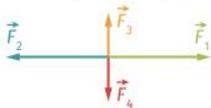
► Variation entre deux positions successives lors d'une chute libre.

Le principe d'inertie et sa contraposée

Avant toute étude, il convient de préciser :

- quel est le système étudié ;
- dans quel référentiel se fait l'étude du mouvement.

Les forces agissant sur l'objet se compensent.



Le mouvement n'est pas rectiligne uniforme.



Principe d'inertie



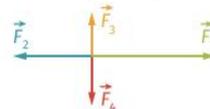
Le mouvement est rectiligne et uniforme.



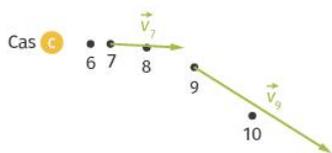
Contraposée du principe d'inertie



Les forces agissant sur l'objet ne se compensent pas.

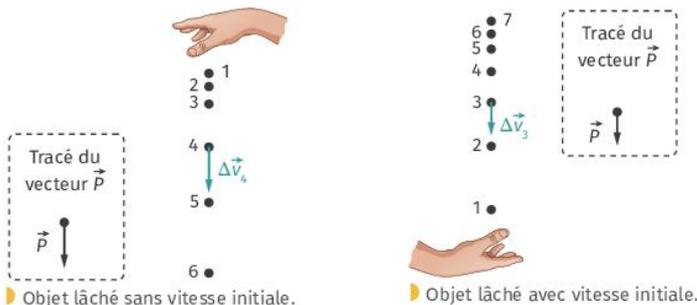


La variation du vecteur vitesse



Différents cas de variations du vecteur vitesse \vec{v} . Dans chaque cas, les forces qui s'appliquent sur l'objet ne se compensent pas.

Objet en chute libre : seul le poids est pris en compte.



Dans le référentiel terrestre, lors d'une chute libre, le vecteur variation de vitesse a la même sens et la même direction que la résultante des forces (ici le poids).

Les limites de la modélisation

Ce modèle permet de :

- déterminer une force inconnue pour un mouvement rectiligne et uniforme dans un référentiel galiléen ;
- constater dans le cas de la chute libre que la variation du vecteur vitesse et le poids ont une direction et un sens identiques.

Mais il ne permet pas de :

- établir une relation mathématique entre la vitesse ou la variation de vitesse d'un objet et la somme des forces qui s'exercent sur lui ;
- interpréter le lien entre un mouvement et les forces qui s'appliquent sur lui dans un référentiel non galiléen (un manège en rotation par exemple).

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser un schéma et reprendre les notions du chapitre ! LLS.fr/PC2P240

1 Le principe d'inertie

	A	B	C
1. Dans le modèle du point matériel :	on peut simplifier la représentation d'un système par un point.	le point matériel est caractérisé par sa taille en mètre.	le point matériel est caractérisé par sa force en newton.
2. Lorsque des forces se compensent, cela signifie que :	leurs points d'application sont identiques.	elles ont le même sens et la même direction.	leur somme vectorielle est nulle.
3. Si deux forces exercées sur un système se compensent alors ce système :	peut avoir n'importe quel mouvement.	peut avoir un mouvement rectiligne accéléré.	peut être immobile.
4. Si un système est en mouvement rectiligne accéléré :	les forces exercées sur lui se compensent.	les forces exercées sur lui ne se compensent pas.	nous ne pouvons rien déduire sur les forces de ce système.

2 Évolution du vecteur vitesse

1. Si le vecteur vitesse d'un système varie entre deux instants :	les forces exercées sur lui se compensent.	les forces exercées sur lui ne se compensent pas.	les forces sont négligées.
2. Lorsqu'un système est en chute libre :	le poids est compensé par une autre force.	le poids ne s'applique pas.	seul le poids s'applique.
3. Un système tombe en chute libre à la surface de la Terre :	son mouvement est rectiligne accéléré.	son mouvement est rectiligne uniforme.	son mouvement est rectiligne décéléré.
4. On représente les forces s'exerçant sur un système ci-dessous :	Le système est en mouvement circulaire.	Le système peut être immobile.	Le système est en mouvement rectiligne accéléré.



Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire des QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P241

3 Questions Jeopardy

• Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

- a. Les forces exercées sur le système ne se compensent pas. b. Seul le poids s'applique et les autres forces sont négligées.

(Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 347)

- Savoir exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée
- Savoir relier la variation du vecteur vitesse à la somme des forces

10

12

[DIFF]

11

22

23

Données Toutes les études de mouvement des exercices se font dans le référentiel terrestre.

- Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Pour séchauffer**4 Mélanger un énoncé**

L'énoncé du principe d'inertie a été mélangé.

- Remettre les termes suivants dans l'ordre : soit en mouvement, se compensent, rectiligne, en l'absence de forces, uniforme, ou lorsque les forces, un système est, soit immobile.

5 Principe d'inertie (1)

Les forces appliquées sur un système se compensent.

- Le système peut-il être immobile ? Quel autre mouvement le système peut-il avoir ? Justifier.

6 Principe d'inertie (2)

Un glaçon immobile de 30 g est soumis à son poids et à la poussée d'Archimède.

- Calculer en newton la valeur de la poussée d'Archimède.

7 Variation du vecteur vitesse

Une voiture freine en ligne droite à l'approche d'un feu de signalisation.

1. Représenter qualitativement les vecteurs vitesses de deux positions successives de la trajectoire.
2. En déduire un tracé du vecteur variation de vitesse.

8 Chute libre

Une goutte de pluie est en chute libre.

- Représenter qualitativement l'allure de la chronophotographie de cette chute.

NumériqueConnectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P242**Pour commencer****Principe d'inertie****9 Utiliser des chronophotographies**

✓ APP : Extraire l'information utile

1. Donner la définition d'une chronophotographie.
2. Décrire les trois mouvements ci-après en précisant à chaque fois le système et un référentiel d'étude.
3. Déterminer dans les cas a., b. et c. si les forces se compensent et justifier.



4. Reprendre la question précédente sur la photo de la balle de tennis en ouverture du chapitre.

10 Appliquer le principe d'inertie

✓ APP : Faire un schéma

On reprend ici la chute du parachutiste vue au chapitre 12. Le système {parachutiste + parachute} est soumis à deux forces qui se compensent dans le référentiel terrestre : le poids et les frottements exercés par l'air.

1. Représenter le système comme un point matériel et dessiner les deux forces qui s'appliquent lors de la chute.
2. Représenter une chronophotographie du mouvement de chute du système. Justifier le schéma établi.

Évolution du vecteur vitesse

11 Relier le vecteur vitesse aux forces

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Une caisse glisse sans frottement sur un plan incliné. Voici ci-après la chronophotographie du mouvement.



1. Reproduire le schéma et tracer le vecteur vitesse aux points 3 et 5 sans soucis d'échelle.
2. Quelles sont les forces qui s'appliquent sur la caisse ?
3. Représenter sans souci d'échelle la somme des forces au point 4.
4. Compléter la phrase suivante : la valeur du vecteur vitesse augmente/diminue donc la somme des forces est nulle/non nulle.

12 Chute libre spatiale ?

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire de cours

La Lune est l'unique satellite naturel de la Terre. On néglige l'attraction de tout astre hormis la Terre.

1. Rappeler la définition d'une chute libre.
2. Dans le référentiel géocentrique, quelle force s'applique sur la Lune ?
3. En déduire que la Lune tombe en chute libre.



Une notion, trois exercices

□ Savoir-faire : Exploiter le principe d'inertie et sa contraposée

13 Skieuse immobile

✓ APP : Extraire l'information utile

Une skieuse avec son équipement est immobile en bas d'une piste de ski.

1. Citer les deux forces qui s'appliquent sur la skieuse.
2. Calculer le poids de la skieuse.
3. Que peut-on dire de la somme des forces appliquées à la skieuse ? Justifier.
4. Donner la valeur de la deuxième force.
5. Représenter ces forces sur un schéma en modélisant la skieuse par un point matériel.

14 Skieuse en descente

✓ APP : Extraire l'information utile

Une skieuse avec son équipement descend un tronçon de piste rouge en mouvement rectiligne uniforme. On néglige les forces de frottement fluide (dues à l'air).

1. Citer les deux forces qui s'exercent sur la skieuse.
2. Donner une relation entre ces forces. Justifier.
3. Représenter ces forces sur un schéma en modélisant la skieuse par un point matériel.

Données

- Masse de la skieuse avec son équipement : $m = 85 \text{ kg}$;
- Intensité de la pesanteur sur la piste : $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

15 Skieuse sur le téléski

✓ APP : Extraire l'information utile

Une skieuse prend un remonte-pente en ligne droite pour rejoindre le haut de la piste (schéma ci-dessous). On néglige les forces de frottement fluide.



1. Représenter sans soucis d'échelle les forces qui s'appliquent sur la skieuse.
2. Que dire de la somme des forces lorsque la skieuse accélère ? Et lorsqu'elle est tirée à vitesse constante ?

DIFFÉRENCIATION

- ✓ APP : Faire un schéma
- ✓ APP : Extraire l'information utile
- ✓ MATH : Le modèle du vecteur

Vol d'oiseau

Énoncé

Un oiseau plane en mouvement rectiligne uniforme. Considérons deux forces s'exerçant sur lui : son poids et la portance de l'air. L'étude se fait dans le référentiel terrestre considéré galiléen et on néglige les forces de frottements.



1. Les forces exercées sur l'oiseau se compensent-elles ? Justifier.
2. En déduire une relation entre les valeurs de ces deux forces.
3. Calculer la valeur du poids P de l'oiseau.
4. En déduire la valeur de la deuxième force.
5. Donner les caractéristiques des deux forces s'exerçant sur l'oiseau. Représenter alors la situation sur un schéma, sans souci d'échelle, en modélisant l'oiseau par un point matériel.

Solution rédigée

1. Si un objet est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur lui se compensent. Ici l'oiseau est en mouvement rectiligne uniforme, les deux forces qui s'exercent sur lui se compensent.
2. Ces deux forces sont d'intensités égales.
3. On utilise la relation : $P = m \cdot g$.
Application numérique : $P = 0,400 \times 9,81 = 3,92 \text{ N}$.
4. D'après la réponse 3, les valeurs des forces sont égales. La force de l'air sur l'oiseau vaut donc 3,92 N.
5. L'oiseau est soumis à son poids. Les caractéristiques du poids sont :
 - direction : verticale ;
 - sens : vers le bas ;
 - valeur : 3,92 N.

La deuxième force qui compense le poids est la force exercée par l'air sur l'oiseau. Les caractéristiques de cette force sont :

- direction : verticale ;
- sens : vers le haut ;
- valeur : 3,92 N.



DONNÉES

- Masse de l'oiseau : $m = 400 \text{ g}$;
- Intensité de la pesanteur terrestre :
 $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. La réciproque du principe d'inertie est vérifiée.
2. Lorsque l'énoncé demande une relation entre deux éléments, il faut les comparer l'un à l'autre.
3. Utiliser la relation reliant le poids, la masse et l'intensité de la pesanteur terrestre.
4. Utiliser les questions 2 et 3 pour répondre.
5. Les caractéristiques sont la direction, le sens et la norme (ou valeur).

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Pour justifier cette réponse, citer le principe d'inertie.
3. Penser à convertir la masse en kilogrammes. Bien séparer expression littérale et application numérique. Penser aux chiffres significatifs et à préciser l'unité du résultat.
5. Le modèle du point matériel consiste à simplifier le dessin par un point.

16 Mise en application

Désormais l'oiseau pique en accélérant à la verticale pour attraper une proie.

1. Que dire de la somme des forces qui s'exercent sur l'oiseau ?
2. Comment évolue le vecteur vitesse lors de la descente ?
3. Établir un lien entre les deux questions précédentes.

Données Toutes les études de mouvement de la partie Pour s'entraîner se font dans le référentiel terrestre, considéré galiléen.

L'intervalle de temps entre deux points est de 0,1 s.

Pour s'entraîner

Comprendre les attendus

17 Lévitaiton

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

La lévitation est le fait pour un objet de rester en suspension au-dessus du sol, sous l'effet d'une force qui vient compenser la force de pesanteur. On étudie le phénomène de lévitation d'une petite bille métallique, en négligeant l'action de l'air devant les autres actions.



Un aimant en lévitation au-dessus d'un supraconducteur.

On étudie le phénomène de lévitation d'une petite bille métallique, en négligeant l'action de l'air devant les autres actions.

1. Faire le bilan des deux forces s'exerçant sur la bille dans le référentiel terrestre.
2. La bille étant immobile, que peut-on déduire des forces qui agissent sur elle ? Justifier.
3. Lorsque la bille est en lévitation, faire un schéma de la situation en prenant comme échelle 1,0 cm pour 0,80 N.

Données

- Intensité de la pesanteur sur Terre : $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$;
- Masse de la bille : $m = 280 \text{ g}$.

Détails du barème

TOTAL/5 pts

- | | |
|---|--------|
| 1. Trouver les deux forces en s'aidant de l'énoncé. | 1 pt |
| 2. Utiliser le principe d'inertie. | 1 pt |
| 3. Donner la relation liant le poids à la masse. | 0,5 pt |
| 4. Faire l'application numérique avec la bonne unité. | 0,5 pt |
| 5. Utiliser la question 2 pour donner la valeur de la deuxième force avec la bonne unité. | 1 pt |
| 6. Dessiner les forces à l'échelle. | 1 pt |

18 La gyroroue en QCM

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire de cours

Une gyroroue est soumise à deux forces : son poids (dirigé vers le bas) et la réaction du sol sur les roues. Cette dernière est la somme de deux composantes : une perpendiculaire au sol (dirigée vers le haut) et la force de frottements (dirigée vers l'arrière).

1. Les deux forces dont la somme est nulle sont :

- a. le poids et la composante perpendiculaire.
- b. le poids et la force de frottements.
- c. la composante perpendiculaire et la force de frottements.



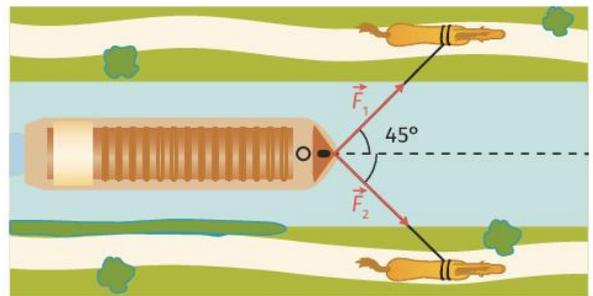
2. La gyroroue avance vers la droite et son utilisateur se tient bien droit de sorte que le moteur ne soit pas en marche. D'après la somme des forces :

- a. le mouvement est rectiligne accéléré.
- b. la norme du vecteur vitesse diminue progressivement.
- c. le vecteur vitesse est constant lors du déplacement.

19 Le halage

✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Pour tirer une péniche sur un chemin de halage, deux chevaux exercent chacun une force d'intensité 900 N, et dont la direction fait un angle de 45° avec le sens de déplacement de la péniche (schéma ci-dessous). Les forces de frottements dues à l'eau et à l'air sont regroupées sous une seule même force de frottements \vec{F}_f dont la direction est celle du mouvement et de sens opposé.



1. À quelles forces est soumise la péniche ? Représenter ces forces, sur un schéma (en vue de profil) sans soucis d'échelle.
2. Lorsque la péniche prend de la vitesse, ces forces se compensent-elles ? Justifier.
3. La péniche est maintenant tirée par un bateau. Par une construction géométrique, représenter la force que le bateau doit exercer pour que la péniche conserve le même mouvement. Déterminer l'intensité de cette force.

20 Une expérience de pensée de Galilée

- ✓ ANA : Proposer une hypothèse
- ✓ COM : Rédiger une réponse argumentée

Pour le philosophe grec Aristote (384–322 av. J.-C.), les corps lourds ont une tendance naturelle à aller vers le bas. Et plus leur masse est importante, plus leur chute est rapide.

Expérience imaginaire 1 : Supposons que soient placés à 5 mètres de hauteur un boulet de type A de 5 kg ainsi qu'un boulet de type B de 10 kg, qu'on lâche simultanément.

1. En s'appuyant sur l'affirmation d'Aristote, quel boulet atteindra le sol en premier ?

Expérience imaginaire 2 : Supposons qu'on attache à l'aide d'une corde un boulet de type A avec un autre de type B, et que ce nouveau système appelé C soit lâché au même instant qu'un boulet B, toujours à 5 mètres de hauteur.

2. Dans le système C, les deux boulets atteindront-ils le sol en même temps ? Vu qu'ils sont attachés l'un à l'autre, quel boulet risque de ralentir l'autre dans sa chute ? En déduire lequel des systèmes B ou C atteindra le sol avant l'autre dans l'expérience imaginaire 2.
3. En comparant les masses du système C et du boulet B isolé, lequel devrait atteindre le sol en premier d'après Aristote ?
4. Les conclusions des questions 2 et 3 sont-elles compatibles ? Que dire alors de l'affirmation d'Aristote ?
5. Quelle loi physique peut-on alors déduire de cette expérience de pensée ?



Expérience de Galilée du haut de la tour de Pise.

21 Copie d'élève à commenter

- ♦ Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

Une savonnette est lancée sur un sol humide. Le mouvement de la savonnette est rectiligne décéléré.

1. La savonnette est soumise à son poids et à la force du sol sur la savonnette. **Incomplet.**
2. La somme des forces a ~~même sens~~ et même direction que le déplacement.
3. Le vecteur vitesse ~~ne varie pas car le mouvement est rectiligne.~~
4. Le principe d'inertie est vérifié car le mouvement est rectiligne. **À revoir.**

22 Le ventrigrisse

- ✓ MATH : Le modèle du vecteur en physique

Le ventrigrisse est une discipline qui consiste à s'élancer sur une bâche recouverte d'eau savonneuse. Il existe une fédération française de ventrigrisse créée en juillet 2018, dont l'objectif un peu loufoque est d'en faire une discipline olympique en 2024. Oliver dont la masse est de 70 kg s'élance avec une vitesse initiale de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ sur une piste rectiligne dans le référentiel terrestre. Les frottements de la bâche sont considérés comme négligeables.



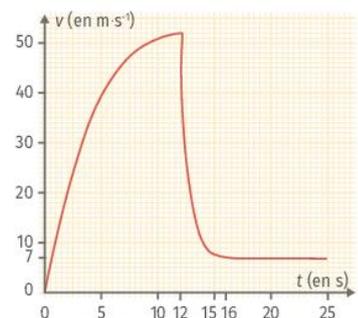
1. À quelles forces est soumis Oliver ?
2. Représenter ces forces sur un schéma avec pour échelle 1 cm pour 200 N.
3. Que peut-on en déduire de la trajectoire d'Oliver ?
4. Que se passerait-il si la piste était infinie ? L'approximation faite sur les frottements est-elle réaliste ?

23 Descente en parachute

- ✓ ANA : Utiliser un graphique pour répondre à une problématique

Un parachutiste saute sans vitesse initiale d'un hélicoptère en vol stationnaire. Après quelques secondes en chute libre, il ouvre son parachute. Les frottements dus à l'air sur la toile s'expriment par une force opposée au mouvement, dont la valeur est proportionnelle au carré de la vitesse : $f = k \cdot v^2$, avec f la force de frottements, k le coefficient de frottements et v la vitesse.

1. Décrire les différentes phases du mouvement.
2. Comment varie la norme du vecteur vitesse entre 0 et 15 s ? Commenter.
3. À quelle(s) force(s) est soumis le système entre 0 et 12 s ?



4. Lorsque le parachute est ouvert, $k = 10 \text{ N}\cdot\text{s}^2\cdot\text{m}^{-2}$. Calculer l'intensité de la force de frottements à l'instant où le parachutiste ouvre son parachute.
5. Expliquer le mouvement à partir de la date $t = 16 \text{ s}$.
6. Calculer la valeur du coefficient de frottements à $t = 20 \text{ s}$.

Données

- Masse du parachutiste avec son parachute : $m = 90 \text{ kg}$;
- Intensité de la pesanteur sur Terre : $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

NOTA Toutes les études de mouvement de la partie Pour aller plus loin se font dans le référentiel terrestre, considéré galiléen.

Pour aller plus loin

24 Analyse de films

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

Levée de vaisseau dans *Star Wars*

Dans la saga *Star Wars*, les Jedis peuvent lever un vaisseau à distance et le maintenir immobile en l'air, grâce à une force imaginaire qui s'appelle... la Force. La masse du vaisseau est $m_{\text{vaisseau}} = 10\,000$ tonnes et l'intensité de pesanteur sur la planète Dagoba est $g_{\text{Dagoba}} = 10,4 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

1. Quelle Force Yoda doit-il appliquer pour garder un vaisseau immobile en l'air sur la planète Dagoba ? On considère que le vaisseau n'est soumis qu'à son poids.



Le casque dans *Gravity*

Dans le film *Gravity* du réalisateur Alfonso Cuarón, Sandra Bullock retourne sur Terre dans une capsule qui tombe vers la Terre. Une fois dans l'atmosphère, on aperçoit dans la capsule son casque en apesanteur alors qu'elle semble elle-même souffrir de son retour sur Terre.



2. a. Avant d'entrer dans l'atmosphère, citer la force qui s'exerce sur la capsule spatiale. Faire de même sur le casque.
b. En déduire que la capsule et le casque sont en chute libre.
c. Recopier la phrase suivante en choisissant la bonne proposition : la capsule et le casque sont en chute libre et tombent à la même vitesse et le casque devrait tomber/flotter à l'intérieur de la capsule.

La capsule entre dans l'atmosphère. Elle est maintenant soumise à une importante force de frottements.

- d. La capsule est-elle en chute libre dans l'atmosphère ? Justifier.
e. Recopier la phrase suivante en choisissant la bonne proposition : si la capsule n'est pas en chute libre, le casque devrait donc tomber/flotter à l'intérieur.

25 Réflexions d'un scientifique

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Marin Mersenne (1588-1648), philosophe, religieux et mathématicien français, a travaillé sur la chute des corps parallèlement à Galilée (1564-1642).

1. Quelles forces s'appliquent sur un boulet de canon théorique projeté très haut verticalement dans le référentiel terrestre ?

Toutes les forces sont ici négligeables devant le poids.

2. Décrire ce mouvement et répondre à la question : le boulet retombera-t-il dans le fût du canon ?
3. La réponse est négative, celui-ci retombe un peu plus à l'ouest du canon. Que peut-on alors en déduire sur le référentiel de l'étude ?

26 DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES ! ?

Bus et force centrifuge

✓ APP : Faire un brouillon comprenant un schéma

Lors d'un voyage scolaire, Paula est debout et immobile dans le couloir central du bus alors que le chauffeur a interdit de se lever. Au premier virage sur la droite, elle est déportée vers la gauche. Léonard explique à Paula qu'elle n'aurait pas dû rester debout à cause de la force centrifuge. Miriam lui répond qu'il a tort parce que la force centrifuge n'existe pas dans un référentiel galiléen. L'étude se fait dans le référentiel galiléen lié à la route.

1. Le bus roule en ligne droite à vitesse constante.
 - a. Quel est le mouvement de Paula dans le référentiel lié à la route ?
 - b. Quelles sont les forces qui s'appliquent sur Paula ? Ces forces se compensent-elles ?
2. Le bus amorce un virage et tourne.
 - a. Les forces qui s'appliquent sur Paula sont-elles alors modifiées ?
 - b. En déduire le mouvement de Paula dans le référentiel lié à la route.
3. Choisir la bonne proposition :
 - a. « Lorsque le bus tourne, Paula persévère dans son mouvement rectiligne uniforme car aucune nouvelle force ne s'applique sur elle dans le référentiel lié à la route. Quand le bus tourne, elle est donc déportée vers le bord gauche du bus. »
 - b. « Lorsque le bus tourne, une nouvelle force s'applique sur Paula dans le référentiel lié à la route et cette force la fait changer de direction : c'est la force centrifuge. »

27 Ascension du Stromboli

✓ APP : Faire un brouillon

Marine et Lucy viennent de faire l'ascension du volcan Stromboli en Sicile. Une fois arrivées au sommet, un vent de force 7 est dans leur dos. Marine a peur de tomber dans le cratère mais Lucy lui répond que ce n'est pas possible.

- Quelle est la valeur de la force que Marine doit exercer pour s'opposer au vent et éviter d'être projetée vers l'avant ?

Remarque : Vous ferez les hypothèses nécessaires à la bonne résolution du problème.

Doc. 1 Vue du Stromboli



Doc. 2 Calcul de la force du vent

La relation qui permet de calculer la force du vent en Newton est la suivante : $F_{\text{vent}} = \frac{1}{2} \rho \cdot C_x \cdot v^2 \cdot S$

Avec :

ρ , la masse volumique de l'air en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;

C_x , le coefficient de traînée (sans unité) ;

v , la vitesse du vent en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;

S , la surface de la personne exposé en m^2 .

Données

- Masse de Marine : $m = 55 \text{ kg}$;
- Taille de Marine : $l = 1,60 \text{ m}$;
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- Masse volumique de l'air : $\rho = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- Vitesse moyenne d'un vent de force 7 : $v = 55 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$;
- Coefficient de traînée moyen d'une personne : $C_x = 0,25$.

28 Promenade à moto

✓ APP : Faire un brouillon

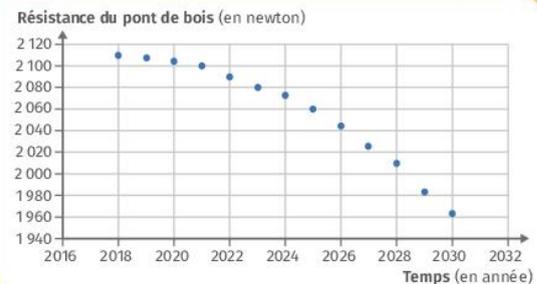
Chaque jour pour rentrer chez lui, un motard parcourt une petite route de campagne sur laquelle il doit traverser un petit pont de bois vermoulu.

- En justifiant chaque étape du raisonnement, dire à partir de quelle date il devient dangereux pour le motard de traverser ce pont en mauvais état.

Données

- Masse de la moto : $m = 130 \text{ kg}$;
- Masse du motard : $m = 75 \text{ kg}$;
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Doc. 1 Résistance du pont de bois en fonction du temps



Retour sur l'ouverture du chapitre (déconstruire les idées fausses)

29 Homme-canon

✓ MATH : Le modèle du vecteur

L'homme-canon est un spectacle de cirque datant du XIX^e siècle : une personne est éjectée d'un canon à l'aide d'un ressort. On considère deux situations :

- la première : l'homme-canon est immobile à l'intérieur du canon, en contact avec le ressort ;
- la deuxième : l'homme-canon est éjecté hors du canon.

1. Faire le bilan des forces dans les deux cas.
2. En déduire si les phrases suivantes sont vraies :
 - a. Aucune force ne s'exerce sur un objet immobile.
 - b. La somme des forces n'a pas forcément la même direction que le mouvement.
 - c. Un objet a besoin qu'une force appelée *impetus* s'exerce pour conserver son mouvement.



Découvrir le principe d'inertie en autonomie

Objectifs :

- ➔ Préparer le cours en s'appropriant les notions concernant les forces et les mouvements.
- ➔ Réaliser un bilan synthétique des notions abordées sous la forme d'une présentation incluant une expérience simple à réaliser.

A Mouvement et référentiel



1. Rechercher la signification de la relativité galiléenne du mouvement.
2. Lors de l'étude du mouvement d'un corps, qu'est-il important de spécifier ?



Aide : consulter l'animation « Relativité du mouvement » sur LLS.fr/PC2P249.

CONSEILS :

- Prendre des notes pendant la vidéo.
- Trouver les mots-clés et les notions importantes.

B Le principe d'inertie et variation du vecteur vitesse

Le principe d'inertie peut s'énoncer de la façon suivante : « si les forces qui s'exercent sur un système se compensent, ce système est alors soit immobile soit en mouvement rectiligne uniforme », ou encore « Si un système n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme alors les forces qui s'appliquent à ce système ne se compensent pas ».

1. Rechercher l'origine historique du principe d'inertie.



Lancer l'application « Forces et mouvement : les bases » sur LLS.fr/PC2P249.

En utilisant, le module **Force Nette** puis **Mouvement**, réaliser les simulations en suivant les instructions ci-dessous puis répondre aux questions.

Remarque importante : Dans les animations, les frottements entre le support (le sol ou les rails) et le chariot ou le skate sont négligés.

2. Faire apparaître la somme des forces, les valeurs et la vitesse en les cochant dans la boîte en haut à droite.
3. Commencer à tirer avec différents types de tireurs

de chaque côté puis mettre sur pause et ajuster le même nombre de tireur de chaque côté avant de cliquer sur tirer.

4. Comment évolue la vitesse quand la somme des forces appliquées au chariot est nulle ?
5. Comment évolue la vitesse quand la somme des forces appliquées au chariot n'est pas nulle ?
6. Quand le chariot est à l'arrêt, quelle est la valeur de la somme des forces appliquées au chariot ? Quelle est la valeur de la vitesse ?
7. En utilisant la deuxième simulation **Mouvement**, vérifier les conclusions concernant la relation entre forces appliquées et la vitesse.

C Synthèse



Réaliser un bilan synthétisant les notions principales abordées en utilisant un logiciel de présentation sur LLS.fr/PC2P249. La présentation doit inclure :

- les notions de référentiels, forces et vitesses ;
- l'énonciation du principe d'inertie ;
- une vidéo d'une expérience réalisée, simple et reproductible, permettant de vérifier le principe d'inertie ou sa contraposée.

Parcours d'orientation - Les métiers de l'information

Spécialités suggérées en première :



Spécialités suggérées en terminale :



À la découverte de ces métiers

TECHNICIEN/NE TÉLÉCOMS ET RÉSEAUX

Études : Bac +2

Métier : Chargé(e) de l'installation et de la maintenance des équipements de télécommunication et de réseau informatique, il/elle opère pour les entreprises ou pour les particuliers.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Telecoms](https://lls.fr/PC2Telecoms)

DÉVELOPPEUR/SE INFORMATIQUE

Études : de Bac +2 à Bac +5

Métier : Il/Elle est responsable de l'élaboration de programmes informatiques selon un cahier des charges élaboré avec le client, il/elle est aussi chargé(e) de leur maintenance ou leur optimisation.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Developpeur](https://lls.fr/PC2Developpeur)

ADMINISTRATEUR/TRICE DE BASE DE DONNÉES

Études : Niveau Bac, Bac +3 et Bac +5

Métier : C'est le/la garant/e des informations variées stockées dans les bases de données d'une entreprise (comptes clients, fiches produits, etc.). Il en assure la disponibilité, la qualité et la sécurité.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2Administrateur](https://lls.fr/PC2Administrateur)

INGÉNIEUR/E OPTIQUE

Études : Bac +5

Métier : L'ingénieur(e) conçoit et développe de nouveaux instruments de mesure optique ou de photonique dans le domaine de l'aéronautique, de l'astronomie, des télécommunications, etc.

D'après l'Onisep.



Retrouver la fiche métier sur :

[LLS.fr/PC2IngeOptique](https://lls.fr/PC2IngeOptique)

Compétences



Retrouver les fiches méthode compétences sur lelivrescolaire.fr (LLS.fr/PC2Methode).

INDICATEUR DE MAÎTRISE		chap. 14	chap. 15	chap. 16	chap. 17
APP	Faire un brouillon comprenant schéma, données et notions Extraire l'information utile sur supports variés/schéma/expérience/texte		✓		
APP	Maîtriser le vocabulaire du cours (fiche de vocabulaire)		✓		
ANA	Choisir, élaborer, justifier un protocole			✓	
REA	Effectuer des mesures	✓			✓
REA	Agir de façon responsable/respecter les règles de sécurité			✓	
MOD	Utiliser les propriétés des ondes : fréquence /longueur d'onde /vitesse de propagation	✓	✓	✓	
VAL	Apprendre/appliquer une relation entre des grandeurs physiques			✓	✓
COM	Associer les bonnes unités aux grandeurs physiques Faire des conversions	✓			
MATH	Utiliser des outils numériques/un langage de programmation	✓			✓
MATH	Calcul littéral, résoudre une équation				✓

Émission et perception d'un son

DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES



Star Trek : premier contact, réalisé par Jonathan Frakes, 1996.

Dans les films de science-fiction, les sons et les bruitages de batailles spatiales contribuent à rendre les scènes spectaculaires.

➤ **Ces sons existent-ils dans l'espace, à l'endroit où la caméra semble filmer la scène ?**

➔ voir l'exercice 30, p. 268

Travailler

autrement



Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour apprendre à coder le micro-contrôleur Arduino et jouer un son. LLS.fr/PC2P252

Voir p. 269





La *silent guitar* ressemble à une guitare classique, mais lorsqu'on la joue, on n'entend presque rien.

→ Quelle est la différence entre une *silent guitar* et une guitare acoustique traditionnelle ?

→ voir l'exercice 19, p. 265

À maîtriser pour commencer

- › Connaître la fréquence
- › Connaître le lien entre vitesse, distance parcourue et durée de parcours
- › Les domaines de fréquences des sons audibles / des infrasons et des ultrasons

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P253

Objectifs du chapitre

- ▣ Décrire le principe de propagation d'un son
- ▣ Mesurer la vitesse d'un signal sonore
- ▣ Déterminer la période et la fréquence d'un son
- ▣ Définir hauteur, intensité et niveau sonore
- ▣ Exploiter une échelle de niveaux sonores

1 La propagation du son

Un son ne se déplace pas comme un objet, il n'est pas localisable en un point précis. Certaines conditions sont nécessaires pour sa propagation dans l'espace.

→ **Quel est le rôle joué par les milieux matériels dans la propagation de l'onde sonore ?**

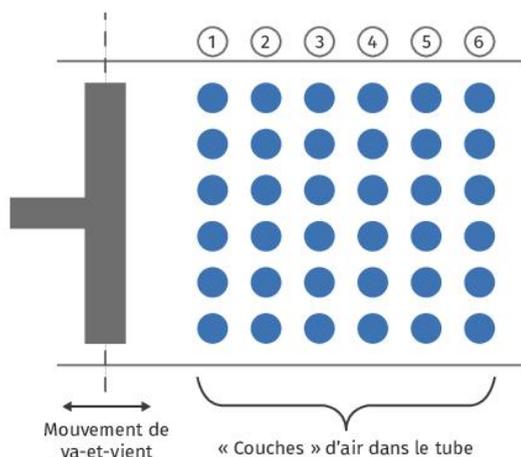
Par intuition

Qu'est-ce qui se propage exactement quand le son va d'un émetteur jusqu'à l'oreille qui le perçoit ?

Doc. 1 Modélisation de l'air par des couches au voisinage d'un piston

Le piston peut « vibrer » autour de la position verticale schématisée par les pointillés. L'air contenu dans un tube est arbitrairement découpé en tranches numérotées 1, 2, etc.

Les molécules d'air sont plus rapprochées que dans la réalité pour faciliter les explications attendues.



Doc. 2 L'élasticité des matériaux

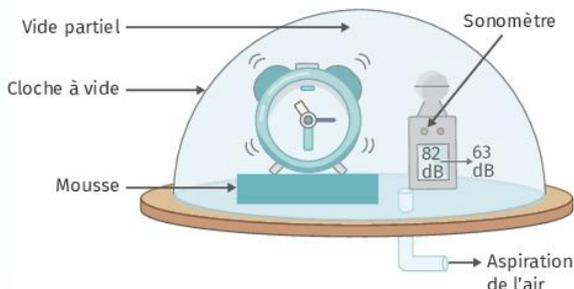
L'élasticité d'un matériau est sa capacité à retrouver sa forme d'origine après avoir été momentanément déformé.

La plupart des matériaux sont élastiques, quel que soit leur état physique, au moins pour de petites déformations.



Corde en vibration.

Doc. 3 L'expérience de la cloche à vide



Compétence

✓ ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

- 1. Doc. 1** On fait « vibrer » le piston autour d'une position verticale d'équilibre. Que signifie « vibrer » pour ce piston ?
- 2. Doc. 1** Que se passe-t-il pour les molécules qui se trouvent dans la tranche ① lorsque le piston se déplace vers la droite ?
- 3. Doc. 1** Qu'arrive-t-il ensuite aux molécules de la tranche ② voisine ? Puis celles de la tranche 3 ?
- 4. Doc. 2** L'air étant un matériau élastique, que se passe-t-il lorsque le piston revient vers la gauche ?
- 5. Doc. 3** Sous vide partiel, le son d'un réveil est très atténué. Expliquer quelle en est la raison.

Synthèse de l'activité

Pourquoi un milieu matériel est-il nécessaire dans la propagation du son ? Qu'est-ce qui se déplace à travers ce milieu ?

2 Enregistrer et « voir » un son 60'

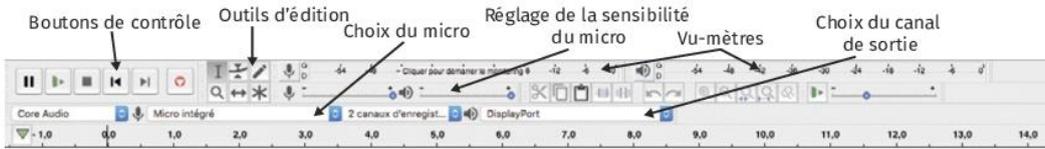
De nombreux outils permettent d'obtenir une représentation visuelle du signal. Avec Audacity, on peut ainsi obtenir les caractéristiques du son et éventuellement les modifier.

→ **Comment enregistrer, visualiser et mesurer les caractéristiques d'une onde sonore ?**

Par intuition

Quelles informations peut-on extraire d'un enregistrement sonore sur ses caractéristiques propres ?

Doc. 1 Les outils principaux d'Audacity



Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver un guide d'utilisation d'Audacity. LLS.fr/PC2Audacity

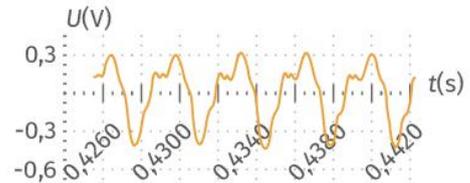
Doc. 3 Fréquences de quelques notes

Note	Do3	Ré3	Mi3	Fa3	Sol3	La3	Si3
f(Hz)	262	294	330	349	392	440	494

Doc. 2 Matériel nécessaire

- Un microphone relié à l'ordinateur (éventuellement le micro intégré) ;
- Un ordinateur ou une tablette ;
- Un logiciel d'enregistrement sonore (ici Audacity) ;
- Un instrument de musique ou, à défaut, la voix.

Doc. 4 Enregistrement d'une note de piano



Compétence

✓ REA : Effectuer des mesures

- 1. Doc. 1 et 2** Configurer le logiciel pour enregistrer un son musical avec le micro. Il peut s'agir d'une note jouée par un instrument ou bien une note chantée. Visualiser le signal obtenu sur l'écran (en zoomant si nécessaire).
- Vérifier que le son est périodique, au moins sur une petite durée. Comment s'observe cette périodicité ?
- Quelle méthode peut-on proposer pour améliorer la précision sur la mesure de la période ? Après avoir effectué cette mesure, en déduire la fréquence du son.
- Recommencer l'opération avec une note plus aiguë, puis avec une note plus grave. Quelle est la conséquence sur la fréquence du son ? Associer alors la variation de la fréquence du son avec la hauteur (grave ou aiguë) perçue.
- 5. Doc. 3 et 4** Quelle est la note correspondant à l'enregistrement ? Proposer un protocole pour accorder un instrument, c'est-à-dire le régler pour qu'il émette les notes attendues.

Synthèse de l'activité

Quelles sont les informations que l'enregistrement d'un son a permis de visualiser ?

3

Créer un son avec un microcontrôleur et l'analyser

60'

Un microcontrôleur permet de générer des signaux électriques que l'on peut transformer en signaux sonores grâce à un haut-parleur.

→ Comment générer des sons avec un microcontrôleur et quelques lignes de code ?

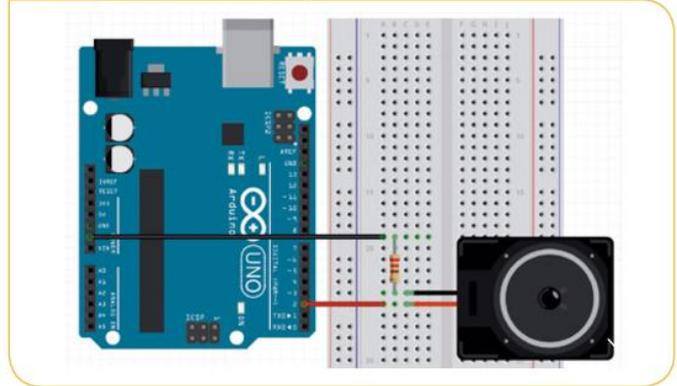
Par intuition

Les sons générés par un microcontrôleur ressemblent-ils à ceux joués par un instrument ?

Doc. 1 Matériel nécessaire

- Un ordinateur avec port USB et l'éditeur Arduino Genuino ;
- Un smartphone avec l'application PhyPhox, ou Audacity sur l'ordinateur, à retrouver sur LLS.fr/PC2P256 ;
- Un microcontrôleur monté sur carte de type Arduino ;
- Un haut-parleur miniature ;
- Un dipôle ohmique de 220 Ω ;
- Des fils de connexion ;
- Une tablette de prototypage.

Doc. 2 Schéma du montage



Doc. 4 Quelques notes et leur fréquence associée

Note	Do3	Rê3	Mi3	Fa3	Sol3	La3	Si3
f (Hz)	262	294	330	349	392	440	494

Doc. 3 La fonction tone() sur Arduino

La fonction **tone()** permet de générer un signal carré, périodique, avec comme paramètres le numéro de borne utilisé sur la carte, la fréquence (entre 31 Hz et 65 535 Hz pour les cartes Arduino) et la durée (en ms) :

Tone(numeroBorne, frequence, duree);

Remarque :

tone() est non bloquante : elle n'arrête pas le programme pendant l'exécution de la fonction. Entre deux sons successifs différents, utiliser **delay()** avec en paramètre la durée (en ms) avant l'émission d'un nouveau son.

Doc. 5 Le code minimal

```

/*Génération d'un son carré */
const byte BORNE = 2; // On spécifie la borne de sortie

void setup() {
  pinMode(BORNE, OUTPUT); // On initialise la borne
  // choisie en "sortie".
  tone(BORNE, 600, 3000); // Le signal produit par tone
  // a pour fréquence 600 Hz et durera 3000 ms.
}
void loop() {
}
    
```

Compétence

✓ MATH : Utiliser des outils numériques et un langage de programmation

1. Générer le son après avoir « téléversé » le code vers le microcontrôleur (attention à bien vérifier le port d'envoi dans le menu *Outils > Port de l'éditeur Arduino*).
2. Observer l'allure du signal généré, grâce à l'application Phyphox Audio Scope ou Audacity. La décrire après enregistrement sur l'écran.
3. Le signal sonore enregistrée est-il de forme carrée comme devrait l'avoir généré la fonction **tone()** ? Mesurer sa période, calculer sa fréquence et comparer avec la fréquence théorique. Expliquer les éventuelles différences.
4. Coder et faire jouer le début de l'Ode à la joie (hymne européen) : mi-mi-fa-sol-sol-fa-mi-ré.

1 Les sons et leur propagation

A Création d'un son

➤ Un son est créé par la vibration rapide d'un objet comme les cordes d'une guitare (**doc. 1**), les ailes d'un insecte ou les feuilles d'un arbre au vent.

Cette vibration est souvent d'amplitude micrométrique à millimétrique et provoque des sons de faible intensité. Pour résoudre ce problème, beaucoup d'instruments (**doc. 2**) et d'êtres vivants sont dotés d'une **caisse de résonance**.

Une caisse de résonance amplifie et sélectionne les sons.

B La propagation du son

➤ On entend un son en étant à distance de la source qui l'a créé : entre la source sonore et l'oreille, il y a propagation du son.

La vibration initiale est transmise de proche en proche au niveau microscopique (entre molécules ou entre atomes), sans que l'objet qui vibre ne se déplace lui-même. Comme une *ola* dans un stade : la vague se déplace, mais les supporters ne l'accompagnent pas dans son déplacement latéral.

On parle de signal sonore qui se propage depuis la source.

Un **signal sonore** est un phénomène de déplacement d'une perturbation de proche en proche dans un milieu matériel et sans transport effectif de matière.

L'onde sonore nécessite un milieu de propagation pour se déplacer : ce milieu peut être l'air, le bois, le métal, l'eau ou tout autre matériau. En l'absence de milieu matériel (c'est-à-dire le vide), il ne peut y avoir propagation du son. Ainsi, sur la Lune qui n'a pas d'atmosphère, les sons ne se propagent pas.

C Vitesse de propagation du son : la célérité

➤ Dans un milieu donné, le son se propage avec une vitesse caractéristique. Cette vitesse, appelée aussi célérité, dépend de la nature du milieu et de la température. Dans l'air, vers 20 °C, la célérité du son est voisine de 340 m·s⁻¹.

Milieu	Air	Eau liquide	Verre	Acier
$v \text{ (m·s}^{-1}\text{)}$	340	1500	5300	5800

Application

Un trompettiste émet un son court face à une falaise située à 160 mètres de lui. Quelle est la durée totale du trajet Δt de l'onde sonore après réflexion sur la falaise ?

Corrigé :

$$v_{\text{son}} = \frac{d}{\Delta t} \text{ donc } \Delta t = \frac{d}{v_{\text{son}}} = \frac{160 \times 2}{340} = 0,941 \text{ s}$$

Le décalage entre l'émission du son vocal et sa réception de l'autre côté est donc perceptible.

Doc. 1 La guitare



▶ La corde vibre quand elle est pincée.

Doc. 2 Le saxophone

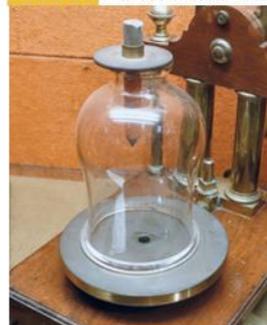


▶ L'anche (partie claire en bois) vibre grâce au flux d'air soufflé par le musicien. Le corps de l'instrument est la caisse de résonance.

Éviter les erreurs

- La vibration de l'objet qui crée le son n'est pas forcément visible à l'œil nu ; elle peut être microscopique et en général bien trop rapide pour l'œil.
- Ne pas confondre résonner (augmenter l'intensité sonore) et raisonner (réfléchir, penser).

Doc. 3 La cloche à vide



Dans le vide, le son ne peut se propager parce qu'il n'y a pas de matière. L'onde sonore ne peut exister.

Vocabulaire

- **Célérité** : vitesse de propagation d'une onde, à distinguer de la vitesse d'un corps matériel. En effet, pour une onde, il n'y a aucun déplacement de matière.

2 Des sons particuliers : les sons périodiques

A « Voir » un son

➤ À l'aide d'un microphone, on peut transformer un signal sonore en signal électrique. Ce signal converti est alors visualisable sur un oscilloscope ou sur un ordinateur, sous la forme d'un graphique (voir **doc. 4**).

Les tensions observées sont proportionnelles à l'intensité de l'onde sonore.

B Période et fréquence d'un son

➤ Le signal observé permet d'analyser ce son. On peut constater que ce signal est périodique sur une durée plus ou moins longue, c'est-à-dire qu'il se reproduit identique à lui-même (**doc. 5**) à un intervalle de temps régulier appelé période.

La période d'un signal périodique se lit sur un graphique qui représente le signal lorsque le temps est en abscisse.

C'est la durée du plus court « motif » qui se répète identique à lui-même. La période s'exprime en seconde (s).

La fréquence f du son représente le nombre de périodes de ce signal par seconde. Elle se calcule par $f = \frac{1}{T}$.

Elle s'exprime en hertz (Hz) si T est en seconde (s).

C Hauteur d'un son, timbre

➤ Un son de fréquence élevée donne un son aigu, une fréquence basse donne un son grave.

C'est la fréquence qui définit la **hauteur** d'un son.

En musique, des sons de même hauteur représentent la même note (par exemple un La₃ si la fréquence est de 440 Hz).

➤ Pourtant, même si deux instruments jouent la même note, ils sont différenciables et identifiables à l'oreille. Leur timbre est différent (**doc. 6**).

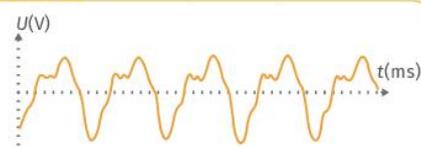
Le **timbre** d'un son (et par extension, le timbre d'un instrument de musique) est l'ensemble des caractéristiques du signal permettant de distinguer ce son d'un autre son de même hauteur.

Doc. 4 Un son en signal électrique



➤ Un son transformé en signal électrique et visualisé dans un logiciel de musique.

Doc. 5 Visualisation d'un son périodique

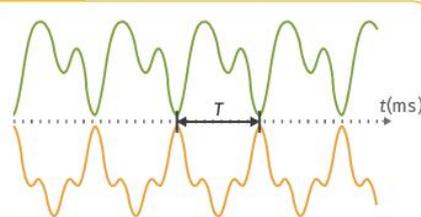


➤ Sur le logiciel Audacity, on distingue un « motif élémentaire » qui se répète.

Éviter les erreurs

➤ La période T est parfois exprimée en millisecondes (ms). Pour déterminer la fréquence f , il faut convertir la valeur de T en secondes (s) pour obtenir un résultat de la fréquence en hertz (Hz).

Doc. 6 Deux signaux sonores différents mais de même période



➤ Deux sons de sources différentes, avec la même période T mais une forme de signal différente : on dit que leur timbre est différent.

Doc. 7 Un trompettiste expérimenté



➤ Ibrahim Maalouf en concert, 2014.

3 Le son et l'oreille

A Le domaine des fréquences audibles

➤ L'oreille humaine ne perçoit que certaines fréquences sonores. Un son trop grave ou trop aigu ne sera pas entendu.

Le domaine de fréquences des sons audibles est compris entre 20 Hz et 20 kHz (**doc. 8**).

Ces valeurs peuvent varier d'un individu à l'autre et le domaine de fréquences audibles se réduit avec l'âge.

En deçà de 20 Hz, on se situe dans le domaine des **infrasons**.

Au-delà de 20 kHz, il s'agit d'**ultrasons**.

Remarque : Des sons de fréquences non audibles pour l'humain le sont pour certains animaux. Certains capteurs microphoniques particuliers sont adaptés pour capter ces fréquences inaudibles à notre oreille.

B Intensité et niveau sonores

➤ Un son est deux fois plus intense si la source sonore vibre avec une amplitude deux fois plus grande (**doc. 9**). Pourtant, il ne sera pas perçu deux fois plus fort par l'oreille.

L'oreille ne réagit donc pas proportionnellement à l'intensité I de l'onde sonore.

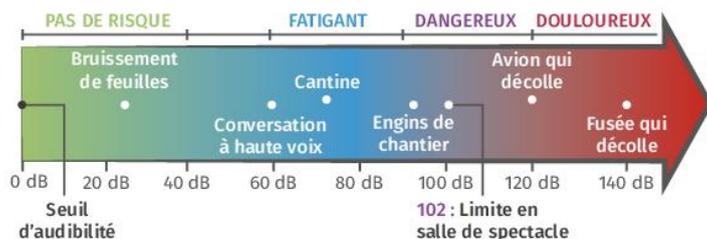
Pour modéliser cette réalité, on définit le **niveau d'intensité sonore L** , exprimé en décibel (dB), qui n'est pas proportionnel à l'amplitude. On peut mesurer le niveau d'intensité sonore grâce à un sonomètre (**doc. 10**).

C Perception des sons par l'oreille

➤ L'onde sonore peut représenter un danger pour l'oreille, si son niveau d'intensité sonore est trop élevé. Le niveau 0 dB est le niveau en dessous duquel une oreille moyenne ne détectera pas le son.

On définit une échelle de niveau sonore qui précise les conséquences de l'exposition de l'oreille à des sons de différentes intensités. Au-delà d'un certain niveau, la vibration peut endommager l'oreille irrémédiablement.

L'échelle de niveaux sonores



Doc. 8 Fréquences des sons perçus

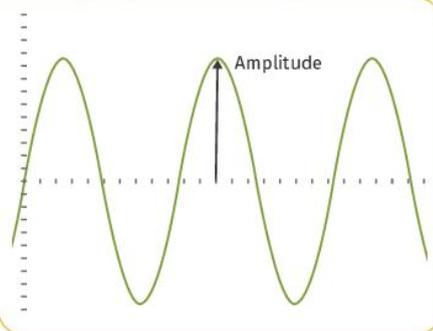


➤ Les infrasons, les ultrasons et les sons audibles par les humains.

Éviter les erreurs

➔ $20 \text{ kHz} = 20 \times 10^3 \text{ Hz} = 20\,000 \text{ Hz}$.

Doc. 9 Amplitude d'un signal



Éviter les erreurs

- ➔ La hauteur du signal électrique sur le graphique s'appelle l'amplitude du signal.
- ➔ La hauteur d'un son (son grave ou aigu) dépend de la période ou de la fréquence du signal associé. Cette notion ne doit surtout pas être confondue avec l'amplitude !

Pas de malentendu

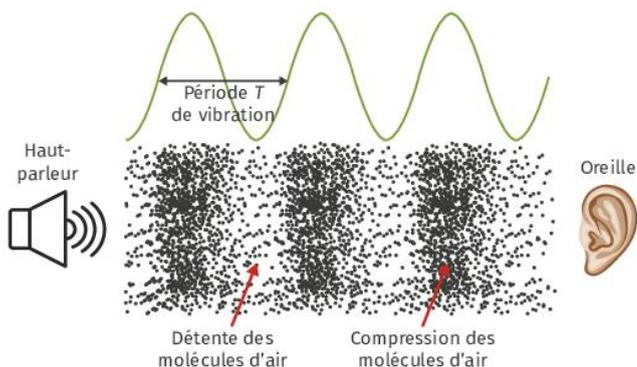
- ➔ Si une source sonore est deux fois plus intense, l'intensité est doublée mais le niveau d'intensité sonore perçu augmente de seulement 3 dB, il n'est pas doublé. L'oreille ne perçoit pas un son « deux fois plus fort » mais « un petit peu plus fort ».

Doc. 10 Un sonomètre



➤ Outil servant à mesurer le niveau sonore.

Les sons et leur propagation

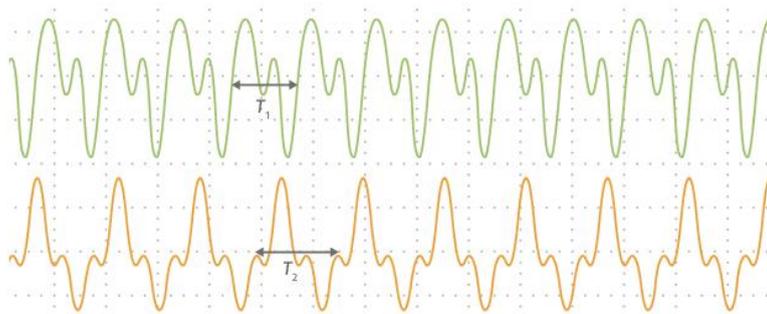


Un signal sonore résulte de la mise en vibration des molécules ou des atomes d'un milieu de propagation.

Un son ne peut donc exister que dans un milieu matériel. Dans ce milieu, il n'y a pas de déplacement de matière et la vitesse de propagation du son dépend de ce milieu.

Dans l'air, cette vitesse est de 340 m/s à 20 °C.

Caractéristiques d'un signal sonore



Ces graphiques représentent deux signaux sonores de périodes T_1 et T_2 distinctes et de timbres différents. Le temps est en abscisse.

La période T : la plus petite durée (en secondes) pour laquelle le signal se reproduit identique à lui-même.

La fréquence f : $f = \frac{1}{T}$ exprimée en hertz (Hz) et T en secondes (s).

Le timbre : il s'agit de la forme du signal périodique. Il est caractéristique de la source sonore émettrice (piano, violon, etc.).

Le son et l'oreille

Un son ne sera entendu par l'oreille humaine que si :

- son niveau d'intensité sonore (en dB) est suffisant, mais sans dépasser certaines valeurs dommageables pour l'oreille ;
- sa fréquence doit se trouver dans le domaine de sensibilité de l'oreille.

Remarque : Plus la fréquence d'un son est élevée, plus le son est haut, c'est-à-dire plus il est aigu.

$$20 \text{ Hz} < f_{\text{audible}} < 20 \text{ kHz}$$

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser un schéma afin de reprendre les principales notions du chapitre ! LLS.fr/PC2P260

1 Création et propagation du son

	A	B	C
1. Un son (ou un signal sonore) est créé :	quand un objet se met à vibrer dans un milieu matériel.	uniquement s'il y a une caisse de résonance.	que si on l'entend.
2. Quand un son se propage :	l'objet qui l'a créé accompagne le son jusqu'à l'oreille.	les molécules ou les atomes du milieu ne se déplacent pas.	les molécules ou les atomes du milieu se déplacent.

2 Des sons périodiques

1. Un son périodique est un son :	qui se répète toutes les semaines ou tous les mois.	dont l'origine est une vibration elle-même périodique.	dont l'intensité ne change pas au cours du temps.
2. La hauteur d'un son :	est liée à l'intensité de ce son.	est l'altitude du lieu où est créé ce son.	est liée à la fréquence de ce son.
3. La période est :	proportionnelle à la fréquence.	inversement proportionnelle à la fréquence.	sans aucun rapport avec la fréquence.

3 Les sons et l'oreille

1. Un microphone :	permet de transformer un son en signal électrique.	permet d'augmenter la hauteur d'un son.	permet d'augmenter la fréquence d'un son.
2. Quand l'intensité sonore double, le niveau sonore associé :	augmente de 3 dB.	double.	diminue de moitié.
3. Le domaine de fréquences des sons audibles par l'Homme s'étend de :	0 à 20 Hz.	20 Hz à 20 000 Hz.	20 Hz à 20 000 000 Hz.

Numérique 

Connectez-vous sur livrescolaire.fr pour retrouver les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P261

4 Questions Jeopardy 

- ♦ Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :
 - Dans un milieu matériel élastique mais pas dans le vide.
 - Cela est possible grâce au timbre différent pour les deux sons émis.

(Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 348)

□ Décrire le phénomène de propagation d'un son

11

30

□ Déterminer ou exploiter la vitesse d'un signal sonore

[DIFF]

□ Déterminer la période et la fréquence d'un son

13

□ Définir les termes hauteur, intensité sonore et niveau sonore

14

20

□ Exploiter une échelle de niveaux sonores

22

Pour s'échauffer

5 Fréquence

Un son périodique a pour fréquence 120 Hz.

- Calculer sa période.

6 La mouche

- Calculer la fréquence d'un battement d'ailes de mouche commune dont la période est :

$$T = 1,7 \times 10^{-3} \text{ s.}$$



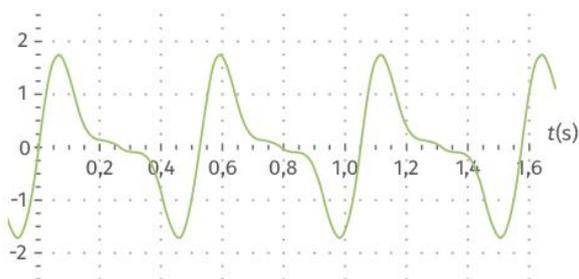
7 Vitesse de propagation

La durée nécessaire pour qu'un son parcoure la distance $d = 140 \text{ m}$ est $\Delta t = 0,42 \text{ s}$ dans l'air.

- Calculer sa célérité en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

8 Lecture de période

- Déterminer, avec précision, la période du signal sonore modélisé ci-dessous. Calculer sa fréquence.



9 Distance parcourue

Le son d'une balle de tennis frappée se déplace à la vitesse $v = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

- À quelle distance de notre oreille a-t-elle été frappée si le son nous arrive $\Delta t = 0,12 \text{ s}$ après le choc ?

Pour commencer

Les sons et leur propagation

10 Comparaison de durées de propagation

✓ MOD : Les propriétés des ondes : vitesse de propagation

On lance un caillou dans l'eau d'un lac. Le son du choc se propage dans l'eau, mais aussi dans l'air.



- Calculer la durée mise par l'onde sonore pour atteindre la rive opposée située à $d = 154 \text{ m}$ dans chacun des deux milieux.

Données

- Célérité du son dans l'air : $v_{\text{air}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- Célérité du son dans l'eau : $v_{\text{eau}} = 1500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

11 Accordeur « bout de manche » en milieu bruyant

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours (fiche de vocabulaire)

Pour accorder sa guitare sur scène sans gêner les autres

et sans être gêné par le bruit environnant, on peut utiliser un accordeur simplement pincé sur la tête de l'instrument. Le modèle présenté n'a pas de micro.



1. Expliquer pourquoi le bruit ambiant empêcherait l'accordage si l'appareil était muni d'un micro.
2. L'appareil comporte un capteur à l'intérieur de la pince. Comment peut-il capter le son généré par la guitare ?

12 Le moustique

✓ MOD : Les propriétés des ondes : la fréquence

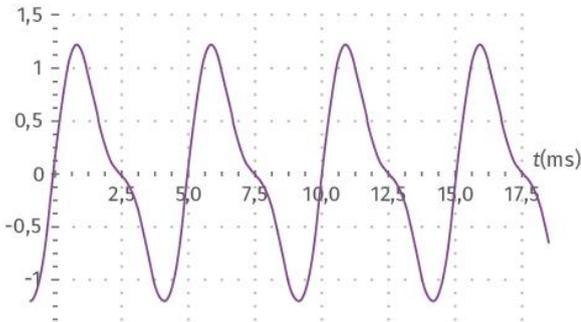
Les ailes d'un moustique battent environ 720 fois par seconde.

1. Quel est le domaine de fréquences des sons audibles ?
2. Déterminer la fréquence du son perçu et en déduire si ce son est audible.

13 Enregistrement d'un son

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes : fréquence

On enregistre un son musical à l'aide d'un microphone relié à un ordinateur. On obtient le signal suivant sur l'écran :



Tension électrique enregistrée en fonction du temps

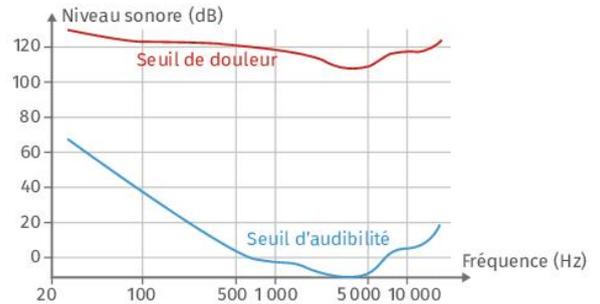
1. Justifier que le son est périodique.
2. Déterminer la période du signal.
3. En déduire la fréquence du son.

14 Sensibilité de l'oreille humaine

✓ APP : Faire un brouillon comprenant schéma, données et notions. Extraire l'info utile sur un schéma

Lorsque l'oreille est soumise à un son, elle transforme l'onde en signal nerveux qui est analysé par le cerveau.

1. Quel est le seuil d'audibilité à 1000 Hz ?
2. L'oreille est-elle plus sensible aux sons graves ou aux sons aigus ?



Évolution du seuil de douleur et du seuil d'audibilité en fonction de la fréquence de l'onde sonore

Une notion, trois exercices

DIFFÉRENCIATION

□ Savoir-faire : Déterminer ou exploiter la vitesse d'un signal sonore

15 Le pétard

✓ MOD : Les propriétés des ondes : vitesse de propagation

Le 14 juillet à la nuit tombante, on observe depuis un ponton sur le lac un pétard qui explose sur la rive opposée. La carte de randonnée mentionne que les deux endroits sont distants de $d_{\text{lac}} = 480$ m. On mesure une durée $\Delta t = 1,4$ s entre la lueur de l'explosion et la perception du son de l'éclatement.

1. Rappeler la relation qui lie la célérité de la lumière v_{lum} , sa durée de propagation Δt et la distance d_{lac} .
2. En déduire la durée Δt mise par la lumière pour traverser le lac jusqu'à notre œil.
3. Justifier que l'on peut considérer avoir vu l'explosion instantanément.
4. Que représente alors aussi Δt ?
5. Pourquoi peut-on écrire $v_{\text{son}} = \frac{d_{\text{lac}}}{\Delta t}$?
6. Calculer v_{son} . Le résultat est-il cohérent avec la valeur du cours ?

16 Le poteau, la masse et le champ

✓ MOD : Les propriétés des ondes : vitesse de propagation

Le père de Léo plante des poteaux au bout de son champ pour préparer un enclos. Léo, à l'autre extrémité du terrain, constate qu'il entend le choc de la masse sur le poteau alors que la masse est déjà remontée.

Il mesure $\Delta t = 0,5$ s entre l'instant du choc et l'instant où il perçoit le son.

1. Pourquoi observe-t-il un décalage entre le son perçu et l'image visible du choc ?
2. Exprimer v_{son} en fonction de Δt et L , la longueur du terrain.
3. Calculer L .

17 Où est tombée la foudre ?

✓ MOD : Les propriétés des ondes : vitesse de propagation

On voit un éclair lors d'un orage, et le tonnerre se fait entendre 2,3 s après. On désire estimer à quelle distance se trouve l'impact de la foudre.



1. Donner les étapes du raisonnement en justifiant les approximations faites.
2. Calculer la distance de l'impact.

Données

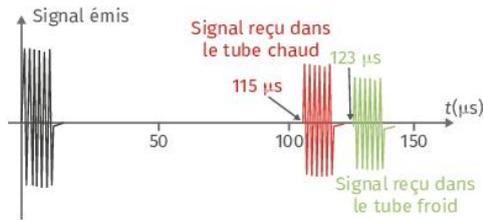
- Célérité de la lumière dans l'air : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- Célérité du son dans l'air à 20 °C : $v_{\text{son}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Influence de la température sur la vitesse du son dans l'air

Énoncé

On place deux émetteurs/récepteurs d'ultrasons aux extrémités de deux tubes identiques, de longueur $L = 4,0 \text{ cm}$ qui contiennent de l'air. Le premier tube est maintenu à $\theta = +30 \text{ °C}$ et le second à $\theta = -10 \text{ °C}$ grâce à un système d'isolation thermostaté.

On envoie simultanément une salve d'ultrasons dans chaque tube. Les émetteurs et récepteurs sont reliés à un ordinateur qui enregistre les signaux émis et reçus à l'autre extrémité. On obtient le graphique suivant :



1. Que représentent les grandeurs en abscisse et en ordonnée ?
2. Pourquoi les courbes qui modélisent les salves sur l'écran sont-elles décalées sur l'axe des abscisses ?
3. Donner la durée de parcours des ultrasons dans chaque cas.
4. Exprimer et calculer la vitesse du son pour chaque cas. Conclure.

Solution rédigée

1. En abscisse, se trouve le temps ; en ordonnée, l'amplitude des sons, liée à leur intensité.
2. Le décalage est dû aux écarts de vitesses de propagation.
3. On lit $\Delta t_1 = 115 \mu\text{s}$ pour le tube 1 et $\Delta t_2 = 123 \mu\text{s}$ pour le tube 2.
4. $v_{US} = \frac{L}{\Delta t}$ ce qui donne $v_{US1} = \frac{L}{\Delta t_1} = \frac{4,0 \times 10^{-2}}{115 \times 10^{-6}} = 3,5 \times 10^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $v_{US2} = \frac{L}{\Delta t_2} = \frac{4,0 \times 10^{-2}}{123 \times 10^{-6}} = 3,3 \times 10^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
La vitesse du son dans l'air dépend bien de la température.

DONNÉES

- Une salve d'ultrasons est une succession d'ondes ultrasonores émise pendant une certaine durée, formant un « paquet » d'ultrasons. Entre deux salves rien n'est émis.
- **Célérité du son :**
dans l'air à 20 °C : $v_{\text{air}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
dans l'acier : $v_{\text{acier}} = 5800 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Bien observer le montage pour comprendre son principe. Qu'est-ce qui est fait ? Que mesure-t-on ?
2. Analyser les données affichées sur l'axe du graphique.
3. Il n'est pas demandé de calculer, les informations peuvent se trouver sur le graphique.
4. La vitesse des sons dépend de quelles grandeurs ? Sont-elles disponibles dans l'énoncé ?

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Il faut être précis sur le vocabulaire. On compare le début de l'émission avec le début de la réception.
3. Attention de bien préciser l'unité.
4. « Exprimer » signifie qu'il faut donner l'expression littérale. Attention aux unités et aux chiffres significatifs. Mettre la longueur en m et le temps en s.

18 Mise en application

Lors de travaux, on donne un coup de marteau sur une extrémité d'un rail en acier de $d = 20 \text{ m}$.

- Calculer la durée nécessaire au son pour atteindre l'autre extrémité du rail, dans l'air puis dans le rail.

Pour s'entraîner

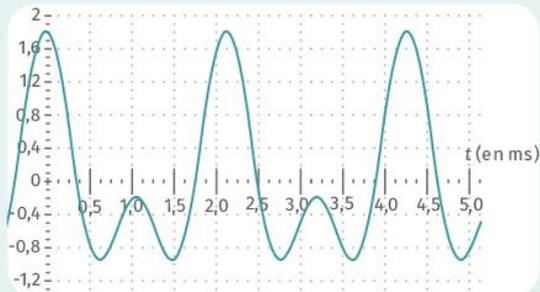
Comprendre les attendus

19 Accordage d'une guitare

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes : fréquence



Maëlle veut accorder la guitare de manière à ce qu'elle joue des sons de même hauteur que les autres instruments. Elle joue un La3 qui devrait être à 440 Hz. L'enregistrement du son donne la courbe suivante.



1. La guitare est-elle bien accordée ?
2. Tendre la corde donne un son plus aigu. Ici, doit-on la tendre ou la détendre ? Justifier.
3. Quelle est l'utilité de la caisse de résonance en bois de la guitare ?
4. Quel(s) paramètre(s) du son perçu est / sont modifié(s) par la caisse de résonance : son intensité, sa fréquence, sa période ? Justifier.
5. Dans le cas d'une *silent guitar*, par quoi la caisse de résonance est-elle remplacée ? Quel est son intérêt ?

Détails du barème

TOTAL/7 pts

- | | |
|--|------|
| 1. Mesurer précisément la période. | 1 pt |
| Calculer la fréquence. | 1 pt |
| 2. Comparer les fréquences et analyser pertinemment la modification à apporter sur la corde. | 2 pt |
| 3. Répondre en utilisant le mot-clé attendu, faire une phrase de réponse complète. | 1 pt |
| 4. Bien justifier la réponse. | 1 pt |
| 5. Répondre en utilisant le mot-clé attendu, faire une phrase de réponse complète. | 1 pt |

20 Le son en QCM

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours (fiche de vocabulaire)

1. La vitesse du son dans l'air est :
 - a. $3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - b. $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - c. $340 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
2. Le son se déplace plus vite :
 - a. dans l'air.
 - b. dans l'eau.
 - c. dans le vide.
3. Un son de fréquence 42 kHz est :
 - a. grave.
 - b. aigu.
 - c. inaudible.
4. La fréquence d'un son est liée :
 - a. au timbre.
 - b. à la hauteur.
 - c. à l'amplitude.
5. Les infrasons sont des sons dont la fréquence est :
 - a. supérieure à 20 kHz.
 - b. inférieure à 20 Hz.
 - c. trop grande pour être mesurée.
6. Un son de période $T = 10^{-4} \text{ s}$ a une fréquence de :
 - a. 10 000 Hz.
 - b. 10 000 kHz.
 - c. 1000 Hz.
7. Le son de l'explosion d'un feu d'artifice nous parvient :
 - a. après l'explosion.
 - b. avant l'explosion.
 - c. en même temps que l'explosion.
8. Le niveau d'intensité sonore se mesure en :
 - a. dB.
 - b. ampère.
 - c. watt.

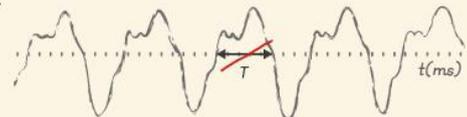
21 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

1. La période du signal est de 12 ms. On en déduit la fréquence f : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12} \text{ Hz} = 0,83 \text{ Hz}$.

2. Une onde sonore se propage dans l'air grâce au déplacement dans l'espace des molécules qui composent cet air.

3.



4. Les infrasons ne peuvent être entendus que si on utilise une caisse de résonance car leurs fréquences sont trop basses.

Numérique

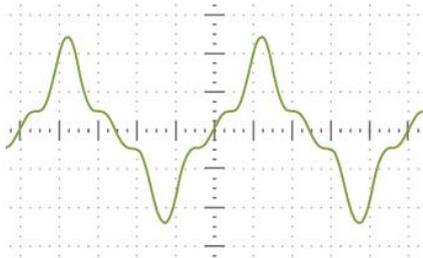
Retrouvez plus d'exercices sur [LLS.fr/PC2P265](https://lls.fr/PC2P265).

22 Le laboratoire

✓ MOD : Les propriétés des ondes : fréquence

Un laboratoire de tirage photo est équipé de deux machines de traitement identiques. On met en marche la première ; le sonomètre indique un niveau sonore $L_1 = 58$ dB.

1. Ce niveau sonore est-il supportable par les personnes qui travaillent dans le laboratoire ? Justifier à l'aide de l'échelle de niveaux sonores p. 259.
2. On met la deuxième machine en route. Quel sera le nouveau niveau sonore ? → **Pas de malentendu** p. 259
3. Cela change-t-il les conditions de travail des employés ?
4. Le son généré par le moteur d'une troisième machine, différente, est analysé avec un micro et un oscilloscope. L'oscillogramme est donné ci-dessous. En absence, une graduation épaisse équivaut à $5 \mu\text{s}$.



- a. Calculer la fréquence du signal.
- b. Doit-on le prendre en compte pour gérer la santé des travailleurs du laboratoire ? Justifier.

23 Création d'un son avec un haut-parleur

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours (fiche de vocabulaire)

Un générateur basses fréquences (GBF) est branché sur un haut-parleur pour créer un son « sinusoïdal ».



1. À la mise en marche, alors que l'appareil est réglé sur 5000 mHz, aucun son ne semble sortir du haut-parleur, pourtant on le voit vibrer. Pourquoi ?
2. On règle la fréquence sur 200 Hz. Un son est entendu mais on ne voit plus vibrer la membrane. Comment l'expliquer ?
3. On tourne le bouton de fréquence jusqu'à 12000 Hz. Comment évolue la perception du son ? Justifier.

24 Enceintes et retard de ligne

✓ MOD : Les propriétés des ondes : vitesse de propagation

Pour sonoriser un spectacle de grande ampleur, on utilise une ligne à retard. Avec ce dispositif électronique, les différentes enceintes de rappel, placées au milieu du public loin de la scène, restituent le son de la scène avec un léger décalage temporel par rapport aux enceintes de façade placées, elles, sur la scène. Ce décalage dépend de l'endroit où elles se trouvent. Ainsi le son provenant d'enceintes plus proches du spectateur sera produit légèrement plus tard que celles qui en sont éloignées.

► Concert au stade de Wembley, Londres



Les enceintes au premier plan restituent le son en décalage avec celles qui sont en bord de scène.

Dans un stade de football rectangulaire, de longueur $L = 170$ m, la scène se trouve à une extrémité, avec des enceintes sur ses bords. Deux enceintes de rappel se trouvent à mi-distance pour relayer le son jusqu'à l'autre extrémité.

1. Faire un schéma de la situation.
2. Quelles enceintes doivent générer le son en premier ?
3. Calculer le retard (en ms) que l'ingénieur doit programmer pour qu'une personne à l'autre bout du stade entende les sons des quatre enceintes de manière synchronisée et sans décalage.

Donnée

• Célérité du son dans l'air : $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

25 Signal sonore et spectre auditif

✓ MATH : Pratiquer un calcul numérique

On enregistre trois signaux sonores dont les périodes mesurées sont données ci-dessous :

$T_1 = 0,16$ s ; $T_2 = 1,8 \times 10^{-2}$ ms ; $T_3 = 0,24$ ms.

- Indiquer parmi ces signaux ceux correspondant à un son audible pour un humain. Dans le cas contraire, préciser à quel domaine des ondes sonores ils correspondent.

Pour aller plus loin

26 Utilisation des ondes acoustiques pour contrôler la qualité des huiles alimentaires

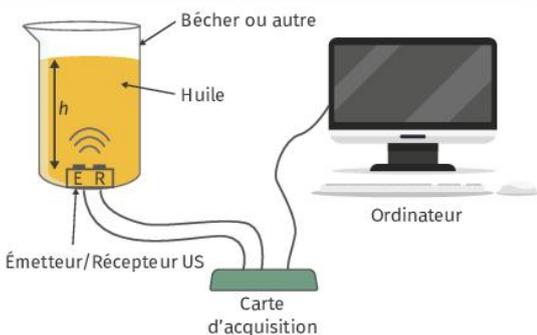
✓ VAL : Précision, incertitudes et chiffres significatifs

L'huile d'argan et l'huile d'olive sont très réputées pour leurs bienfaits sur la santé (teneur en vitamines et acides gras bénéfiques). La demande importante sur ces produits naturels entraîne un risque de tromperie sur la marchandise, des producteurs peu scrupuleux pouvant les mélanger à des huiles moins nobles (appelées standards par la suite) pour générer davantage de profits. Le contrôle de la qualité est basé sur la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans les huiles. Cette vitesse varie selon la proportion d'huile standard ajoutée. Les tests sur des mélanges de laboratoire ont donné les résultats du **doc. 2**.

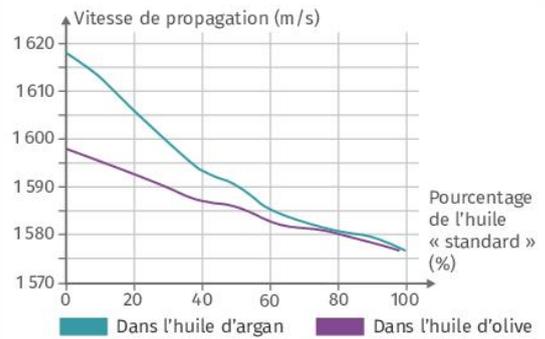
La mesure se fait selon le principe de l'échographie : les ultrasons sont totalement renvoyés par la surface du liquide (voir **doc. 1**). On dit qu'il y a réflexion totale de l'onde ultrasonore : au lieu de changer de milieu et de passer dans l'air, les sons sont renvoyés là d'où ils viennent. Ils parcourent alors deux fois la distance entre le transducteur et la surface : dans un sens puis dans l'autre.

1. À quoi sert le transducteur du protocole expérimental ?
2. On effectue le protocole de vérification de pureté pour un échantillon d'huile d'olive appelée « A ». La mesure de la durée d'aller/retour des ultrasons dans l'huile A donne $t = 126 \mu\text{s}$.
 - a. Indiquer la relation entre la vitesse v_{US} des ultrasons dans cette huile, la hauteur $h = 10,0 \text{ cm}$ et la mesure Δt .
 - b. Calculer la célérité v_{US} des ultrasons.
 - c. Utiliser le **doc. 1** pour conclure sur le test : l'huile A est-elle pure ? Justifier.
- d. Quels peuvent être les intérêts d'un tel protocole de test par rapport à une analyse chimique des constituants ?

Doc. 1 Schéma du protocole expérimental



Doc. 2 Courbe d'étalonnage de v_{son} pour différentes huiles



Vitesse de propagation des ondes sonores en fonction du pourcentage d'huile « standard » ajoutée pour l'huile d'argan et l'huile d'olive.

D'après les travaux de N. Aouzale, A. Chitnah et H. Jakjoud.

27 La première mesure de la vitesse du son

✓ MOD : Les propriétés des ondes : fréquence / longueur d'onde / vitesse de propagation

Daniel Colladon, physicien suisse, est le premier à avoir mesuré la vitesse du son dans l'eau. C'était en 1826 à Genève, dans le lac Léman.



Le lac Léman, entre la France et la Suisse.

L'un de ses assistants, situé dans une barque à précisément 13887 m de lui, actionne un long manche de marteau qui vient taper sur une cloche située sous l'eau. Un dispositif met au même instant le feu à une décharge de poudre, provoquant alors un signal lumineux. Lorsqu'il perçoit le signal lumineux, le physicien, qui est lui aussi sur une barque, déclenche un chronomètre. Il le stoppe quand il perçoit le son de la cloche à l'aide d'un cornet acoustique placé sous l'eau.

La moyenne des expérimentations a donné un temps de propagation de 9 secondes 1 dixième.

1. Calculer la vitesse du son dans l'eau obtenue par Colladon sur la base de ses mesures.
2. Sur quelle approximation est basé le déclenchement du chronomètre à la vue du signal lumineux de l'explosion ?
3. L'explosion devait se produire au moins 15 m au-dessus du niveau du lac, sinon elle n'était pas vue. Quelle justification peut-on donner à cette contrainte expérimentale ?

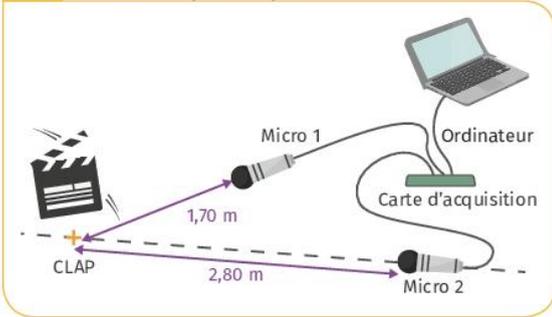
28 Une mesure de la célérité du son

✓ APP : Extraire l'information utile de divers documents

Un « clap » rapide et fort est à l'origine d'un son qui déclenche l'acquisition informatique du signal lorsque l'onde arrive au micro 1. Le micro 2 est connecté à l'ordinateur lui aussi.

1. Utiliser les documents et les données pour trouver la valeur expérimentale de la célérité du son dans l'air.
2. Louann : « On devrait trouver 340 m/s normalement. C'est parce qu'on n'a pas aligné les deux micros avec la source sonore. » Sa raison est-elle valable ? Si oui, justifier et sinon, comment expliquer la différence ?

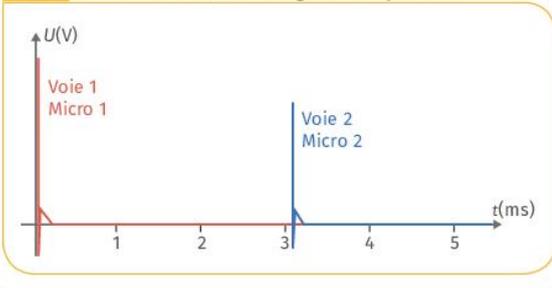
Doc. 1 Schéma du dispositif expérimental



Doc. 2 La propagation des ondes sonores

L'onde sonore créée par une source est une onde sphérique : le son se propage dans toutes les directions autour de la source, suivant une sphère dont le rayon augmente au fur et à mesure de la propagation.

Doc. 3 Courbe obtenue avec le logiciel d'acquisition



29 Le mur du son

✓ APP : Extraire l'information utile

Thrust SSC est un véhicule terrestre sur roues.



Il détient le record absolu de vitesse au sol avec une vitesse moyenne de 763,035 mph sur une distance d'un mile, réalisée le 15 octobre 1997.

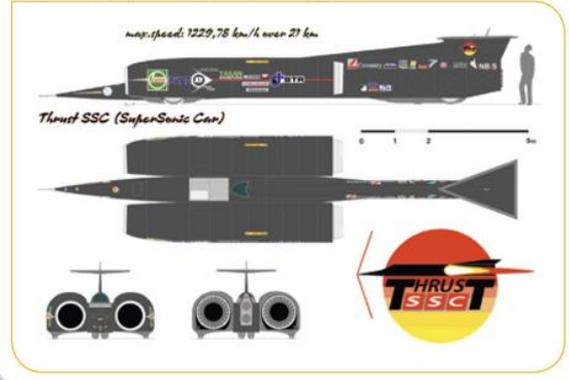
Le « mur du son » est une expression qui traduit l'effet de vibration ressenti par les pilotes d'avion lorsque leur avion a pour la première fois dépassé la vitesse du son. Ce dépassement est classique pour un avion de chasse.

1. Thrust SSC a-t-il dépassé le mur du son, si on estime que ce jour-là la vitesse du son était de $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$?
2. Un avion de ligne vole au même moment à la vitesse de $800 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ à 10 km d'altitude où la température de l'air est $\theta = -50 \text{ }^\circ\text{C}$. A-t-il, de son côté, franchi le mur du son ?

Données

- mph : miles per hour (miles par heure) ;
- 1 mile = 1,609 km ;
- $v_{\text{son}}(0 \text{ }^\circ\text{C}) = 330 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $v_{\text{son}}(\theta) = v_{\text{son}}(0 \text{ }^\circ\text{C}) \cdot \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}}$ en première approximation (θ en $^\circ\text{C}$).

■ Schéma de présentation de Thrust SSC



Retour sur l'ouverture du chapitre (Déconstruire les idées fausses)

30 Conditions de propagation d'une onde sonore

✓ APP : Faire un brouillon comprenant schéma, données et notions

1. Après avoir rappelé la définition d'une onde sonore, expliquer pour quelle raison un son ne peut se propager dans le vide.
2. Détailler une expérience réalisable au laboratoire et permettant de confirmer cette affirmation.
3. Lors d'une bataille spatiale, dans quels cas l'impact d'un missile pourrait-il être entendu ?



ARDUINO : activité numérique

A Créer une note de musique avec un microcontrôleur Arduino ?

Principe

Dans un haut-parleur, la tension électrique appliquée permet de déplacer la membrane. Si la valeur de cette tension change rapidement, la membrane va se déplacer rapidement. Si la fréquence de déplacement est assez élevée, la vibration de la membrane ainsi créée produit un son audible.

La note La3 correspond à une vibration de 440 Hz, soit 440 allers-retours par seconde, ou un aller-retour toutes les 2,272 ms.

En envoyant au haut-parleur alternativement une tension positive, puis une tension nulle à cette fréquence, on peut émettre la note La3.

Question

- Quelles doivent être les durées pendant lesquelles la tension envoyée est positive ? est nulle ?

Pour entendre le son créé, on branche un haut-parleur ou un casque en série avec une résistance de 120 Ω entre les bornes n°4 et GND de l'Arduino.

B Programmation

Principe

Créer un programme pour avoir alternativement une tension sur une broche d'un microcontrôleur pendant la durée calculée précédemment (état haut, ou HIGH), puis une tension nulle pendant la même durée (état bas, ou LOW).

Code à implémenter

```
int sortie=2; // on définit une variable qui contient le numéro du port utilisé
int duree = 0; // on définit une autre variable pour choisir la durée pendant laquelle le son est émis
int temps=1136;

void setup() {
// on indique à Arduino que la borne 'sortie' enverra une tension:
pinMode(sortie, OUTPUT);
}

void loop() {
while(duree<500){ // le cycle s'effectue jusqu'à ce que la variable duree atteigne la valeur 500
digitalWrite(sortie, LOW);
delayMicroseconds(temps);
digitalWrite(sortie, HIGH);
delayMicroseconds(temps);
duree++;
}
duree = 0;
}
```



Télécharger le code Arduino permettant de jouer une note. [LLS.fr/PC2P269](https://lls.fr/PC2P269)

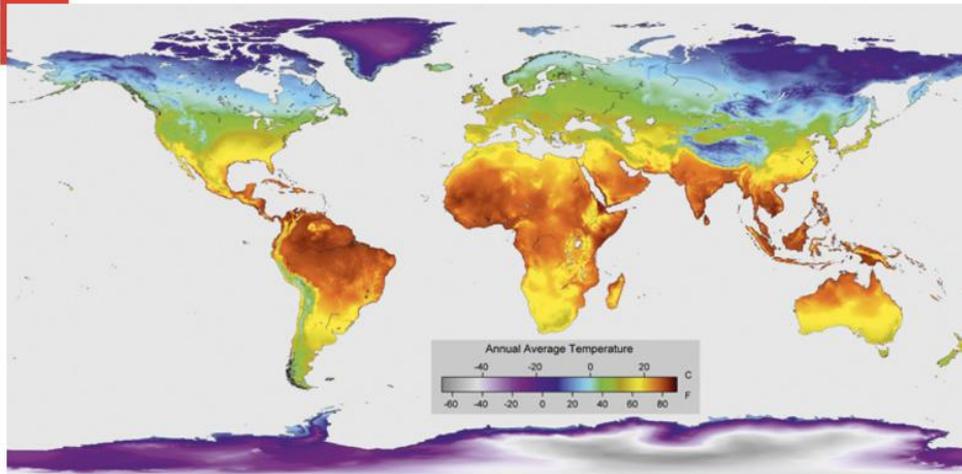
C Prolongements

Les prolongements possibles sont nombreux :

- la fréquence de la note Si3 est de 494 Hz. Modifier le programme précédent pour que la note produite par Arduino soit un Si3. Même question avec
- la note Sol3, dont la fréquence est de 392 Hz ;
- modifier le programme pour qu'il joue les trois notes successivement pendant une seconde, avec un silence de une seconde entre chaque note.

Analyse spectrale des ondes lumineuses

DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES



Les météorologistes associent très fréquemment les zones de température élevée à la couleur rouge. À l'inverse, les zones de température faible sont représentées en bleu, voire en violet.

➤ Cette association de couleur repose-t-elle sur un phénomène physique ?

→ voir l'exercice 30, p. 284

Travailler

autrement

JEU
SÉRIEUX

Connectez-vous sur
lelivrescolaire.fr pour plonger
en immersion dans une énigme
scientifique et résoudre
le mystère du Rio Loco !

[LLS.fr/PC2TPinteractif](https://lls.fr/PC2TPinteractif)

Voir p. 285





→ La nature des lumières émises par les étoiles change-t-elle selon l'astre considéré ?

→ voir l'activité expérimentale 3, p. 274

À maîtriser pour commencer

- › Connaître des sources de lumière
- › Connaître les propriétés de la propagation de la lumière

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz ! LLS.fr/PC2P271

Objectifs du chapitre

- ☐ Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées
- ☐ Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud
- ☐ Caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air
- ☐ Exploiter un spectre de raies

1 La température des étoiles

Tous les corps chauds émettent de la lumière visible lorsqu'ils atteignent une température de surface suffisamment importante. Les étoiles en sont un parfait exemple : certaines apparaissent rouges, d'autres jaunes, voire bleues.

→ **Comment la température d'un corps chaud est-elle mesurée à partir de la lumière qu'il émet ?**

Par intuition

La naine rouge Proxima du Centaure est-elle l'une des étoiles les plus chaudes de l'Univers ?

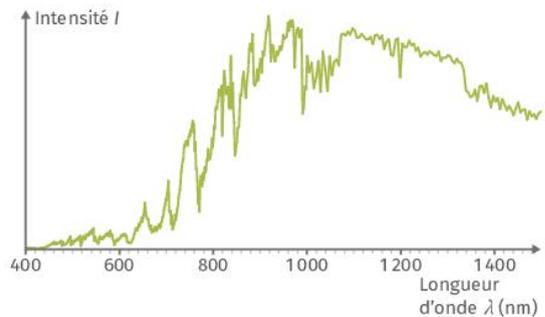
Doc. 1 Proxima du Centaure et les autres étoiles

Proxima du Centaure est une étoile située à 4,23 années-lumière de notre système solaire. Il s'agit d'une étoile de petite taille comparée à celle du Soleil et elle apparaît rouge.

Les étoiles sont souvent classées suivant un critère : la température de leur surface. Celle-ci peut s'élever de 3000 K pour les étoiles les plus froides jusqu'à 30000 K pour les plus chaudes.

Le kelvin, noté K, est une unité de température utilisée en sciences telle que $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$.

Doc. 2 La lumière de Proxima du Centaure



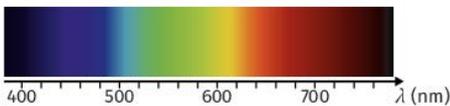
► Profil en intensité lumineuse relative émise par Proxima du Centaure.

Doc. 3 L'année-lumière

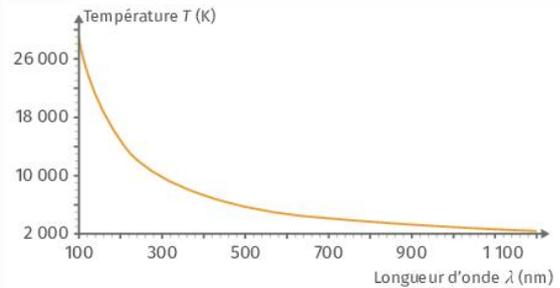
L'année-lumière est une unité de longueur correspondant à la distance parcourue par la lumière à la vitesse de $3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en 365,25 j.

Doc. 4 Le domaine du visible et ses limites

La lumière est une onde électromagnétique. L'œil humain est capable de percevoir des rayons lumineux dont la longueur d'onde est comprise entre 400 nm et 800 nm.



Doc. 5 Température de surface d'un corps chaud



► Évolution de la température de surface d'un corps chaud en fonction de sa longueur d'onde du maximum d'intensité émise.

Compétence

✓ APP : Extraire l'info utile sur des supports variés

- 1. Doc. 1 et 3** Déterminer la distance en mètres entre Proxima du Centaure et le Soleil.
- 2. Doc. 2** Estimer par lecture graphique la valeur de la longueur d'onde λ_{max} pour laquelle l'intensité lumineuse émise par Proxima est la plus élevée.
- 3. Doc. 4** La longueur d'onde λ_{max} est-elle associée à une couleur du domaine du visible ?
- 4. Doc. 5** Proxima fait-elle partie des étoiles les plus chaudes de l'Univers ? Justifier.

Synthèse de l'activité

Expliquer la méthodologie employée par les astronomes pour déterminer la température de surface d'une étoile.

2 Le spectre du Soleil 60'

À quelques 150 000 000 km de nous, le Soleil nous paraît inaccessible. Pourtant, il nous envoie des informations sur sa composition à chaque seconde.

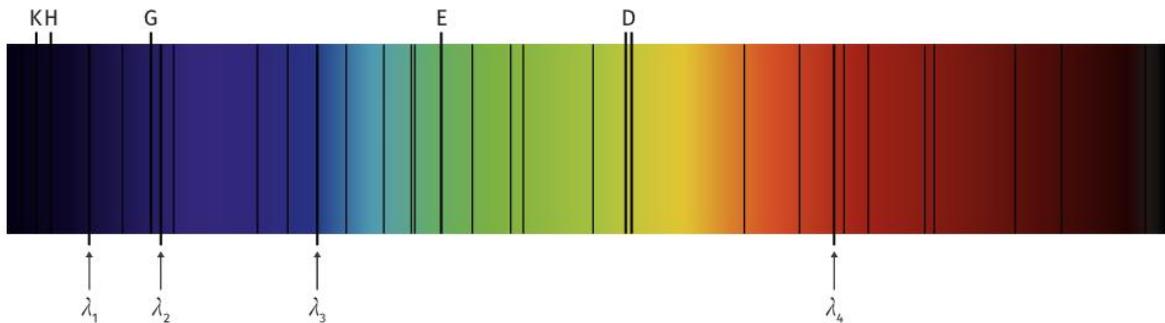
→ **Comment déterminer la nature des entités chimiques présentes dans l'atmosphère du Soleil ?**

Par intuition

L'atmosphère d'une étoile est-elle composée des mêmes gaz présents dans l'atmosphère de la Terre ?

Doc. 1 Le spectre de Fraunhofer

Le spectre du Soleil est appelé spectre de Fraunhofer en hommage à Joseph von Fraunhofer (1787-1826) qui en a étudié les caractéristiques. Celui-ci présente un fond coloré correspondant à l'émission de lumière par un corps chaud, ponctué des raies noires dues à l'absorption de certaines radiations lumineuses par des entités chimiques présentes dans l'atmosphère du Soleil.



Doc. 2 Les raies de l'hydrogène

Certaines raies d'absorption du Soleil sont dues à la présence d'atomes d'hydrogène dans l'atmosphère du Soleil. Ces raies caractéristiques ont pour longueur d'onde :

$\lambda_1 = 410,2 \text{ nm}$; $\lambda_2 = 434,0 \text{ nm}$; $\lambda_3 = 486,1 \text{ nm}$ et $\lambda_4 = 656,3 \text{ nm}$.

Données

Entités chimiques	Longueurs d'onde de raies caractéristiques (en nanomètre)				
He	388,9	447,1	586,5	706,5	
Fe	430,8	440,3	527,0	532,6	649,5
Li	497,1	610,3	670,8		
Na	516,2	562,1	589,0	589,6	
Ca	458,1	526,3	560,1	616,3	
Ca ⁺	393,4	396,8	501,4	530,7	545,8

Compétences

- ✓ APP : Extraire l'info utile sur des supports variés
- ✓ COM : Rédiger un compte rendu avec un vocabulaire rigoureux

1. **Doc. 1 et 2** Mesurer pour chaque longueur d'onde λ_n la distance, notée x_n , entre le bord gauche du spectre de Fraunhofer et les raies d'absorption de l'atome d'hydrogène et représenter graphiquement l'évolution de λ en fonction de x .
2. Modéliser la courbe par un modèle affine $\lambda(x) = a \cdot x + b$, avec a et b à déterminer.
3. **Doc. 1** À l'aide de la relation obtenue, déterminer les longueurs d'onde des raies caractéristiques K, H, G, E et les deux D.
4. En déduire la composition de l'atmosphère du Soleil à partir des raies caractéristiques d'entités chimiques fournies.

Synthèse de l'activité

Expliquer en quelques lignes de quelle manière les astrophysiciens déterminent la composition atmosphérique des étoiles.

3 L'étoile Polaire 45'

Depuis des millénaires, les explorateurs de l'hémisphère nord ont scruté le ciel à la recherche de l'étoile Polaire pour se repérer. Également appelée l'étoile du Nord, elle a pour particularité de se situer presque sur la direction de l'axe de rotation de la Terre et de rester fixe dans le ciel céleste.

→ Comment déterminer le type spectral d'une étoile ?

Par intuition

À l'œil nu, les étoiles semblent n'être que des points semblables, indifférenciables les unes des autres. Est-ce vraiment le cas ?

Doc. 1 Types spectraux d'étoiles

Type	λ_{\max} (en nm)	Raies d'absorption
O	< 110	H, He, He ⁺
B	110 - 290	H, He
A	290 - 390	H, Ca ⁺
F	390 - 480	H, Fe, Fe ⁺ , Ti, Ti ⁺ , Ca ⁺ , Na, Mg
G	480 - 580	Fe, Fe ⁺ , Ti, Ti ⁺ , Ca ⁺ , Na, CH
K	580 - 830	Fe, Ti, CH
M	> 830	Fe, Ti, CH, TiO

Doc. 2 Données de l'étoile Polaire

Les données correspondant à l'intensité I des radiations émises par l'étoile Polaire pour des longueurs d'onde comprises entre 200 et 2000 nm sont à retrouver en ligne. Ces données sont brutes. Elles peuvent néanmoins être importées dans un tableur pour y être exploitées.



Retrouver les données sur [LLS.fr/PC2P274](https://lls.fr/PC2P274).

Données

Longueurs d'onde, en nanomètres, de raies caractéristiques pour diverses entités chimiques									
H	434,0	He	447,1	Ti	453,5	Mg	517,3	Fe	527,0
	486,1		587,6		501,4		719,3		778,3
	656,3								
Ca ⁺	645,7	Na	589,6	CH	430,0	TiO	761,2	Fe ⁺	625,0

Compétences

- ✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés
- ✓ MATH : Utiliser des outils numériques

1. **Doc. 2** Tracer l'évolution de l'intensité lumineuse relative émise par l'étoile Polaire, notée I , en fonction de la longueur d'onde λ à partir des données numériques.
2. Mesurer λ_{\max} à partir de la représentation graphique obtenue.
3. Identifier la présence ou l'absence des raies d'absorption caractéristiques d'entités chimiques à partir des données.
4. **Doc. 1** En déduire le type spectral de l'étoile Polaire.

Doc. 3 Photographie nocturne en pause longue



La voûte céleste tourne autour d'un point central confondu avec l'étoile Polaire au cours de la nuit.

Synthèse de l'activité

Quels sont les paramètres permettant de déterminer le type spectral d'une étoile ?

1 La lumière, une onde électromagnétique

A La vitesse des ondes électromagnétiques

➤ Les ondes électromagnétiques (**doc. 1**), dont la lumière visible fait partie, se propagent toutes à la même vitesse dans le vide (ou dans l'air). Cette vitesse, notée c , a pour valeur exacte $299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. On retiendra plus aisément la valeur arrondie :

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

B Le domaine du visible

➤ Pour différencier les différentes ondes électromagnétiques, on les repère à l'aide d'une grandeur : la longueur d'onde, notée λ , exprimée couramment en nanomètres.

➤ Seule une petite partie des ondes électromagnétiques peut être perçue par l'œil humain : c'est la lumière visible. Le domaine de la lumière visible se situe entre 400 nm et 800 nm (**doc. 2**).

À chaque longueur d'onde comprise dans cet intervalle est associée une radiation monochromatique ou, plus simplement, une couleur.

2 La production de lumière

A La production par un corps chaud

➤ Tout corps émet des ondes électromagnétiques. Toutefois, lorsque la température est suffisamment élevée, ce corps peut émettre de la lumière visible.

La lumière produite par un corps chaud est constituée d'une infinité de couleurs, d'intensité plus ou moins importante : le spectre d'émission d'un corps chaud est un spectre continu (**doc. 3**).

Plus la température de surface d'un corps augmente, plus son maximum d'intensité lumineuse émise se déplace vers les courtes longueurs d'onde.

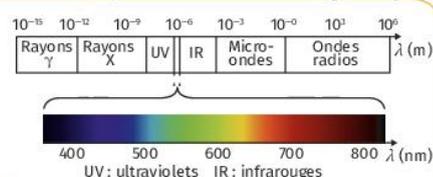
B La production par une entité chimique

➤ Une entité chimique excitée peut émettre de la lumière constituée de radiations monochromatiques. Contrairement à un corps chaud, le spectre obtenu n'est pas continu : le spectre d'émission d'une entité chimique est un spectre de raies.

Une entité chimique non excitée peut absorber ces mêmes radiations lorsque de la lumière la traverse. Cette propriété est mise à profit pour déterminer la composition des atmosphères d'étoiles.

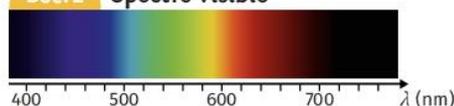
Les raies d'émission ou d'absorption sont caractéristiques d'une seule et même entité chimique (**doc. 4**).

Doc. 1 Spectre des ondes magnétiques



➤ Sur ce spectre, la partie visible par l'œil humain est agrandie.

Doc. 2 Spectre visible



➤ Le spectre gradué de la lumière visible des ondes électromagnétiques, situé entre 400 nm et 800 nm, fait apparaître le violet, le bleu, le vert, le jaune, l'orange et le rouge.

Pas de malentendu



➤ La couleur noire dans les différents spectres signifie en réalité une absence de perception de couleur.

Doc. 3 Spectre lumineux de deux corps



➤ Le premier spectre est aux alentours de 4000 °C, le second vers 7000 °C.

Doc. 4 L'atome d'hydrogène



➤ Spectres d'émission (a) et d'absorption (b) de l'atome d'hydrogène.

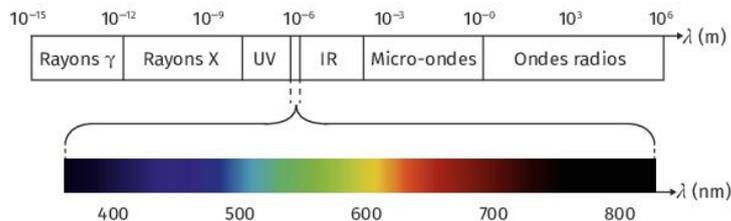
Vocabulaire

• **Spectre d'absorption** : spectre caractérisé par des raies sombres sur un fond coloré.

• **Spectre d'émission** : spectre caractérisé par des raies colorées sur un fond noir.

La lumière, une onde électromagnétique

La lumière est une onde se propageant à la vitesse de $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dans le vide. Elle fait partie des ondes électromagnétiques dont seule une petite partie située entre 400 nm et 800 nm est perceptible par l'œil humain.



UV : ultraviolets IR : infrarouges

Domaines des ondes électromagnétiques en fonction des ordres de grandeur (en longueur d'onde).

La production de lumière

Plus la température d'un corps chaud augmente, plus le spectre s'enrichit et le maximum d'intensité lumineuse se déplace vers les courtes longueurs d'onde.

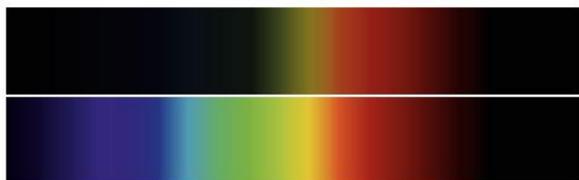
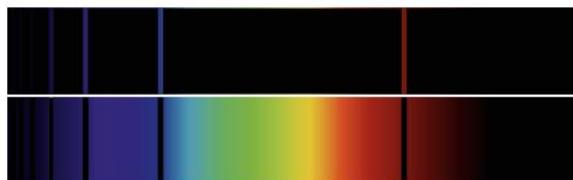


Illustration de l'enrichissement des couleurs vers le violet lorsque la température de surface d'un corps chaud augmente.

Une entité chimique excitée peut émettre des radiations monochromatiques caractéristiques. Cette même entité chimique peut absorber ces radiations lorsque de la lumière la traverse.



Spectres d'émission et d'absorption d'une même entité chimique, ici l'atome d'hydrogène.



Retrouver une vidéo de cours sur les spectres d'émission et d'absorption. [LLS.fr/PC2P276](https://lls.fr/PC2P276)

Les limites de la modélisation

Le spectre est la décomposition d'une lumière en ses composantes monochromatiques que l'on obtient à l'aide de dispositifs de dispersion. Pour mieux visualiser les couleurs et les éventuelles absorptions, on réalise ce spectre sur fond noir.

Ce modèle permet de :

- visualiser les raies d'absorption ou d'émission de la lumière émise par un composé ;
- à identifier certaines entités chimiques.

Mais il ne permet pas de :

- quantifier les différences d'intensité lumineuse des rayonnements monochromatiques.

Numérique

Connectez-vous sur [lelivrescolaire.fr](https://lls.fr) pour réaliser un schéma et reprendre les principales notions du chapitre ! [LLS.fr/PC2P276](https://lls.fr/PC2P276)

1 La lumière

	A	B	C
1. Quelle est la valeur de la vitesse de la lumière ?	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$.
2. La lumière est une onde :	mécanique.	électromagnétique.	acoustique.
3. Habituellement, l'unité utilisée pour caractériser les longueurs d'onde des radiations monochromatiques dans le domaine du visible est le :	nanomètre.	mètre.	millimètre.
4. Vers quelle couleur se dirige-t-on lorsque l'on augmente la longueur d'onde ?	Vers le rouge.	Vers le rose.	Vers le violet.
5. La valeur de la vitesse de la lumière dépend :	de la longueur d'onde.	de la nature du milieu traversé.	de l'origine de la source à émettre.

2 La production de lumière

1. Si la température d'un corps chaud augmente, vers quelle couleur le maximum d'intensité lumineuse émise se déplacera-t-il ?	Vers le violet.	Vers le rouge.	Vers le rose.
2. Comment appelle-t-on un spectre de raies colorées sur fond noir ?	Un spectre d'absorption.	Un spectre continu.	Un spectre d'émission.
3. Que signifie l'adjectif <i>caractéristique</i> dans le cas des raies des spectres d'entités chimiques ?	Il souligne le fait que les raies sont propres à l'entité chimique considérée.	Il précise que les raies sont liées à une longueur d'onde particulière.	Il sous-entend que la raie fait partie du domaine du visible.
4. Les spectres d'absorption et d'émission d'une même entité chimique coïncident-ils ?	Toujours.	Partiellement.	Jamais.

Numérique 

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire des QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P277

3 Questions Jeopardy 

• Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

- a. La longueur d'onde, notée λ , exprimée en nanomètres (nm). b. Il est situé entre 400 nm et 800 nm.

(Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 348)

- Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées
- Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud
- Caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air
- Exploiter un spectre de raies

10

[DIFF]

13

14

15

24

Pour séchauffer

4 De la Terre à la Lune

- Calculer la durée Δt en secondes nécessaire à la lumière pour parcourir la distance Terre-Lune égale à $d = 384\,000$ km.

5 La distance Terre-Soleil

- Calculer la distance Terre-Soleil en mètres sachant que la lumière met 8 minutes et 20 secondes à effectuer ce trajet.

6 Sur l'autoroute du Soleil



Un véhicule sur l'autoroute mettrait environ 131 ans à effectuer l'équivalent de la distance Terre-Soleil.

- Calculer sa vitesse moyenne et la comparer à celle de la lumière.

7 La longueur d'onde en mètres

La lumière visible est comprise entre $\lambda_1 = 400$ nm et $\lambda_2 = 800$ nm.

- Convertir ces deux longueurs d'onde en mètres.

8 Le refroidissement d'un corps

Un corps chaud émet initialement une lumière bleutée. En refroidissant, celui-ci change de couleur jusqu'à ne plus émettre la moindre lumière visible.

- Décrire l'évolution de la couleur perçue de ce corps.

9 Les raies caractéristiques

L'atome d'hydrogène, sous l'effet d'une excitation, émet moins d'une dizaine de raies caractéristiques dans le visible.

- Décrire visuellement le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène.

Pour commencer

La vitesse de la lumière

10 Un voyage sur Mars

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes

Dans un avenir plus ou moins proche, les astronautes seront capables d'effectuer un voyage interplanétaire jusqu'à Mars. Une fois là-bas, ils auront pour tâche de communiquer des rapports via l'émission d'ondes électromagnétiques. La distance la plus courte à parcourir par les ondes est de $d = 5,57 \times 10^7$ km.

1. Rappeler la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide.
2. Calculer la durée de parcours de l'onde électromagnétique entre Mars et la Terre pour la distance d .

11 L'année-lumière

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes

L'année-lumière est une unité de longueur correspondant à la distance parcourue par la lumière en une année terrestre, soit 365,25 j.

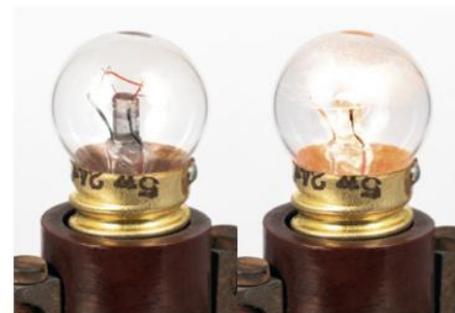
- Calculer cette distance en mètres.

La lumière produite par émission thermique

12 Le filament d'une ampoule

✓ APP : Extraire l'information utile dans un texte

Le filament est une partie métallique présente dans les vieilles ampoules domestiques, un courant électrique le traverse. En raison de sa résistance ohmique, le filament s'échauffe par effet Joule.



Ampoules à filament.

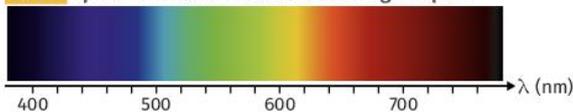
- Expliquer pourquoi la couleur d'un filament peut émettre une lueur rougeâtre avec un courant faible, et une lumière jaune intense avec un courant plus fort.

13 Superman et le Soleil

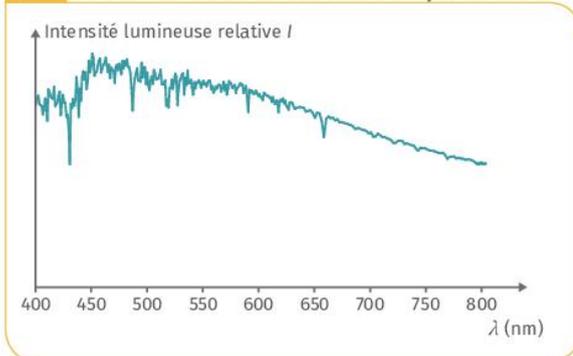
✓ APP : Extraire l'information utile sur un graphique

Dans l'Univers DC, Superman, le plus puissant de tous les super-héros, affirme tirer ses pouvoirs du Soleil jaune du système solaire.

Doc.1 Spectre visible des ondes électromagnétiques.



Doc.2 Profil en intensité lumineuse relative du spectre solaire.



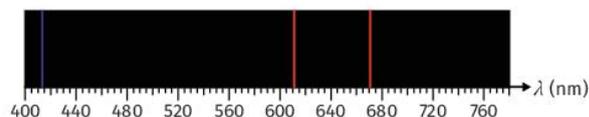
- L'expression Soleil jaune est-elle justifiée d'après la longueur d'onde du maximum d'intensité lumineuse émise ?

L'émission par excitation d'entités chimiques

14 Les raies d'émission du lithium

✓ APP : Extraire l'information utile sur un spectre

Le spectre d'émission du lithium est fourni ci-dessous.

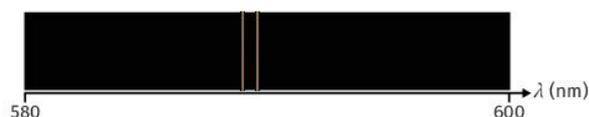


- Mesurer les trois longueurs d'onde des raies caractéristiques du lithium.

15 Les réverbères au sodium

✓ COM : Faire des conversions

Soumis à une excitation, les atomes de sodium émettent deux raies caractéristiques de couleur jaune-orange, relativement proches l'une de l'autre en termes de longueur d'onde :



- Déterminer avec le plus de précision possible les longueurs d'onde des deux raies caractéristiques et évaluer l'incertitude de cette mesure.

Une notion, trois exercices

DIFFÉRENCIATION

- Savoir-faire : Citer la valeur de la vitesse de la lumière et la comparer à d'autres valeurs de vitesse

16 Le son contre la lumière

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes : vitesse de propagation

Le son se propage dans l'air avec une vitesse très faible comparée à celle de la lumière.

- Calculer le rapport r entre les deux vitesses et préciser combien de fois la lumière se propage plus rapidement que le son.

Donnée

- Vitesse du son : $v_{\text{son}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

17 La foudre et le tonnerre

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes : vitesse de propagation

Par temps orageux, il est possible d'observer un éclair s'abattre au loin et d'entendre quelques secondes plus tard le tonnerre.

- Déterminer le décalage temporel Δt entre la perception

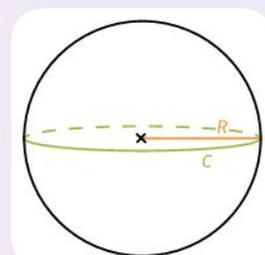
visuelle de l'éclair et la perception sonore du tonnerre pour un impact de foudre ayant lieu à 3 km.

18 La course autour de la Terre

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes : vitesse de propagation

Fictivement, on imagine une course entre le son et la lumière autour de la Terre. Les deux ondes se positionnent à l'équateur et se lancent au même moment.

- Déterminer le nombre de tours N que parvient à faire la lumière avant que le son n'en finisse un seul.



La circonférence d'une sphère.

Données

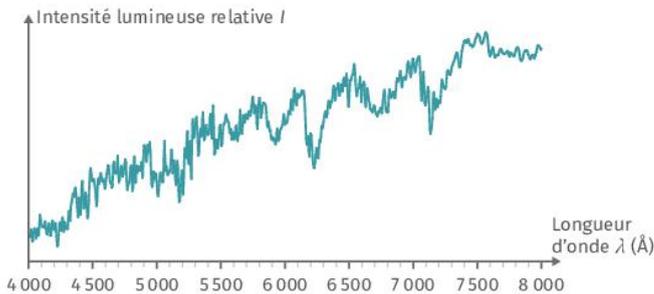
- Rayon de la Terre : $R_T = 6370 \text{ km}$;
- Circonférence d'une sphère : $C = 2\pi R$.

La lumière de Bételgeuse

Énoncé



Les étoiles supergéantes rouges, comme Bételgeuse, font partie des étoiles les plus froides de l'Univers.



- Déterminer la longueur d'onde du maximum d'intensité lumineuse émise notée λ_{\max} et exprimée en ångströms (Å). Estimer l'incertitude sur cette mesure.
- Convertir cette longueur d'onde en nanomètres (nm).
- Justifier la dénomination de supergéante rouge.

Solution rédigée

- Graphiquement, le profil en intensité de la supergéante rouge présente un maximum à $\lambda_{\max} = 7550 \pm 50 \text{ Å}$.
- La longueur d'onde trouvée précédemment peut être convertie sachant que $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ et que $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$:

$$\lambda_{\max} = 7550 \text{ Å}$$

$$\lambda_{\max} = 7550 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda_{\max} = 7550 \times 10^{-1} \text{ nm}$$

$$\lambda_{\max} = 755 \text{ nm}$$
- La couleur associée à une longueur d'onde de 755 nm est la couleur rouge (bien qu'on se trouve déjà à la limite du domaine visible des ondes électromagnétiques). Cette longueur d'onde confirme donc bel et bien l'appellation supergéante rouge.

DONNÉE

- Conversion d'unités : $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$.

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

- Se reporter graphiquement au profil en intensité de l'étoile et repérer le point de la courbe pour lequel l'intensité est maximum.
- L'unité ångström (notée Å) utilisée dans le document est une unité couramment utilisée dans l'analyse spectrale des étoiles. Convertir la longueur d'onde trouvée précédemment en mètres, puis en nanomètres sachant que $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.
- Comparer la longueur d'onde trouvée à la couleur correspondante avec le document du spectre gradué de la lumière visible.

POUR BIEN RÉPONDRE

- Cette mesure est incertaine. Bien que les sous-graduations soient espacées de 100 Å, il est possible d'estimer à la cinquantaine d'ångströms près la longueur d'onde du maximum d'intensité lumineuse émise par projection sur l'axe.
- La conversion à utiliser suit une loi de proportionnalité, c'est-à-dire que $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$. Pour ne pas faire d'erreur, il est préférable de convertir dans un premier temps la longueur d'onde en mètres, puis en nanomètres en se référant à la puissance de 10 du préfixe nano.
- Il faut faire le lien entre longueur d'onde et radiation monochromatique associée.

19 Mise en application

Certaines longueurs d'onde dépassent la frontière entre le domaine du visible et les infrarouges. Par exemple, celle se situant à $\lambda = 1,5 \times 10^{-6} \text{ m}$ fait partie des infrarouges.

- Convertir cette longueur d'onde en nm, puis en Å.

Pour s'entraîner

20 La sonde Huygens

- ✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes : vitesse de propagation
- ✓ COM : Faire des conversions

Lancé mi-octobre 1997, le couple de sondes Cassini-Huygens a parcouru durant son transit près d'une dizaine d'unités astronomiques avant d'arriver à proximité de Saturne au début du mois de juillet 2004.



Voyage spatial des sondes Cassini-Huygens.

Au terme de leur parcours, les deux sondes se sont séparées. Si Cassini est restée en orbite autour de Saturne pour effectuer le relais des transmissions avec la Terre, Huygens a réalisé son atterrissage le 14 janvier 2005 sur Titan, l'un des satellites de la planète.



Illustration de Cassini-Huygens en approche de Titan.

Huygens a pu fonctionner sur batterie pendant quatre heures avant de s'éteindre définitivement.

Le signal électromagnétique envoyé par la sonde relais Cassini devait parcourir 8,1 unités astronomiques le jour de l'atterrissage pour être reçu par la NASA sur Terre. Une unité astronomique, notée u.a., correspond à la distance Terre-Soleil.

1. Déterminer l'ordre de grandeur de la vitesse moyenne du couple Cassini-Huygens pendant son transit jusqu'à Saturne.
2. Comparer cet ordre de grandeur avec celui de la vitesse de la lumière.
3. Calculer le décalage temporel entre l'instant où le signal a été émis par la sonde et l'instant où celui-ci a été reçu sur Terre.

Donnée

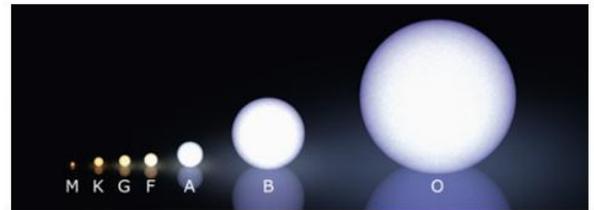
• Conversion d'unités : 1,0 u.a. = $1,5 \times 10^{11}$ m.

21 La lumière en QCM

- ✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes : vitesse de propagation
- ✓ COM : Faire des conversions
- ✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

L'étoile de Barnard, située à 6 a.l. de la Terre, est une naine rouge, peu distinguable dans le ciel. Notre étoile, le Soleil, est beaucoup plus proche de nous, à seulement 150 millions de kilomètres. Parmi les étoiles les plus éloignées, Rigel, une supergéante bleue, se situe approximativement à 800 a.l. de notre planète.

Parmi ces trois étoiles, l'une est à 10 000 K (type B), une autre à 3 100 K (type M) et la troisième à 5 700 K (type G) en surface.



Type spectral d'étoiles.

Pour rappel, une année-lumière (a.l.) est une unité de longueur correspondant à la distance parcourue par la lumière dans le vide durant une année terrestre.

1. La distance entre l'étoile de Barnard et la Terre vaut :
 - a. 6×10^{13} km.
 - b. 6×10^3 km.
 - c. 6×10^{30} km.
2. Exprimer, en minute-lumière (notée min.l.), la distance Terre-Soleil d_{TS} en adaptant la définition de l'année-lumière fournie.
 - a. $d_{TS} = 0,8$ min.l.
 - b. $d_{TS} = 80$ min.l.
 - c. $d_{TS} = 8$ min.l.
 - d. $d_{TS} = 800$ min.l.
3. De combien de fois la distance Terre-Rigel est-elle plus importante que la distance Terre-Soleil ?
 - a. D'un facteur 50.
 - b. D'un facteur 50 000.
 - c. D'un facteur 50 000 000.
 - d. D'un facteur 50 000 000 000.
4. Quelle étoile possède une température de surface de 3 100 K ?
 - a. Le Soleil.
 - b. Rigel.
 - c. L'étoile de Barnard.
5. Laquelle de ces étoiles possède un maximum d'intensité lumineuse situé à la longueur d'onde la plus faible ?
 - a. Le Soleil.
 - b. Rigel.
 - c. L'étoile de Barnard.

Pour s'entraîner

Comprendre les attendus

22 Le modèle de Balmer

✓ APP : Extraire l'information utile dans un texte

L'atome d'hydrogène, sous l'effet d'une excitation, peut émettre de la lumière sous forme de radiations monochromatiques dont les longueurs d'onde, dans le domaine du visible (entre 400 et 800 nm), se situent à :

Numéro de la raie n	1	2	3	4
Longueur d'onde λ	656,3 nm	486,1 nm	434,0 nm	410,2 nm

1. Représenter le spectre d'émission à l'échelle de l'atome d'hydrogène pour les quatre raies caractéristiques mentionnées dans l'énoncé.

On note $x = \frac{1}{(n+2)^2}$ et $y = \frac{1}{\lambda}$

deux nouvelles grandeurs permettant, par la suite, de prévoir où se situent les raies caractéristiques précédentes de l'atome d'hydrogène.

2. Construire un tableau reprenant pour chaque numéro de raie n et chaque longueur d'onde λ , les nouvelles grandeurs x et y définies dans l'énoncé.

3. Tracer un graphique représentant l'évolution de y en fonction de x . Justifier qu'il s'agit bien d'un modèle affine.

La modélisation fournit, pour $y = a \cdot x + b$, les coefficients : $a = -1,10 \times 10^{-2} \text{ nm}^{-1}$ et $b = 2,74 \times 10^{-3} \text{ nm}^{-1}$.

4. Déterminer la longueur d'onde λ de la cinquième raie caractéristique ($n = 5$). Fait-elle partie du domaine du visible ?

Détails du barème

TOTAL/7,5 pts

- Représenter un axe gradué entre 400 et 800 nm. 0,5 pt
Positionner précisément les quatre raies. 1 pt
- Calculer les grandeurs x et y pour les quatre raies. 1 pt
Présenter sous forme de tableau. 0,5 pt
- Choisir judicieusement des minima et des maxima pour les axes. 1 pt
Positionner précisément les points. 1 pt
Tracer une droite d'étalonnage. 0,5 pt
Argumenter pour le modèle affine. 0,5 pt
- Calculer x pour $n = 5$. 0,5 pt
Calculer y grâce aux coefficients a et b . 0,5 pt
Calculer λ . 0,5 pt

23 Copie d'élève à commenter

- Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

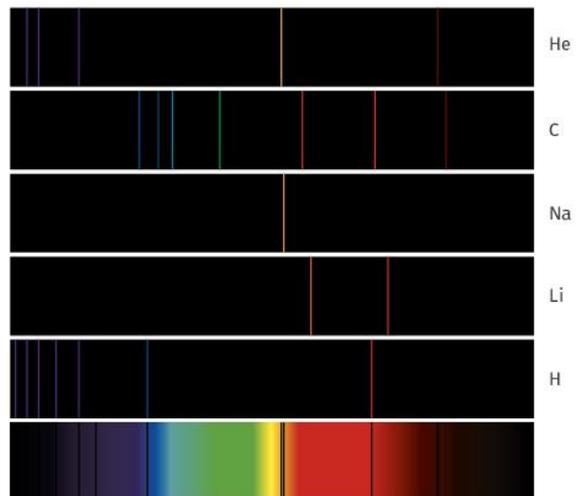
- La vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air est égale à $3,00 \times 10^8 \text{ km/h}$.
- Proxima du Centaure est située à 4,2 années-lumière de la Terre. Cela représente une distance de 4,2 millions de kilomètres.
- Tous les corps chauds émettent de la lumière visible. Les plus chauds vont émettre principalement dans le rouge.
- Les entités chimiques, atomes, ions ou molécules émettent de la lumière lorsqu'elles sont au repos. Le spectre est continu avec des raies caractéristiques.
- On peut identifier des entités chimiques présentes dans une étoile en observant le spectre d'émission reçu sur Terre.

24 Comparaison de spectres

✓ APP : Extraire l'information utile sur un spectre

Le Soleil présente un spectre lumineux marqué par des raies d'absorption. Ces absorptions ont lieu dans son atmosphère, après l'émission de lumière à sa surface.

Spectres d'émission d'atomes et spectre d'absorption du Soleil



- Quelles sont les entités chimiques présentes dans l'atmosphère du Soleil ?

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P282

Pour aller plus loin

25 Le décalage vers le rouge de IOK-1

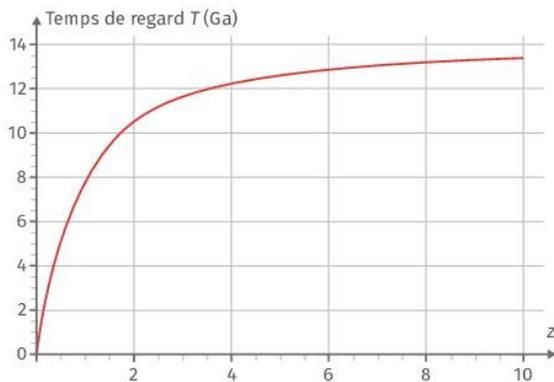
✓ APP : Extraire l'information utile sur supports variés

IOK-1 est une galaxie lointaine découverte en 2006. L'analyse spectrale a montré que les raies caractéristiques d'entités chimiques étaient décalées. Ce phénomène s'observe pour les objets très éloignés de la Terre. En effet, en raison de l'expansion de l'Univers, tous les objets qui le constituent s'éloignent les uns des autres.

En étudiant la lumière issue d'un objet, les astronomes observent un passé « distant » d'une durée T . Ce temps de regard s'obtient grâce à la détermination du décalage vers le rouge observé, noté z . Le décalage vers le rouge se calcule en comparant la longueur d'onde λ d'une raie caractéristique d'une entité chimique et λ_{obs} la longueur d'onde de cette même raie sur le spectre de l'objet éloigné.

$$z + 1 = \frac{\lambda_{\text{obs}}}{\lambda}$$

- Déterminer le décalage vers le rouge z sachant que la raie rouge de l'hydrogène situé à 656,2 nm se trouvait décalée dans l'infrarouge à 5223 nm.
- Déterminer à l'aide du document ci-dessous le temps de regard vers le passé T de IOK-1.



Temps de regard T en fonction du décalage vers le rouge z

- En négligeant l'expansion de l'Univers, estimer la distance d en mètres nous séparant de IOK-1.

26 La largeur d'une raie spectrale

✓ APP : Extraire l'information utile dans un texte

Une autre manière de déterminer la température de surface T d'une étoile est de mesurer la largeur d'une raie spectrale d'une entité chimique. Cette largeur, notée $\Delta\lambda$, est liée à la température de l'étoile T par la relation :

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{c} \cdot \sqrt{\frac{2k \cdot T}{m}}$$

La largeur de la raie spectrale à $\lambda = 656,2$ nm due à l'atome d'hydrogène est égale à $\Delta\lambda = 0,02$ nm. La grandeur c est la vitesse de la lumière, k est la constante de Boltzman et m la masse de l'atome d'hydrogène.

$$1. \text{ Démontrer que } T = \left(\frac{\Delta\lambda \cdot c}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{m}{2k}$$

- Estimer l'ordre de grandeur de la température de surface T du Soleil en kelvin à partir de la relation trouvée.

Données

- Constante de Boltzmann : $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;
- Masse de l'atome d'hydrogène : $m = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

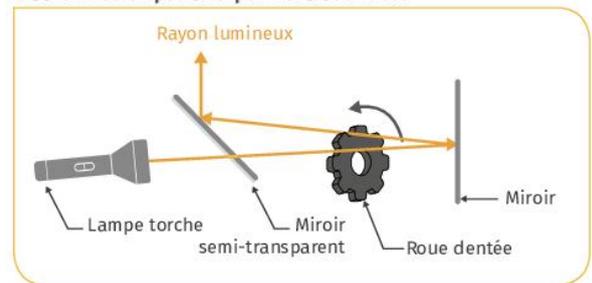
27 La mesure de la vitesse de la lumière par Fizeau

✓ APP : Extraire l'information utile dans un texte

En 1849, Fizeau réalise une expérience permettant, selon lui, de déterminer la vitesse de la lumière. Pour cela, il utilise un dispositif constitué d'une grande roue dentée, d'un miroir semi-transparent incliné à 45° installé sur le mont Valérien et d'un second sur la butte Montmartre.

L'idée de Fizeau est de réussir à faire passer un rayon lumineux entre deux dents de la roue à l'aller et de tourner suffisamment vite la roue pour que le rayon soit bloqué à son retour.

Schéma du dispositif expérimental de Fizeau



La relation permettant de déterminer la durée du parcours de la lumière pour faire l'aller et le retour est la suivante :

$$\Delta t = \frac{1}{2N \cdot f}$$

Dans cette relation, N correspond au nombre de dents de la roue dentée et f la fréquence de rotation de la roue.

- Donner la relation entre la vitesse de la lumière c , la durée du parcours d'un aller-retour et la distance d entre la butte Montmartre et le mont Valérien.
- Exprimer, à l'aide du schéma, la vitesse de la lumière c en fonction de la distance d , le nombre de dents de la roue N et la fréquence de rotation de la roue f .
- Calculer la valeur de la vitesse de la lumière c en utilisant les données suivantes.

Données

- Nombre de dents : $N = 720$;
- Fréquence de rotation : $f = 12,6$ Hz ;
- Distance entre les miroirs : $d = 8,663$ km.

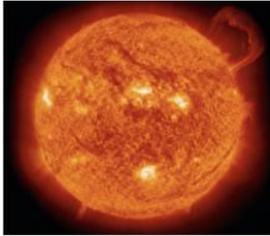
28 Loi empirique de Wien

✓ APP : Faire un brouillon

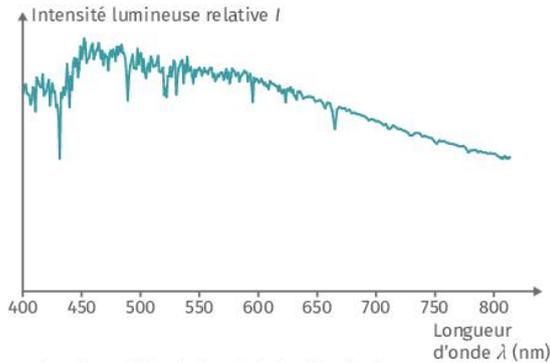
Wilhelm Wien (1864-1928), prix Nobel de physique en 1911, propose une loi liant la température d'un corps chaud et son émission de lumière :

$$\lambda_{\max} \cdot T = \sigma$$

Où λ_{\max} correspond à la longueur d'onde du maximum d'intensité lumineuse émise en mètre (m), T la température du corps chaud en kelvin (K) et σ la constante de Wien.



Le profil suivant correspond à l'évolution de l'intensité lumineuse émise par le Soleil en fonction de la longueur d'onde des radiations émises par celui-ci :



Profil en intensité relative de la lumière émise par le Soleil.

- ♦ Déterminer la température en °C de la surface du Soleil.

Données

- Constante de Wien : $\sigma = 2,90 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$;
- Conversion de température : $T_{(^{\circ}\text{C})} = T_{(\text{K})} - 273,15$;
- Constante de Rydberg : $R_{\text{H}} = 1,10 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$.

29 Formule de Rydberg

✓ APP : Faire un brouillon

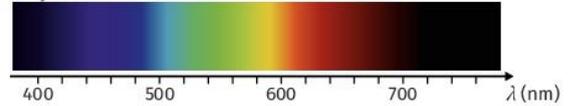
Johannes Rydberg propose en 1888 une formule permettant de déterminer la longueur d'onde de toutes les raies d'émission de l'atome d'hydrogène :

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\text{H}} \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right)$$

Dans cette formule, λ désigne la longueur d'onde en mètre de la raie considérée, R_{H} une constante et n et p des entiers naturels non nuls

tels que $n < p$. Ces deux entiers correspondent à des niveaux d'excitation possibles de l'atome d'hydrogène.

▶ Spectre de la lumière



- ♦ À quelles couleurs sont associées les longueurs d'onde λ dans le spectre d'émission de l'hydrogène pour $n = 2$ et $p \in \{3, 6\}$?



Johannes Rydberg (1854-1919).

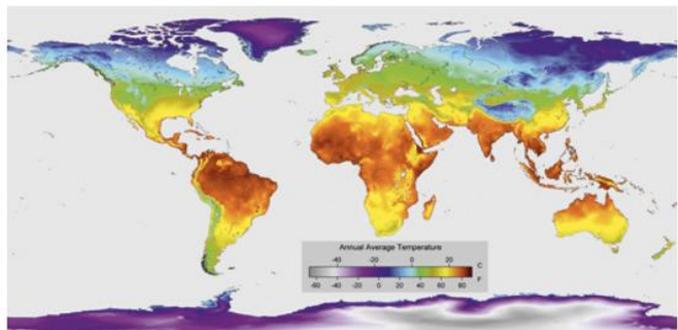
Retour sur la problématique du chapitre

30 Les cartes météorologiques

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire du cours

Expérimentalement, on remarque que la température de surface d'un corps chaud est inversement proportionnelle à la longueur d'onde du maximum d'intensité lumineuse émise.

- ♦ Cette observation expérimentale justifie-t-elle l'ordre des couleurs utilisé dans la cartographie météorologique ci-contre ?



▶ Cartographie des températures moyennes relevées sur Terre.

JEU
SÉRIEUX

Résoudre une énigme scientifique

Objectifs :

- ➔ Réalisez un TP immersif en réalité augmentée à 360° pour mener une enquête scientifique en temps limité !

A Une rivière d'une étrange couleur...

Le Rio Loco est une rivière qui a la caractéristique d'avoir une couleur rouge. Cette couleur peu commune inquiète la population avoisinante. Les maires des villes avoisinant le cours d'eau dépêchent en urgence une équipe scientifique pour décrypter ce phénomène.

Vous faites partie de cette équipe et vous allez pouvoir résoudre l'énigme du Rio Loco dans un TP immersif à 360°.



B Prélèvements et analyses en laboratoire



Votre mission :

Réaliser toutes les étapes pour découvrir l'énigme scientifique derrière la couleur du Rio Loco !



Faire le TP interactif sur [LLS.fr/PC2TPinteractif](https://lls.fr/PC2TPinteractif).

- **Étape 1 :** Réalisation d'un prélèvement scientifique sur le terrain [SVT](#)
- ➔ Allez sur les bords du Rio Loco et réalisez les prélèvements corrects permettant d'analyser l'eau de la rivière.
- **Étape 2 :** Choix du test à réaliser
➔ Choisissez les bonnes méthodes d'analyse de l'eau.
- **Étape 3 :** Analyse spectrophotométrique avec spectrophotomètre et analyse à la flamme
➔ Étudiez l'interaction des échantillons avec la lumière pour déterminer les espèces chimiques présentes.
- **Étape 4 :** Travail en collaboration avec une classe de première (titrage colorimétrique)
➔ Effectuez une analyse quantitative des différentes espèces identifiées afin de pouvoir envisager différentes procédures de traitement des eaux.

C Une mission, un métier



Technicien(ne) de laboratoire/chimiste

Blouse blanche, distillateurs, béchers, équipements informatisés sophistiqués... autant d'accessoires et de matériels utilisés quotidiennement par le/la technicien(ne) chimiste. Sous l'autorité d'un(e) ingénieur(e) chimiste, d'un(e) pharmacien(ne) ou d'un(e) chercheur(e), il/elle procède à des analyses et expériences en laboratoire, réalise des dosages et réactions chimiques.

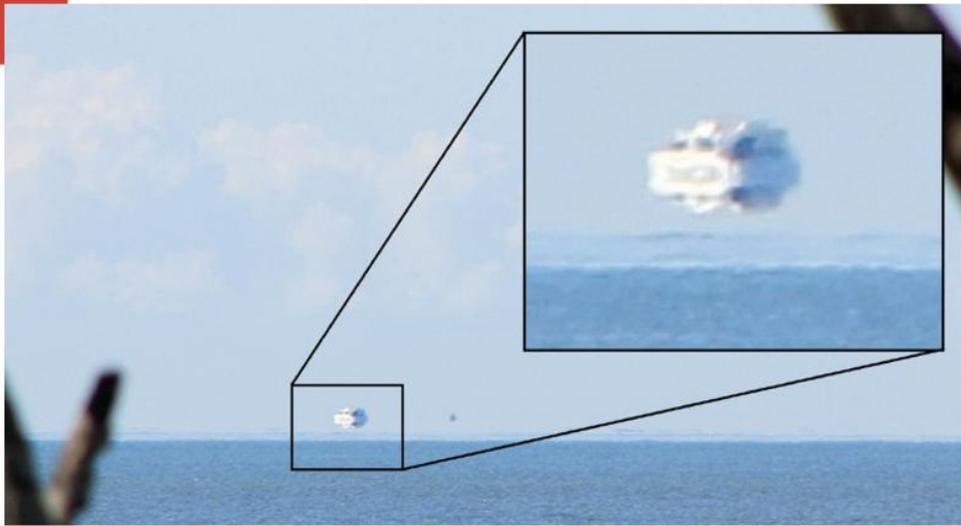
D'après l'Onisep



Retrouver la fiche métier Onisep sur [LLS.fr/PC2 TechnicienLabo](https://lls.fr/PC2 TechnicienLabo).

Propagation des ondes lumineuses

DÉCONSTRUIRE LES IDÉES FAUSSES



Le phénomène de *Fata Morgana* est un mirage qui peut être observé au-dessus de certaines étendues d'eaux qui restent froides par rapport à l'air ambiant.

➤ **Le mythe du vaisseau-fantôme flottant dans les airs a-t-il un fondement scientifique ?**

→ voir l'exercice 29, p. 300

Travailler

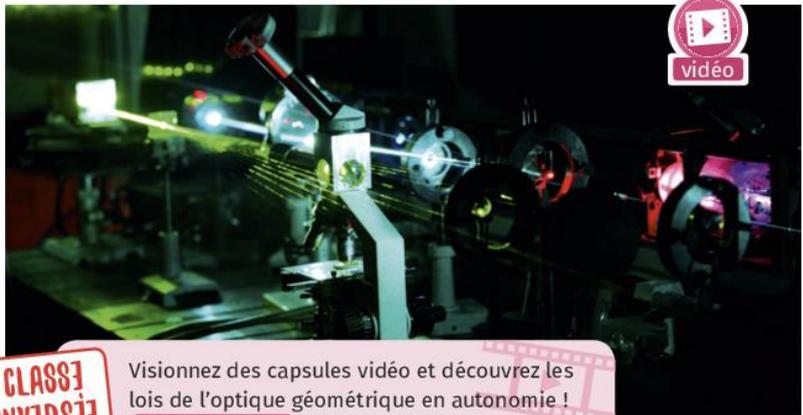
autrement

JEU
SÉRIEUX

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour résoudre une enquête en numérique grâce à l'optique géométrique.

LLS.fr/PC2P286

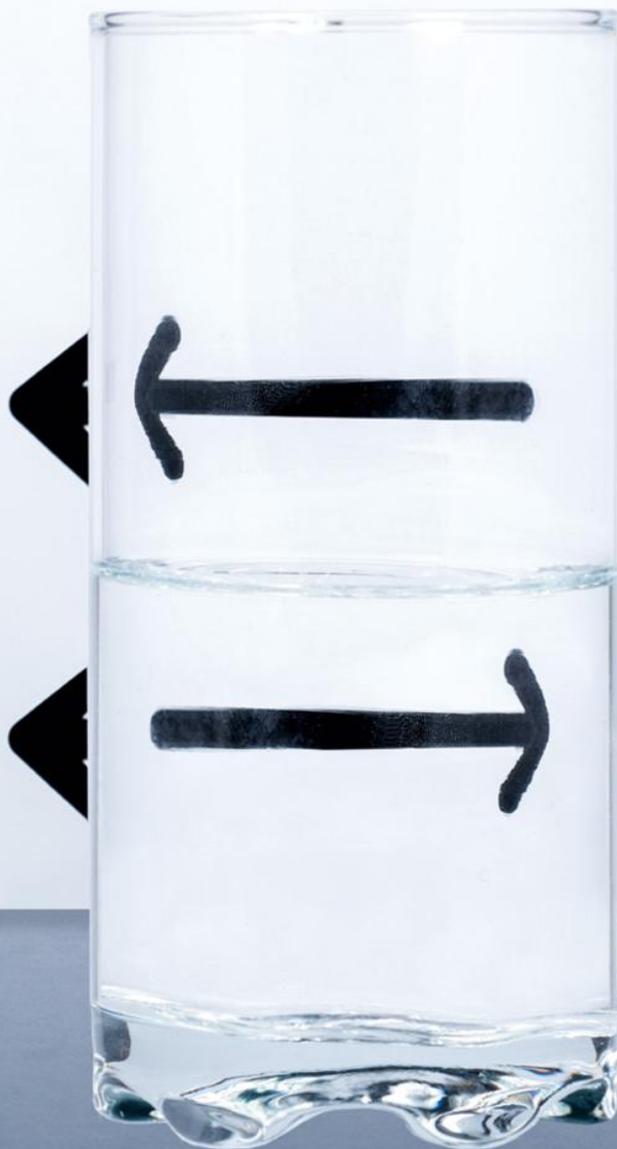
Voir p. 301



CLASSE
INVERNI

Visionnez des capsules vidéo et découvrez les lois de l'optique géométrique en autonomie !

LLS.fr/PC2P286



Un verre contenant de l'eau permet d'inverser le sens d'une flèche observée par transparence.

→ **Comment expliquer ce phénomène ?**

→ voir l'exercice 31, p. 300

À maîtriser pour commencer

- › Connaître les propriétés de la propagation de la lumière
- › Le modèle du rayon lumineux

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P287

Objectifs du chapitre

- ▣ Connaître et exploiter les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction
- ▣ Savoir décrire et expliquer qualitativement le phénomène de dispersion de la lumière par un prisme
- ▣ Savoir déterminer graphiquement l'image réelle d'un objet par une lentille convergente

1 À la découverte de la réfraction 80'

Lorsqu'elle passe d'un milieu à un autre, la lumière est réfractée : sa direction de propagation change. C'est ce phénomène qui est à l'origine des déformations apparentes que l'on constate lorsque l'on regarde un objet plongé dans l'eau.

→ Comment décrire mathématiquement le phénomène de réfraction ?

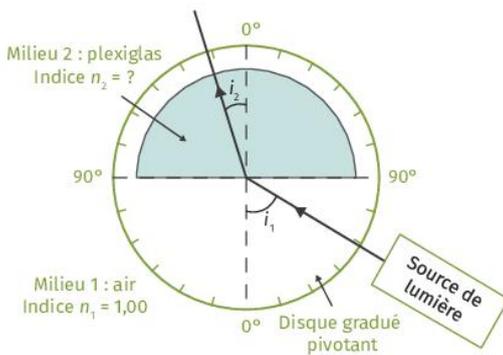
Par intuition

La lumière est-elle déviée de la même façon lorsqu'elle traverse du verre ou de l'eau ?

Doc. 1 Matériel à disposition

- Source de lumière LASER ;
- Demi-cylindre de plexiglas sur son disque-support gradué en degrés ;
- Un logiciel tableur-grapheur.

Doc. 3 Schéma de l'expérience



Doc. 2 Une évolution du modèle de réfraction

Depuis près de 2000 ans, des savants se sont penchés sur le phénomène de réfraction :

- Ptolémée (vers 90-168) s'intéresse au passage de la lumière de l'air à l'eau et en conclut que l'angle de réfraction i_2 augmente avec l'angle d'incidence i_1 ;
- Kepler (1571-1630) affine le modèle en proposant que l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 sont proportionnels ;
- Snell (1580-1626) et Descartes (1596-1650) continuent de perfectionner le modèle en énonçant que $\sin(i_2)$ est proportionnel à $\sin(i_1)$;
- De nos jours le modèle de la réfraction repose sur la loi suivante appelée loi de Snell-Descartes :

$$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2).$$

n_1 et n_2 sont les indices de réfraction des milieux 1 et 2. Cela signifie que :

- dans l'air, l'indice de réfraction est $n_{\text{air}} = 1,00$ et la lumière va à sa vitesse maximale ($3,00 \times 10^8$ m/s) ;
- si l'indice d'un autre milieu est $n = 2,00$ alors la lumière se propagera deux fois moins vite dans ce milieu que dans l'air.

Point maths La proportionnalité

Deux grandeurs sont proportionnelles si le graphique représentant une des grandeurs en fonction de l'autre est une droite passant par l'origine du repère. Ces deux grandeurs (a et b par exemple) sont alors reliées par l'égalité $a = k \cdot b$, avec k qui est une constante (coefficient directeur de la droite linéaire).

Numérique

Connectez-vous sur livrescolaire.fr pour retrouver un exemple de mesures d'angles de réfraction en vidéo. LLS.fr/PC2Refraction

Compétences

- ✓ ANA : Élaborer un protocole
- ✓ REA : Respecter les règles de sécurité

1. **Doc. 2 et 3** Quelles mesures faut-il effectuer pour vérifier la loi de Snell-Descartes ?
2. Quelle précaution particulière est à prendre en compte avec l'usage de la source LASER ?
3. Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de vérifier graphiquement la proportionnalité entre $\sin(i_1)$ et $\sin(i_2)$.
4. À l'aide de la valeur du coefficient directeur de la droite obtenue, déterminer la valeur de l'indice de réfraction du plexiglas.

Synthèse de l'activité

Quelles sont les informations nécessaires pour trouver la valeur de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux passant d'un milieu transparent 1 à un autre milieu transparent 2 ?

2 L'apparition d'un arc-en-ciel 55'

Lorsqu'il pleut et qu'on se positionne dans la bonne direction, il est possible d'apercevoir un arc-en-ciel. C'est aussi le cas quand on regarde une lumière blanche traversant un diamant.

→ Quel phénomène permet d'expliquer l'apparition d'un arc-en-ciel ?

Par intuition

La lumière blanche est-elle composée d'une seule ou de plusieurs radiations ?

Doc. 1 L'expérience d'Isaac Newton



Le physicien anglais Isaac Newton (1643-1727) a mené en 1666 une expérience sur la lumière du Soleil qui allait révolutionner la conception de l'optique que l'on avait à l'époque. Pour cela, il a réalisé une petite ouverture dans son volet afin qu'un fin faisceau lumineux pénètre dans la pièce. Il a alors placé un prisme sur le trajet de la lumière. Il a constaté que la lumière était déviée par le prisme et qu'elle formait sur un écran un dégradé de couleurs allant du rouge au violet, appelé spectre.

Pour approfondir son étude, il a utilisé un deuxième prisme éclairé seulement par la partie bleue du spectre et a alors remarqué que cette lumière était aussi déviée sans que sa couleur soit affectée.

Doc. 2 Matériel à disposition

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| • Un générateur de tension continue ; | • Une fente ; |
| • Une lampe à incandescence ; | • Un prisme ; |
| • Une lentille convergente ; | • Un écran ; |
| | • Une lampe à vapeur de mercure ; |
| | • Un spectroscopie. |

Doc. 3 Dispersion de la lumière blanche par un prisme



Doc. 4 Évolution de l'indice de réfraction du verre

L'indice optique du verre dépend de la longueur d'onde de la radiation qui le traverse : le verre est un milieu dit dispersif. Pour une radiation rouge, par exemple, l'indice de $n_{\text{rouge}} = 1,510$ et pour une radiation bleue $n_{\text{bleu}} = 1,520$.

Compétences

- ✓ ANA : Élaborer un protocole
- ✓ REA : Respecter les règles de sécurité

1. **Doc. 1** Identifier les deux effets du prisme sur la lumière blanche du Soleil.
2. **Doc. 1 et 2** Associer les éléments de la liste de matériel aux éléments utilisés en 1666 par Newton. Y a-t-il des précautions particulières à prendre au niveau de la sécurité ?
3. Réaliser l'expérience de Newton avec le matériel du **doc. 2**. Observe-t-on les mêmes résultats ?
4. Lorsque la lumière blanche traverse un prisme, quelle est la couleur de la radiation la plus déviée ? La moins déviée ? Comparer vos observations avec le **doc. 4**.
5. Une lumière colorée est-elle toujours composée d'une seule couleur ?

Synthèse de l'activité

Quel phénomène permet d'expliquer la déviation de la lumière par le prisme ?
Lors de la formation d'un arc-en-ciel, quel élément joue un rôle de prisme ?

3 L'œil, un instrument remarquable



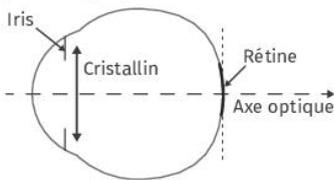
Par intuition
 Quelles sont les caractéristiques de l'image au fond de l'œil : est-elle droite ou inversée, plus grande ou plus petite que l'objet observé ?

L'œil est un système optique permettant de construire l'image d'un objet observé.

→ Peut-on prévoir le parcours des rayons lumineux entrant dans l'œil ?

Doc. 1 Description simplifiée de l'œil

L'œil humain est un organe très complexe composé de nombreux éléments. Voici une description de trois parties de ce système optique :



La première est l'iris dont le trou central appelé pupille est de diamètre variable, permettant ainsi de contrôler la quantité de rayons lumineux arrivant dans l'œil. On le modélise par un diaphragme.

La deuxième est le cristallin qui dévie les rayons lumineux tout comme le fait une lentille mince convergente.

Le dernier est la rétine qui reçoit les rayons lumineux et sur laquelle l'image est formée : elle se présente comme un écran.

Doc. 2 Les conventions en optique

Une **lentille convergente** possède un centre optique (centre de la lentille) noté O, un foyer image F' que l'on positionne à droite de la lentille et un foyer objet F qui est le symétrique de F' par rapport à O.

La droite perpendiculaire à la lentille passant par O est appelée l'axe optique et est notée Δ.

D'un objet noté AB, la lentille va produire une image notée A'B'.

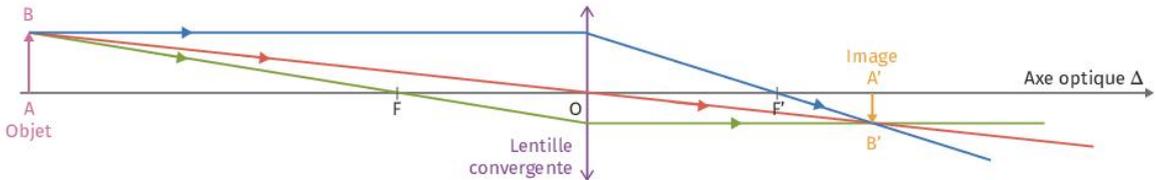
En optique, les grandeurs sont mesurées algébriquement. Cela signifie qu'en plus de l'information de taille, on donne une information de sens.

Par convention, l'axe vertical est orienté vers le haut, et l'axe horizontal de la gauche vers la droite. Ainsi la grandeur \overline{AB} est positive si B est au-dessus de A et négative dans le cas inverse.

On définit le **grandissement** γ par le rapport entre la hauteur algébrique de l'image et celle de l'objet :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

Doc. 3 Tracé de rayons particuliers à travers une lentille convergente



Compétence

✓ COM : Compte rendu écrit avec un vocabulaire scientifique rigoureux

- 1. Doc. 1** Faire un tableau de correspondance entre les éléments de l'œil simplifié et ceux de sa modélisation.
- 2. Doc. 3** Décrire le trajet des trois rayons particuliers construits pour une lentille convergente (ex. : le rayon passant par ... ressort de la lentille en ...).
- 3. Doc. 2 et 3** En appliquant le théorème de Thalès aux triangles OAB et OA'B', établir une relation entre γ , $\overline{OA'}$ et \overline{OA} .
- 4.** En déduire la distance entre une lentille et un écran sachant qu'un objet de 1,20 m placé à 6,00 m devant la lentille donne sur l'écran une image de 10 mm.

Synthèse de l'activité

Faire un bilan précis sur le trajet de la lumière dans l'œil en indiquant si l'image obtenue est droite ($\gamma > 0$) ou inversée ($\gamma < 0$), agrandie ($|\gamma| > 1$) ou réduite ($|\gamma| < 1$).

1 Changement de milieu de propagation

A Phénomène de réflexion et de réfraction

➤ La lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène et transparent. Cependant, lorsqu'elle change de milieu de propagation (passage de l'air à l'eau par exemple), la lumière peut subir deux phénomènes : une réflexion (le rayon repart dans le milieu initial) ou une réfraction (changement de direction de propagation). La surface de séparation entre deux milieux est appelée dioptré.

Le rayon arrivant sur le dioptré est appelé **rayon incident**, celui qui subit la réflexion est le **rayon réfléchi** et le rayon qui subit la réfraction est le **rayon réfracté** (doc. 1).

B Les lois du modèle de la réfraction et de la réflexion

➤ On appelle angle d'incidence i_1 , l'angle formé par le rayon incident et la normale au dioptré, angle de réfraction i_2 , l'angle formé par le rayon réfracté et la normale au dioptré, et angle de réflexion r , l'angle formé par le rayon réfléchi et la normale.

➤ Les lois de Snell-Descartes : elles ont été établies indépendamment par Willebrord Snell et René Descartes au XVII^e siècle.

- **1^{re} loi de Snell-Descartes** : le rayon incident, le rayon réfracté, le rayon réfléchi et la normale sont dans le même plan.

- **2^e loi de Snell-Descartes** :

$$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2) \text{ pour la réfraction ;}$$

$$\text{Et } i_1 = r \text{ pour la réflexion.}$$

n_1 et n_2 sont les indices de réfraction des milieux 1 et 2.

Remarque : plus l'indice est grand, plus la vitesse de la lumière dans ce milieu est petite.

C Dispersion de la lumière

➤ La dispersion d'une lumière polychromatique (composée de plusieurs radiations donc de plusieurs couleurs) est le phénomène de séparation des radiations qui composent cette lumière.

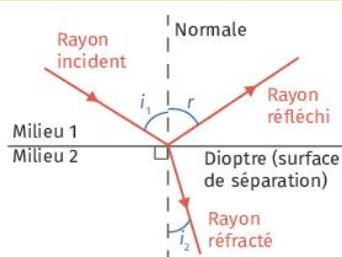
On dit qu'un milieu est **dispersif** si son indice de réfraction dépend de la longueur d'onde de la radiation lumineuse qui le traverse.

Ce type de milieu permet de décomposer la lumière blanche.

L'image de cette décomposition des couleurs sur un écran s'appelle **le spectre de la lumière**.

Il peut permettre d'identifier si une source lumineuse est monochromatique ou non.

Doc. 1 Notation des angles



Éviter les erreurs

➤ Attention à bien **déterminer les angles entre le rayon et la normale** et non pas entre le rayon et la surface de séparation !

Numérique

Connectez-vous sur le livrescolaire.fr pour retrouver une vidéo présentant les lois de Snell-Descartes.

[LLS.fr/PC2SnellDescartes](https://lls.fr/PC2SnellDescartes)

Doc. 2 Indices de réfraction avec la vitesse de la lumière

Milieu de propagation	Indice de réfraction	Vitesse de la lumière
Vide et air	1,00	$3,00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Eau	1,33	$2,25 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Plexiglas	1,49	$2,01 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

Doc. 3 Valeur d'indices pour l'eau en fonction de la longueur d'onde

Longueur d'onde (nm)	Indice de réfraction
400 (violet)	1,343
580 (jaune)	1,333
680 (rouge)	1,332

Doc. 4 Illustration de la dispersion de la lumière



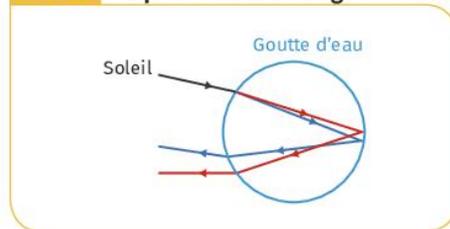
Application : l'arc-en-ciel

L'arc-en-ciel est une application directe de la dispersion de la lumière du Soleil par les gouttes d'eau de la pluie qui tombent.

Chacune des gouttes agit comme un prisme et dévie les rayons lumineux différemment en fonction de leur longueur d'onde et donc de leur couleur.

La multiplicité des gouttes nous donne une vision d'ensemble de ce phénomène de dispersion qu'on appelle arc-en-ciel.

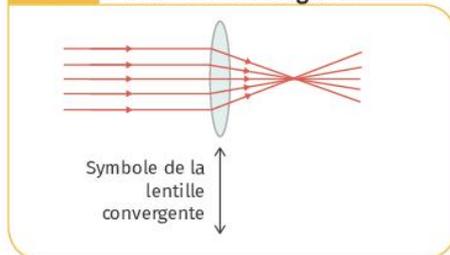
Doc. 5 Dispersion dans une goutte d'eau



Éviter les erreurs

Par convention, les rayons représentés vont toujours de gauche à droite. Pour une lentille convergente, attention à toujours placer le foyer image F' à droite et le foyer objet F à gauche de O .

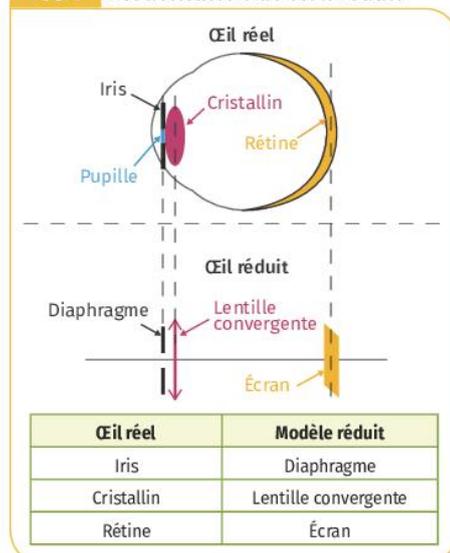
Doc. 6 La lentille convergente



Éviter les erreurs

Par convention, on considère un axe vertical orienté vers le haut sur les schémas. Ainsi, la hauteur algébrique d'un objet \overline{AB} perpendiculaire à l'axe prend une valeur positive ($\overline{AB} > 0$) si cet objet est orienté vers le haut et négative ($\overline{AB} < 0$) s'il est orienté vers le bas. Il en est de même pour la hauteur $A'B'$ de l'image $A'B'$.

Doc. 7 Modélisation de l'œil réduit



2 Modélisation de l'œil par une lentille

A La lentille mince convergente

Une lentille mince convergente est un objet transparent de forme circulaire dont l'épaisseur au centre est plus importante qu'au niveau de sa bordure. Ce système a la propriété de faire converger des rayons lumineux qui le traversent (voir doc. 6).

Une lentille mince convergente est caractérisée par son centre optique O par lequel passe l'axe optique de la lentille Δ , son foyer image F' et son foyer objet F (F est symétrique de F' par rapport à O).

Remarque : On appelle distance focale f' la distance entre O et F' .

B Détermination graphique d'une image

Pour déterminer l'image d'un objet par une lentille convergente, il est pratique de tracer trois rayons particuliers issus d'un point B de cet objet, B étant situé hors de l'axe optique.

Ces rayons particuliers sont les suivants :

- le rayon passant par le centre optique O ne subit aucune déviation ;
- le rayon arrivant parallèlement à l'axe optique émerge de la lentille en passant par le foyer image F' ;
- le rayon passant par le foyer objet F émerge parallèlement à l'axe optique.

Après avoir traversé la lentille, ces rayons se croisent en un point B' qui est l'image de B par la lentille.

Le grandissement γ est défini par le rapport entre la hauteur algébrique de l'image et celle de l'objet : $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$.

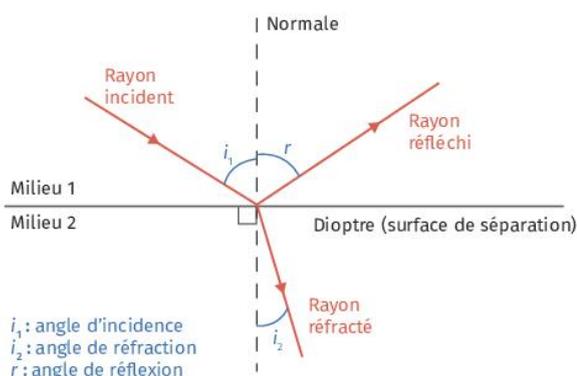
- Si $\gamma < 0$ alors l'image est renversée par rapport à l'objet et si $\gamma > 0$, on dit que l'image est droite.
- Si $|\gamma| > 1$ alors l'image est agrandie par rapport à l'objet.

C Modèle réduit de l'œil

L'œil est un système optique complexe mais qui peut se modéliser à l'aide de matériel simple de laboratoire (doc. 7).

→ Voir l'activité d'exploration 3, p. 290

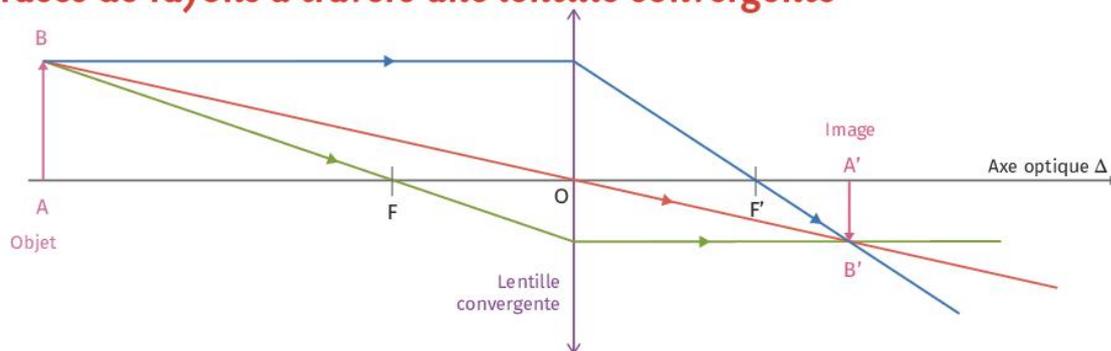
Changement de milieu de propagation : réfraction et réflexion



Au passage d'un milieu à un autre, deux phénomènes sont observables :

- la réfraction : en traversant un dioptre, le rayon change de direction ;
- la réflexion : en arrivant sur le dioptre, le rayon lumineux est renvoyé dans le milieu incident.

Tracés de rayons à travers une lentille convergente



Tout rayon lumineux issu d'un point B et traversant la lentille convergente passe par le point B'. Parmi les trois rayons particuliers tracés ci-dessus, deux suffisent pour déterminer le point image B'.



Retrouver une vidéo présentant le tracé d'une image d'un objet par une lentille convergente. [LLS.fr/PC2P293](https://lls.fr/PC2P293)

Les limites de la modélisation

Ce modèle permet de :

- prévoir la déviation précise d'un rayon à la surface entre deux milieux transparents ;
- construire l'image à travers une lentille convergente mince pour certains objets (objet vertical et suffisamment distant pour ne pas être situé entre O et F) ;
- comprendre des phénomènes de dispersion de la lumière (arc-en-ciel, etc.).

Mais il ne permet pas de :

- déterminer l'image à travers une lentille convergente assez épaisse ;
- comprendre la manière dont l'œil réussit à établir des images nettes sur la rétine pour des objets placés à des distances variables (principe d'accommodation).

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser un schéma afin de reprendre les principales notions du chapitre ! [LLS.fr/PC2P293](https://lls.fr/PC2P293)

1 Réfraction et réflexion

	A	B	C
1. Lorsque la lumière incidente (sous un angle i non nul) change de milieu de propagation :	elle peut changer de direction.	rien ne lui arrive.	elle ne peut pas être réfléchie.
2. Si l'indice de réfraction augmente, la vitesse de la lumière dans le milieu :	augmente.	reste constante.	diminue.
3. Quelle est la bonne relation pour décrire la réfraction ?	$n_1 \cdot i_1 = n_2 \cdot i_2$.	$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$.	$i_1 = i_2$.

2 Dispersion de la lumière

1. Une lumière polychromatique :	n'est composée que d'une seule couleur.	contient au moins deux couleurs.	ne subit pas de réfraction.
2. Placé sur le trajet d'une lumière, un prisme permet d'obtenir :	une seule couleur.	le spectre de la lumière incidente.	un arc-en-ciel.
3. Pour un milieu dispersif, l'indice de réfraction varie en fonction :	de l'intensité lumineuse.	du nombre de rayons lumineux.	de la longueur d'onde.

3 Lentilles convergentes et œil

1. La distance focale d'une lentille est la distance algébrique entre :	O et F.	O et F'.	F et F'.
2. Un rayon passant par le centre optique d'une lentille convergente :	émerge en passant par F'.	émerge parallèle à l'axe optique.	n'est pas dévié.
3. Dans le modèle réduit de l'œil, le cristallin est modélisé par :	un diaphragme.	une lentille convergente.	un écran.
4. Une longueur $\overline{AB} = 4$ cm pour une image verticale signifie que :	A est au-dessus de B.	il y a une erreur dans les résultats.	B est au-dessus de A.

Numérique 

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires en ligne. LLS.fr/PC2P294

4 Questions Jeopardy 

♦ Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

a. On peut la modéliser à l'aide d'un écran.

b. Son indice de réfraction dépend de la longueur d'onde.

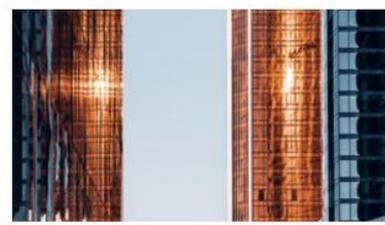
Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 348)

☐ Connaître et exploiter les lois de Snell-Descartes	10	22	24
☐ Savoir décrire et expliquer qualitativement le phénomène de dispersion	14	DIFF	26
☐ Savoir obtenir graphiquement l'image d'un objet par une lentille	15	21	25

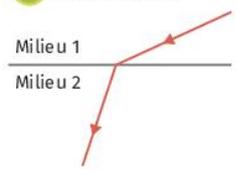
Pour s'échauffer

- 5 Relation de Snell-Descartes**
• Énoncer les lois de Snell-Descartes pour la réfraction.
- 6 Isoler une grandeur**
Dans la relation de Snell-Descartes pour la réfraction, isoler la grandeur n_2 .
• La calculer dans le cas où $n_1 = 1,00$, $i_1 = 60^\circ$ et $i_2 = 45^\circ$.
- 7 Une histoire de vitesse**
L'eau possède un indice de réfraction $n_{\text{eau}} = 1,33$ alors que celui du plexiglas est $n_{\text{plexiglas}} = 1,49$.
• Dans lequel de ces deux milieux la lumière se propage-t-elle le plus rapidement ?

- 8 Réflexion sur un miroir**
• Donner l'angle de réflexion d'un rayon lumineux arrivant sur un miroir avec un angle d'incidence de 30° .



- 9 Réfraction**
• Sur le schéma ci-contre, légé-
ner les rayons incidents et réfractés ainsi que les angles d'incidence, de réfraction et la normale au dioptre.



Pour commencer

Réfraction et réflexion de la lumière

- 10 Schéma global de la réfraction**
✓ APP : Faire un schéma
On cherche à tracer le trajet de la lumière au passage de l'air à l'huile d'indice n_{huile} . L'angle d'incidence est $i_1 = 45^\circ$.
1. Faire le schéma global de la situation.
2. Déterminer l'angle de réfraction i_2 et l'angle de réflexion r .

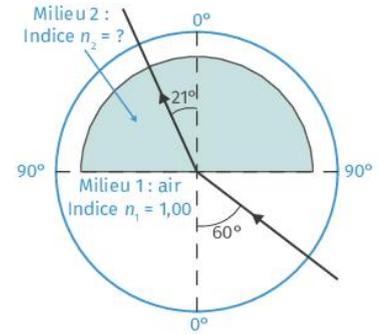
Données

- Indice de l'air : $n_{\text{air}} = 1,00$;
- Indice de l'huile : $n_{\text{huile}} = 1,47$.

- 11 D'où ce rayon vient-il ?**
✓ MATH : Résoudre une équation
On observe un rayon réfracté dans l'eau ($n_{\text{eau}} = 1,33$) avec un angle de réfraction de 25° .
• Quel est l'angle d'incidence si le rayon incident est dans l'air ($n_{\text{air}} = 1$) ? Et dans l'huile ($n_{\text{huile}} = 1,47$) ?

Numérique ✨
Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P295

- 12 Retrouver l'indice optique du milieu**
✓ APP : Extraire l'information utile
Un rayon incident dans l'air est réfracté par un milieu d'indice n_2 à déterminer.



1. Exprimer n_2 en fonction de n_{air} , i_1 et i_2 .
2. En déduire la valeur de n_2 en s'appuyant sur le schéma.

Dispersion de la lumière

- 13 Décomposer la lumière**
✓ APP : Maîtriser le vocabulaire
1. Avec quel dispositif peut-on décomposer une lumière polychromatique ?
2. Que signifie le terme milieu dispersif ?
3. Citer un exemple de milieu dispersif et un exemple de milieu non dispersif.

14 Quel est le milieu le plus dispersif ?

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

Voici quelques valeurs d'indices de réfraction pour l'air, le verre crown et le verre flint éclairés par des lumière de longueurs d'onde différentes : 656 nm, 589 nm et 486 nm.

Longueur d'onde	486 nm	589 nm	656 nm
Air	1,00	1,00	1,00
Verre crown	1,522	1,517	1,514
Verre flint	1,682	1,666	1,658

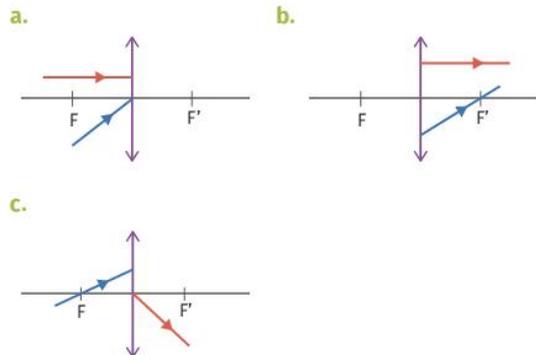
1. Quels sont les milieux dispersifs parmi les trois proposés ?
2. Lequel est le plus dispersif ?

Lentilles convergentes et modèle de l'œil

15 Que font ces rayons lumineux ?

✓ ANA : Élaborer un protocole

- Reproduire et compléter le tracé des rayons lumineux.



16 Modèle réduit de l'œil

✓ APP : Faire un schéma

L'œil est un instrument d'optique très complexe qu'on modélise à l'aide de trois outils.



- Faire les schémas de l'œil et de son modèle. Légénder chaque schéma avec les trois éléments importants participant à la formation de l'image.

17 Trouver la position de l'image

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

On souhaite tracer l'image d'un objet par une lentille convergente. Cette lentille possède une distance focale $f' = 20$ cm. L'objet AB est situé sur l'axe optique de la lentille et perpendiculaire à celui-ci, et sa hauteur est $\overline{AB} = 10$ cm. 1 cm sur le schéma correspond à 10 cm dans la réalité.

1. Tracer l'axe optique, la lentille et les trois points caractéristiques de la lentille sur un schéma.
2. L'objet étant situé à 60 cm de la lentille, le placer sur le schéma en respectant l'échelle.
3. Tracer les trois rayons caractéristiques et trouver l'image de l'objet par la lentille.
4. À quelle distance de la lentille se trouve l'image ? Quelle est sa taille ?
5. Calculer alors le grandissement de cette lentille.

Une notion, trois exercices

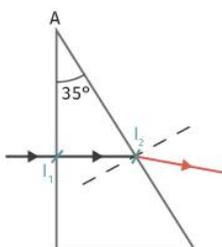
DIFFÉRENCIATION

- Savoir-faire : Connaître et exploiter les lois de Snell-Descartes

Doc. 1 Prisme

Pour ce prisme, l'angle au sommet est de 35° .

Ce prisme est fait de verre dont l'indice est : $n_{\text{bleu}} = 1,65$ et $n_{\text{rouge}} = 1,62$.



18 Dispersion par un prisme (1)

✓ MATH : Calcul littéral

1. Rappeler la loi de Snell-Descartes pour la réfraction.
2. Pourquoi le rayon n'est-il pas dévié au point I_1 ?

3. Déterminer l'angle de réfraction de la lumière bleue en sachant que l'angle d'incidence au point I_2 vaut 35° .

19 Dispersion par un prisme (2)

✓ MATH : Résoudre une équation

1. Montrer que l'angle d'incidence du passage verre-air (point I_2) est de 35° .
2. En utilisant la loi de Snell-Descartes pour la réfraction, montrer que la lumière rouge est moins déviée que la lumière bleue.
3. Tracer le rayon bleu.

20 Dispersion par un prisme (3)

✓ MATH : Résoudre une équation

- Tracer le rayon bleu, puis le rayon rouge.

Image d'un objet par un appareil photo

Énoncé

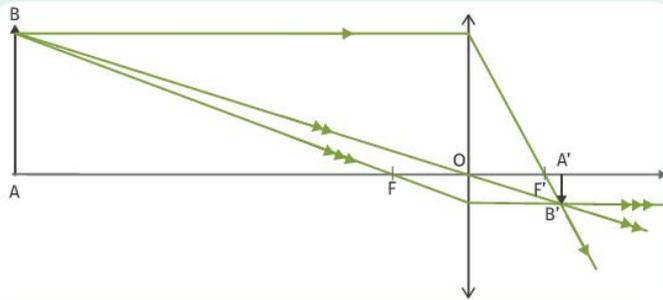
Un appareil photographique prend une photo d'un objet. L'appareil est constitué d'une lentille convergente de distance focale $f' = 3,0$ cm et d'une pellicule (qui joue le rôle d'écran) qui peut se déplacer pour faire la mise au point.

On prend en photo un verre à pied de 6 cm de hauteur situé à 18 cm de l'appareil photo. Pour le schéma, le bas du verre à pied est sur l'axe optique de l'objectif de l'appareil qui est assimilé à une lentille simple convergente.

1. Faire un schéma de la situation avec, comme échelle, 1 cm sur le schéma correspond à 3 cm horizontalement et verticalement.
2. Construire l'image du verre par la lentille de l'appareil photo.
3. Donner les caractéristiques de l'image (sens, taille, distance à la lentille).
4. Si la pellicule a une hauteur de 1,0 cm, l'image sera-t-elle complète ou coupée ?

Solution rédigée

1. et 2. D'après l'échelle proposé, voici le schéma :



Les trois rayons tracés sont sécants au point B', image du point B par la lentille.

3. L'image obtenue est renversée par rapport à l'objet, plus petite que celui-ci. Sur le schéma la taille de l'image est de 0,4 cm, la taille réelle de l'image grâce à l'échelle est donc de 1,2 cm. De même elle se situe à 1,2 cm de la lentille sur le schéma, ce qui correspond réellement à 3,6 cm.
4. Comme l'image a une hauteur de 1,2 cm (supérieure à la taille de la pellicule), elle sera coupée.



ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Faire attention à l'échelle utilisée. Ici, 1 cm sur le schéma correspond à 3 cm dans la réalité : il faut donc prévoir de la place. L'objet peut être dessiné à l'aide d'une flèche vers le haut.
2. La construction de l'image passe par la construction des 3 rayons caractéristiques (au moins 2) vus p. 293.
3. Utiliser l'échelle à l'inverse du 1. : la taille sur le schéma est connue et il faut la convertir en taille réelle.
4. Il faut comparer la taille de l'image avec la taille de la pellicule.

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Indiquer les trois points caractéristiques de la lentille (O, F' et F). La distance focale est la distance entre O et F'.
2. Tracer les rayons (à la règle) en n'oubliant pas de mettre des flèches sur ceux-ci afin de les identifier et d'indiquer dans quel sens va la lumière.
3. Expliquer l'utilisation de l'échelle : mesure sur le schéma puis conversion en grandeur réelle.
4. Comparer la taille réelle de l'image avec la taille de la pellicule.

21 Mise en application

Avec l'appareil photo précédent, on place maintenant le verre à 25 cm de l'appareil.

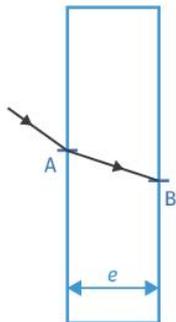
- L'image est-elle encore coupée ?

Pour s'entraîner

22 Observer à travers une vitre

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

Lorsqu'on regarde un objet à travers une vitre, la lumière traversant la vitre est réfractée et les rayons lumineux sont donc déviés. L'indice de réfraction du verre est de $n = 1,50$, son épaisseur est e et l'angle d'incidence du rayon incident au point d'incidence A est ici de $i = 50^\circ$.

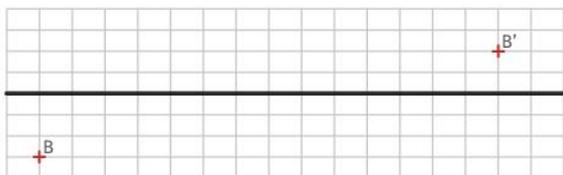


- Déterminer la valeur de l'angle r_1 de réfraction au point A.
- Déterminer la valeur de l'angle de réfraction r_2 au point B, sachant que l'angle d'incidence i_2 est identique à r_1 .
- Compléter le schéma et comparer la direction du rayon incident et du rayon émergent de la vitre.
- On observe un oiseau en contrebas par la baie vitrée d'un immeuble. L'oiseau paraît-il plus haut ou moins haut qu'il n'est en réalité ?

23 Où est la lentille ?

✓ APP : Faire un schéma

Sur le schéma ci-dessous sont indiquées la position de l'objet et celle de l'image.



- Où est située la lentille ? Reproduire le schéma et la dessiner dessus.
- Déterminer la distance focale de cette lentille.

24 Copie d'élève à commenter

♦ Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

- Milieu dispersif : n varie avec la couleur.
- Lumière polychromatique : composée de 2 couleurs.
- $\sin(i_2) = 1,33 \times \frac{\sin(40)}{1,00} = 0,85$ L'angle de réfraction est donc de 0,85.
- Le milieu n'est pas dispersif car 1 rayon lumineux donne un seul rayon lumineux.

25 Trouver l'objet à partir de l'image

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

Une lentille convergente donne l'image d'un objet dont on ne connaît aucune caractéristique (ni taille, ni position par rapport à la lentille).

Cette lentille possède une distance focale de 20 cm. L'image est positionnée à 25 cm de la lentille et possède une taille de 8 cm.

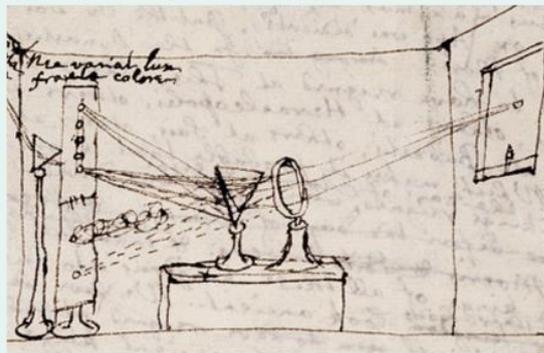
- À l'aide d'une construction graphique où 1 cm correspond à 10 cm dans la réalité, trouver la position et la taille de l'objet.
- En déduire le grandissement de la lentille.

Comprendre les attendus

26 Expérience de Newton

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes

Newton a réalisé le schéma suivant de l'expérience faite dans son cabinet de travail en 1666.



- Quel est le rôle du prisme dans cette expérience ?
- Comment appelle-t-on la figure obtenue sur l'écran ?
- Comment expliquer la dispersion des couleurs sur la figure ?
- Si le bleu est plus dévié que le rouge, que peut-on dire de n_{bleu} par rapport n_{rouge} ?

Détails du barème

TOTAL/6 pts

- | | |
|---|--------|
| 1. Expliquer avec une phrase complète. | 1 pt |
| Utiliser un vocabulaire précis et approprié. | 0,5 pt |
| 2. Faire une phrase complète avec le vocabulaire approprié. | 1 pt |
| 3. Faire le lien entre l'indice de réfraction et la longueur d'onde. | 1 pt |
| 4. Écrire la relation de Snell-Descartes. | 1 pt |
| Comparer avec pertinence des indices quand l'angle de réfraction varie. | 1 pt |
| Conclure sur les indices. | 0,5 pt |

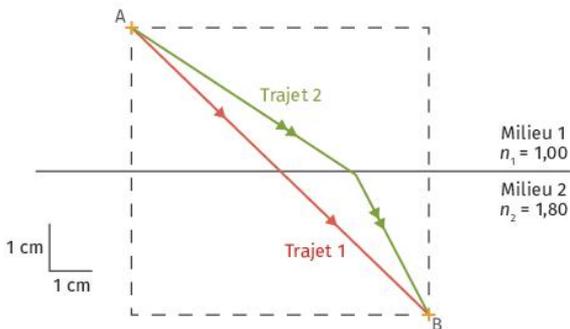
Pour aller plus loin

27 Le principe de Fermat

✓ MATH : Pratiquer un calcul numérique

Selon le principe de Fermat, la lumière se propage d'un point à un autre de façon à ce que la durée de parcours soit la plus petite possible. La lumière prend le trajet qui minimise la grandeur $n \cdot d$ (appelée chemin optique) avec n l'indice de réfraction du milieu et d la distance parcourue par le rayon lumineux dans le milieu.

1. À l'aide du principe de Fermat, expliquer rapidement pourquoi la lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène.
2. Quelle est l'unité du chemin optique $n \cdot d$?
3. Calculer, pour le trajet 1, la valeur de $n \cdot d$ dans le milieu 1 et dans le milieu 2 à l'aide notamment du théorème de Pythagore et de l'échelle indiquée sur le schéma. Effectuer la somme des deux résultats obtenus.
4. Effectuer le même raisonnement sur le trajet 2 dans le milieu 1 puis dans le milieu 2 puis faire la somme.
5. En déduire pourquoi la lumière se propage ici en utilisant le trajet 2 plutôt que le trajet 1.
6. Vérifier le respect de la loi de Snell-Descartes pour la réfraction en déterminant les sinus des angles incident et réfracté.



Données

- Indice du milieu 1: $n_1 = 1,00$;
- Indice du milieu 2: $n_2 = 1,80$.



HISTOIRE DES SCIENCES



Pierre de Fermat (1605-1665) affirme en 1657 (son mémoire sera publié en 1662) que la nature agit toujours par les voies les plus courtes et les plus simples. Cela lui fait penser que la lumière n'échappe pas à ce principe et choisit donc le trajet le plus rapide pour aller d'un point à un autre. De nombreux scientifiques se pencheront par la suite sur le sujet (Descartes, Lagrange, De Broglie) pour rendre ce principe de Fermat plus universel et plus mathématique.

28 Relation de conjugaison des lentilles minces convergentes

✓ APP : Extraire l'information utile

Dans ce chapitre, nous avons étudié la méthode graphique pour trouver la position et la taille de l'image en fonction de la position et la taille de l'objet en traçant les trois rayons caractéristiques.

Des constructions géométriques découlent des relations mathématiques appelées relations de conjugaison, qui permettent, mathématiquement, de relier les grandeurs citées. On se propose de retrouver expérimentalement cette relation de conjugaison.

On appelle \overline{OA} la position de l'objet par rapport à la lentille (valeur négative car l'objet est à gauche de la lentille) et $\overline{OA'}$ la position de l'image par rapport à la lentille (valeur positive car l'image est située à droite de la lentille).

Trois hypothèses sont possibles :

- \overline{OA} et $\overline{OA'}$ sont proportionnels ;
- \overline{OA} et $\overline{OA'}$ sont liés sous la forme $\overline{OA} = \overline{OA'} + k$ avec k une constante ;
- $\frac{1}{\overline{OA}}$ et $\frac{1}{\overline{OA'}}$ sont reliés sous la forme $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + k$.

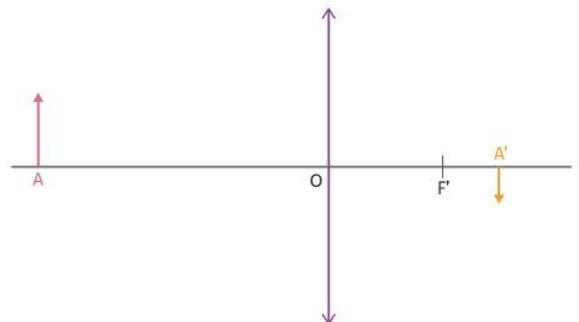
1. Proposer un protocole expérimental pour trouver quelle relation parmi les trois proposées est la bonne.

2. Une fois la bonne relation validée, comment faire pour trouver la constante k ?

3. Cette constante k correspond à l'inverse de la distance focale de la lentille. Conclure quant à l'expression complète de la relation de conjugaison en fonction de \overline{OA} , $\overline{OA'}$ et \overline{OF} .



Lentille mince convergente.



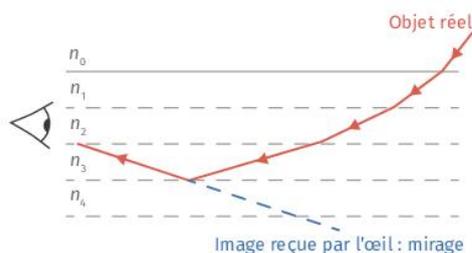
29 Mirages chaud et froid ?

✓ APP : Faire un brouillon comprenant un schéma précis

L'indice de réfraction d'un milieu peut dépendre de la longueur d'onde (milieu dispersif) mais aussi de la température : c'est ce qu'il se passe dans les mirages. Dans le cas des mirages dits chauds, l'air est bien plus chaud près du sol qu'en altitude ; les déviations successives des rayons issus du ciel dans les couches d'air (doc. 1) peuvent donner l'impression que le ciel se reflète sur le sol. Dans un mirage dit froid, plus les couches d'air sont à basse altitude, plus elles sont froides.

- Expliquer à l'aide d'un schéma approprié à la situation le phénomène de *Fata Morgana* présenté en première page du chapitre.

Doc. 1 Le mirage chaud



Doc. 2 Mirage sur une route d'Australie



30 Détermination d'une distance focale par la méthode de Silbermann

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes

La méthode de Silbermann consiste à obtenir avec une lentille convergente pour un objet réel une image réelle, inversée, symétrique de l'objet par rapport à la lentille et de même taille. On déplace la lentille de manière à obtenir un grandissement de -1 .

1. Reproduire la situation schématisée ci-dessous et en déduire la position de la lentille convergente.



2. Par le tracé de rayons particuliers, déterminer la distance focale $f' = \overline{OF'}$ de cette lentille convergente sachant que la distance algébrique $\overline{AA'}$ vaut 65,0 cm. On s'appuiera sur le théorème de Thalès pour la résolution de ce problème.

Retour sur la problématique du chapitre

31 Où pointe la flèche ?

✓ MOD : Utiliser les propriétés des ondes

1. En s'appuyant sur un schéma de la situation vu par le haut, tracer qualitativement mais avec soin le chemin parcouru par deux rayons issus des deux extrémités de la flèche et passant par l'intérieur du verre lorsque celui-ci est vide. Refaire un schéma identique lorsque le verre est rempli d'eau.
2. Le changement de sens observé peut-il s'expliquer par ce schéma ?



CLASSE
INVERSI

L'optique géométrique en autonomie

Objectifs :

- ➔ Préparer le cours en s'appropriant le vocabulaire et les notions concernant l'optique géométrique.
- ➔ Réaliser un bilan synthétique des notions abordées sous la forme d'un schéma.

A Phénomène de réflexion et de réfraction



Visionner la capsule vidéo « Les lois de Snell-Descartes » puis en utilisant l'application « Déviation de la lumière » : [LLS.fr/PC2P301](https://lls.fr/PC2P301).

1. Vérifier les lois de la réfraction et de la réflexion :

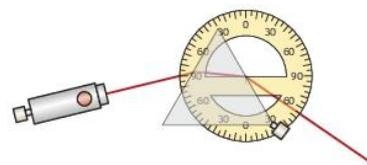
- pour plusieurs valeurs de l'angle d'incidence d'un rayon incident rouge (5 valeurs minimum) passant de l'air à l'eau. Utiliser le rapporteur pour mesurer les valeurs des différents angles ;
- pour plusieurs valeurs de l'angle d'incidence d'un rayon incident rouge (5 valeurs minimum) passant de l'air au verre. Utiliser le rapporteur pour mesurer les valeurs des différents angles ;
- pour plusieurs valeurs de l'angle d'incidence d'un rayon incident rouge (5 valeurs minimum) passant du verre à l'eau. Utiliser le rapporteur pour mesurer les valeurs des différents angles.

2. Qu'est-ce qui est différent dans la troisième situation par rapport aux deux premières concernant le phénomène de réfraction ?

CONSEILS :

- Prendre des notes pendant la vidéo.
- Trouver les mots-clés et les notions importantes.

3. Utiliser la simulation *Prismes et Cylindres* de cette même application.



Sélectionner le prisme à section triangulaire ainsi que le rapporteur à positionner à la sortie du prisme (voir schéma ci-dessus). Pour un rayon de couleur rouge, vert et bleu, relever la valeur de l'angle de réfraction à la sortie du prisme. Conclure.

- Sélectionner la source de lumière blanche. Était-ce prévisible ?
- Comment appelle-t-on ce phénomène mis en évidence ?

B Lentille mince convergente



Utiliser l'application « Optique géométrique » sur [LLS.fr/PC2P301](https://lls.fr/PC2P301). La ligne horizontale bleue traversant la lentille mince convergente est appelée axe optique, l'objet est à gauche, son image à travers la lentille est à droite. Les deux points marqués par une croix jaune sur l'axe optique sont appelés respectivement le foyer objet et le foyer image

de la lentille. Sélectionner les rayons principaux.



vidéo

1. Décrire le comportement du rayon lumineux émergent de la lentille mince :

- lorsqu'il passe par le centre de la lentille ;
- lorsqu'il est parallèle à l'axe optique ;
- lorsqu'il passe par le foyer objet de la lentille.

C Synthèse

À partir d'un exemple d'illusion d'optique impliquant le phénomène de réfraction, réaliser un schéma annoté en réinvestissant les notions abordées précédemment.

Numérique  genially

Retrouvez le jeu sérieux numérique sur [LLS.fr/PC2P301](https://lls.fr/PC2P301).

Signaux et capteurs

ESPRIT CRITIQUE



Un signal électrique est défini par une tension et une intensité électrique.

- Peut-il exister une tension électrique sans courant ?
- Peut-il exister un courant sans tension électrique ?

→ voir l'exercice 30, p. 320

Travailler

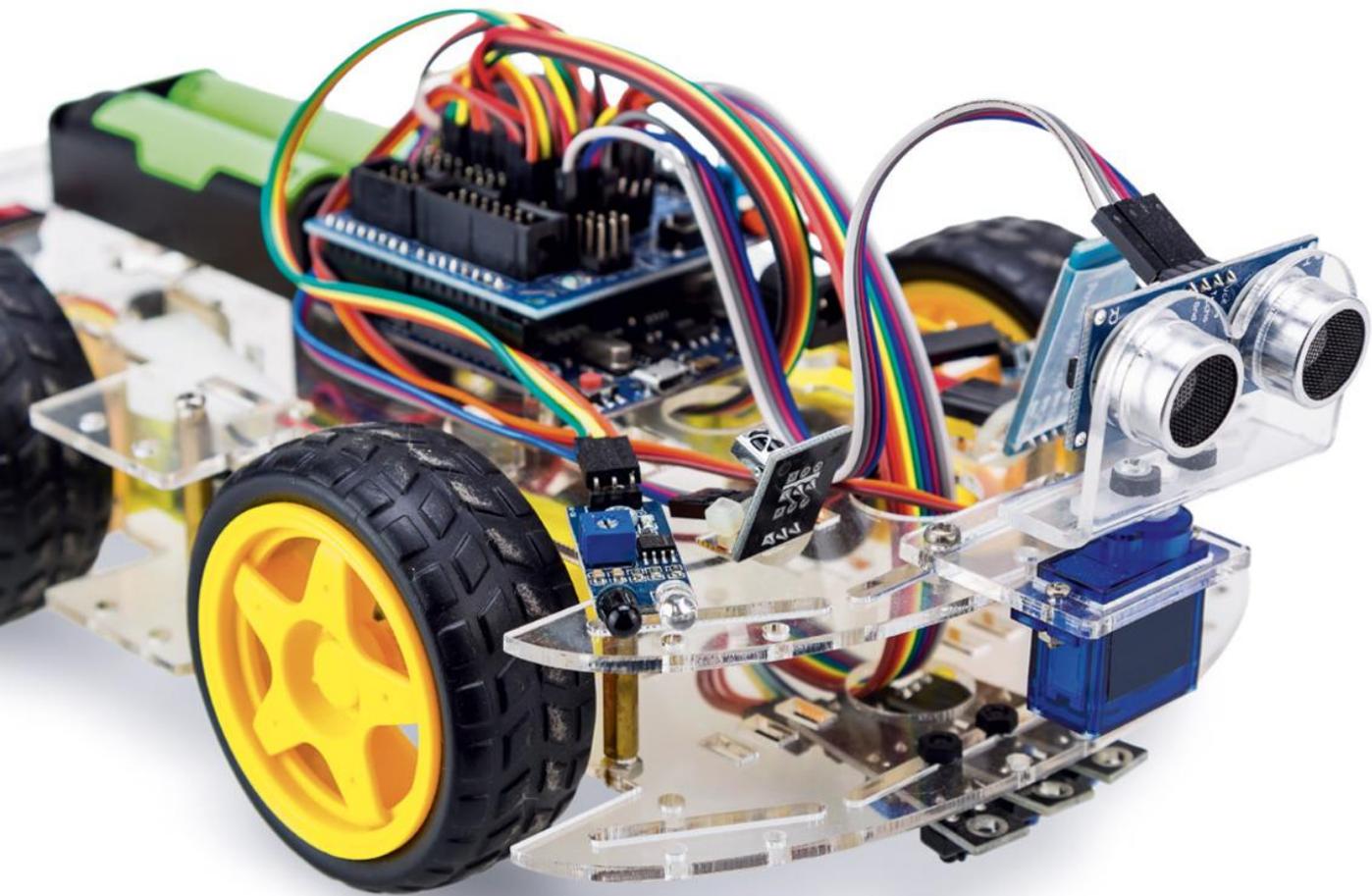
autrement

JEU SÉRIEUX

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire un jeu sérieux et apprendre à programmer la maison du futur ! LLS.fr/PC2P302

Voir p. 321





→ Quels sont les capteurs nécessaires pour permettre un déplacement autonome de ce robot ? Comment exploiter les signaux électriques délivrés par des capteurs ?

→ Activité découverte 1, p. 304

À maîtriser pour commencer

- › Le circuit électrique est une suite continue de dipôles
- › Association en série et en dérivation
- › Savoir reconnaître une situation de proportionnalité

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! LLS.fr/PC2P303

Objectifs du chapitre

- ▣ Exploiter la loi des mailles et la loi des nœuds
- ▣ Utiliser la loi d'Ohm
- ▣ Représenter un nuage de points associé à une caractéristique et modéliser une caractéristique
- ▣ Exploiter la caractéristique d'un dipôle : point de fonctionnement et modélisation
- ▣ Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur

1 Découverte d'un robot piloté par Arduino

Le robot d'exploration permet d'explorer des endroits hostiles ou difficiles d'accès pour l'Homme en se déplaçant sans aide humaine.

→ Quels sont les capteurs nécessaires pour permettre le déplacement autonome du robot ?

Par intuition

Comment un petit véhicule robotisé peut-il suivre un parcours prédéfini de manière autonome ?

Doc. 1 Module à ultrasons HC SR-04



Ce module permet de mesurer la distance qui le sépare d'un obstacle.

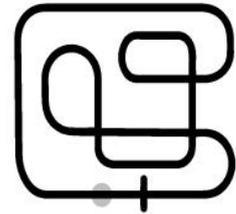
Il envoie une impulsion acoustique

ultrasonore très courte d'une durée de 10 μ s et mesure la durée écoulée jusqu'à la réception d'un écho. Il se comporte donc tantôt comme émetteur, tantôt comme récepteur de l'onde sonore.

Doc. 2 Module de suivi de ligne blanche/noire



Ce module permet de détecter une ligne blanche (ou noire, selon son paramétrage) sur le sol. Il doit être connecté à une des entrées numériques d'un microcontrôleur Arduino.



Le module délivre une tension électrique qui dépend de la couleur du sol : 0 V (état bas, ligne noire) ou 5 V (état haut, ligne blanche). Pour fonctionner, ce capteur doit être connecté ainsi :

- la borne **V+** doit être connectée à une tension constante de +5 V ;
- la borne **S** (pour SIGNAL) doit être connectée à une entrée numérique du microcontrôleur ;
- la borne **G** doit être connectée à une masse (référence zéro volt ou GND, GROUND).

Doc. 3 Le microcontrôleur UNO



Compétence

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

- 1. Doc. 1** Expliquer à l'aide d'un schéma le trajet suivi par l'onde ultrasonore, une fois émise par l'émetteur à ultrasons du capteur HC SR-04.
- 2. Doc. 2** Le robot suit une ligne blanche dessinée sur le sol. Quelle est la valeur de la tension électrique délivrée par le module de suivi de ligne blanche ? Que va-t-il se passer lorsque le robot va rencontrer une ligne noire sur le sol ?
- 3. Doc. 3** Indiquer comment brancher sur le microcontrôleur les trois connecteurs du module de suivi de ligne blanche en utilisant l'entrée numérique n° 8 (DIGITAL).



Retrouver la fiche méthode Arduino en ligne [LLS.fr/PC2P304](https://lls.fr/PC2P304).

Synthèse de l'activité

Quels sont les deux capteurs nécessaires au robot pour lui assurer un déplacement autonome ?

2 Loi des nœuds, loi des mailles, loi d'Ohm 90'

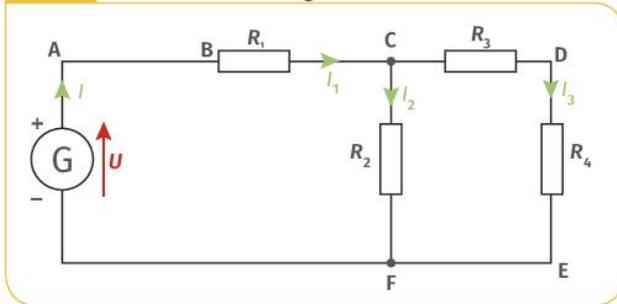
Si l'on place deux lampes en série dans un circuit, leur luminosité est plus faible que lorsqu'elles sont seules. Ce phénomène n'a pas lieu lorsqu'elles sont branchées en dérivation.

→ Quelles lois permettent d'expliquer ces observations ?

Par intuition

Pour quelle raison le branchement en dérivation permet-il d'éviter la perte de luminosité ?

Doc. 1 Schéma du montage

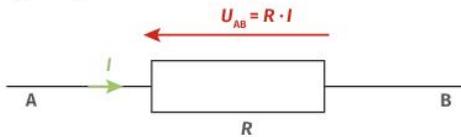


Doc. 2 Matériel nécessaire

- Générateur de tension : 12 V ;
- Plaque de câblage et fils électriques ;
- Dipôles ohmiques : $R_1 = R_3 = 220 \Omega$ et $R_2 = R_4 = 470 \Omega$;
- 2 multimètres.

Rappel Représenter une tension

Comment flécher une tension électrique aux bornes d'un dipôle pour que la valeur soit positive ?



Méthode Choisir le calibre d'un multimètre

Le calibre est la valeur maximale que l'appareil peut mesurer. Si on connaît à peu près la valeur de la mesure, on choisit le calibre immédiatement supérieur. Sinon, on commence par choisir le calibre le plus grand pour éviter d'endommager l'appareil et on l'adapte ensuite.



Compétence

✓ RÉA : Effectuer des mesures

Analyse et câblage et du circuit

1. **Doc. 1** Reproduire le schéma du montage et flécher les tensions U_1 , U_2 , U_3 et U_4 avec les bornes des résistances. Déterminer le nombre de mailles du circuit, les nommer et donner le nom des nœuds électriques.
2. Réaliser le circuit du **doc. 1** en respectant les valeurs de résistances indiquées. Régler la tension du générateur sur 12 V.

Mesures électriques

3. Mesurer toutes les grandeurs tensions et intensités du montage à l'aide de l'appareil de mesure adapté → **Fiche méthode en ligne** ([LLS.fr/PC2P305](https://lls.fr/PC2P305)). Rassembler toutes les mesures dans un tableau.

Vérification des lois par le calcul (voir cours p. 309)

4. Vérifier la validité de la loi des nœuds à l'aide des intensités mesurées.
5. Vérifier par le calcul la validité de la loi des mailles.
6. En utilisant la loi d'Ohm, calculer les valeurs des résistances du circuit et les comparer avec les valeurs marquées sur celles-ci.

Synthèse de l'activité

Comment expliquer la diminution de luminosité de deux lampes dans un montage en série par rapport à un montage en dérivation ? Cette explication est-elle toujours valable dans le cas d'un générateur limité en intensité ?

3 Point de fonctionnement d'un circuit électrique



Chaque dipôle est caractérisé par une représentation graphique $I = f(U)$ donnant l'intensité qui le parcourt en fonction de la tension à ses bornes. C'est la caractéristique du dipôle, sorte de « carte d'identité » du composant.

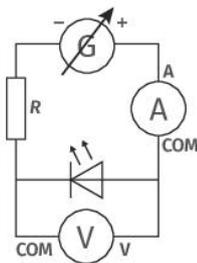
→ Comment tracer et exploiter graphiquement la caractéristique d'un dipôle ?

Par intuition

La tension aux bornes de la diode dépend-elle de la diode ou du générateur ?

Doc. 1 Tracé de la caractéristique d'un dipôle

Le montage électrique ci-contre permet de tracer la caractéristique d'une DEL. Le générateur réglable permet de faire varier la tension électrique. La résistance $R = 220 \Omega$ est une résistance de protection.



Pour cela :

- faire varier la tension U aux bornes du générateur entre 0 et 5 V par pas de 0,5 V ;
- mesurer la valeur de l'intensité I qui traverse le dipôle.

Doc. 2 La diode

La diode est un dipôle non linéaire et polarisé. Sa principale propriété est de ne laisser passer le courant que dans un seul sens, dit sens passant, à condition que la tension entre ses bornes soit supérieure à une tension seuil notée U_s . La diode électroluminescente (DEL) a également la propriété d'émettre de la lumière, uniquement si elle est dans le sens passant.



Point maths Tracer une fonction

Pour tracer la représentation graphique de $I = f(U)$, il faut mettre U en abscisse et I en ordonnée.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver une vidéo présentant le tracé d'une caractéristique.

LLS.fr/PC2P306

Doc. 3 Matériel nécessaire

- Un générateur de tension réglable entre 0 et 5 V ;
- Une diode électroluminescente ;
- Un voltmètre ;
- Un ampèremètre ;
- Des fils de connexion ;
- Du papier millimétré ou tableur grapheur ;
- Une résistance de résistance $R = 220 \Omega$.

Compétences

- ✓ RÉA : Élaborer un protocole
- ✓ RÉA : Effectuer des mesures

- 1. Doc. 1** Décrire le mode opératoire à suivre pour tracer la caractéristique de la diode, en formulant des étapes.
- Réaliser le montage électrique du **doc. 1** et tracer la caractéristique $I = f(U)$ de la diode sur papier millimétré ou avec un logiciel tableur-grapheur.
- Superposer sur le graphique obtenu la caractéristique du générateur réel dont l'équation mathématique est $U = E - r \cdot I$ ou encore $I = \frac{E}{r} - \frac{U}{r}$. On prendra $E = 5 \text{ V}$ et $r = 250 \Omega$.
- Les deux courbes obtenues sont sécantes en un point unique appelé point de fonctionnement du circuit. Relever les coordonnées (U, I) de ce point d'intersection et en déduire la valeur de l'intensité du courant dans le circuit et la valeur de la tension aux bornes de la diode. Conclure.

Synthèse de l'activité

La tension aux bornes de la diode dépend-elle de la diode ou du générateur ?

4 Modulateur de luminosité 60'

La gestion de la luminosité d'un écran de smartphone permet d'économiser la batterie lorsqu'il fait sombre (l'écran est moins lumineux) ou de le rendre très lumineux pour une utilisation en plein jour.

→ **Comment créer un modulateur de lumière similaire à celui d'un smartphone avec un microprocesseur Arduino ?**

Par intuition

Comment évolue la valeur d'une photorésistance en fonction de la lumière ambiante ?

Doc. 1 Matériel nécessaire

- Un microcontrôleur Arduino UNO ou assimilé et son câble USB ;
- Une diode électroluminescente (DEL) ;
- Une platine de prototypage ;
- Une photorésistance de $1\text{ M}\Omega$;
- Un résistor de $10\text{ k}\Omega$ et un de $1\text{ k}\Omega$;
- Un ohmmètre.

Doc. 3 Programme Arduino du modulateur

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); }

void loop() {
  int mesure = analogRead(A0);
  int reference=730; // Valeur seuil à affiner
                  // selon l'éclairage.
  int sortie=map(mesure,reference,1023,0,255);
  analogWrite(6,255-sortie);
  delay(100); }
```

Numérique

Téléchargez le code Arduino du modulateur.

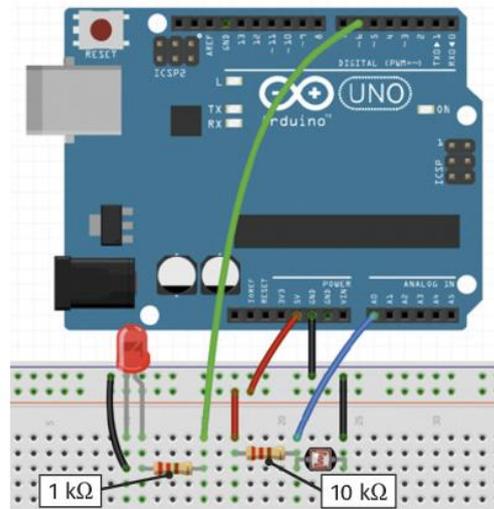
[LLS.fr/PC2P307](https://lls.fr/PC2P307)

Compétence

✓ MATH : Utiliser un langage de programmation

Doc. 2 Montage Arduino

Câbler d'abord la partie photorésistance puis la partie diode. La couleur des fils n'a aucune importance mais contribue à la clarté du montage. Attention aux sacs de nœuds !



Qu'est-ce qu'un pin ?

Le mot *pin* désigne une broche de connexion, c'est-à-dire un endroit où il est possible d'insérer un fil de connexion sur Arduino.

1. **Doc. 1** Proposer une expérience permettant d'établir la variation de la résistance du capteur de lumière en fonction de l'éclairage ambiant.
2. **a. Doc. 2** Reproduire le schéma et flécher la tension aux bornes du capteur de lumière. En déduire le nom des deux *pins* sur l'Arduino entre lesquels se mesure cette tension.
 - b. Doc. 2** Pourquoi faut-il ajouter une résistance de $1\text{ k}\Omega$ (marron-noir-rouge) en série avec la diode ?
3. **Doc. 3** Quelle action est réalisée avec la ligne de code : `int mesure = analogRead(A0);` ?
4. **Doc. 3** Quels *pins* de l'Arduino permettent l'alimentation électrique de la LED ?

Synthèse de l'activité

En quelques phrases, résumer comment évolue la tension aux bornes d'une photorésistance quand l'éclairage augmente, et comment évolue alors la tension aux bornes de la LED dans ce montage.

1 Le circuit électrique

A Généralités

➤ Un circuit électrique est composé d'au moins un générateur, un récepteur (résistance, moteur, DEL, etc.) et des fils de connexion.

Un **dipôle** est un élément d'un circuit électrique possédant deux bornes.

Un **nœud** est une connexion qui relie au moins trois dipôles entre eux. Sur le circuit modèle, C et F sont des nœuds électriques.

Une **maille** est un chemin fermé, ne comportant pas forcément de générateur. Le circuit modèle possède trois mailles : (ABCFA), (ABC-DEFA) et (CDEFC).

➤ Il existe deux types d'association des dipôles entre eux, l'association en série et l'association en dérivation :

- deux dipôles sont en série s'ils sont situés dans la même maille et ne sont pas séparés par un nœud ;
- deux dipôles sont en dérivation si leurs bornes sont connectées aux mêmes nœuds.

Sur le circuit modèle, l'ampèremètre et la résistance R_1 sont associés en série (ils sont donc traversés par un courant de même intensité). Les résistances R_2 et R_3 sont associées en dérivation.

B Définition de l'intensité du courant

➤ Le courant électrique est un mouvement d'ensemble de particules chargées, appelées porteurs de charge. Dans un circuit électrique, ce sont les électrons, chargés négativement, qui sont mis en mouvement par le générateur.

L'intensité du courant est une grandeur quantifiant le nombre d'électrons qui traversent un fil ou un dipôle en une seconde.

L'intensité I s'exprime en ampère noté **A**.

➤ On mesure l'intensité d'un courant avec un ampèremètre toujours placé en série. Sur le circuit modèle, l'ampèremètre A mesure la valeur de l'intensité I . Le symbole de l'ampèremètre est : 

C Définition de la tension électrique

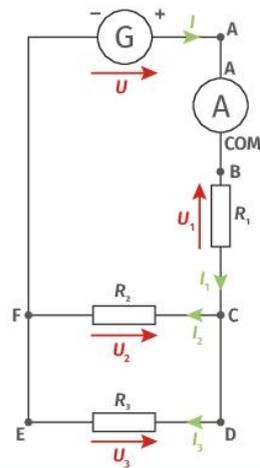
La tension électrique est une grandeur caractérisant une différence d'état électrique entre deux points d'un circuit.

On a choisi de la représenter par une flèche. Ainsi, dans le circuit modèle, la tension U_2 est égale à la tension U_{CF} (la flèche pointe vers C). La tension U_{AB} (la flèche pointe vers A) est égale à $-U_{BA}$ (la flèche de U_{BA} pointe vers B).

La tension U s'exprime en volt noté **V**.

➤ La tension électrique aux bornes d'un dipôle se mesure avec un voltmètre toujours placé en dérivation sur les bornes de ce dipôle. Le symbole du voltmètre est : 

Doc. 1 Circuit modèle

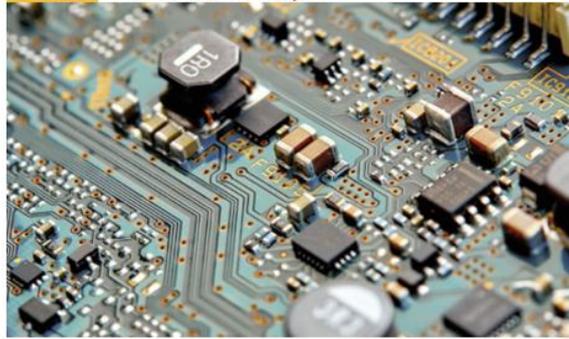


Pas de malentendu



➤ Seuls les points C et F sont des nœuds électriques. Les autres points A, B, D et E ont été ajoutés pour faciliter la lecture du schéma de montage et l'écriture des tensions.

Doc. 2 Circuit électronique

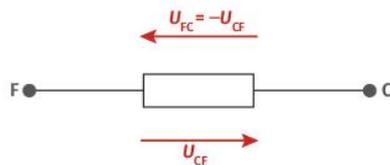


Éviter les erreurs



➤ On a choisi ici d'écrire une maille entre parenthèses et de nommer les points du circuit qui appartiennent à la maille.

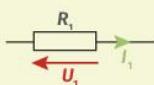
Doc. 3 Écriture d'une tension



2 Relations entre grandeurs électriques

A La loi d'Ohm

La loi d'Ohm relie la tension aux bornes d'un résistor (une « résistance ») et l'intensité du courant qui le traverse.



Son expression est $U = R \cdot I$.

U est exprimée en volt (V), I en ampère (A) et R en ohm (Ω). On aura ici $U_1 = R_1 \cdot I_1$.

> **Une convention d'écriture importante** : pour que les tensions représentées correspondent à des valeurs **positives** de tension, l'orientation des flèches de tension est importante. Dans le cas d'un générateur, la flèche représentant la tension est orientée dans le même sens que le sens de parcours du courant électrique.

Dans le cas d'un dipôle récepteur passif comme une résistance par exemple, la flèche représentant la tension est orientée dans le sens opposé au sens de parcours du courant électrique.

B Relation entre les intensités

> La quantité d'électrons qui **circulent** dans le circuit se conserve. La loi des nœuds traduit cette conservation : en C et en G, le courant se divise en deux parties, qui peuvent être égales ou non (**doc. 4**).

Loi des nœuds (doc. 4) : la somme des courants entrant à un nœud est égale à la somme des courants sortant $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$.

S'il n'y a pas de nœuds, comme pour deux dipôles associés en série, alors l'intensité reste la même.

C Relation entre les tensions

Loi des mailles : la somme des tensions des dipôles le long d'une maille est égale à 0 V.

Ainsi, en parcourant la maille (AGFEDCBA) du **doc. 5** dans le sens des pointillés verts, on peut écrire $U_{AA} = 0$ V soit :

$U_{AG} + U_{GF} + U_{FE} + U_{ED} + U_{DC} + U_{CB} + U_{BA} = 0$ V, et en s'appuyant sur le **doc. 5** : $0 + 0 - U_{EF} - U_{DE} + 0 + 0 + U_{BA} = 0$ V donc :

$$U_{BA} = U_{DE} + U_{EF}$$

On retrouve **la loi d'additivité des tensions pour des dipôles en série**.

> Par ailleurs, en parcourant la maille (ABCGA) du **doc. 5** dans le sens des pointillés bleus, on peut écrire $U_{AA} = 0$ V soit :

$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CG} + U_{GA} = 0$$

et en s'appuyant sur le **doc. 5** : $U_{AB} + 0 + U_{CG} + 0 = 0$ V d'où :

$$U_{BA} = U_{CG}$$

On retrouve ici **la loi d'unicité des tensions sur deux branches en dérivation**.

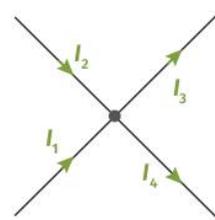
Remarque : On considère que la tension est nulle aux bornes d'un fil électrique. $U_{BC} = U_{CD} = U_{AG} = U_{GF} = 0$ V

Éviter les erreurs

→ La résistance électrique d'un dipôle est une grandeur qui se mesure avec un multimètre en mode ohmmètre. Le dipôle doit être déconnecté du circuit pour effectuer la mesure.

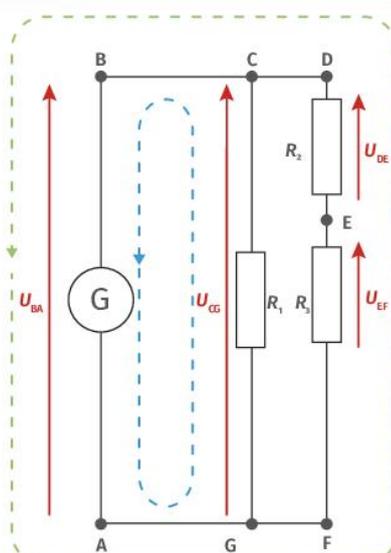


Doc. 4 Un nœud d'un circuit



$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

Doc. 5 Associations de résistors



Numérique

Retrouvez une vidéo présentant la loi des mailles et la loi des nœuds.

[LLS.fr/PC2Lois](https://lls.fr/PC2Lois)

3 Caractéristiques d'un dipôle

A De quoi s'agit-il ?

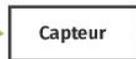
Un dipôle est caractérisé par la relation entre la tension à ses bornes et l'intensité du courant qui le traverse. Cette relation peut être représentée par une courbe du type $U = f(I)$ ou $I = g(U)$ comme celles du **doc. 3**. C'est la caractéristique du dipôle.

Dans le cas d'un résistor, la courbe peut être modélisée par une droite dont l'équation associée est de type $y = a \cdot x$ (droite passant par l'origine). Ce cas n'est pas généralisable aux autres types de dipôles (**doc. 6**).

4 Capteurs

En entrée :

Mesure d'une grandeur physique (pression, température, taux d'humidité, intensité lumineuse, masse, etc.)



En sortie :

Signal électrique (numérique, analogique ou logique)

A Généralités

Dans le domaine de la santé, de nombreux capteurs permettent de surveiller les grandeurs physiques du corps humain en temps réel, comme le capteur de pulsation cardiaque, le capteur de saturation en dioxygène (O_2) ou encore le capteur de température.

Un capteur permet de transformer une grandeur physique mesurable en une grandeur exploitable par un dispositif de commande. La grandeur de sortie est souvent une tension électrique.

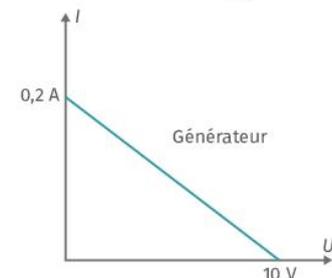
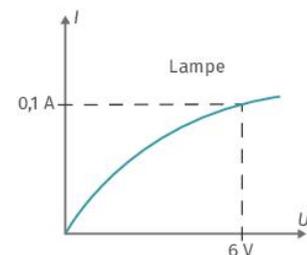
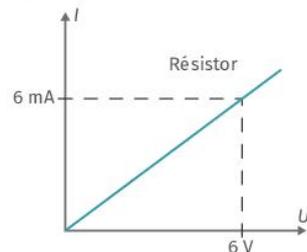


B Les capteurs en électricité

Certains dipôles sont couramment utilisés comme capteurs : la photorésistance (capteur d'éclairage), la thermistance (capteur de température), le capteur de mouvement, le pressostat (capteur de pression), le capteur de champ magnétique.

Ces capteurs permettent l'automatisation de certaines tâches, en interaction avec un microcontrôleur de type Arduino.

Doc. 6 Caractéristiques d'une lampe et d'un résistor

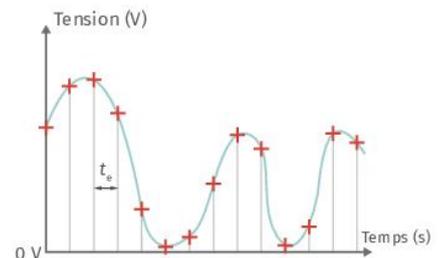


Pas de malentendu



Ne pas confondre les termes analogique, numérique et logique :

- Le **signal analogique** est composé d'une infinité de valeurs (en bleu).



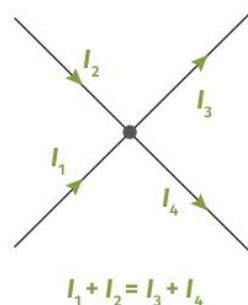
- Le **signal numérique** n'est composé que d'un nombre fini de valeurs (points rouges). C'est le cas d'un son enregistré au format mp3.
- Le **signal logique** ne peut prendre que deux états : l'état haut (1 ou HIGH) ou l'état bas (0 ou LOW) :



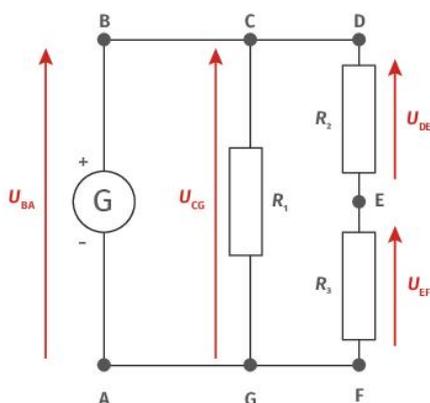
La loi des nœuds

La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui partent de ce nœud.

Ceci se traduit dans cet exemple par $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$.



La loi des mailles



La loi des mailles : la somme des tensions des dipôles le long d'une maille est égale à 0 V.

En parcourant la maille (AGFEDCBA), on peut écrire $U_{AA} = 0$ V soit :

$$U_{AG} + U_{GF} + U_{FE} + U_{ED} + U_{DC} + U_{CB} + U_{BA} = 0 \text{ V,}$$

et en s'appuyant sur le schéma : $0 + 0 - U_{FE} - U_{DE} + 0 + 0 + U_{BA} = 0$ V

donc : $U_{BA} = U_{DE} + U_{EF}$

On retrouve ici **la loi d'additivité des tensions pour des dipôles en série.**

En parcourant la maille (ABCGA), on peut écrire $U_{AA} = 0$ V soit :

$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CG} + U_{GA} = 0 \text{ V et en s'appuyant sur le schéma du circuit :}$$

$$U_{AB} + 0 + U_{CG} + 0 = 0 \text{ V d'où : } U_{BA} = U_{CG}$$

On retrouve ici **la loi d'unicité des tensions sur deux branches en dérivation.**

Les limites des capteurs

Le capteur délivre en sortie une tension électrique qui dépend de la grandeur mesurée en entrée. Le signal délivré en sortie peut être « faussé » de multiples manières :

- les variations de température, de pression, d'humidité ou encore une perturbation par un champ magnétique extérieur (présence d'un aimant au voisinage immédiat du capteur, etc.) peuvent modifier la valeur mesurée ;
- chaque capteur possède un temps de réaction propre. Il peut être nécessaire d'espacer dans le temps des mesures successives ;

- les capteurs ont une précision et une plage de mesure dépendant de leur technologie et de leur prix. Il convient de trouver un compromis coût/efficacité, selon les mesures à effectuer et la précision attendue.

Notons également que le microcontrôleur Arduino peut convertir un signal d'entrée analogique en un signal numérique. Cette opération appelée conversion analogique/numérique est limitée à des signaux de fréquence 1 kHz maximum pour Arduino.

Numérique

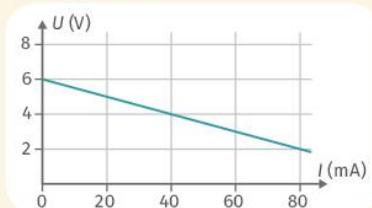
Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour réaliser un schéma et reprendre les principales notions du chapitre. LLS.fr/PC2P311

1 Tension et courant

	A	B	C
1. Dans un circuit composé d'une seule maille :	les tensions aux bornes des dipôles sont égales.	la loi des nœuds s'applique.	l'intensité du courant est la même partout.
2. La tension aux bornes d'un fil conducteur est toujours :	nulle.	non nulle.	égale à la tension aux bornes du générateur.

2 Caractéristique d'un générateur

Répondre aux questions suivantes en utilisant la représentation graphique de la caractéristique $U = f(I)$ du générateur :



1. Ce dipôle respecte-t-il la loi d'Ohm ?	Oui, car sa caractéristique est une droite.	Oui, car U et I sont deux grandeurs proportionnelles.	Non, car U et I ne sont pas deux grandeurs proportionnelles.
2. Quelle est la valeur de la tension à vide E du générateur, c'est-à-dire la tension à ses bornes lorsqu'il ne débite aucun courant ?	$E = 0 \text{ V}$.	$E = 6 \Omega$.	$E = 6 \text{ V}$.
3. Lorsque l'intensité qui traverse le générateur augmente, la tension à ses bornes :	est constante.	augmente fortement.	diminue régulièrement.
4. La résistance interne R d'un générateur est égale à la valeur absolue du coefficient directeur de sa droite caractéristique. Sa valeur est :	10 V .	20Ω .	50Ω .
5. Par quelle équation mathématique peut-on modéliser la caractéristique de ce dipôle ?	$U = R \cdot I$.	$U = E - R \cdot I$.	$U = E + R \cdot I$.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver les QCM autocorrigés et des questions supplémentaires. LLS.fr/PC2P312

3 Questions Jeopardy

• Formuler pour chaque proposition une question dont la réponse serait :

a. Cet appareil de mesure est un voltmètre.

b. Cette grandeur s'exprime en ohm.

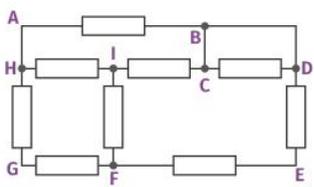
Savoir-faire - Parcours d'apprentissage (Solution des exercices du parcours d'apprentissage p. 349)

Exploiter la loi des mailles et la loi des nœuds	8	DIFF	27
Utiliser la loi d'Ohm	16		27
Modéliser à l'aide d'un langage de programmation	16		
Utiliser la caractéristique d'un dipôle	16	17	23
Utiliser un dispositif avec capteur			23

Pour s'échauffer

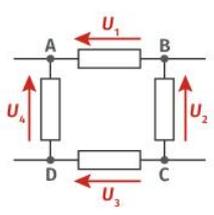
4 Un peu de vocabulaire

Dans le circuit suivant, nommer les nœuds et les mailles.



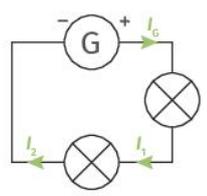
5 Loi des mailles

- Justifier que le circuit ABCDA représente une maille.
- Quelle relation existe-t-il entre les tensions U_1, U_2, U_3 et U_4 ?



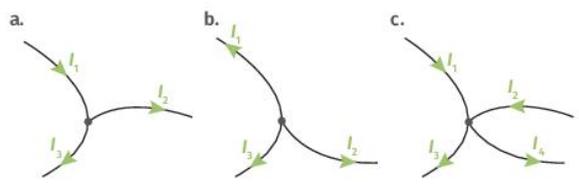
6 Intensité et dipôles associés en série

- Dans le circuit suivant, donner la relation existant entre les grandeurs I_G, I_1 et I_2 .
- Que deviennent les valeurs des intensités si l'ordre des dipôles dans la maille est changé ?



7 Loi des nœuds

Trouver une relation entre les différentes intensités, lorsqu'elle existe.



Pour commencer

Loi des mailles

8 Calculs de tensions

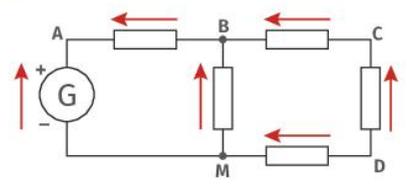
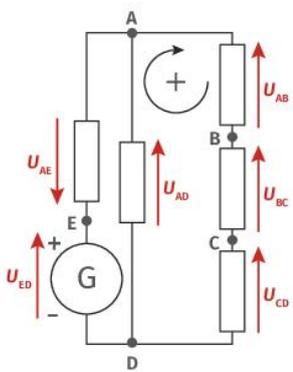
VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

1. Dans la maille (ABCD) :

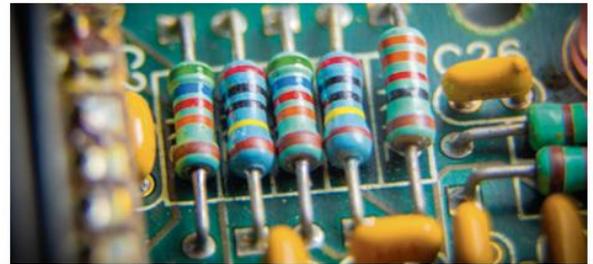
- Déterminer U_{AD} en fonction des autres tensions de la maille.
- Calculer U_{AD} avec $U_{AB} = 2\text{ V}$, $U_{BC} = 3\text{ V}$ et $U_{CD} = 4\text{ V}$.

2. Dans la maille ADEA :

- Déterminer U_{ED} en fonction des autres tensions de la maille.
- Calculer U_{ED} avec $U_{AE} = 3\text{ V}$.



- Recopier et annoter sur le schéma les différentes tensions électriques (par exemple la tension aux bornes du générateur sera notée U_{AM}).
- Établir les relations entre les tensions pour les mailles MABM et BCDMB.
- Calculer les valeurs des tensions U_{BM} et U_{BC} .



Résistances dans un circuit.

9 Nommer et calculer des tensions

VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

On donne $U_{AM} = 12\text{ V}$; $U_{AB} = 2\text{ V}$; $U_{CD} = 1\text{ V}$; $U_{MD} = -4\text{ V}$.

Loi d'Ohm

10 Calculer une résistance avec la loi d'Ohm

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

- À l'aide du conducteur ohmique ci-contre, calculer la résistance R d'un résistor traversé par un courant d'intensité 5 mA et ayant une tension de 5 V entre ces bornes.
- Vérifier sur internet que la valeur de la résistance calculée à la question 1. correspond bien aux anneaux de couleur de la photo (marron-noir-rouge).



HISTOIRE DES SCIENCES

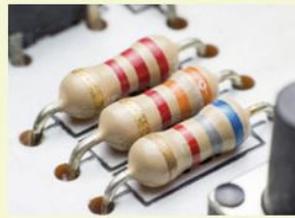
Ses travaux de recherche ont permis à Georg Ohm (1789-1854) de formuler en 1827 une relation mathématique entre la tension électrique aux bornes d'un conducteur métallique (exprimée en volt V) et

l'intensité I du courant qui le traverse (exprimée en ampère A).

La loi d'Ohm se présente sous la forme d'une relation de proportionnalité : $U = R \cdot I$, dans laquelle R désigne la résistance électrique du conducteur métallique, exprimée en ohm (symbole Ω).



REMARQUE : LE CONDUCTEUR OHMIQUE



Le conducteur ohmique est un dipôle pour lequel la loi d'Ohm s'applique. Sa principale propriété est d'opposer une résistance au passage du courant électrique. Il est souvent appelé résistor ou résistance. Il y a parfois confusion entre la résistance (l'objet) et la résistance R (la grandeur physique qui caractérise le conducteur ohmique, et qui s'exprime en ohm).

11 Calculer une intensité

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

Le résistor d'un grille-pain de valeur $R = 33 \Omega$ a une tension de 230 V entre ses bornes.

- Calculer l'intensité du courant qui le traverse.

12 Calculer une tension

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques

Un fil de connexion de résistance $R = 15 \text{ m}\Omega$ est parcouru par une intensité I égale à 20 mA.

- Calculer la tension U entre ses bornes.
- Est-il justifié de considérer les tensions aux bornes des fils de connexion comme nulle ?

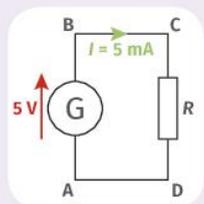
Une notion, trois exercices

DIFFÉRENCIATION

□ Savoir-faire : Utiliser la loi des mailles et la loi des nœuds

13 Calcul d'une résistance (1)

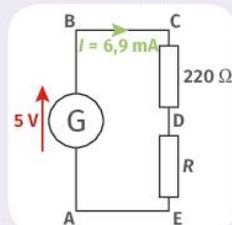
✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques



- Calculer la valeur de la résistance R en utilisant les relations existant entre les grandeurs tension et intensité.

14 Calcul d'une résistance (2)

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques



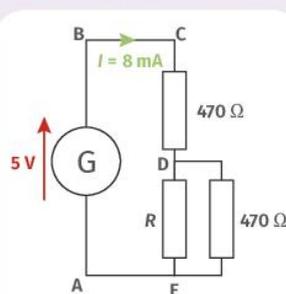
- Calculer la valeur de la résistance R .

Rappel

Pour résoudre ces exercices, de difficulté croissante, il faut utiliser la loi d'Ohm, la loi des mailles et la loi des nœuds.

15 Calcul d'une résistance (3)

✓ VAL : Appliquer une relation entre des grandeurs physiques



- Calculer la valeur de la résistance R .

Modéliser la caractéristique d'un dipôle



Énoncé

On a relevé l'intensité parcourant un dipôle pour des tensions variables.

U (V)	0	0,67	1,27	2,03	2,73	3,49	4,21	4,94
I (mA)	0	3,0	5,7	9,1	12,3	15,7	19,0	22,3

1. Représenter ce nuage de points $U = f(I)$ avec le langage de programmation Python, à l'aide de la fiche méthode. Utiliser des symboles « + » de couleur bleue.
2. Superposer à ces points expérimentaux la représentation graphique d'un modèle mathématique, du type application linéaire $a \cdot x + b$, en rouge, en prenant $a = 150$ et $b = 2$.
Faire varier les valeurs de a et de b afin que la droite modèle s'approche au plus près des points expérimentaux.
3. Ce dipôle est-il bien un résistor ? Justifier. Préciser la valeur de la résistance du résistor.

Solution rédigée

1. La représentation du nuage de points se fait en codant :

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 #Liste des tensions
3 ListeDesY=[0,0.67,1.27,2.03,2.73,3.49,4.21,4.94]
4 #Liste des intensités correspondantes
5 ListeDesX=[0,0.003,0.0057,0.0091,0.0123,0.0157,0.019,0.0223]
6 #Tracé des points expérimentaux
7 plt.plot(ListeDesX, ListeDesY, 'k+')
8 plt.show()
```

2. Le tracé de la courbe se fait en codant :

```
10 def modele(liste) :
11     #Initialisation
12     ListeDesYModele=[]
13     #Choix des paramètres du modèle linéaire
14     a=220
15     b=0
16     for x in liste :
17         ListeDesYModele.append(a*x+b)
18     return(ListeDesYModele)
19 #Tracé de la courbe modèle
20 plt.plot(ListeDesX,modele(ListeDesX), 'r-')
```

3. Ce dipôle est un résistor car sa caractéristique est une droite passant par l'origine du repère. La loi d'Ohm est vérifiée. Pour les valeurs $b = 0$ et $a = 220$, la droite modèle est au plus près des points expérimentaux. On en déduit : $R = 220 \Omega$. Le graphique est donné ci-contre.

Numérique

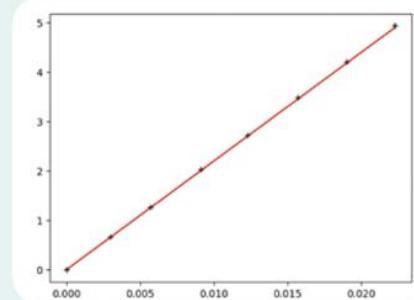
Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour refaire cet exercice sur la console Python en ligne. LLS.fr/PC2P315

ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

1. Utiliser le module **matplotlib** pour représenter les points expérimentaux. Bien l'importer avec le mot-clé **import**.
2. Initialiser une **listeDesXModele** qui contient les valeurs des ordonnées calculées avec le modèle mathématique.

POUR BIEN RÉPONDRE

1. Stocker les abscisses et les ordonnées des points dans deux listes distinctes.
2. Initialiser une 2^e liste des ordonnées qui contiendra les ordonnées calculées à partir du modèle mathématique. On utilise une boucle **for** pour parcourir totalement la liste **listeDesX** et calculer toutes les ordonnées correspondantes.
3. Faire le lien entre la valeur du coefficient directeur de la droite modèle et la valeur de la résistance du résistor.



16 Mise en application

- De la même manière, déterminer la résistance du résistor pour les mesures expérimentales suivantes.

U (V)	0	0,67	1,45	2,16	2,79	3,83	4,62	5,68	6,48
I (mA)	0	1,4	3,1	4,6	6,0	8,2	9,9	12,2	14,0

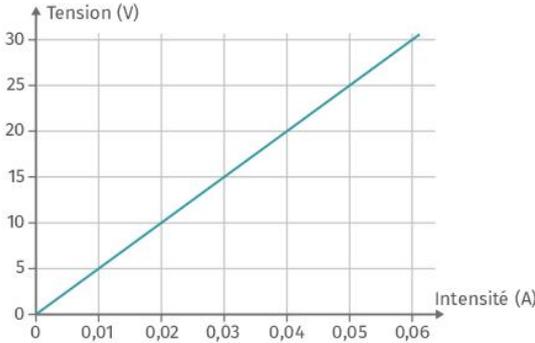
Pour s'entraîner

Caractéristique d'un dipôle

17 Utilisation de la caractéristique d'un dipôle

✓ MATH : Pratiquer le calcul numérique

On donne la caractéristique d'un dipôle.

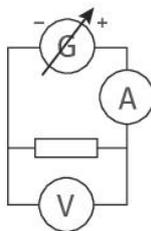


1. Ce dipôle peut-il être assimilé à un résistor ? Justifier.
2. Calculer la valeur de la résistance de ce dipôle en utilisant le graphique ci-dessus.

18 Comment tracer expérimentalement la caractéristique d'un dipôle ?

✓ ANA : Justifier un protocole

On effectue le montage suivant afin de tracer la caractéristique d'un résistor.

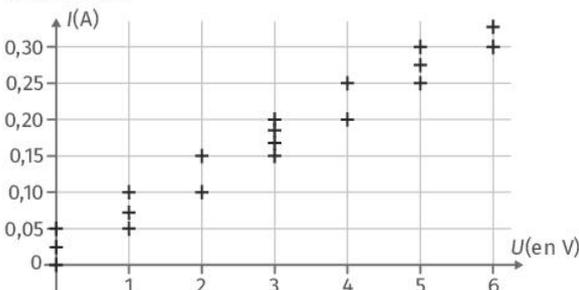


1. Indiquer comment se nomment les appareils de mesure notés A et V.
2. Indiquer leur rôle et leur mode de branchement (série ou dérivation).
3. Décrire le mode opératoire à suivre pour tracer la caractéristique du résistor étudié, en formulant des étapes. (On pourrait alors obtenir expérimentalement les valeurs de l'exercice 17).

19 Un bon tracé de caractéristique ?

✓ VAL : Identifier les sources d'erreurs

On a tracé ci-dessous la caractéristique expérimentale d'un dipôle.

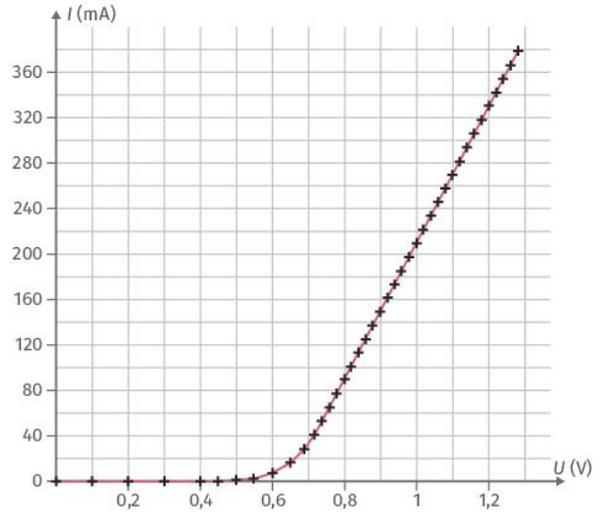


• Quelle erreur expérimentale a été effectuée ?

20 Utilisation de la caractéristique d'une diode

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

On donne la caractéristique suivante d'une diode.



1. Que vaut l'intensité du courant qui traverse la diode si la tension à ses bornes est égale à 0,3 V ?
2. À partir de quelle valeur de la tension la diode est-elle parcourue par un courant ? On appelle cette tension la tension seuil.
3. La diode est-elle un dipôle ohmique ? Justifier.
4. On peut modéliser la diode lorsqu'elle est passante par une résistance appelée résistance dynamique R_d . Déterminer la valeur de R_d en utilisant le graphique.



21 Tracé de la caractéristique d'un résistor

✓ ANA : Élaborer un protocole

Afin de déterminer la résistance R d'un résistor, on effectue les mesures suivantes de tension et d'intensité :

U (V)	0	0,67	1,27	2,03	2,73	3,49	4,21	4,94
I (mA)	0	3,0	5,7	9,1	12,3	15,7	19,0	22,3

1. Proposer le schéma du montage électrique nécessaire pour effectuer ces mesures. On supposera que l'on dispose d'un générateur de tension variable.
2. Tracer sur papier millimétré, ou à l'aide du logiciel tableur-grapheur de votre choix, la caractéristique $U = f(I)$ du résistor avec l'échelle suivante : ordonnée 1 cm pour 0,5 V ; abscisse 1 cm pour 2 mA. La loi d'Ohm est-elle respectée ? Justifier la réponse.
3. En déduire la valeur de la résistance R du résistor.

Capteurs

22 Des capteurs dans les objets du quotidien

✓ APP : Extraire l'information utile sur supports variés.

Citer au moins deux capteurs nécessaires pour assurer le fonctionnement des objets suivants.

- a. Une station météorologique de salon. b. Un aspirateur robot.



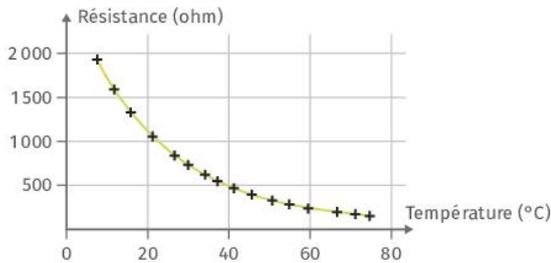
- c. Une montre connectée. d. Un smartphone.



23 Courbe d'étalonnage d'une thermistance

✓ ANA : Justifier un protocole

La thermistance est un capteur de température résistif très utilisé dans l'industrie. On a mesuré la valeur de la résistance d'une thermistance en fonction de la température. Voici la courbe d'étalonnage obtenue :



- Rappeler comment mesurer la valeur de la résistance de ce capteur.
- On plonge la thermistance dans de l'eau chaude. On mesure alors $R = 500 \Omega$. Quelle est la température de l'eau ?
- On plonge la thermistance dans de l'eau bouillante. Peut-on prévoir à l'aide de la courbe d'étalonnage quelle sera la valeur indiquée par le capteur ? Pourquoi ?

24 Le glucomètre connecté

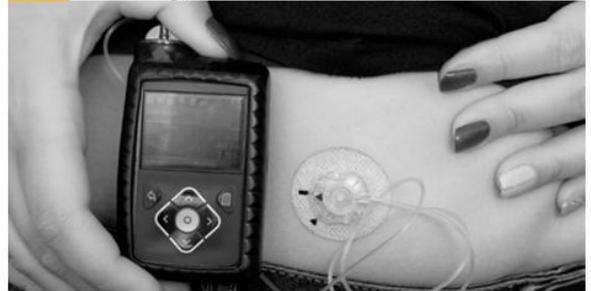
✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

La glycémie est le taux de glucose présent dans le sang. Elle renseigne sur la concentration en glucose dans le

plasma sanguin d'une personne à un instant t . La glycémie est variable au cours de la journée et dépend de l'alimentation, du stress ou de l'activité physique. Certaines substances comme l'insuline font diminuer la glycémie, tandis que d'autres, comme le glucagon, l'adrénaline ou l'hormone de croissance, la font augmenter.

Chez le sujet diabétique, ces mécanismes de régulation font défaut. La personne diabétique doit mesurer elle-même son taux de sucre dans le sang (glycémie) à l'aide d'un lecteur de glycémie (glucomètre). La méthode classique consiste à tester la concentration en glucose dans une goutte de sang.

Doc. 1 Lecteur de glycémie



Il existe toutefois des appareils connectés permettant de contrôler la glycémie et de piloter une pompe à insuline (**doc. 1**). Dans un cadre d'autogestion du diabète, l'auto-surveillance permet de maintenir ses glycémies le plus près possible des valeurs cibles.

Le capteur de glycémie se fixe sur le bras et peut communiquer en temps réel par technologie *Bluetooth* avec un smartphone.

- Expliquer l'avantage que procure ce capteur connecté par rapport à un test de glycémie classique.
- Que mesure le capteur placé sur le bras ?
- Comment le capteur peut-il communiquer avec la commande centrale (boîtier en **doc. 1** ou smartphone) ?

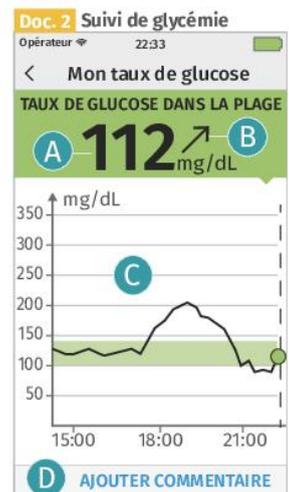
- Le **doc. 2** présente un exemple de suivi de la glycémie sur un sujet diabétique.

- Que signifie l'indication A ? En quelle unité est-elle exprimée ?

- Quelle indication donne la flèche (indication B) ?

- Que représente la zone colorée en vert sur le graphique ?

- Le sujet diabétique a-t-il une glycémie satisfaisante au moment de la capture d'écran du smartphone ?



25 Copie d'élève à commenter

Un élève souhaite utiliser un capteur de lumière dans un montage avec Arduino afin d'étudier la réaction de photosynthèse d'une plante verte. Il a trouvé sur internet la documentation technique du composant.

Electrical characteristics

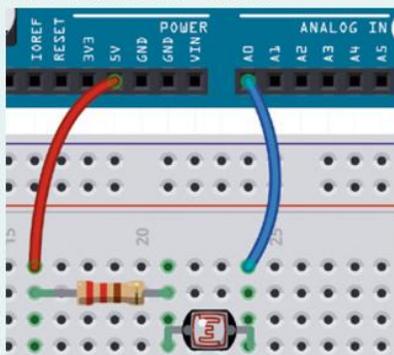
Parameter	Conditions	Typ	Max	Unit
Cell resistance	1000 LUX	400	-	Ω
	10 LUX	9	-	$k\Omega$
Voltage AC/DC peak	1000 LUX	48	320	mV
	10 LUX	120	-	mV
Power dissipation	-	-	100	mW max

Son expérience permet de mesurer la luminosité ambiante au cours de la journée.

- Voici ce qu'il rend à son enseignant. Proposer une justification pour chaque erreur relevée par le correcteur.

- Plus la plante verte est éclairée, plus la résistance est ~~élevée~~ et plus l'intensité du courant qui parcourt le circuit est ~~faible~~.
- Dans le noir, la photosynthèse ne se fait pas, le capteur aura alors une résistance égale à ~~1 Ω~~ .

Il propose comme protocole de l'insérer dans le montage suivant avec Arduino en ajoutant une résistance de valeur $R = 220 \Omega$.



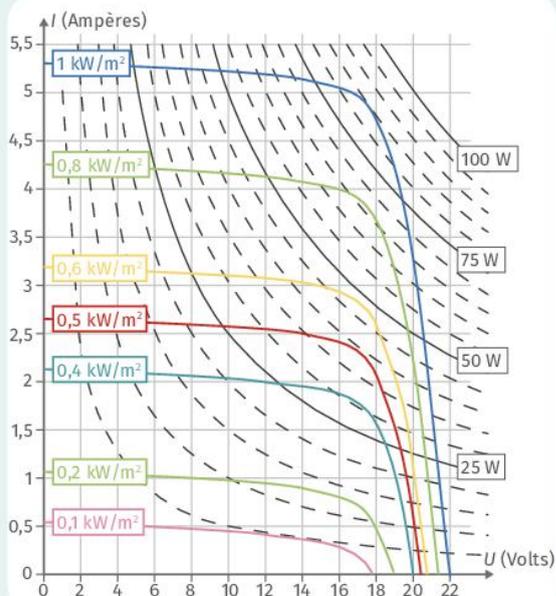
- J'ai inséré le capteur de lumière dans un circuit ~~ouvert~~.
- Avec une luminosité ambiante de 1000 lux (cas d'un éclairage extérieur l'hiver), le capteur va être traversé par un courant d'intensité ~~22,7 mA~~.

Comprendre les attendus

26 Exploitation d'une caractéristique réelle

✓ APP : Extraire l'information utile sur des supports variés

Le panneau solaire n'impose ni tension, ni courant. Seule est fixée sa caractéristique courant-tension qui dépend directement de l'éclairement reçu, en watt par mètre carré (W/m^2).



Les courbes noires en pointillés représentent des courbes d'isopuissance (courbes de puissances égales).

- Quelle est la tension aux bornes du panneau pour un éclairage de $600 W/m^2$ et une intensité débitée égale à 3 A ?
- Pour quel(s) éclairage(s) le panneau a-t-il une puissance de 85 W ? Combien de points de fonctionnement (U, I) permettent d'obtenir cette puissance ? On veut relier le panneau solaire à une pompe de cale de puissance 50 W, nécessitant une tension de 12 V.
- La pompe peut-elle fonctionner dans ces conditions ?

Détails du barème

TOTAL/3,5 pts

- Trouver la bonne caractéristique du panneau parmi celles proposées et faire une lecture graphique. 1 pt
- Repérer la bonne courbe d'isopuissance et noter son point d'intersection avec une des courbes caractéristiques du panneau solaire. 1 pt
Lire correctement les coordonnées. 0,5 pt
- Faire une lecture graphique correcte. 1 pt

Pour aller plus loin

27 Étude d'un potentiomètre

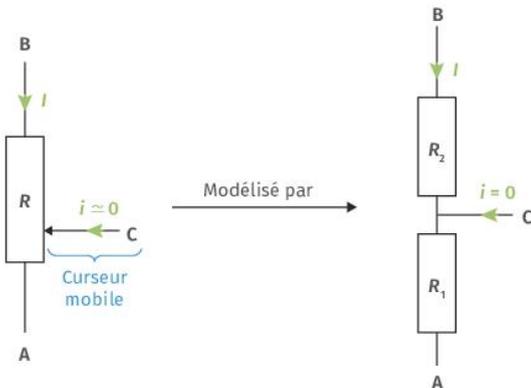
- ✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques
- ✓ MATH : Calcul littéral

INFOS

Les potentiomètres sont des composants électriques très présents dans les montages électroniques. On les utilise aussi pour le contrôle du volume d'un système de son, sur les tables de mixage ainsi que dans certains régulateurs d'éclairage d'intérieur.



Un potentiomètre se comporte comme une résistance variable à trois bornes. La borne C est reliée à un curseur qui est mobile sur une plaque de résistance R et les deux autres bornes A et B sont reliées aux extrémités de cette plaque. Entre A et C, la résistance varie donc selon la position du curseur. Un schéma équivalent permet de modéliser la situation :



On supposera que le courant passant par C est nul.

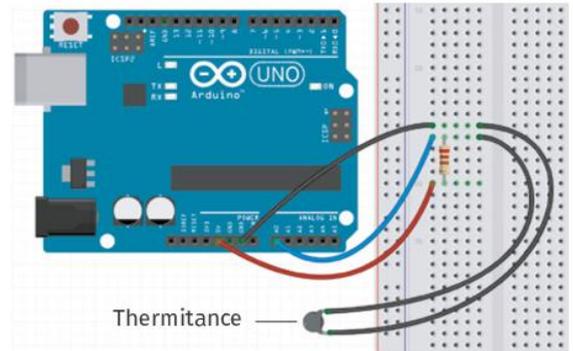
1. Exprimer la tension U_{CA} en fonction de I et R_1 en précisant la relation utilisée.
2. Exprimer la tension U_{BA} en fonction de I et R en précisant la loi utilisée.
3. En déduire la tension U_{CA} en fonction de U_{BA} , R et R_1 .
4. Lorsqu'on tourne le bouton vers la droite, le curseur C se déplace vers le point B. En déduire si la tension U_{CA} augmente ou diminue.

28 Mesure d'une température avec Arduino

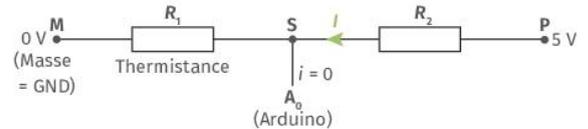
- ✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques
- ✓ ANA : Justifier un protocole

Afin de mesurer une température, on utilise un dipôle appelé thermistance dont la résistance dépend de la température.

La thermistance est insérée dans un montage appelé « pont diviseur de tension ». L'objectif de cet exercice est d'établir la relation littérale liant la résistance R_1 de la thermistance et la tension à ses bornes.



Le schéma électrique du montage ci-dessus est le suivant :



1. Reproduire le schéma et flécher les tensions U_{SM} , U_{PS} et U_{PM} .
2. À l'aide de la loi d'Ohm, exprimer les tensions U_{SM} et U_{PS} en fonction de I .
3. En appliquant la loi des mailles, établir une relation entre les tensions U_{SM} , U_{PS} et U_{PM} .
4. Établir à l'aide des questions précédentes une relation entre I , U_{PM} , R_1 et R_2 .
5. En déduire alors la relation suivante dite du pont diviseur de tension : $U_{SM} = R_1 \cdot \frac{U_{PM}}{R_1 + R_2}$.
6. Quel est le nom des deux broches (pins) du microcontrôleur Arduino qui permettent de mesurer la tension U_{SM} ?
7. Justifier que ce montage permet de mesurer une température.

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver plus d'exercices. LLS.fr/PC2P319

29 Quel capteur de pression choisir ?

✓ APP : Faire un brouillon

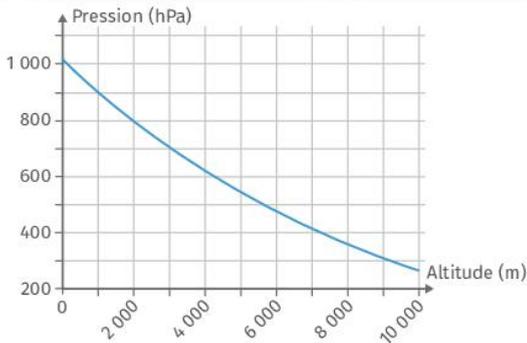
On souhaite fabriquer un ballon météorologique pour étudier l'évolution de la pression atmosphérique en altitude. Quel capteur de pression choisir ?



1. **Doc. 2 et 3** À partir de l'étendue de mesure des deux capteurs (c'est-à-dire les valeurs maximale et minimale mesurables), quel capteur semble le plus adapté aux conditions de pression pour l'ascension du ballon ?

2. **Doc. 1 et 2** Calculer la résolution de chaque capteur. Conclure quant au choix final du capteur de mesure à installer sur le ballon ascensionnel.

Doc. 3 Variation de la pression atmosphérique suivant l'altitude

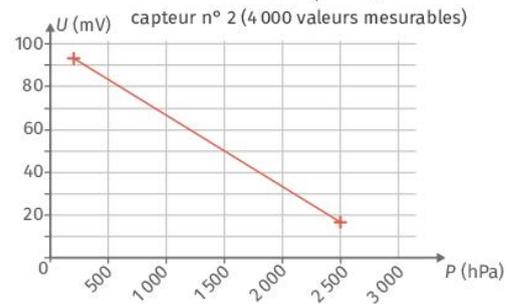
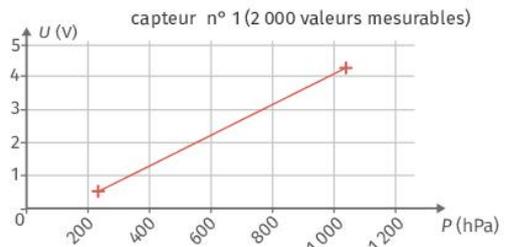


Doc. 1 Résolution d'un capteur de pression

La résolution R d'un capteur est une grandeur qui indique quelle est la plus petite variation de la grandeur d'entrée mesurable et traduisible en grandeur de sortie. On la calcule selon la relation :

$$R = \frac{\Delta P}{N}$$
 où R est en hPa, ΔP l'étendue de la pression mesurée en hPa (écart entre la valeur maximale mesurable et la valeur minimale) et N le nombre de valeurs différentes que le capteur peut traduire en tension.

Doc. 2 Réponse en tension de deux capteurs



Retour sur l'ouverture du chapitre (esprit critique)

30 Peut-il exister une tension électrique sans courant ? Peut-il exister un courant sans tension électrique ?

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire

1. La foudre se déclenche lorsque la tension électrique entre le sol et le nuage atteint plusieurs millions de volts. L'intensité du courant de décharge peut alors être considérable. Que dire de l'intensité du courant avant cette décharge ?
2. Quelle est la tension électrique entre deux points d'un fil électrique de résistance quasi nulle et parcouru par un courant électrique ?
3. Conclure en répondant aux deux questions d'ouverture du chapitre.



JEU
SÉRIEUX

Programmer la maison du futur

A Une maison connectée

La domotique pour vivre confortablement

Geoffroy Danledo est domoticien : il teste des dispositifs qui permettent de faire des économies d'énergie ou de commander à distance les appareils électriques (cafetière, poêle, volets, lampes, etc.) pour augmenter le confort des habitations.

Un vieux frigo

Geoffroy a un vieux réfrigérateur et se demande s'il fonctionne correctement.

B Un dispositif ingénieux



Mesurer la température

Geoffroy voudrait suivre l'évolution de la température à l'intérieur de l'appareil et programmer un dispositif qui le préviendrait en cas de défaut.

Liste du matériel

- Un kit microcontrôleur de type Arduino™ ;
- Un capteur de température ;
- Une LED ou un buzzer.



Votre mission :

Chercher les informations pour répondre aux questions et récolter les indices dans le plateau de jeu en ligne.

À la fin de votre mission, vous découvrirez un sixième indice qui vous aidera à résoudre l'énigme de l'année.



Rendez-vous sur lelivrescolaire.fr pour faire le jeu sérieux en ligne ! LLS.fr/PC2P321

C Une mission, un métier



Le métier de technicien(ne) de domotique

Éteindre une chaudière via internet, allumer une lampe par commande vocale, une alarme qui se déclenche en cas de fuite d'eau, etc., le/la domoticien(ne) installe les équipements de domotique rendant nos habitats plus intelligents, plus écologiques et plus confortables.

D'après l'Onisep



Retrouver la fiche métier Onisep sur LLS.fr/PC2TechnicienDomotique.

Méthodologie

- 1 Extraire l'information, faire un brouillon p. 323
- 2 Maîtriser le vocabulaire du cours p. 324

Outils mathématiques

- 3 Les vecteurs p. 325
- 4 Les angles [LLS.fr/PC2FM4](https://lls.fr/PC2FM4)
- 5 L'écriture scientifique p. 326
- 6 Les conversions p. 327
- 7 La précision d'une mesure p. 328
- 8 L'écriture du résultat d'un calcul p. 329
- 9 La lecture graphique p. 330
- 10 L'utilisation d'un tableur [LLS.fr/PC2FM10](https://lls.fr/PC2FM10)
- 11 L'utilisation de Regressi [LLS.fr/PC2FM11](https://lls.fr/PC2FM11)
- 12 L'usage de la calculatrice (NumWorks) [LLS.fr/PC2FM12](https://lls.fr/PC2FM12)

Fiches pratiques

- 13 La dissolution p. 331
- 14 La dilution p. 332
- 15 La verrerie au laboratoire p. 333
- 16 Les montages en chimie organique p. 334
- 17 La chromatographie sur couche mince (CCM) p. 335
- 18 L'utilisation de l'oscilloscope ou d'un logiciel d'acquisition p. 336
- 19 Le pointage vidéo p. 337

Fiches outils numériques

- 20 Utiliser un microcontrôleur Arduino [LLS.fr/PC2FM20](https://lls.fr/PC2FM20)
- 21 Utiliser le langage de programmation Python [LLS.fr/PC2FM21](https://lls.fr/PC2FM21)

Numérique

Connectez-vous sur lelivrescolaire.fr pour retrouver les fiches méthode au format numérique ainsi que les fiches méthode compétences. [LLS.fr/PC2Methode](https://lls.fr/PC2Methode)

1 Extraire l'information, faire un brouillon

A Trouver l'information dans les documents

Pour aborder un exercice ou un problème de Physique-Chimie, il faut toujours commencer par lire attentivement l'énoncé car il contient de nombreuses informations.

- Lire avec un surligneur à la main** : en lisant l'énoncé et les documents, surligner les informations importantes. Prêter ainsi une attention particulière aux éléments suivants :
 - les données numériques ;
 - les grandeurs physiques introduites ;
 - les notions et mots-clés vus dans le cours ;
 - des grandeurs et notions introduites dans l'exercice.
- Exploiter les graphiques** : surligner la grandeur en abscisse et celle en ordonnée. L'allure de la courbe peut permettre de déduire une relation entre les grandeurs physiques de l'exercice.
- Exploiter les schémas** : si c'est une expérience, quelles informations apportent-ils ? Sinon, quelle grandeur physique est présentée ? Quel mot-clé est associé au schéma ?

B Utiliser le brouillon

Une fois les documents lus, passer à l'écriture du brouillon.

- Commencer par faire un schéma** qui résume l'exercice. Sur ce schéma, indiquer les grandeurs physiques surlignées dans les documents.
- Définir et associer un symbole à chaque grandeur** non introduite en énoncé.
- Ajouter les relations du cours** entre les grandeurs physiques repérées.

Pour cela, il faut lire les mots surlignés, noter ceux qui sont dans le cours et tous ceux qui y sont associés.

C Problématiser l'exercice

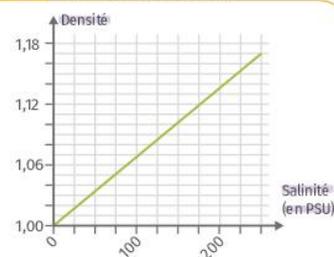
➤ **Terminer en revenant sur la question que pose l'exercice.**

La reformuler en explicitant les grandeurs physiques mises en jeu. On peut écrire une phrase du type « pour résoudre l'exercice, il faut déterminer la valeur de [grandeur physique] en [préciser l'unité]. »

Cette phrase peut s'écrire directement sur la copie car c'est elle qui débute la rédaction de la réponse à l'exercice.

L'exemple s'appuie sur l'exercice 39, p. 36 du chapitre 1

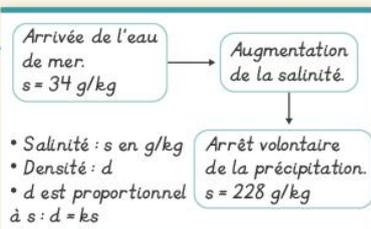
Doc. 1 Densité de l'eau salée en fonction de la salinité



1 PSU correspond à 1 g de sels dissous par kilogramme d'eau de mer.

Doc. 2 La salinité

[...] L'eau qui pénètre dans le loire atteint, en plein été, une température d'environ 20 °C et une salinité de 34 g/kg. L'eau est ensuite envoyée dans les « tapes » dans lesquels sa salinité passe à 49 g/kg avant d'atteindre les aires où, dans des bassins [...]. Le but du marais salant va donc être de séparer autant que possible NaCl des autres sels au goût amer. La précipitation est arrêtée volontairement lorsque la salinité atteint 228 g/kg. En effet, la saumure (eau salée) contient alors trop de chlorure de magnésium.



- Déterminer si Stéphane doit arrêter la précipitation du sel dans ses aires en ajoutant de l'eau douce.
→ La salinité de l'eau a-t-elle atteint la salinité limite d'arrêt de la précipitation ?

2 Maîtriser le vocabulaire du cours

A Repérer le vocabulaire

- Dans cet ouvrage, un encart spécifique indique le vocabulaire.
- Dans le cours de votre professeur, il s'agit des mots :
 - qui n'ont pas été vus avant ;
 - qui prennent un sens nouveau (le mot poids n'a pas le même sens en français courant et en français scientifique) ;
 - dont le professeur donne la définition.
- Le lexique de fin de manuel et les parcours d'apprentissage peuvent aider à repérer les mots importants.

Vocabulaire

- **Nucléon** : particule présente dans le noyau d'un atome.
- **Numéro atomique** : nombre de protons présents dans le noyau.
- **Nombre de masse** : nombre de nucléons est parfois appelé nombre de masse.
- **Isotopes** : deux noyaux qui ont le même nombre de protons et des nombres de neutrons différents.

B Faire une fiche des langages

Décrire chaque mot ou concept en différents langages :

- **le français scientifique** : c'est le plus souvent la définition du mot ;
 - **les langages symboliques** : cela peut être une relation mathématique ou un langage schématique ;
 - **le schéma** : le cerveau fonctionne à partir d'images, les schémas peuvent aider à visualiser des notions.
- Sur une fiche des langages, on associe ces trois langages différents à un seul mot pour permettre de faire des liens.

Mot	Schéma	Formulation scientifique	Langage symbolique
Isotope		Deux noyaux isotopes ont le même nombre de protons mais pas le même nombre de neutrons.	^{12}C et ^{14}C
Proton		Le proton est une particule chargée qui constitue le noyau atomique.	$m_{\text{proton}} \simeq m_{\text{neutron}}$ $q_{\text{proton}} = +e$

C Travailler la mémorisation

Des *flashcards* peuvent être utilisées pour mieux mémoriser le vocabulaire important.

➤ Fabriquer ses *flashcards*

Sur des fiches cartonnées, on écrit d'un côté le mot et de l'autre sa description dans un des langages.

 Pour réaliser des *flashcards*, retrouver plusieurs logiciels sur [LLS.fr/PC2P324](https://lls.fr/PC2P324).

➤ Travailler ses *flashcards*

L'objectif est de se tester de façon régulière. Après avoir pioché une *flashcard* au hasard, il faut lire le mot et essayer de retrouver sa définition. En travaillant ainsi régulièrement pendant plusieurs semaines, les concepts s'ancrent dans la mémoire à long terme.



Exemple de *flashcard* du chapitre 4.

3 Les vecteurs

A Informations données par un vecteur en sciences

- **Direction** : droite (axe) qui porte la flèche.
- **Sens** : orientation de la flèche.
- **Norme** : intensité/valeur de la grandeur. **Attention** : la norme possède donc une unité en physique.
- **Origine** (départ) de la flèche : point où se mesure la grandeur. **Attention** : l'origine est présente en physique et non en mathématiques.

Exemples de vecteurs en physique :

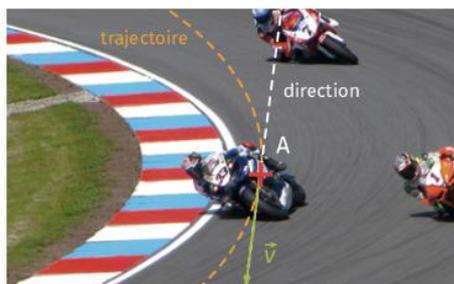
> Une force \vec{F}



Ex. 1 : Force exercée par l'épée sur le bras

- Direction : oblique.
- Sens : vers le bas à gauche.
- Norme : une force s'exprime en Newton (N).
- Point d'application : au point où l'épée touche le bras (A).

> Une vitesse \vec{v}

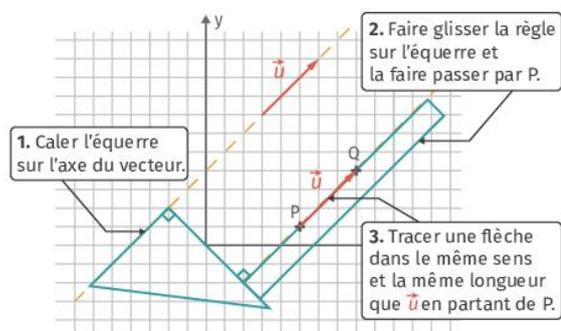


Ex. 2 : Vitesse d'une moto

- Direction : tangente à la trajectoire.
- Sens : dans le sens du déplacement.
- Norme : une vitesse s'exprime en $m \cdot s^{-1}$.
- Point d'application : au centre de la moto (A).

B Tracer des vecteurs

> Reporter le vecteur \vec{u} sur le point P



Numérique

Fiche méthode
4 sur les angles
disponible sur

LLS.fr/PC2FM4

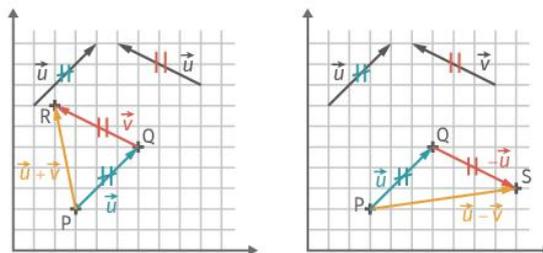
Remarque : Pour avancer de $-\vec{u}$, reprendre par le même tracé et tracer la flèche dans le sens opposé à \vec{u} .

> Tracer $\vec{u} + \vec{v}$ en partant de P

- Se placer en P. Avancer de \vec{u} pour arriver en un point Q. Avancer enfin de \vec{v} pour arriver en R.
- On a alors : $\vec{u} + \vec{v} = \vec{PR}$.

> Tracer $\vec{u} - \vec{v}$ en partant de P

- Se placer en P. Avancer de \vec{u} pour arriver en un point Q. Avancer enfin de $-\vec{v}$ pour arriver en S.
- On a alors : $\vec{u} - \vec{v} = \vec{PS}$.



5 L'écriture scientifique

A Présentation

> Quel intérêt en Physique-Chimie ?

Décrire la matière dans l'infiniment grand comme dans l'infiniment petit fait appel à des valeurs numériques de grandeurs très différentes, et l'écriture décimale d'un nombre n'est alors pas adaptée. L'écriture scientifique permet d'exprimer ces valeurs dans un format d'écriture plus facile à lire et à manipuler dans les calculs.

> Quelle notation ?

En écriture scientifique, une valeur numérique s'exprime sous la forme :

$a \times 10^n$ avec n , nombre entier relatif et a , nombre décimal tel que : $1 \leq a < 10$.

Exemple : Taille d d'une molécule d'eau : $d = 0,000\,000\,003\,4$ m s'écrit plus simplement : $d = 3,4 \times 10^{-9}$ m
 masse m de la Lune : $m = 734\,800\,000\,000\,000\,000\,000$ kg s'écrit plus simplement : $m = 7,348 \times 10^{22}$ kg.

Remarque : Une calculatrice utilise nécessairement cette notation pour les très grands ou très petits nombres afin de pouvoir afficher ces nombres sur un écran de taille limitée.

B Règles de calcul en écriture scientifique

> Le point sur les puissances de 10

- $1 = 10^0$.
- Pour un nombre supérieur à 1, l'exposant est positif.
- Pour tout nombre entre zéro et 1, l'exposant est négatif.

Exemple : c. $0,000\,1 = \frac{1}{10\,000} = \frac{1}{10^4} = 10^{-4}$

• $10^x \times 10^y = 10^{x+y}$ $\frac{10^x}{10^y} = 10^{x-y}$

b. $800 = 8 \times 100 = 8 \times 10^{+2}$

d. $0,001\,75 = 1,75 \times 10^{-3}$

> Quelques exemples de mise en écriture scientifique

- a. 350 kg = $3,50 \times 10^2$ kg. b. 350×10^{-4} kg = $3,50 \times 10^2 \times 10^{-4} = 3,50 \times 10^{(2-4)} = 3,50 \times 10^{-2}$ kg.
 c. $0,000\,87$ m = $8,7 \times 10^{-4}$ m. d. $0,000\,87 \times 10^{-3}$ m = $8,7 \times 10^{-4} \times 10^{-3} = 8,7 \times 10^{(-4-3)} = 8,7 \times 10^{-7}$ m.

C Les chiffres significatifs (CS)

Ces chiffres permettent d'indiquer la précision d'une valeur a en écriture scientifique.

Exemple : a. $3\,120 = 3,120 \times 10^3 \rightarrow 4$ CS. b. $0,03 \times 10^{-4} = 3 \times 10^{-6} \rightarrow$ attention : 1 CS !

c. Quelle différence entre 500 m et 5×10^2 m ?

5×10^2 m \rightarrow 1 CS ; 500 m = $5,00 \times 10^2$ m \rightarrow 3 CS.

500 m est une valeur numérique plus précise que 5×10^2 m.

> De quoi dépend le nombre de chiffres significatifs d'un résultat ?

Lors d'une mesure expérimentale, le résultat numérique doit tenir compte de la précision de l'appareil, qui reste toujours limitée \rightarrow **Fiche méthode 7, p. 328.**

Par ailleurs, lors du calcul entre deux valeurs numériques, avec une calculatrice par exemple, le nombre de chiffres significatifs que l'on doit attribuer au résultat ne doit pas être choisi au hasard : il dépend de la précision des valeurs numériques de départ et de l'opération de calcul considérée \rightarrow **Fiche méthode 8, p. 329.**

6 Les conversions

A Quelques préfixes du système international indispensables

➤ Sont présentés dans ces tableaux les préfixes les plus courants. Ils doivent être parfaitement connus :

Sous-multiples			
Facteur multiplicatif	Préfixe	Symbole	Exemples avec unités de longueur
10^{-3}	milli	m	1 mm = 10^{-3} m
10^{-6}	micro	μ	1 μ m = 10^{-6} m
10^{-9}	nano	n	1 nm = 10^{-9} m
10^{-12}	pico	p	1 pm = 10^{-12} m

Multiples			
Facteur multiplicatif	Préfixe	Symbole	Exemples avec unités de longueur
10^3	kilo	k	1 km = 10^3 m
10^6	méga	M	1 Mm = 10^6 m
10^9	giga	G	1 Gm = 10^9 m
10^{12}	téra	T	1 Tm = 10^{12} m

Des unités de volume importantes : 1 L = 1 dm³ = 10² cL.

B La démarche à suivre

➤ Étape 1

- Vérifier que la valeur à convertir est exprimée en écriture scientifique ➔ **Fiche méthode 5, p. 326** ;
- si ce n'est pas le cas, il est fortement conseillé de l'écrire au préalable dans ce format d'écriture.

➤ Étape 2

- Pour convertir, il faut multiplier par la puissance de 10 appropriée ;
- la valeur de l'exposant de la puissance pour la conversion est égale à la différence entre l'exposant de l'unité de départ et l'exposant de l'unité d'arrivée ;

- si l'on passe d'une unité plus petite à une unité plus grande, l'exposant de conversion sera négatif. Dans le cas inverse, l'exposant sera positif.

Exemples :

$7,38 \times 10^4 \mu\text{m} = \dots\dots\dots \text{m}$: la différence entre les exposants des unités est : $-6 - 0 = -6$.

d'où : $7,38 \times 10^4 \mu\text{m} = 7,38 \times 10^4 \times 10^{-6} \text{m}$
 $= 7,38 \times 10^{-2} \text{m}$.

$9,012 \times 10^{-6} \text{mg} = \dots\dots\dots \text{ng}$: la différence entre les exposants des unités est : $-3 - (-9) = 6$.

d'où : $9,012 \times 10^{-6} \text{mg} = 9,012 \times 10^{-6} \times 10^6 \text{ng}$
 $= 9,012 \times 10^0 \text{ng} = 9,012 \text{ng}$.

C Applications

- $2,15 \times 10^9 \text{ J} = \dots\dots\dots \text{MJ}$
 $2,15 \times 10^9 \text{ J} = 2,15 \times 10^9 \times 10^{-6} \text{ MJ} = 2,15 \times 10^3 \text{ MJ}$.
- $0,0004120 \text{ km} = \dots\dots\dots \text{m}$
 écrit. scientif. : $0,0004120 \text{ km} = 4,120 \times 10^{-4} \text{ km}$
 $= 4,120 \times 10^{-4} \times 10^3 \text{ m} = 4,120 \times 10^{-1} \text{ m}$.
- $2,3 \text{ dm}^3 = \dots\dots\dots \text{mL}$
 $2,3 \text{ dm}^3 = 2,3 \text{ L} = 2,3 \times 10^3 \text{ mL}$.
- $145 \text{ N} = \dots\dots\dots \text{g}$
 145 N impossible à convertir en g (unité de force \neq unité de masse).

D Les unités composées

Ces unités sont très utilisées (g·L⁻¹, g·mol⁻¹, m·s⁻¹, A·h, etc.). La conversion se fait en deux étapes.

1. $1,3 \text{ g}\cdot\text{cL}^{-1} = \dots\dots \text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$
 $\rightarrow 1,3 \text{ g}\cdot\text{cL}^{-1} = 1,3 \times (1 \text{ g} / 1 \text{ cL}) = 1,3 \times (10^{-3} \text{ kg} / 10^{-2} \text{ L})$
 $= 1,3 \times (10^{-3(-2)} \text{ kg/L}) = 1,3 \times 10^{-1} \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$.

2. $9,0 \times 10^1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = \dots \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
 $\rightarrow 9,0 \times 10^1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 9,0 \times 10 \times (1 \text{ km} / 1 \text{ h})$
 $= 9,0 \times 10 \times (10^3 \text{ m} / 3600 \text{ s})$
 $= 2,5 \times 10^1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

7 La précision d'une mesure

A Erreur et incertitude

> Erreur de mesure

En sciences, une mesure expérimentale (notée X_{exp}) ne permet pas d'accéder à une valeur exacte (ou valeur vraie théorique, notée $X_{\text{théo}}$) de la grandeur mesurée. On appelle erreur la différence entre X_{exp} et $X_{\text{théo}}$.

Exemple : la balance affiche 500 g. Pour une balance précise au gramme près, la masse réelle de farine pesée peut tout autant être 500,05 g comme 499,8 g ou 500,001 g. Il est impossible de réaliser une mesure avec un degré de précision infini.

> Incertitude sur X notée $U(X)$ (ou $\Delta(X)$), de même unité que X

Indique la marge d'erreur possible que l'on estime sur la mesure de X . On mesure X à plus ou moins $U(X)$. On écrit alors : $X = X_{\text{exp}} \pm U(X)$. Par convention, l'incertitude s'exprime avec un seul chiffre significatif arrondi au supérieur.

Exemple : si on mesure une longueur de 15,5 cm avec une incertitude de $\pm 0,25$ cm, alors $l_{\text{exp}} = 15,5$ cm et $U(l) = 0,3$ cm. La longueur mesurée est alors exprimée sous la forme $l = 15,5 \pm 0,3$ cm.



B Sources d'erreurs

> Erreurs liées à la précision du matériel utilisé

1. Erreur liée à la taille de la graduation (ici deux traits sont séparés de 0,5 mL. On a donc $\pm 0,5$ mL sur l'estimation de la graduation).
2. Erreur liée à la fabrication de l'objet de mesure (ici le fabricant assure la précision des graduations à $\pm 0,25$ mL).
3. Erreur liée à un facteur extérieur (ici la précision est donnée pour 20 °C. Si la température change, les données changent).

> Erreurs liées à l'opérateur

4. Erreur liée à la lecture du résultat (ici, appréciation du bas du ménisque).
5. Erreur liée aux manipulations (pertes de gouttes lors d'un versement ou bulles coincées dans le liquide).

> Toutes ces erreurs s'accumulent et il faut en tenir compte pour estimer raisonnablement l'incertitude

Ici on serait au minimum à $\pm 0,5$ mL, voire, ± 1 mL. Il faut donc veiller à limiter un maximum d'erreurs.



C Quelques astuces pour améliorer la précision

- **Manipuler avec soin** (pas de bulles dans les récipients, éviter les pertes, éviter les gouttes fixées au-dessus de la graduation, etc.) et **lire les valeurs avec rigueur**.
- Un **bécher** n'est pas précis, il sert seulement à estimer un volume. L'**éprouvette** a une précision convenable mais une **pipette** graduée (ou jaugée mais pas le compte-gouttes) est beaucoup plus précise.
- Un **appareil numérique** est limité par son affichage et son mode de mesure. Il arrondira toujours la mesure. **Si l'affichage varie entre deux valeurs**, faire une moyenne et estimer la taille de cette hésitation.
- **Multiplier les mesures** avec le même matériel et en **faire une moyenne** améliore la précision.

8 L'écriture du résultat d'un calcul

A Chiffres significatifs

Notation :
CS : chiffres significatifs.

> Définition

Ce sont les chiffres de la valeur expérimentale qui indiquent la précision de la mesure.

Exemple : une longueur de 2 m est une longueur comprise entre 1,5 et 2,5 m. Une longueur de 2,0 m est comprise entre 1,95 et 2,05 m. En sciences physiques, un 0 de plus à droite change beaucoup de choses alors qu'en mathématiques, écrire 2 et 2,0 reviendrait au même. En sciences, dans 2,0 m, on dit que le 2 et le 0 sont significatifs.

> Compter les chiffres significatifs d'une valeur

- Un 0 est compté s'il y a au moins un chiffre différent de 0 sur l'une des positions à gauche dans l'écriture du nombre.
- Une puissance de 10 ne compte pas.

Ne pas compter Deux chiffres ≠ 0 à leur gauche

0,019 00

→ 4 CS

B Expression du résultat d'un calcul

> Addition et soustraction

Le résultat a le même niveau de précision que le nombre qui a la décimale la moins précise.

Exemple : $d_1 = 2,0$ m, $d_2 = 16$ cm et $D = d_1 + d_2$. Avec $d_1 = 2,0$ m et $d_2 = 0,16$ m. Alors : $D = d_1 + d_2 = (2,0 + 0,16)$ m = 2,2 m. d_1 est précis au 10^e de mètre alors que d_2 l'est au 100^e de mètre. Le résultat est donc au 10^e de mètre.

> Multiplication et division

Le résultat a le même nombre de chiffres significatifs que le terme le moins précis.

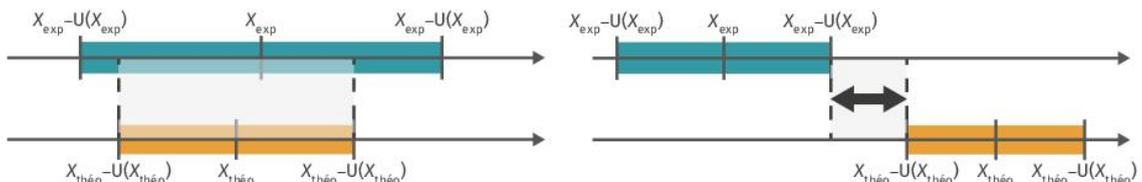
Exemple : $v = \frac{2\pi R}{t} = \frac{2\pi \times 5,42}{1,5 \times 10^2} = 2,3 \times 10^{-1}$ m·s⁻¹

2π et 10^2 ne sont pas issues de mesures : ces valeurs sont exactes. Il n'y a donc pas de CS à compter. 5,42 a 3 CS et 1,5 a 2 CS → 2 CS au résultat.

C Estimer la réussite d'une mesure

> Remarque : $X_{\text{théo}}$ peut aussi être accompagné d'une incertitude. Elle est donnée si besoin.

- Regarder si l'intervalle de confiance de $X_{\text{théo}}$ a des points communs avec celui de X_{exp} .



Il y a des points communs entre les deux intervalles : on considère la mesure comme correcte.

Pas de point commun entre les deux : la mesure n'est pas validée.

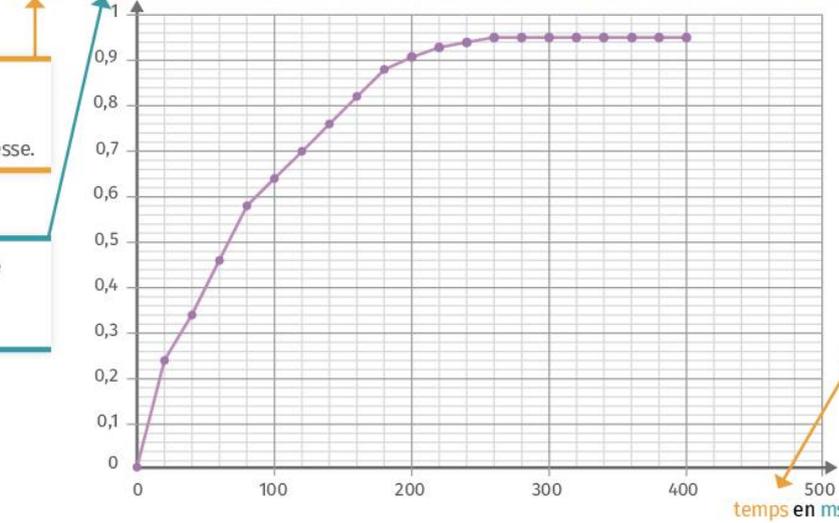
- Estimer si l'écart relatif (noté $E(X)$) est inférieur à 5% (critère arbitraire classique au lycée).

$E(X) = \left| \frac{X_{\text{théo}} - X_{\text{exp}}}{X_{\text{théo}}} \right|$ Il indique si l'écart entre X_{exp} et $X_{\text{théo}}$ est important ou non. Il permet donc d'estimer la qualité du résultat : plus il est petit, et meilleure est la mesure.

9 La lecture graphique

A Trouver les informations générales

Représentation graphique de la vitesse d'une bille tombant dans un fluide



La grandeur représentée en ordonnée est la vitesse.

La vitesse s'exprime en m/s (mètre par seconde ou $m \cdot s^{-1}$).

Ici le titre du graphique permet de savoir que l'on étudie la vitesse d'une bille lors de sa chute.

La grandeur représentée en abscisse est le temps.

Le temps s'exprime ici en ms (milliseconde).

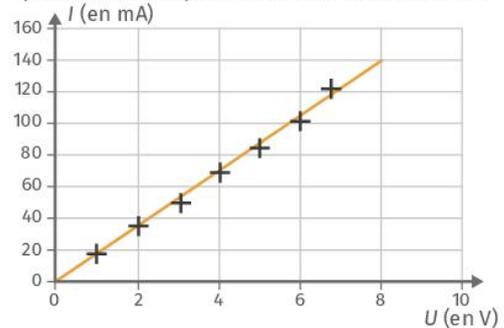
➤ Pour lire, analyser et exploiter un graphique, il faut toujours procéder par les mêmes étapes :

- identifier et comprendre le titre (de quoi parle ce graphique) ;
- relever la grandeur représentée par chacun des axes, l'axe vertical est l'axe des ordonnées et l'axe horizontal est l'axe des abscisses ;
- repérer les unités et les associer aux grandeurs concernées ;
- comprendre les échelles utilisées pour les deux axes.

B Identifier la linéarité et l'interpréter

- **Reconnaître une situation de linéarité.** Dans certaines situations, lorsque l'on représente dans un graphique une grandeur A en fonction d'une grandeur B , les points placés dessinent une **droite qui passe par l'origine du repère**. Même si les points ne sont pas parfaitement alignés, on dessine alors une **droite moyenne** qui passe le plus près de chaque point.
- **Interpréter la linéarité.** Tracer une droite moyenne signifie que le physicien **interprète** ses résultats comme témoignant de la **proportionnalité** entre les deux grandeurs.
- **Proportionnalité et linéarité.** La relation entre deux grandeurs **proportionnelles** peut être traduite mathématiquement par une **égalité mathématique** de la forme : $B = k \cdot A$.
- k est appelé coefficient de proportionnalité et correspond à la **penne de la droite moyenne**.
- **Déterminer la valeur du coefficient de proportionnalité.** Pour déterminer la valeur de la penne de la droite, il faut lire les coordonnées $(a ; b)$ d'un point situé sur la **droite moyenne**. La valeur k de la penne de la droite est alors $k = \frac{b}{a}$ et son unité est l'unité de a divisée par celle de b .

Mesure de l'intensité I parcourant un dipôle en fonction de la tension U



Numérique

Fiches méthode 10 à 12 disponibles sur

LLS.fr/PC2FM10

LLS.fr/PC2FM11

LLS.fr/PC2FM12

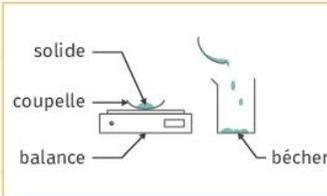
13 La dissolution

► **Pourquoi une dissolution ?** On dissout un solide dans un solvant pour obtenir une solution de concentration choisie. Le solide dissous est appelé soluté.

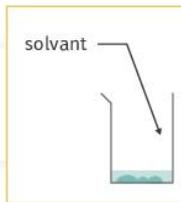
Voici les principales étapes d'une dissolution :

Point sécurité :
Selon les risques chimiques des espèces, prévoir de porter :
 ● des gants ;
 ● des lunettes ;
 ● un masque.

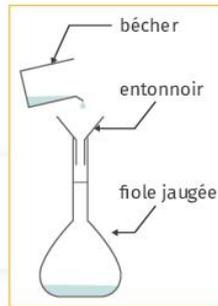
1. a. Tarer la balance puis peser la masse souhaitée de soluté.
b. Introduire le soluté dans un bécher.



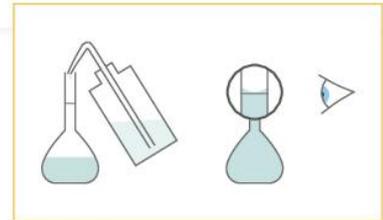
2. Dissoudre ce soluté avec un minimum de solvant.



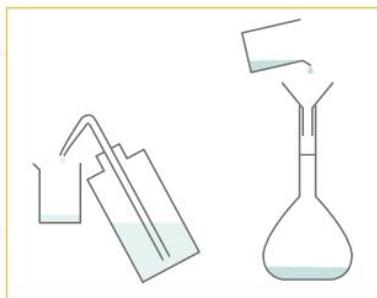
3. Introduire cette solution dans la fiole jaugée à l'aide d'un entonnoir en verre.



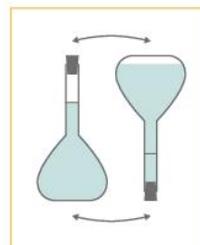
6. Compléter la fiole avec le solvant jusqu'au trait de jauge : le bas du ménisque doit être situé au niveau du trait de jauge.



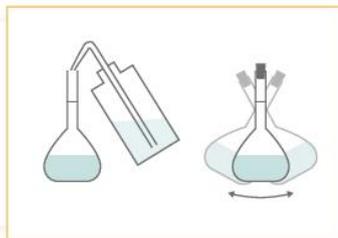
4. Rincer le bécher plusieurs fois à l'aide du solvant, de manière à ce qu'il ne reste plus de soluté dans le bécher.



7. Fermer la fiole à l'aide d'un bouchon, puis agiter en retournant la fiole plusieurs fois pour homogénéiser la solution.



5. Compléter environ un tiers de la fiole jaugée avec le solvant puis agiter doucement pour dissoudre le solide.



Relation associée aux dissolutions

$$\gamma = \frac{m_{\text{soluté}}}{V}$$

concentration en masse (g·L⁻¹) ← γ ← masse du soluté (g)
 volume (L)

REMARQUES :

- Lors de la première étape, on effectue la dissolution dans un bécher, car certaines dissolutions sont exothermiques et pourraient donc déformer le contenant. Ce serait problématique pour de la verrerie comme une fiole jaugée, car son volume pourrait alors être modifié.
- Le solvant très majoritairement utilisé en lycée est l'eau.

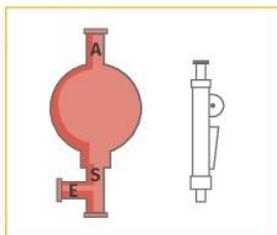
14 La dilution

► **Pourquoi faire une dilution ?** Pour obtenir une solution de concentration inférieure à celle de la solution initiale.

► **Pourquoi utiliser une fiole jaugée et une pipette jaugée (ou graduée) ?** Pour que la concentration de la solution soit la plus précise possible.

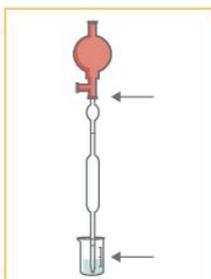
Voici les principales étapes d'une dissolution :

1. Vider l'air de la propipette en l'écrasant ET en appuyant sur A. Fixer la propipette sur le haut de la pipette.

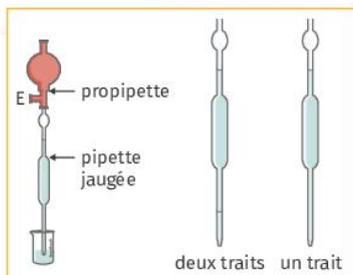


2. Positionner l'ensemble de façon à ce que la pipette soit verticale, pointe plongeant dans la solution.

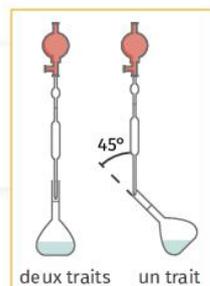
Une main tient le bécquer et si possible le bas de la pipette et l'autre tient la propipette et la pipette.



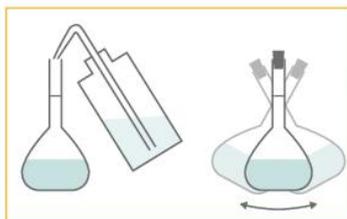
3. En appuyant sur E (l'entrée), prélever le volume $V_{\text{mère}}$ de la solution mère à l'aide de la pipette jaugée. Le bas du ménisque doit atteindre le trait de jauge supérieur.



4. Introduire la solution prélevée dans la fiole jaugée. Pour faire descendre la solution, appuyer sur S (la sortie).



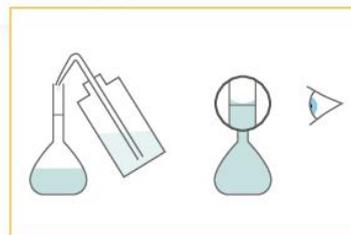
5. Compléter la fiole jaugée aux 2/3 avec le solvant, puis agiter doucement.



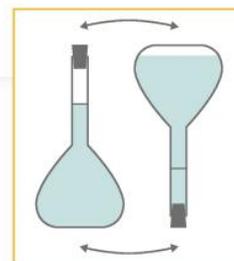
REMARQUES :

- On appelle solution mère la solution initiale, et solution fille la solution obtenue.
- Avant chaque utilisation, la pipette doit être nettoyée avec de l'eau distillée ET avec la solution à prélever.
- Pipette graduée : permet de prélever des volumes différents.
- Pipette jaugée : plus précise que la pipette graduée, mais ne permet de prélever qu'un volume spécifique.

6. Compléter la fiole avec le solvant jusqu'au trait de jauge : le bas du ménisque doit être situé au niveau du trait de jauge.



7. Fermer la fiole à l'aide d'un bouchon, puis agiter en retournant la fiole plusieurs fois.



Relations associées aux dilutions

Lors d'une dilution, la quantité de matière du soluté est conservée, elle reste identique avant et après la dilution.

$$\text{Ainsi : } m_{\text{soluté mère}} = m_{\text{soluté fille}}, \text{ or } m = \gamma \cdot V$$

$$\text{Donc : } \underbrace{\gamma_{\text{mère}} \cdot V_{\text{mère}}}_{\text{Pipette}} = \underbrace{\gamma_{\text{fille}} \cdot V_{\text{fille}}}_{\text{Fiole}}$$

(solution prélevée) (solution finale)

15 La verrerie au laboratoire

Bécher :
utilisations
très diverses.



Erlenmeyer :
mélanges et
agitation de
solution. Utile
pour limiter les
éclaboussures.



Tube à essai :
petites
quantités, tests
caractéristiques,
etc.



**Éprouvette
graduée :**
mesure de
volumes.



Fliale jaugée :
préparation de
solutions de
concentrations
précises.



Dilutions,
dissolutions.

**Pipette
jaugée un ou
deux traits :**
prélèvement
de volume
précis.



Dilutions.

**Pipette
graduée :**
prélèvements
de volumes
précis.



Dilutions.

Propipette :
aspiration de solutions en
complément d'une pipette.



Cristallisoir :
stockage de volumes
d'eau ou de glace.



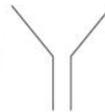
Bain-marie,
bain de glace.

Burette :
versement
de volumes
variables.



Dosages,
dilutions.

Entonnoir :
transfert de solide ou
de liquide.



Filtration.

**Coupelle de
pesée :**
pesée de solide :
poudre, cristaux.



**Verre à
pied**



Ampoule à décanter :
séparation de liquides de
phases différentes.



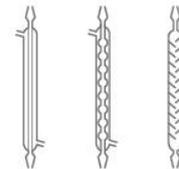
Extraction
liquide-liquide.

Ballon à fond rond et son valet :
sert à mélanger,
faire réagir,
chauffer
des espèces
chimiques.



Synthèse, distillation,
hydrodistillation.

Réfrigérant (droit, à boules, à serpentin) :
refroidissement des vapeurs dans un
montage à reflux.



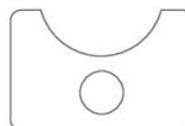
Montage à reflux, distillation.

Autre matériel

Support éleveur :
élévation de
chauffe-ballon lors
des montages de
chimie organique.



Chauffe-ballon :
chauffage du
mélange réactionnel
mis dans un ballon.



Potence :
maintien
pour divers
montages.



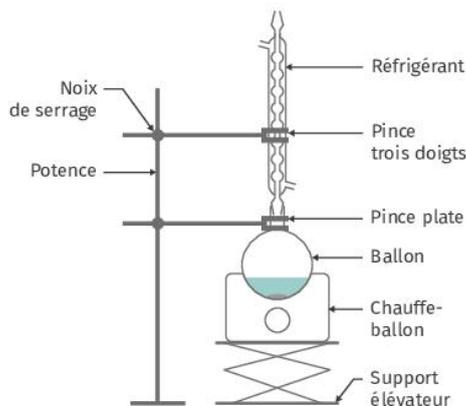
16 Les montages en chimie organique

A La synthèse organique

- **Une synthèse chimique, c'est quoi ?** Une réaction ou une suite de réactions chimiques réalisées dans l'objectif de produire une espèce chimique.
- **Comment la réalise-t-on ?** À l'aide d'un ballon contenant le mélange réactionnel. Il constitue le cœur du montage, c'est à cet endroit que va avoir lieu la synthèse. Autour, un système de chauffage peut être disposé pour favoriser ou pour permettre cette synthèse, et au-dessus un système de reflux peut être ajouté.

B Réalisation d'un montage à reflux

1. Choisir un ballon tel que le mélange réactionnel ne dépasse pas un tiers du volume disponible.
2. Placer le support élévateur replié devant la potence, poser le système de chauffage sur celui-ci.
3. Introduire le mélange réactionnel dans le ballon, ainsi que quelques grains de pierres ponce ou une olive aimantée.
4. À l'aide d'une pince plate à adapter au col du ballon et d'une noix, fixer fermement le ballon environ 10 cm au-dessus du système de chauffage.
5. Placer le réfrigérant choisi au-dessus du ballon à l'aide d'une pince trois doigts et le relier à une arrivée d'eau ainsi qu'à un évier :
 - a) il doit être vertical, ne pas bouger ;
 - b) la pince utilisée doit être correctement fermée, mais sans trop serrer, pour ne pas créer de contrainte entre le ballon et le réfrigérant ;
 - c) l'arrivée d'eau doit se faire par le bas.
6. Mettre en route l'écoulement de l'eau dans le réfrigérant en ouvrant le robinet.
7. À l'aide du support élévateur, monter le chauffage jusqu'à ce qu'il soit en contact avec le ballon.
8. Allumer le chauffage.
9. Surveiller le montage tel que les vapeurs ne dépassent pas le premier tiers du réfrigérant.



C Montage à reflux

➤ Réfrigérant

Le chauffage réalisé entraîne la formation de vapeurs. Le réfrigérant va condenser ces vapeurs et les faire tomber dans le mélange.

Il n'y a donc pas de pertes de réactifs ou de solvant, et on limite grandement la sortie d'espèces chimiques parfois dangereuses.

D Sécurité

➤ Système élévateur

Il permet l'arrêt du chauffage lorsque l'on baisse le chauffe-ballon en évitant tout risque de contact brûlant entre la main et le ballon.

➤ Risque chimique

Il est important de connaître avant la réalisation de la synthèse les dangers liés aux réactifs ET aux produits ET aux solvants pour adopter des protections appropriées.

17 La chromatographie sur couche mince (CCM)

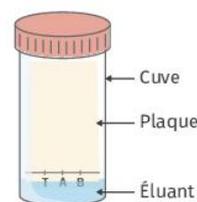
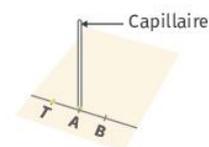
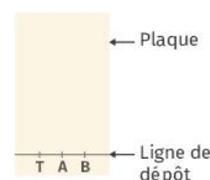
A Principe

➤ **Une CCM, c'est quoi ?** Il s'agit d'une technique d'analyse qui s'appuie sur les différences d'affinités de substances chimiques entre une phase fixe, la plaque, et une phase mobile, l'éluant. Cette différence va permettre la **séparation** de ces différentes substances sur la plaque.

➤ **Identification ?** Chaque espèce chimique s'élève à une hauteur spécifique, c'est ce qui permet de l'identifier par comparaison avec l'élévation d'une espèce témoin.

B Protocole

1. Introduire l'éluant jusqu'à une hauteur d'environ 0,5 cm dans la cuve à chromatographie, puis la fermer. Les vapeurs d'éluant vont alors saturer la cuve.
2. Si les composés à analyser sont sous forme solide, les dissoudre dans un minimum de solvant.
3. Préparation de la plaque :
 - a) à environ 1 cm du bas de la plaque, tracer délicatement une ligne au crayon à papier ;
 - b) indiquer sur cette ligne les positions des dépôts que vous allez effectuer ;
 - c) effectuer les dépôts souhaités à l'aide de capillaires :
 - plonger une extrémité du capillaire dans la solution : quelques millimètres de solution entrent dans le capillaire,
 - sur la position choisie, poser verticalement, **très peu de temps mais plusieurs fois**, l'extrémité du capillaire (l'objectif est d'avoir un dépôt très concentré et peu étalé).
4. Placer verticalement la plaque dans la cuve, et la refermer rapidement. Au départ, l'éluant ne doit pas toucher les dépôts.
5. **SANS BOUGER LA CUVE**, attendre que l'éluant soit arrivé à environ 1 cm du bord supérieur.
6. Retirer la plaque et tracer rapidement au crayon à papier un trait indiquant la hauteur atteinte par l'éluant.

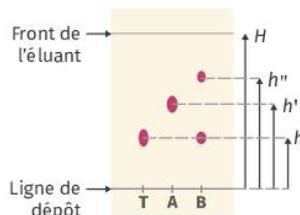


C Analyse de la CCM

➤ Plusieurs taches

Si on observe qu'un même dépôt s'est divisé en plusieurs taches, alors celui-ci est un mélange.

Attention, si le dépôt ne se divise pas, il ne s'agit pas forcément d'un corps pur.



➤ Identification

À la fin de la CCM, **chaque espèce chimique s'est élevée à une hauteur qui lui est propre**. Si on observe deux taches situées à la même hauteur, il s'agit de la même substance.

➤ Rapport frontal

Calcul du rapport frontal : $R_f = \frac{h}{H}$

Exemple :

- Plusieurs taches obtenues à partir du dépôt B : il s'agit donc d'un mélange.
- La première tache du dépôt B est située à la même hauteur que la tache témoin donc la substance B contient l'espèce témoin T.

18 L'utilisation de l'oscilloscope ou d'un logiciel d'acquisition

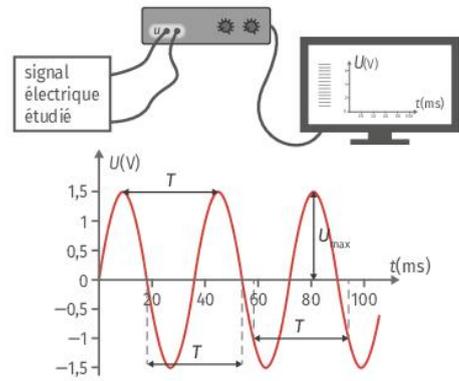
A Objectif

Pour mesurer une tension électrique à un instant donné, on peut utiliser un voltmètre. Cependant, pour visualiser l'évolution de cette tension dans le temps, on utilisera un dispositif d'acquisition numérique ou un oscilloscope. Ces appareils de visualisation sont très utiles car beaucoup de capteurs transforment une grandeur physique en signal électrique.

B Utilisation d'un logiciel d'acquisition en mode oscilloscope

1. Ouvrir le logiciel approprié et allumer le boîtier d'acquisition.
2. Relier les fils électriques aux branchements correspondants du boîtier.
3. Dans le logiciel, ouvrir la page correspondant à l'oscilloscope de manière à visualiser un graphique portant en ordonnée la tension mesurée et en abscisse le temps.
4. Régler la fréquence d'échantillonnage de façon à ce qu'elle soit au moins cinq fois supérieure à celle du signal mesuré.
5. Lancer l'acquisition.

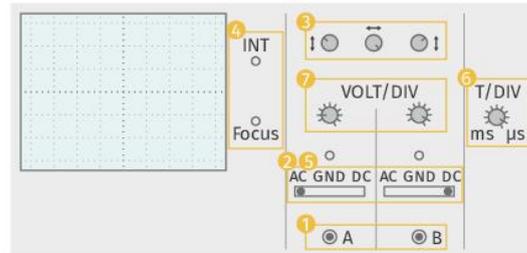
La mesure de la période ou de l'amplitude peut se faire directement avec des outils disponibles dans le logiciel.



C Utilisation d'un oscilloscope

➤ Réglages généraux

1. À l'aide d'un adaptateur BNC, relier les fils électriques à la borne A ou à la borne B de l'oscilloscope.
2. Sélectionner le cran GND, qui signifie *ground*.
3. Déplacer le signal de façon à ce que la ligne soit horizontale et située au milieu de l'écran.
4. Sélectionner le cran correspondant à la mesure souhaitée du signal (AC ou DC).



➤ Réglages des échelles

1. Régler le calibre de temps, qui correspond à une division sur l'axe des abscisses de l'oscillogramme, si on choisit le cran 5 ms/div, alors un grand carreau correspond à une durée de 5 ms.
2. Régler le calibre de la tension, qui correspond à une division en ordonnée de l'oscillogramme, si on choisit le cran 0,5 V/div, alors un grand carreau correspond à une tension de 0,5 V.



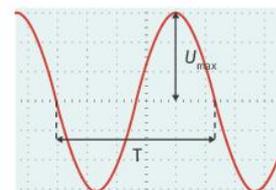
➤ Mesure de la période et de l'amplitude d'un signal : Calibres choisis : 2 ms et 0,5 V.

Mesure de T : 5 divisions et 7 subdivisions (1 sub. = 0,4 ms)

$$\rightarrow T = 5 \times 2 + 7 \times 0,4 = 12,8 \pm 0,4 \text{ ms.}$$

Mesure de U_{max} : 2 divisions et 3 subdivisions (1 sub. = 0,1 V)

$$\rightarrow U_{max} = 2 \times 0,5 + 3 \times 0,1 = 1,3 \pm 0,1 \text{ V.}$$



19 Le pointage vidéo

A De la chronophotographie au pointage

Une chronophotographie est une superposition de photographies d'un même objet en mouvement prises à intervalles de temps identiques. Cet outil permet d'identifier les positions de l'objet au cours du temps. Le pointage fonctionne sur le même principe qu'une chronophotographie, mais il est réalisé à partir d'une vidéo.



B Réalisation du pointage

Pour effectuer ce pointage, il existe divers logiciels et applications, et tous suivent les principales étapes suivantes :

1. Filmer le mouvement que l'on souhaite étudier, en plaçant dans le champ un objet dont on connaît la dimension. Cet objet nous servira plus tard d'étalon.
2. Ouvrir la vidéo dans le logiciel, et se placer au début du mouvement.
3. Étalonner la vidéo, c'est-à-dire indiquer au logiciel la longueur réelle de l'objet étalon.
4. Placer le repère d'espace, x et y par exemple.
5. Choisir un point de l'objet visible durant toute la vidéo et qui suit le mouvement que l'on souhaite étudier.
6. Cliquer sur le point choisi le nombre de fois suffisant pour couvrir entièrement le mouvement.
7. Extraire un tableau de données comportant les valeurs de temps et d'espaces correspondant au pointage.



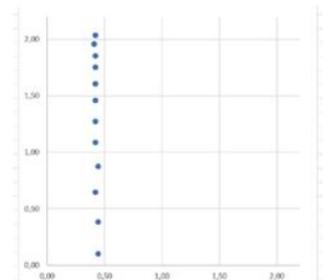
C Changement de repère, changement de référentiel

Afin de changer le référentiel d'étude d'un mouvement, certains logiciels offrent la possibilité de changer la position de l'origine du repère, pour chaque image pointée.

Nous pouvons aussi effectuer manuellement ce changement à l'aide d'un tableur :

1. Pointer les positions successives de l'objet en mouvement (ci-dessus la balle en vert).
2. Pointer les positions successives de l'origine du repère souhaité (ci-contre le centre de la roue arrière en bleu).
3. Afficher dans un tableur les coordonnées de positions des deux pointages $[x_{\text{balle}}, y_{\text{balle}}]$ et $[x_{\text{roue}}, y_{\text{roue}}]$.
4. Créer deux nouvelles grandeurs : $x' = x_{\text{balle}} - x_{\text{roue}}$ et $y' = y_{\text{balle}} - y_{\text{roue}}$.
5. Représenter y en fonction de x , il s'agit de la trajectoire de la balle par rapport au centre de la roue.

t s	Balle		Centre de la roue		Balle/Centre roue	
	x_{balle} m	y_{balle} m	x_{roue} m	y_{roue} m	x' m	y' m
0,12	1,08E+00	2,03E+00	6,63E-01	-7,13E-03	4,17E-01	2,04E+00
0,16	1,30E+00	1,95E+00	8,91E-01	-1,07E-02	4,09E-01	1,96E+00
0,2	1,52E+00	1,85E+00	1,10E+00	-7,13E-03	4,20E-01	1,86E+00
0,24	1,75E+00	1,74E+00	1,33E+00	-1,43E-02	4,20E-01	1,75E+00
0,28	1,97E+00	1,59E+00	1,55E+00	-1,78E-02	4,20E-01	1,61E+00



A

Anion : ion portant une ou plusieurs charge(s) négative(s).

Atome : brique élémentaire de la matière.

B

Becquerel : unité utilisée pour mesurer l'activité radioactive d'un échantillon. 1 Bq est égal à une désintégration par seconde.

C

Cation : ion portant une ou plusieurs charge(s) positive(s).

Célérité : vitesse de propagation d'une onde, à distinguer de la vitesse d'un corps matériel. En effet, pour une onde, il n'y a aucun déplacement de matière.

Composition massique d'un mélange : répartition en masse des espèces chimiques contenues dans un mélange. Elle s'exprime généralement en pourcentage.

Concentration en masse : masse de soluté contenue dans un volume de référence de solution.

Condensation liquide : appellation du passage de l'état gazeux à l'état liquide.

Corps pur simple élémentaire : corps pur constitué d'un seul type d'atome ne formant pas de molécule (ex. : le fer, le cuivre).

Corps pur simple moléculaire : corps pur constitué de molécules, elles-mêmes constituées d'un seul type d'atomes (ex. : dihydrogène, dioxygène, dichlore).

Couche externe : dernière couche électronique qui contient au moins un électron. Elle peut être composée de plusieurs sous-couches.

Courbe d'étalonnage : courbe reliant la concentration à une grandeur physique mesurable.

D

Diluer : ajouter du solvant sans ajouter de soluté.

Dissoudre : disperser un soluté dans un solvant.

E

Échelle de teintes : série de couleurs dégradées.

Électron de valence : électron présent dans la couche externe de la structure électronique (ces électrons sont ceux qui permettent de créer des liaisons chimiques).

Élément chimique : noyau caractérisé par son numéro atomique.

Éluant : solvant qui monte par capillarité sur le support

de chromatographie sur couche mince (CCM).

Endothermique : une transformation est endothermique si l'énergie du système E augmente. Cette variation $\Delta E > 0$ provient d'un transfert depuis le milieu extérieur.

Énergie de liaison : énergie requise pour rompre toutes les liaisons covalentes d'une mole de la molécule considérée. Elle se mesure donc en $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Espèce artificielle : inventée par l'homme, n'existe pas dans la nature.

Espèce chimique : ensemble constitué d'un très grand nombre d'une même entité.

Espèce de synthèse : élaborée par l'homme, existe dans la nature.

Exothermique : transformation au cours de laquelle l'énergie E du système diminue. Cette variation d'énergie $\Delta E < 0$ correspond à un transfert d'énergie vers l'extérieur.

F

Fissile : noyau qui peut être le siège d'une réaction de fission.

Force de frottement : force de contact d'un corps avec un fluide (liquide, gaz) ou avec une surface solide et qui s'oppose au mouvement de ce corps.

Front de l'éluant : ligne marquant la hauteur atteinte par l'éluant quand la plaque de CCM est sortie de la cuve.

I

Inerte (en chimie) : qui ne réagit pas du fait de ses propriétés chimiques.

Inertie : en mécanique, tendance qu'ont les corps à ne pas changer d'état (repos ou mouvement) en l'absence de forces appliquées. Par extension, ce terme se retrouve en sciences sociales pour désigner un comportement de résistance à tout changement.

Ion : entité chimique, élaborée à partir d'atomes électriquement chargés.

Ion monoatomique : atome ayant perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.

Isoélectronique : deux espèces chimiques sont isoélectroniques si elles possèdent le même nombre d'électrons.

Isotopes : deux noyaux ayant le même nombre de protons et un nombre de neutrons différent.

L

Lacunaire : qui présente des espaces vides.

M

Macroscopique : qui se voit à l'œil nu.

Masse : propriété fondamentale d'un corps qui rend compte de la quantité de matière de ce corps et qui ne dépend pas de l'endroit où il se trouve.

Masse volumique : masse d'une substance (solide, liquide ou gaz) contenue dans un volume donné de cette substance.

Microscopique : qui est d'une dimension comparable à celle d'une entité chimique.

Mole : ensemble de $N_A = 6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ entités.

Molécule : entité chimique neutre élaborée à partir d'atomes.

N

Négligeable : très faible, dont l'absence ne modifiera pas le résultat du calcul.

Nombre de masse : nombre de nucléons d'un atome.

Nucléon : particule présente dans le noyau d'un atome.

Numéro atomique : nombre de protons présents dans le noyau.

P

Période (en chimie) : nom donné à une ligne du tableau périodique.

Période (en physique) : durée la plus petite pour qu'un phénomène périodique se reproduise identique à lui-même.

Poids : force exercée par un astre (la Terre, la Lune, etc.) sur un corps massif, qui dépend de la masse de ce corps et de l'intensité de la pesanteur à l'endroit où se trouve le corps.

Précipité : solide apparaissant au sein de la solution par réaction chimique.

Principe : affirmation faite au sujet d'une propriété non démontrée et non démontrable. Cette propriété est considérée comme vraie tant qu'elle n'est pas mise en défaut.

Produit : en chimie, composé résultant d'une réaction chimique.

Q

Quantité de matière : nombre d'entités (unité : mol) que contient un échantillon.

R

Rayonnement électromagnétique : mode de transfert d'énergie décrit par la propagation d'ondes électromagnétiques.

Référentiel : solide ou ensemble de points considérés comme fixes et par rapport auxquels on décrit le mouvement. On y associe un repère de temps.

Référentiel géocentrique : référentiel lié au centre de la Terre.

Référentiel héliocentrique : référentiel lié au centre du Soleil.

Référentiel terrestre : référentiel lié à la surface de la Terre.

S

Solide ionique : solide composé d'ions disposés en structure ordonnée pouvant se dissocier en solution.

Solution étalon : solution avec une concentration connue, permettant d'étalonner un appareil de mesure.

Solution fille : solution obtenue après dilution.

Solution mère : solution initiale qui va être diluée.

Solution saturée : solution qui contient la masse maximale de soluté que l'on peut y dissoudre.

Spectre d'absorption : spectre caractérisé par des raies incolores sur un fond coloré.

Spectre d'émission : spectre caractérisé par des raies colorées sur un fond incolore.

Système : ensemble matériel que l'on sépare, par la pensée, du reste de l'univers (appelé milieu extérieur).

T

Trait de jauge : marque ou trait qui indique le volume.

Trajectoire : ensemble de positions successives occupées par un objet au cours du temps.

V

Vecteur : objet mathématique représenté par un segment fléché dont les caractéristiques, en physique, sont : le point d'application, la direction, le sens et la norme (dite aussi valeur ou intensité).

Vecteur constant : un vecteur est constant si toutes ses caractéristiques (direction, sens et norme) sont constantes tout au long du mouvement.

QCM : ① 1. B. - 2. A. - 3. B.

② 1. A. - 2. A. - 3. A.

③ 1. A. - 2. A. - 3. A. - 4. C.

Jeopardy : ④ a. Qu'appelle-t-on température de fusion ? b. À quoi sert le sulfate de cuivre anhydre ?

Parcours d'apprentissage :

16 1. Le dioxygène et le diazote sont les composants majoritaires de l'air.

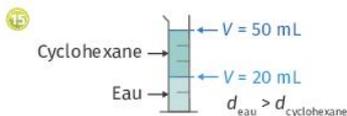
2. Dans l'air, il y a 80 % de diazote et 20 % de dioxygène.

3. La masse d'air est :

$$m_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} \cdot V_{\text{air}} \text{ soit}$$

$$m_{\text{air}} = 1\,225 \times 1 \times 10^{-3}$$

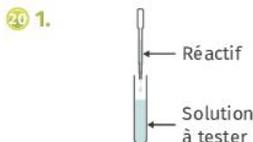
$$= 1,225 \times 10^{-3} \text{ kg} = 1,225 \text{ g.}$$



18 1. La température de fusion de ce corps est d'environ 6,5 °C.

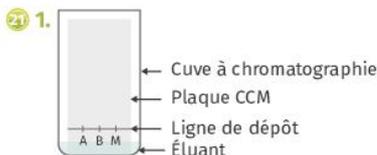
2. Ce corps est pur car on observe un palier de température sur la courbe de refroidissement.

3. Ce corps pur est du cyclohexane.



20 1. Le test positif au nitrate d'argent met en évidence les ions chlorure Cl⁻. Le test positif à l'oxalate d'ammonium met en évidence les ions calcium Ca²⁺.

3. Il s'agit donc d'un mélange.



2. M est un mélange contenant le corps pur B car on retrouve une tache à la même hauteur dans M et dans B. M ne contient pas le corps pur A.

22 1. Ces gaz ne sont pas les seuls dans l'enceinte car : $V(\text{O}_2) + V(\text{N}_2) \neq V_{\text{total}}$

2. %_V(O₂) = 21 % et %_V(N₂) = 78 %.

23 1. Le volume de dioxyde de carbone dans les poumons avant expiration est :

$$V(\text{CO}_2) = \frac{V_{\text{total}}}{100} \times \%(\text{CO}_2) = 0,27 \text{ L.}$$

2. Le pourcentage de dioxyde de carbone dans le volume courant est :

$$\%(\text{CO}_2)_{V_{\text{courant}}} = 100 \times \frac{V(\text{CO}_2)}{V_{\text{courant}}} = 54 \%$$

24 ♦ Le volume de dioxygène est :

$$V(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{\rho(\text{O}_2)} = \frac{3300}{1,33} = 2,48 \times 10^3 \text{ L.}$$

Le volume de diazote est :

$$V(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{\rho(\text{N}_2)} = \frac{8100}{1,17} = 6,92 \times 10^3 \text{ L.}$$

Le volume d'hélium est :

$$V(\text{He}) = \frac{m(\text{He})}{\rho(\text{He})} = \frac{600}{0,17} = 3,5 \times 10^3 \text{ L.}$$

Le volume total est donc :

$$V_{\text{total}} = V(\text{O}_2) + V(\text{N}_2) + V(\text{He})$$

$$= 1,3 \times 10^4 \text{ L}$$

Le pourcentage de dioxygène est :

$$\%(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_{\text{total}}} = 19 \%$$

Le pourcentage de diazote est :

$$\%(\text{N}_2) = \frac{V(\text{N}_2)}{V_{\text{total}}} = 53 \%$$

Le pourcentage d'hélium est :

$$\%(\text{He}) = \frac{V(\text{He})}{V_{\text{total}}} = 28 \%$$

31 1. I₂ est un corps pur composé moléculaire et KI est un corps pur composé ionique.

2. Ces deux espèces sont solides à température ambiante.

3. L'eau iodée est un mélange.

4. La masse maximale de diiode dissoute dans 25 mL d'eau est : $m(\text{I}_2) = s(\text{I}_2) \cdot V = 8,3 \text{ mg}$. La masse maximale de l'iodure de potassium dissoute dans 25 mL d'eau est : $m(\text{KI}) = s(\text{KI}) \cdot V = 36 \text{ g}$.

32 1. b. $V = \frac{m}{\rho} = 7,8 \text{ mL}$.

2. a. L'eau et l'acétone sont miscibles. Le mélange est donc homogène.

3. b. Le mélange eau/acétone n'est pas miscible avec le cyclohexane. Le cyclohexane est moins dense que l'eau et l'acétone est donc moins dense que le mélange eau/acétone.

QCM : ① 1. C. - 2. B. - 3. C.

② 1. A. - 2. B. - 3. A.

③ 1. B. - 2. C. - 3. B.

Jeopardy : ④ a. Quel matériel doit-on utiliser pour effectuer une dilution ? b. Pourquoi doit-on agiter une solution lors d'une dissolution ?

Parcours d'apprentissage :

Cas	Soluté	Solvant
a	concentré de jus d'orange	eau
b	molécules extraites du café	eau
c	huile de lin	essence de térébenthine
d	galets de chlore	eau
e	glucose	sang

12 a. Dissolution. d. Dilution.

b. Dilution. e. Dilution.

c. Dissolution. f. Dilution.

14 1. La masse maximum de ferritine dans un corps est :

$$m = \gamma \cdot V = 1,8 \text{ mg (2 CS).}$$

2. Le volume de sang pour obtenir 0,4 mg de ferritine à 300 µg/L est :

$$V = \frac{m}{\gamma} = 1 \text{ L (1 seul CS).}$$

15 1. La concentration en sucre du soda est :

$$\gamma_{\text{soda}} = \frac{m_{\text{soda}}}{V_{\text{soda}}} = 1,1 \times 10^2 \text{ g/L.}$$

La concentration en sucre du thé glacé est :

$$\gamma_{\text{the}} = \frac{m_{\text{the}}}{V_{\text{the}}} = 90 \text{ g/L.}$$

La boisson qui a le goût le plus sucré est le soda.

16 1. Il s'agit d'une dissolution.

2. La concentration finale en sulfate de cuivre est : $\gamma = \frac{m}{V} = 15 \text{ g/L}$.

3. Protocole pour réaliser 200 mL de bouillie bordelaise :

- a) peser 3,0 g de sulfate de cuivre à l'aide d'une balance ; b) peser 1,6 g de chaux éteinte à l'aide d'une balance ; c) verser les 2 solides dans une fiole jaugée de 200 mL à l'aide d'un entonnoir ; d) ajouter un peu d'eau distillée et agiter ; e) compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et agiter à nouveau.

4. Le sulfate de cuivre est toxique et dangereux pour l'environnement. Il faut le manipuler avec une blouse, des gants et des lunettes de protection. De plus, il faudra récupérer les solutions dans un bac de récupération et ne pas rejeter la solution dans l'évier.

17 1. La relation entre la masse volumique, la masse et le volume est : $\rho = \frac{m}{V}$.

2. La relation permettant de calculer la masse est : $m = \rho \cdot V$.

3. La masse de glycérine est :

$$m_{\text{glycérine}} = \rho_{\text{glycérine}} \cdot V_{\text{glycérine}} = 13 \text{ g.}$$

4. La concentration en glycérine de ce produit à bulles est :

$$\gamma_{\text{glycérine}} = \frac{m_{\text{glycérine}}}{V_{\text{solution}}} = 52 \text{ g/L.}$$

18 1. La masse de sucre pour le produit à bulles est :

$$m_{\text{sucre}} = \rho_{\text{sucre}} \cdot V_{\text{sucre}} = 8 \text{ g.}$$

2. La concentration en sucre de ce produit à bulles est :

$$\gamma_{\text{sucre}} = \frac{m_{\text{sucre}}}{V_{\text{solution}}} = 32 \text{ g/L.}$$

19 ♦ La concentration en liquide vaisselle est : $\gamma_{\text{lv}} = \frac{\rho_{\text{lv}} \cdot V_{\text{lv}}}{V_{\text{solution}}} = 83,2 \text{ g/L.}$

22 1. C 2. A 3. C 4. B

24 1. Le solvant est l'huile végétale.

2. On prélève 10 mL d'huile essentielle d'eucalyptus à l'aide d'une pipette jaugée de 10 mL. On place le liquide prélevé dans une fiole jaugée de 100 mL. On prélève ensuite 5,0 mL d'huile essentielle de thym avec une pipette jaugée de 5,0 mL. On place le liquide prélevé dans la fiole jaugée de 100 mL. On complète avec un peu d'huile végétale. On agite. On ajuste d'huile végétale jusqu'au trait de jauge. On agite à nouveau.

3. La concentration en huile essentielle de thym est :

$$\gamma_{\text{thym}} = \frac{\rho_{\text{thym}} \cdot V_{\text{thym}}}{V_{\text{solution}}} = 4,0 \times 10^1 \text{ g/L.}$$

27 1. La concentration dans le 5^e tube est comprise entre $3 \times 10^{-3} \text{ g/L}$ et $4 \times 10^{-3} \text{ g/L}$.

2. Le bonbon contient :

$$m_{\text{min}} = \gamma_{\text{min}} \cdot V = 1,2 \times 10^{-4} \text{ g} = 0,12 \text{ mg}$$

$$m_{\text{max}} = \gamma_{\text{max}} \cdot V = 1,6 \times 10^{-4} \text{ g} = 0,16 \text{ mg.}$$

Chapitre 3

p. 56

QCM : 1. B. - 2. C. - 3. B.

2. 1. A. - 2. A. - 3. C.

3. 1. C. - 2. B. - 3. C.

Jeopardy : 4 a. Comment s'appelle la brique élémentaire de la matière ? b. Qu'est-ce qu'une mole ?

Parcours d'apprentissage :

13 1. Dans un solide ionique, on retrouve des cations et des anions.

2. L'électroneutralité est assurée car il y a autant de charges positives que de charges négatives.

3. Lors de la dissolution, l'eau joue le rôle de solvant. Les molécules d'eau vont séparer les anions des cations.

14 1. Pour assurer l'électroneutralité, il faut qu'il y ait 2 fois plus d'ions chlorure Cl^- que d'ions calcium Ca^{2+} .

2. L'équation de dissociation du chlorure de calcium dans l'eau est : $\text{CaCl}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq}).$

16 1. La masse de 1,5 L d'eau est :

$$m_{\text{eau}} = \rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{eau}} = 1,5 \text{ kg.}$$

La masse d'une molécule d'eau est :

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2m(\text{H}) + m(\text{O})$$

$$= 2,99 \times 10^{-26} \text{ kg.}$$

Le nombre de molécules d'eau dans la bouteille est :

$$N = \frac{m_{\text{eau}}}{m(\text{H}_2\text{O})} = 5,0 \times 10^{25} \text{ molécules.}$$

2. La quantité de matière correspondante est : $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{N}{N_A} = 83 \text{ mol.}$

3. Les quantités d'atomes d'oxygène et d'hydrogène sont :

$$n(\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) = 83 \text{ mol et}$$

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 1,7 \times 10^2 \text{ mol.}$$

18 1. La masse d'une molécule de saccharose est :

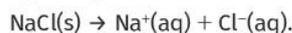
$$m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12m(\text{C}) + 22m(\text{H}) + 11m(\text{O}) = 5,68 \times 10^{-25} \text{ kg.}$$

2. Le nombre de molécules N dans un morceau de sucre est :

$$N = \frac{m_{\text{sucre}}}{m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})} = 1,1 \times 10^{22}.$$

3. La quantité de sucre correspondante est : $n = \frac{N}{N_A} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ mol.}$

19 1. L'équation de dissolution du sel dans l'eau est :



2. La masse de sel introduite dans l'eau est : $m_{\text{sel}} = 15 \text{ g.}$

La masse d'une entité de NaCl est :

$$m(\text{NaCl}) = m(\text{Na}) + m(\text{Cl})$$

$$= 9,71 \times 10^{-26} \text{ kg.}$$

Le nombre de molécules de sel est :

$$N(\text{NaCl}) = \frac{m_{\text{sel}}}{m(\text{NaCl})} = 1,5 \times 10^{23} \text{ molécules.}$$

Une entité de NaCl donne un ion Na^+ et un ion Cl^- , donc $N(\text{NaCl}) = N(\text{Na}^+) = N(\text{Cl}^-) = 1,5 \times 10^{23}$ entités.

3. La quantité de matière en ion Na^+ et en ion Cl^- est :

$$n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^-) = \frac{N}{N_A} = 0,25 \text{ mol.}$$

20 ♦ La masse de sel introduite dans l'eau est : $m_{\text{sel}} = 3 \times 3,0 = 9,0 \text{ g.}$

La masse d'une entité de sel est :

$$m(\text{NaCl}) = m(\text{Na}) + m(\text{Cl})$$

$$= 9,71 \times 10^{-26} \text{ kg.}$$

Le nombre d'entités de NaCl est :

$$N(\text{NaCl}) = \frac{m_{\text{sel}}}{m(\text{NaCl})} = 9,3 \times 10^{22} \text{ entités}$$

La quantité de matière en NaCl est :

$$n(\text{NaCl}) = \frac{N}{N_A} = 0,15 \text{ mol.}$$

Même méthode pour le saccharose :

$$m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 5,68 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

$$N(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 2,1 \times 10^{22} \text{ molécules}$$

$$n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 3,5 \times 10^{-2} \text{ mol.}$$

La quantité de sel est supérieure à la quantité de sucre : $n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) < n(\text{NaCl}).$

22 1. Les 2 gaz qui se forment sont le dioxygène $\text{O}_2(\text{g})$ et le dihydrogène $\text{H}_2(\text{g}).$

2. Cette réaction libère 2 fois plus de dihydrogène que de dioxygène.

3. La décomposition de l'eau est : $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}).$

4. La théorie d'Aristote était fautive car on peut décomposer l'eau en espèces chimiques différentes.

23 1. La masse d'or contenue dans la pépite est : $m = 2,27 \text{ g.}$

2. Le nombre d'atomes d'or contenu dans la pépite est :

$$N_{\text{or}} = \frac{m_{\text{or}}}{m_{\text{Au}}} = 6,94 \times 10^{21} \text{ atomes d'or.}$$

3. La quantité de matière d'or dans la pépite est :

$$n_{\text{or}} = \frac{N_{\text{or}}}{N_A} = 1,15 \times 10^{-2} \text{ mol.}$$

Chapitre 4

p. 72

QCM : 1. C. - 2. B. - 3. B. - 4. C.

2. 1. C. - 2. A. - 3. A. - 4. B.

3. 1. B. - 2. A. - 3. C.

Jeopardy : 4 a. Comment appelle-t-on des atomes qui ont le même numéro atomique mais des nombres de masse différents ? b. Quel serait le diamètre d'un atome si son noyau était représenté par une tête d'épingle de 1 mm de diamètre ?

Parcours d'apprentissage :

10 1. Le nombre de protons correspond au numéro atomique Z , l'atome d'or possède donc 79 protons dans son noyau.

2. Le nombre de neutrons est : $N = A - Z = 118$ neutrons.

3. La représentation de l'atome d'or est : $^{197}_{79}\text{Au}$.

12 1. Deux isotopes ont le même numéro atomique mais des nombres de masse différents (même nombre de protons mais des nombres de neutrons différents).

2. Le numéro atomique est : $Z = 31$.

Le nombre de masse est :

$$A = 31 + 38 = 69.$$

3. Le symbole du gallium est : $^{69}_{31}\text{Ga}$.

4. Cet atome de gallium possède 31 électrons car un atome est électriquement neutre, il possède autant de protons que d'électrons.

5. Le symbole du second isotope du gallium est : $^{71}_{31}\text{Ga}$.

13 1. La composition de l'atome de mercure est : 202 nucléons dans son noyau dont 80 protons et 122 neutrons et 80 électrons dans son nuage électronique.

2. La masse de cet atome est :

$$m_{\text{atome}} = Z \cdot m_p + N \cdot m_n + Z \cdot m_e = 3,383 \times 10^{-22} \text{ g.}$$

3. Une goutte de mercure comporte :

$$X_{\text{atome}} = \frac{m_{\text{goutte}}}{m_{\text{atome}}} = 1,45 \times 10^{21} \text{ atomes.}$$

17 1. La relation permettant de calculer la masse d'un atome est :

$$m_{\text{atome}} = A \cdot m_{\text{nucléon}}$$

2. L'expression permettant de calculer le nombre de masse est :

$$A = \frac{m_{\text{atome}}}{m_{\text{nucléon}}}$$

3. Le nombre de masse de l'atome de fluor est : $A = 19$ nucléons.

4. La notation symbolique de l'atome de fluor est : ${}^{19}_9\text{F}$.

18 1. Le nombre de nucléons dans l'atome de chlore est :

$$A = \frac{m_{\text{atome}}}{m_{\text{nucléon}}} = 35 \text{ nucléons.}$$

2. La notation symbolique de l'atome de chlore est : ${}^{35}_{17}\text{Cl}$.

19 • Le nombre de nucléons dans l'atome de brome est :

$$A = \frac{m_{\text{atome}}}{m_{\text{nucléon}}} = 79 \text{ nucléons.}$$

La notation symbolique de l'atome de brome est : ${}^{79}_{35}\text{Br}$.

20 1. La composition de l'atome de brome ${}^{79}_{35}\text{Br}$ est 79 nucléons dans son noyau (35 protons et 44 neutrons) ainsi que 35 électrons dans son cortège électronique.

2. La masse du noyau de l'atome de brome est : $m_{\text{noyau}} = A \cdot m_n = 1,32 \times 10^{-25} \text{ kg.}$

3. La masse du cortège électronique de l'atome de brome est :

$$m_{\text{cortège}} = Z \cdot m_e = 3,188 \times 10^{-29} \text{ kg.}$$

4. Le rapport de la masse du noyau et du cortège électronique est :

$$\frac{m_{\text{noyau}}}{m_{\text{cortège}}} = 4,14 \times 10^3.$$

La masse du cortège électronique est négligeable devant la masse du noyau.

5. Le symbole de l'isotope du brome a pour symbole ${}^{77}_{35}\text{Br}$.

22 1. Si l'atome est un ballon de basket, le noyau est 100 000 fois plus petit soit $d_{\text{objet}} = \frac{d_{\text{ballon}}}{100000} = 2,43 \mu\text{m}$.

2. L'encadrement de la mesure est : $2,38 \mu\text{m} < d_{\text{objet}} < 2,48 \mu\text{m}$.

3. Si la balle de ping-pong était le noyau, la taille de l'atome serait :

$$d_{\text{atome}} = 100\,000 d_{\text{ping-pong}} = 4 \text{ km.}$$

4. Il n'y a aucune particule entre le noyau de l'atome et les électrons. Vu que le diamètre de l'atome est 100 000 fois plus grand que le diamètre du noyau, l'atome est principalement constitué de vide.

25 1. Deux noyaux atomiques sont dits isotopes s'ils contiennent le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différent.

2. La composition de ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ est : $A = 63$ nucléons dont $Z = 29$ protons et $N = A - Z = 34$ neutrons dans le noyau et 29 électrons dans le cortège électronique.

La composition de ${}^{65}_{29}\text{Cu}$ est : $A = 65$ nucléons dont $Z = 29$ protons et $N = A - Z = 36$ neutrons dans le noyau et 29 électrons dans le cortège électronique.

3. La masse de l'atome ${}^{65}_{29}\text{Cu}$ est :

$$m_{\text{atome}} = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n + Z \cdot m_e = 1,088 \times 10^{-25} \text{ kg.}$$

Chapitre 5 p. 88

QCM : 1. A. - 2. B. - 3. C.

2. 1. C. - 2. B. - 3. C.

3. 1. B. - 2. A. - 3. B.

Jeopardy : 4 a. Combien d'électrons possède l'atome de néon sur sa couche externe ? À quelle famille chimique appartient-il ? b. Quelle est la configuration électronique de l'atome de bore ($Z = 5$) ?

Parcours d'apprentissage :

12 1. L'atome de fluor est composé de 19 nucléons dans son noyau dont 9 protons et 10 neutrons. Il possède 9 électrons dans son cortège électronique.

2. La configuration électronique de l'atome de fluor est : $1s^2 2s^2 2p^5$.

3. La configuration électronique de l'ion fluorure est : $1s^2 2s^2 2p^6$.

13 1. a. L'ion chlorure Cl^- a gagné un électron par rapport à l'atome, il est chargé négativement.

b. Il s'agit d'un anion.

c. La composition de l'ion chlorure est : 35 nucléons dont 17 protons et 18 neutrons dans son noyau et 18 électrons dans son cortège électronique.

2. a. L'ion sodium Na^+ a perdu un électron par rapport à l'atome, il est chargé positivement.

b. Il s'agit donc d'un cation.

c. La composition de l'ion sodium

est : 23 nucléons dont 11 protons et 12 neutrons dans son noyau et 10 électrons dans son cortège électronique.

14 1. 1. d 2. b 3. a 4. c

Éléments	Électrons sur la couche externe
${}^{24}_{12}\text{Mg}$	2
${}^{23}_{11}\text{Na}^+$	0
${}^6_3\text{Li}$	1
${}^{12}_6\text{C}$	4

15 1. a. Le numéro atomique du carbone est $Z = 6$.

b. Le carbone se situe dans la 2^e période et dans la 14^e colonne.

2. L'oxygène se trouve dans la 2^e période et dans la 16^e colonne.

3. Le plomb se trouve dans la 14^e colonne.

4. L'élément appartenant à la famille des gaz rares, à la 4^e période, est le krypton.

18 1. L'ion X^{2-} possède 10 électrons.

2. L'atome correspondant possède 8 électrons.

3. L'atome possède 8 protons donc il s'agit de l'élément oxygène de symbole O.

19 1. Le noyau de l'atome de carbone comporte 12 nucléons dont 6 protons et 6 neutrons.

2. Un atome de carbone possède 6 électrons.

3. La configuration électronique de l'atome de carbone est : $1s^2 2s^2 2p^2$

4. Le carbone se situe dans la 2^e période et dans la 14^e colonne de la classification périodique.

20 1. La configuration électronique du béryllium est : $1s^2 2s^2$.

2. Le béryllium se situe dans la 2^e période et dans la 2^e colonne de la classification périodique.

21 • La configuration électronique de l'atome d'aluminium est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$.

L'atome d'aluminium se situe dans la 3^e période et dans la 13^e colonne de la classification périodique.

Atome	Configuration électronique
He	$1s^2$
Ne	$1s^2 2s^2 2p^6$
Ar	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

Atome	Configuration électronique
He	2
Ne	8
Ar	8

3. Ces 3 atomes ont leur couche externe complète, ils font partie de la famille des gaz nobles.

26 1. Un cation est un ion positif donc Al^{3+} est un cation.

2. La configuration électronique de l'atome d'aluminium ($Z = 13$ donc 13 électrons) est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$.

La configuration électronique de l'atome d'oxygène ($Z = 8$ donc 8 électrons) est : $1s^2 2s^2 2p^4$.

3. Les atomes d'oxygène et d'aluminium n'appartiennent pas à la même famille car ils n'ont pas le même nombre d'électrons sur leur couche externe.

4. L'atome d'oxygène appartient à la 2^e période ($n = 2$) alors que l'atome d'aluminium appartient à la 3^e période ($n = 3$).

28 1. La configuration électronique théorique du chrome est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$.

La configuration électronique théorique du cuivre est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$.

2. La configuration électronique réelle du chrome est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$.

La configuration électronique réelle du cuivre est :

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$.

3. Le changement est dû à un transfert d'un électron de la couche 4s à la couche 3d pour obtenir une couche complète ou semi-complète. L'énergie globale associée au cortège électronique est abaissée.

4. Les sous-couches externes de l'or et de l'argent qui sont de la même famille que le cuivre, ne contiendront qu'un seul électron. Ag ...5s¹ et Au ...6s¹.

Chapitre 6

p. 106

QCM : 1. B. - 2. C. - 3. C.

2. 1. B. - 2. B. - 3. C.

3. 1. C. - 2. B. - 3. B.

Jeopardy : 4 a. Quels sont les deux atomes qui n'adoptent pas la règle de l'octet ? - b. Qu'est-ce qu'un ion monoatomique ?

Parcours d'apprentissage :

10 1. La structure électronique du

néon est : $1s^2 2s^2 2p^6$. La structure électronique de l'argon est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

2. Le krypton est dans la même colonne que le néon et l'argon. Il possède 8 électrons sur sa couche de valence ($4s^2 4p^6$).

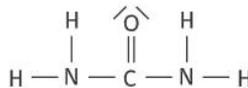
11 ♦ La structure électronique du néon est : $1s^2 2s^2 2p^6$. Deux cations isoélectroniques au néon : Mg^{2+} et Na^+ . Deux anions isoélectroniques au néon : O^{2-} et F^- .

13 1. La structure électronique de l'atome de magnésium est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$. La structure électronique de l'atome de chlore est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$.

2. L'ion magnésium doit perdre 2 électrons pour avoir la configuration électronique du néon, il s'agit donc d'un cation de formule Mg^{2+} . L'ion chlorure doit gagner 1 électron pour avoir la configuration électronique de l'argon, il s'agit donc d'un anion de formule Cl^- .

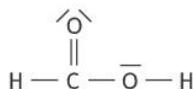
3. Ces 2 ions possèdent 8 électrons sur leur couche de valence, ils respectent la règle de l'octet.

14 1. La formule de Lewis de l'urée est :

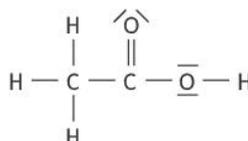


2. L'apport de chaleur va apporter suffisamment d'énergie pour rompre les liaisons covalentes de la molécule d'urée.

15 1. La bonne représentation de Lewis de l'acide méthanoïque est la première :



2. La représentation de Lewis de l'acide éthanoïque est :

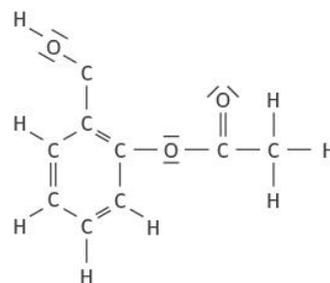


16 1. La structure électronique de l'atome d'hydrogène est : $1s^1$. La structure électronique de l'atome de carbone est : $1s^2 2s^2 2p^2$. La structure électronique de l'atome d'oxygène est : $1s^2 2s^2 2p^4$.

2. Il manque 1 électron à l'atome d'hydrogène pour respecter la règle

du duet. Il manque 4 électrons à l'atome de carbone et 2 à l'atome d'oxygène pour respecter la règle de l'octet.

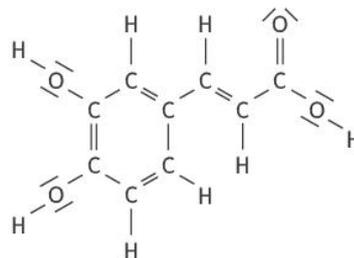
3. La représentation de Lewis de la molécule d'aspirine est :



17 1. Voir la représentation de l'exercice 16 3.

2. Les atomes d'hydrogène respectent tous la règle du duet et les atomes de carbone et d'oxygène respectent tous la règle de l'octet.

18 ♦ La formule brute de l'acide caféïque est $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$. Il s'agit bien d'un isomère de la molécule d'aspirine car ces deux molécules ont la même formule brute.



24 1. La notion de liaison chimique existe depuis le V^e siècle avant notre ère. Démocrite avait imaginé les atomes avec des petits crochets, ce qui permettait de les lier entre eux. Aujourd'hui, les atomes sont reliés par des segments de droite.

2. Il s'agit de la règle du duet et de l'octet.

3. a. La structure électronique de l'atome d'hydrogène est $1s^1$, il possède donc 1 électron de valence. La structure électronique de l'atome d'oxygène est : $1s^2 2s^2 2p^4$, il possède donc 6 électrons de valence.

b. La formule de l'eau ne représente pas tous les électrons de valence car on n'observe que 2 liaisons covalentes pour 8 électrons de valence.

c. On doit ajouter des doublets non liants à l'atome d'oxygène pour qu'il respecte la règle de l'octet.

4. L'énergie de liaison correspond

à l'énergie nécessaire pour rompre toutes les liaisons covalentes d'une mole de la molécule considérée. Elle s'exprime en $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Chapitre 7

p. 124

QCM : ① 1. A. - 2. B. - 3. C. - 4. B.

② 1. A. - 2. A. - 3. A. - 4. C. - 5. B.

Jeopardy : ④ a. Quel terme caractérise une transformation physique qui capte de l'énergie au milieu extérieur ? b. Comment se nomme le passage de l'état gazeux à l'état solide ?

Parcours d'apprentissage :

⑩ 1. $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$. Ce changement d'état est une vaporisation (ébullition).

2. Lors de la vaporisation, l'agitation des molécules augmentent, donc les liaisons intermoléculaires se cassent.

3. En chauffant l'eau, il est fourni de l'énergie au système, c'est une transformation endothermique qui augmente l'agitation des molécules jusqu'à rompre les liaisons intermoléculaires, pour atteindre l'état gazeux.

⑫ 1. La peau est à 37°C et l'éther s'évapore à 35°C . Or la vaporisation est une transformation endothermique donc notre peau transfère de la chaleur à l'éther et on ressent une sensation de froid.

2. La quantité de chaleur transférée par la peau est : $Q = m_{\text{ether}} \cdot L_{\text{vaporisation}} = 1,9 \text{ kJ}$.

⑬ 1. L'équation de la sublimation de l'eau est : $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$.

2. Cette transformation est endothermique, la comète va absorber la chaleur émise par le Soleil en se rapprochant.

3. L'énergie à fournir pour effectuer la sublimation est :

$$Q = \rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{eau}} \cdot L_{\text{sublimation}} = 9,1 \times 10^{10} \text{ kJ}$$

⑭ 1. À température ambiante (20°C), l'acide acétique est à l'état liquide.

2. L'énergie transférée pour réaliser la vaporisation est :

$$Q = \rho \cdot V \cdot L_{\text{vaporisation}} = 10^4 \text{ kJ}$$

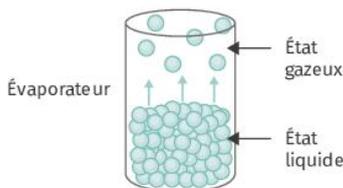
3. L'énergie transférée pour réaliser la solidification est :

$$Q = \rho \cdot V \cdot L_{\text{solidification}} = 51,3 \text{ kJ}$$

4. La vaporisation est endothermique alors que la solidification est exothermique.

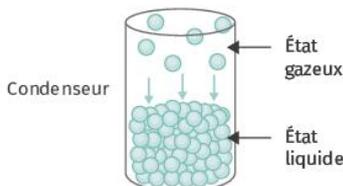
⑰ 1. A : évaporateur puis B, C et D dans le sens des aiguilles d'une montre.

2.



3. La vaporisation est une transformation endothermique donc elle absorbe la chaleur du milieu extérieur.

4.



Le condenseur réalise une liquéfaction qui est une transformation exothermique donc il libère de la chaleur vers le milieu extérieur.

5. Le chauffage par géothermie consiste en un transfert de chaleur depuis le sol pour la fournir à l'installation domestique à l'aide de transformation physique d'abord endothermique puis exothermique.

⑱ 1. Le fluide frigorigène permet de transférer l'énergie thermique du sol vers l'installation domestique.

2. Le fluide frigorigène absorbe l'énergie du sol dans l'évaporateur car il y subit une vaporisation, qui est une transformation endothermique. Il reçoit l'énergie thermique provenant du sol.

3. Le fluide frigorigène restitue l'énergie thermique dans le condenseur car il y subit une liquéfaction, qui est une transformation exothermique. Il diffuse l'énergie thermique vers l'installation domestique.

4. Le chauffage par géothermie consiste à récupérer la chaleur du sol pour la fournir à l'installation domestique à l'aide de transformation physique d'abord endothermique puis exothermique.

⑲ 1. Les changements d'état du fluide frigorigène ont lieu dans l'évaporateur et dans le condenseur.

2. Dans l'évaporateur, le fluide subit une vaporisation, transformation endothermique. Dans le condenseur, le fluide subit une liquéfaction, transformation exothermique.

3. Dans le compresseur, le fluide a

sa pression et sa température qui augmentent, il accumule de l'énergie sous forme de chaleur.

4. Le transfert de chaleur s'effectue en 2 sources de chaleur.

5. Le chauffage par géothermie consiste à récupérer la chaleur du sol pour la fournir à l'installation domestique à l'aide de transformation physique, endothermique puis exothermique.

⑳ 1. L'eau subit une liquéfaction : $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

2. Ce changement d'état est exothermique, l'air froid s'est échauffé au contact de l'eau se liquéfiant.

3. Ce dispositif permet de réchauffer l'air circulant dans le serpentin. C'est un dispositif de chauffage.

㉑ 1. La masse de fluide concernée est :

$$m = \frac{Q}{L_{\text{vaporisation}}} = 3,376 \text{ kg}$$

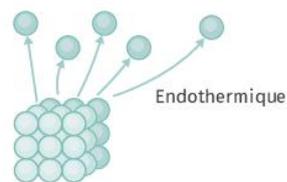
2. Le volume du liquide est :

$$V = \frac{m}{\rho} = 2,67 \text{ L}$$

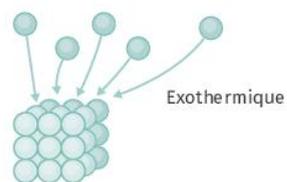
3. L'énergie transférée dans le condenseur est la même que celle transférée dans l'évaporateur car il s'agit de la transformation physique inverse. Cette énergie est ici libérée vers le milieu extérieur.

㉒ 1. Mots-clés : chauffage, vaporisation, sublimation, condensation.

2.



3.



4. Le solide obtenu est cristallin.

Chapitre 8

p. 142

QCM : ① 1. B. - 2. C.

② 1. B. - 2. A. - 3. B.

③ 1. B. - 2. C. - 3. B.

Jeopardy : ④ a. Quel est le réactif limitant lorsqu'on réalise une combustion incomplète à l'aide d'un briquet ? b. Comment peut-on qualifier

une transformation chimique dont la température initiale du système est supérieure à la température finale ?

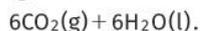
Parcours d'apprentissage :

11 1. L'espèce chimique spectatrice est le diazote $N_2(g)$ car il n'est pas consommé par l'organisme.

2. Les réactifs lors de cette transformation sont le dioxygène $O_2(g)$ et le glucose $C_6H_{12}O_6(aq)$.

3. Les produits lors de cette transformation sont le dioxyde de carbone $CO_2(g)$ et l'eau $H_2O(l)$.

4. L'équation bilan de la réaction est : $C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(g) \rightarrow$

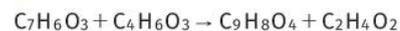


12 1. L'unique réactif de cette transformation chimique est le glucose $C_6H_{12}O_6(aq)$.

2. Le produit formé lors de cette transformation chimique est l'acide lactique $C_3H_6O_3(aq)$.

3. L'équation de la réaction est : $C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2C_3H_6O_3(aq)$.

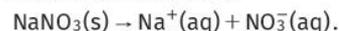
13 1.



2. La quantité d'acide salicylique est : $n(C_7H_6O_3) = \frac{100}{138} = 0,725 \text{ mol}$.

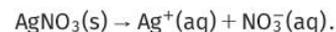
La quantité d'anhydride éthanóïque est : $n(C_4H_6O_3) = \frac{100}{102} = 0,980 \text{ mol}$. L'acide acétylsalicylique est donc le réactif limitant.

16 1. L'équation de dissolution du nitrate de sodium est :



2. Cette transformation est endothermique car la température du système diminue.

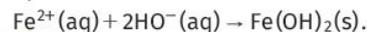
17 1. L'équation de dissolution du nitrate de sodium est :



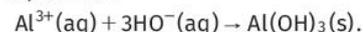
2. L'équation de formation du précipité est : $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$.

3. Les ions nitrate $NO_3^-(aq)$ sont spectateurs lors de la formation du précipité.

18 • L'équation de formation du précipité est :



19 1. L'équation de formation du précipité est :



2. Le réactif limitant est a priori l'ion hydroxyde $HO^-(aq)$.

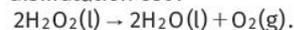
21 1. Les produits formés sont de l'argent solide $Ag(s)$ et des ions cuivre II $Cu^{2+}(aq)$.

2. L'équation bilan de la transformation chimique est :



25 1. Les produits formés lors de la dismutation de l'eau oxygénée sont l'eau et le dioxygène.

2. L'équation bilan de la réaction de dismutation est :



3. Cette transformation dégage de la chaleur, elle est donc exothermique.

Chapitre 9

p. 162

QCM : 1. 1. A. - 2. B./C. - 3. B./C. - 4. C.

2. 1. A. - 2. B. - 3. A. - 4. C. - 5. C.

Jeopardy : 3 a. Comment identifier une espèce chimique lors d'une CCM ? b. Que peut-on conclure du fait qu'un liquide se décompose en plusieurs taches lors d'une CCM ?

Parcours d'apprentissage :

12 • On n'extrait plus le linalol du bois de rose car c'est devenu une espèce protégée. On a copié la nature pour économiser les ressources naturelles en bois de rose.

16 a. L'élution ne s'est pas faite de manière homogène, la cuve à élution a dû être bougée.

b. La ligne de dépôt n'est pas horizontale, il manque le couvercle sur la cuve à élution.

c. La ligne de dépôt se situe sous le niveau de l'éluant.

17 • Les étapes sont, dans l'ordre : b) d) c) a).

18 1. Une chromatographie est une technique d'analyse permettant de comparer le produit obtenu après synthèse à un ou plusieurs produit(s) de référence.

2. L'éthanoate de méthyle et le produit obtenu ont une tache qui se situe à la même hauteur alors que la tache du menthol est située plus bas.

3. Le produit obtenu est donc de l'éthanoate de méthyle.

19 1. Les 3 substances sont des corps purs a priori car elles ne se sont pas décomposées en plusieurs taches.

2. Le produit P est de l'éthanoate de menthyle car ces 2 espèces chimiques ont des taches qui se situent à la même hauteur.

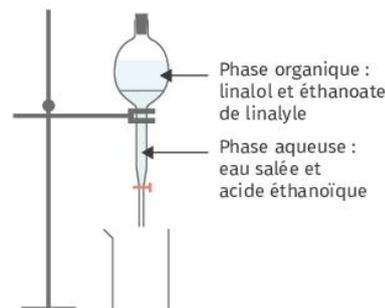
20 • Le produit formé est un mélange car il s'est décomposé en 2 taches. Il est constitué de menthol et d'éthanoate de méthyle car on retrouve des taches aux mêmes hauteurs entre

le produit et les 2 autres espèces chimiques.

21 1. Les réactifs sont le linalol et l'anhydride éthanóïque. Les produits sont l'acide éthanóïque et l'éthanoate de linalyle.

2. L'ajout d'eau salée permet de faire le relargage de l'éthanoate de linalyle dans la phase organique.

3.

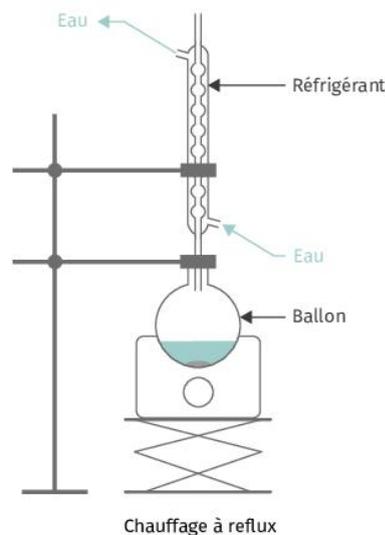


22 1. L'aspirine est une espèce chimique artificielle.

2. On n'utilise plus l'acide salicylique car la molécule d'aspirine est plus efficace que la molécule d'acide salicylique.

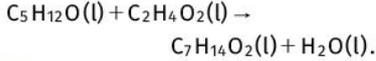
3. L'industrie pharmaceutique utilise de l'acide salicylique de synthèse pour des raisons économiques car la synthèse coûte moins cher que l'extraction et pour ne pas épuiser les ressources naturelles de saule.

26 1. Synthèse de la molécule



2. Les réactifs sont l'acide éthanóïque et l'alcool isoamylique. Les produits sont l'eau et l'éthanoate d'isoamylyle.

3. L'équation-bilan de la transformation chimique est :



29 • Pour que le liquide puisse couler de l'ampoule à décanter, il faut enlever le bouchon.

33 1. Les espèces chimiques présentes au début de la transformation chimique sont l'alcool benzylique et les ions permanganate.

2. Le volume de la tache supérieure augmente alors que celui de la tache inférieure diminue. L'alcool benzylique se transforme en acide benzoïque.

3. On aurait pu arrêter le chauffage au bout de 75 min car à cet instant on remarque qu'il n'y a plus de tache au niveau de R dans le mélange réactionnel. Tout l'alcool benzylique a réagi.

Chapitre 10

p. 180

QCM : 1. B. - 2. B. - 3. C.

2. 1. B. - 2. C. - 3. C.

3. 1. B. - 2. B. - 3. B.

Jeopardy : 4 a. Quelle particule est émise lors d'une radioactivité alpha ? b. Quelle source d'énergie essaie-t-on de recréer sur Terre à partir de la fusion nucléaire ?

Parcours d'apprentissage :

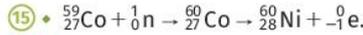
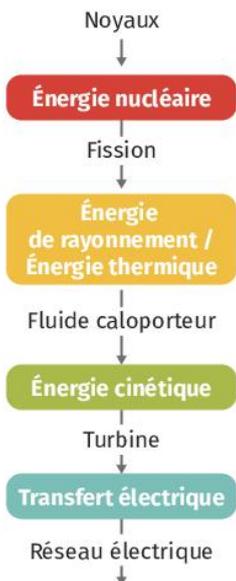
12 • Il y a conservation du nombre de masse A et du nombre de noyau Z.

$$A = 232 - 4 \times 5 = 212$$

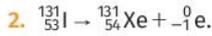
$$Z = 90 - 2 \times 5 + 7 \times 1 = 87$$

Le noyau final de la chaîne de désintégrations est le $^{212}_{87}\text{Fr}$.

14

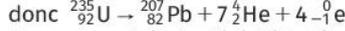


16 1. L'iode 131 est utilisé en irathérapie car il est le seul à effectuer une désintégration β^- .



17 • Premier produit de désintégrations : $A = 235 - 7 \times 4 = 207$.

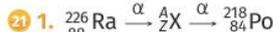
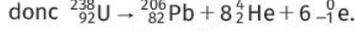
$$Z = 92 - 7 \times 2 + 4 \times 1 = 82$$



Second produit de désintégrations :

$$A = 238 - 8 \times 4 = 206$$

$$Z = 92 - 8 \times 2 + 6 = 82$$



2. $A = 226 - 4$ ou $A = 218 + 4$.

$Z = 88 - 2$ ou $Z = 84 + 2$ donc $^{222}_{86}\text{Rn}$.

23 1. Les noyaux se transforment en modifiant leur nombre de nucléons.

2. $^{205}_{81}\text{Tl}$ (concentration du nombre de protons).

3. Fissile ; neutron.

4. Nucléaire.

5. Légers.

Chapitre 11

p. 200

QCM : 1. A. - 2. A. - 3. C.

2. 1. A. - 2. B. - 3. B.

3. 1. C. - 2. B.

Jeopardy : 4 a. Qu'est-ce qu'un mouvement rectiligne uniforme ? b. Qu'est-ce que le référentiel géocentrique ?

Parcours d'apprentissage :

11 • Le référentiel adapté pour l'étude du mouvement du cycliste est le référentiel terrestre.

13 1. La trajectoire de Mars est représentée dans le référentiel géocentrique. Elle est curviligne décélérée, accélérée, décélérée puis accélérée.

2. La trajectoire de Mars décrit une courbe quasi circulaire dans le référentiel héliocentrique.

14 1. a. Le mouvement est rectiligne accéléré.

b. Le mouvement est rectiligne uniforme.

c. Le mouvement est circulaire uniforme.

d. Le mouvement est curviligne accéléré, puis décéléré.

2. Les vecteurs vitesse correctement représentés sont le a) et le d).

3. \vec{v}_2 est dans le mauvais sens ; \vec{v}_3 a une mauvaise direction.

16 1. $M_3M_5 = 2,2$ m.

2. $v_4 = \frac{M_3M_5}{2\tau} = 11\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3. \vec{v}_4 : direction horizontale, vers la droite, valeur calculée précédemment.

4. \vec{v}_4 a pour origine le point M_4 , il est tangent à la trajectoire et il mesure 1,1 cm.

17 1. $M_1M_3 = 3,4$ m.

2. $v_2 = \frac{M_1M_3}{2\tau} = 17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3. Caractéristiques de \vec{v}_2 : direction : droite passant par M_2 parallèle à la droite passant par M_1 et M_3 ; sens : vers la droite ; valeur calculée précédemment.

4. \vec{v}_2 a pour origine M_2 , il a la direction du segment M_1M_3 , et a pour longueur 1,7 cm.

18 • $v_3 = 5,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ soit un vecteur mesurant 1,1 cm sur le schéma.

19 1. Le système étudié est la randonneuse assimilée au point matériel R.

2. D'après l'infographie, l'espacement entre les points est constant donc les vecteurs vitesse ont tous la même valeur.

$$v = \frac{3,8}{2 \times 1,0} = 1,9\text{m}\cdot\text{s}^{-1} = 6,9\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$$

3. La variation du vecteur vitesse est nulle car le vecteur v est constant.

21 1. Le référentiel adapté est le référentiel géocentrique.

2. Le mouvement de l'ISS est circulaire uniforme.

3. Distance parcourue $d = 4,2 \times 10^7$ m ; Durée : $\Delta t = 5,6 \times 10^3$ s ;

$$v = 7,5 \times 10^3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

4. Pour un mouvement circulaire uniforme, le vecteur vitesse reste de norme constante mais sa direction change.

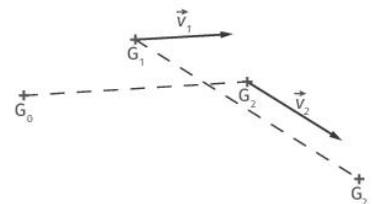
5. L'ISS effectue : $N = 15$ tours en une journée.

22 1. Système : nageur ; référentiel : terrestre.

2. $v_0 = 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3. $v_1 = 7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $v_2 = 8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

4.



5. La valeur de v augmente de G_1 à G_3 , la direction varie pour tendre vers la verticale et le sens évolue vers le bas.

6. Le mouvement est curviligne accéléré.

25 1. Réponses b. et c.

2. Réponse c.

Chapitre 12 p. 218

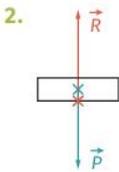
QCM : 1. C. - 2. B. - 3. B. - 4. A.

2 1. B. - 2. A. - 3. B. - 4. C. - 5. B. - 6. B.

Jeopardy : 4 a. Que signifie « 3^e loi de Newton » ? b. Qu'est-ce qu'une action à distance ?

Parcours d'apprentissage :

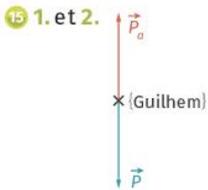
10 1. Deux forces s'exercent sur l'ouvrage : son poids et réaction de la table ; la direction pour les deux est verticale, sens vers le bas pour le poids, vers le haut pour la réaction de la table ; $P = 590 \text{ N}$.



11 ♦ La force exercée par la Terre sur la Lune a pour direction : une droite passant par les centres de gravité de la Lune et de la Terre ; pour sens : de la Lune vers la Terre avec $F_{T/L} = G \cdot \frac{m_T \cdot m_L}{d^2}$.

14 1. $g = G \cdot \frac{m_T}{(R_T + h)^2}$.

2. $g = 9,77 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.



$F_{A/B} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$.

16 ♦ En exerçant une action de contact sur le mur, Baptiste utilise le principe des actions réciproques pour que le mur exerce une force suivant la même direction, de même valeur mais de sens opposé sur lui pour faciliter son demi-tour.

17 1. $P = m \cdot g$.

2. $m = \frac{P}{g}$.

3. $m = 70,0 \text{ kg}$.

4. $P' = m \cdot g_L = 113 \text{ N}$.

5. Sur la Lune, la force d'attraction exercée y est plus faible.

18 1. $P_M = 278 \text{ N}$.

2. Pour un même objet, le poids sur

Mars est environ 2,5 fois moins élevé que sur la Terre.

19 $P = 491 \text{ N}$.

23 1. Les deux caractéristiques de la force centripète que l'on peut déduire sont la direction et le sens : direction radiale et sens vers le centre.

2. Les trois exemples de forces centripètes sont : le poids, l'interaction électromagnétique et l'interaction gravitationnelle ; le poids est une simplification de l'interaction gravitationnelle (non distinctes).

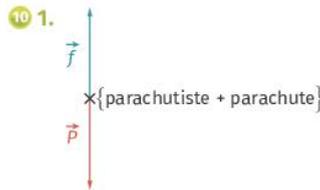
Chapitre 13 p. 238

QCM : 1 1. A. - 2. C. - 3. C. - 4. B.

2 1. B. - 2. C. - 3. A. - 4. C.

Jeopardy : 4 a. Pour un système en mouvement circulaire uniforme, que peut-on dire de la somme des forces s'exerçant sur lui ? b. Quelles forces sont considérées pour un système en chute libre ?

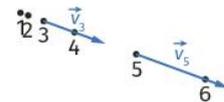
Parcours d'apprentissage :



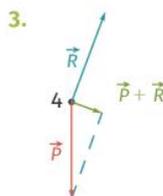
- 2. + M_1
- + M_2
- + M_3
- + M_4
- + M_5

Les forces se compensent, d'après le principe d'inertie, le mouvement est rectiligne uniforme.

11 1.



2. Les forces qui s'appliquent sur la caisse sont : le poids et la réaction du plan incliné.



4. La valeur de la vitesse augmente donc la somme des forces est non nulle.

12 1. Une chute libre est un mouvement observé lorsqu'un système n'est soumis qu'à son poids, ou par extension, à l'attraction gravitationnelle de l'astre sur lui.

2. La force exercée sur la Lune est la force d'attraction gravitationnelle de la Terre sur celle-ci.

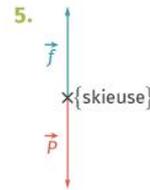
3. La Lune n'étant soumise qu'à cette force, elle est en chute libre bien que ce terme soit normalement employé que pour le poids.

13 1. Le poids et la réaction de la piste.

2. $P = 830 \text{ N}$.

3. La somme des forces est nulle car la skieuse est immobile.

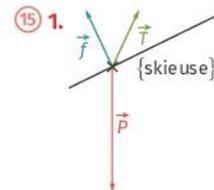
4. $R = 830 \text{ N}$.



14 1. Le poids et la réaction de la piste rouge.

2. $P = R$ d'après le principe d'inertie pour un mouvement rectiligne uniforme.

3. Voir exercice 13 5.



représentation si mouvement rectiligne uniforme, F étant la force exercée par le remonte-pente sur la skieuse.

2. Somme non nulle ; somme nulle

22 1. Oliver est soumis à son poids et à la réaction du sol.

2. $P = 690 \text{ N}$, comme le principe d'inertie s'applique $R = P$.



3. La trajectoire d'Oliver est rectiligne car le principe d'inertie s'applique.

4. Si la piste est infinie, l'approximation faite sur les frottements devient caduque ; il faut nécessairement les prendre en compte pour des distances élevées.

23 1. Phase 1 : mouvement rectiligne accéléré ; phase 2 : mouvement rectiligne décéléré ; phase 3 : mouvement rectiligne uniforme.

2. La norme du vecteur vitesse augmente entre 0 et 15 s ; le principe d'inertie ne s'applique pas, les forces ne se compensent pas.

3. Entre 0 et 12 s, le système est soumis à son poids et à la force de frottements avec l'air.

4. $f = 2,7 \times 10^{-4}$ N.

5. À partir de $t = 16$ s, les forces se compensent ($f = P$) et le mouvement est rectiligne uniforme.

6. $k = 18$ N·s²·m⁻².

Chapitre 14 p. 252

QCM : 1. 1. A. - 2. B.

2. 1. B. - 2. C. - 3. B.

3. 1. A. - 2. A. - 3. B.

Jeopardy : 4 a. Dans quel type de milieu peut se propager le son ? b. Comment peut-on distinguer deux instruments jouant la même note ?

Parcours d'apprentissage :

11 1. Le bruit ambiant étant constitué d'une multitude de sons de fréquences diverses et variées, l'appareil ne parviendrait pas à mesurer correctement la fréquence de la corde à accorder.

2. Il s'agit d'un capteur sensible aux vibrations mécaniques de la tête de la guitare. Ces vibrations étant des phénomènes périodiques de même fréquence que les sons générés, accorder ces vibrations revient à accorder la note perçue à l'oreille.

13 1. Le motif élémentaire est régulier et se répète identiquement à lui-même au cours du temps.

2. $T = 5,0$ s.

3. $f = 0,20$ Hz.

15 1. $L = -5$ dB par lecture graphique.

2. L'oreille est plus sensible aux sons aigus (entre 500 et 10000 Hz).

15 1. $c = \frac{d_{lac}}{\Delta t_{lum}}$.

2. $\Delta t_{lum} = 1,6 \times 10^{-6}$ s.

3. La valeur étant de l'ordre de la μ s, on peut considérer le phénomène

comme quasi instantané.

4. $\Delta t = \Delta t_{son} - \Delta t_{lum} \approx \Delta t_{son}$.

5. $v_{son} = \frac{d_{lac}}{\Delta t}$ d'après la réponse précédente.

6. $v_{son} = 340$ m·s⁻¹, la valeur est cohérente.

16 1. La propagation du son n'est pas considérée comme instantanée sur une si longue distance.

2. $v_{son} = \frac{L}{\Delta t}$.

3. $L = v_{son} \cdot \Delta t = 170$ m.

17 1. Protocole :

- dès qu'un éclair apparaît, compter le nombre de secondes ;
- s'arrêter une fois le tonnerre entendu ;
- calculer d grâce à $d = v_{son} \cdot \Delta t$.

2. $d = 780$ m

20 1. b. 3. a. 5. b. 7. a.

2. b. 4. b. 6. a. 8. a.

22 1. Oui, d'après l'échelle des niveaux, ce niveau est supportable.

2. Le niveau monte à 61 dB.

3. Non, les conditions ne changent pas.

4. a. $T = 3,75 \times 10^{-5}$ s donc $f = 2670$ Hz

4. b. Oui, il faut prendre en compte ce son ; le seuil d'audibilité est dépendant de f .

30 1. Une onde sonore est une onde mécanique, nécessitant un milieu matériel pour se propager. Dans le vide, l'absence de matière empêche la propagation.

2. Dans une cloche à vide, placer un sonomètre et un buzzer en marche. Faire un pseudo-vide et constater la forte diminution de l'intensité sonore sur le sonomètre.

3. Un impact de missile ne peut être entendu dans l'espace que si le missile touche le vaisseau de celui qui écoute. L'onde sonore se propage dès lors dans l'air du vaisseau.

Chapitre 15 p. 270

QCM : 1. 1. A. - 2. B. - 3. A. - 4. A. - 5. B.

2. 1. A. - 2. C. - 3. A. - 4. A.

Jeopardy : 4 a. Quelle grandeur permet de distinguer les différentes raies lumineuses, caractéristiques d'un élément chimique ? b. Entre quelles longueurs d'onde est situé le domaine du visible sur le spectre des ondes électromagnétiques ?

Parcours d'apprentissage :

10 1. $c = 3,00 \times 10^8$ m·s⁻¹.

2. $\Delta t = \frac{d}{c} = 185$ s = 3 min 6 s.

13 • La lecture de λ_{max} est incertaine. Elle se situe entre 450 et 550 nm approximativement ; cette longueur d'onde se situe dans le bleu, cyan, vert. Le terme « jaune » ne se justifie pas à partir de cette valeur en longueur d'onde.

14 • $\lambda_1 = 451$ nm.

$\lambda_2 = 610$ nm.

$\lambda_3 = 670$ nm.

15 • Modèle : $\lambda = a \cdot x + b$

Bord 1 : 580 nm = $a \times 0$ cm + b.

Bord 2 : 600 nm = $a \times 6,2$ cm + b.

Donc b = 580 nm et a = 3,2 nm·cm⁻¹.

Raie 1 : $x_1 = 2,8$ cm donc $\lambda_1 = 589$ nm.

Raie 2 : $x_2 = 3,0$ cm donc $\lambda_2 = 590$ nm.

Incertitude au nanomètre près au regard des chiffres significatifs.

16 • $r = \frac{V}{C} = 8,8 \times 10^5$.

17 • On néglige le temps de propagation de la lumière devant celle du son. $\Delta t = \frac{d}{v_{son}} = 9$ s.

18 • Circonférence de la Terre :

$C = 2\pi \cdot R = 4,00 \times 10^7$ m

Durée du parcours pour le son :

$\Delta t_{son} = \frac{C}{v_{son}} = 1,18 \times 10^5$ s.

Distance parcourue par la lumière durant la durée précédente :

$\Delta l = 3,54 \times 10^{13}$ m, soit un nombre

de tours $N = \frac{\Delta l}{C} = 8,85 \times 10^5$.

24 • Par correspondance entre les positions des raies, seuls l'hélium, l'hydrogène et le sodium sont présents dans l'atmosphère du Soleil.

Chapitre 16 p. 286

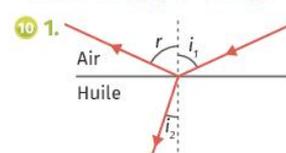
QCM : 1. 1. A. - 2. C. - 3. B.

2. 1. B. - 2. B. - 3. C.

3. 1. B. - 2. C. - 3. B. - 4. C.

Jeopardy : 4 a. Par quel instrument optique peut-on modéliser la rétine d'un œil ? b. Que signifie le terme dispersif pour un milieu en optique ?

Parcours d'apprentissage :



2. $r = 45^\circ$ et $i_2 = 36^\circ$.

14 1. Les milieux dispersifs sont les deux verres présentés.

2. Le plus dispersif est le verre flint.

18 1. L'angle d'incidence étant nul, l'angle de réfraction l'est aussi.

2. $n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$.

3. $i_2 = 71^\circ$.

19 1. Dans le triangle AI_2I_1 , la somme des angles permet de dire :

$90^\circ + \widehat{ACB} + 35^\circ = 180^\circ$ donc

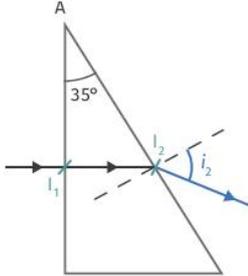
$\widehat{ACB} = 55^\circ$

ou $\widehat{ACB} + i_1 = 90^\circ$ donc $i_1 = 35^\circ$.

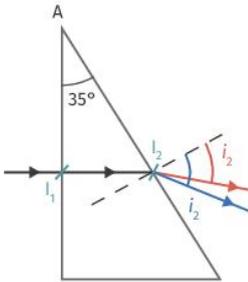
2. $i_{2\text{bleu}} = 71^\circ$ (valeur plus élevée)

$i_{2\text{rouge}} = 68^\circ$.

3.



20 Môme résultat que précédemment, on ajoute le rayon rouge sur le schéma.



21 • L'objet doit se trouver à 12 cm de la lentille ($\overline{OA} = -12\text{ cm}$) et la taille de l'objet doit être égale à 3,0 cm ($\overline{AB} = 3,0\text{ cm}$).

22 1. $i_2 = 31^\circ$.

2. $i_2' = 50^\circ$.

3. Le rayon émergent de la vitre doit être parallèle au rayon incident arrivant sur la vitre.

4. L'oiseau en contrebas semblerait être plus bas qu'il ne l'est en réalité (on poursuit le rayon initial par des pointillés pour constater que celui-ci est toujours plus bas que le véritable rayon ayant subi les réfractions).

24 1. Avec la longueur d'onde.

2. D'au moins deux radiations monochromatiques distinctes.

3. 59° .

4. polychromatique (par rapport à la correction suggérée).

25 1. Avec le schéma à l'échelle 1:10, on a $\overline{OA} = -10,0\text{ cm}$ soit dans la réalité une distance lentille objet de 100 cm. Pour la taille, le tracé des trois

rayons donne une image de 3,2 cm soit dans la réalité 32 cm.

2. $\gamma = \frac{\overline{OA}}{\overline{OA'}} = 0,25$ (attention, il y a une ambiguïté forte ici sur le résultat car le respect des chiffres significatifs impose un arrondi normalement à 0,3).

26 1. Le prisme sert à décomposer la lumière.

2. La figure est un spectre.

3. Dans un milieu dispersif, son indice de réfraction dépend de la longueur d'onde. Chaque radiation est donc différemment déviée.

4. En sortant du prisme, la réfraction donne $i_2 = \arcsin\left(\frac{n_{\text{prisme}}}{n_{\text{air}}} \cdot \sin(i_1)\right)$; si n_{prisme} augmente, i_2 augmente; la couleur la plus déviée est la couleur pour laquelle l'indice du milieu est le plus élevé : $n_{\text{bleu}} > n_{\text{rouge}}$.

Chapitre 17

p. 302

QCM : 1. C. - 2. A.

2. 1. C. - 2. C. - 3. C. - 4. C. - 5. B.

Jeopardy : 4 a. Quel appareil permet de mesurer la tension aux bornes d'un dipôle ? b. En quelle unité s'exprime la résistance d'un dipôle ?

Parcours d'apprentissage :

8 1. a. $U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD}$

b. $U_{AD} = 9\text{ V}$.

2. a. $U_{ED} = U_{AB} - U_{AE}$

b. $U_{ED} = 6\text{ V}$.

13 1. $R = \frac{U}{I} = 1000\ \Omega$.

14 1. $U_{DE} = U_{AB} - U_{CD} = 3,5\text{ V}$.

$R = \frac{U_{DE}}{I} = 500\ \Omega$.

15 $R = 220\ \Omega$.

16 1. $R = 464\ \Omega$.

17 1. La caractéristique est une droite linéaire donc oui.

2. $R = 500\ \Omega$.

18 1. A : ampèremètre ; V : voltmètre

2. L'ampèremètre branché en série permet de mesurer l'intensité. Le voltmètre branché en dérivation permet de mesurer la tension.

3. Protocole :

- reproduire le circuit représenté ;
- faire varier la tension d'alimentation du générateur pour des tensions variant de 0 V à 30 V ;
- relever à chaque fois la tension et l'intensité mesurée ;
- tracer la caractéristique.

22 • a. Capteurs de température et

pression.

b. Caméra, radar.

c. Capteur de lumière, capteur bluetooth.

d. Lumière, caméra, bluetooth...

27 1. $U_{CA} = R_1 \cdot I$.

2. $U_{BA} = I \cdot R$.

3. Avec la correction suggérée,

$U_{CA} = \frac{R_1}{R} \cdot U_{BA}$.

4. Si U_{BA} constante, U_{CA} augmente si le curseur C se déplace vers B car R_1 augmente.

Chapitre 1

- 39** • Déterminer la masse volumique de l'échantillon prélevé par Stéphane et en déduire sa densité.
- 40** • Quelle méthode utilisée en activité permet de séparer les différents pigments présents en solution ? En déduire un protocole détaillé.
- 41** • Quelles informations peut-on déduire de la photo d'ouverture du chapitre pour estimer le volume de la coupe ?

Chapitre 2

- 34** • Déterminer le TH de l'eau du robinet. En déduire la proportion d'eau du robinet et d'eau osmotique pour obtenir le TH idéal pour la majorité des poissons. Pour compenser la perte par évaporation de 2 % d'eau par semaine, que faut-il ajouter et en quelle quantité ?
- 35** 1. Est-ce la quantité d'alcool absorbée ou la concentration en alcool de la boisson ingérée qui permet de déterminer ensuite le taux d'alcool dans le sang ?
2. Calculer la masse d'alcool contenue dans le volume de whisky ingéré.

Chapitre 3

- 31** • Quelle est la masse d'une mole d'acide acétylsalicylique ? Quelle quantité de matière correspond à 500 mg d'acide acétylsalicylique ?
- 32** • Combien d'atomes d'or apparaissent sur 1 cm² de l'image ? À quelle surface réelle cela correspond-il ? En déduire la réponse à la question posée.
- 33** 1. Quels agencements sont possibles pour respecter l'électroneutralité des solides ioniques ?
2. Bien penser à ajuster les équations de dissolutions.
3. Quelle est la quantité de chacun des deux solides ioniques correspondant aux masses fournies dans l'énoncé ?

Chapitre 4

- 32** • Déterminer la masse total des atomes d'hydrogène, de carbone, d'azote et d'oxygène dans un corps humain puis pour l'humanité. En déduire la quantité de chacun de ces noyaux pour l'humanité.

Déterminer alors le volume total que représentent ces noyaux réunis.

Chapitre 5

- 33** • Quelles sont les configurations électroniques du brome Br et du lithium Li ? Quelle est ma place dans le tableau si j'appartiens à la famille du lithium et à la période du brome ?
- 34** 1. Déterminer Z^* et n^* à l'aide du tableau du **doc. 3** afin d'en déduire l'énergie d'un électron (**doc. 2**).
2. Comparer l'énergie d'un électron 5s et d'un électron 4d.

Chapitre 6

- 26** • Quelles sont les informations que l'on peut extraire de la place du soufre dans la classification périodique par rapport à l'oxygène ?

Chapitre 7

- 32** 1. Revoir le vocabulaire du cours pour répondre à la question.
2. Déterminer l'énergie de changement d'état dans chaque cas pour un volume identique de MCP afin d'établir une comparaison pertinente entre eux.
- 33** • L'analyse des couples de points (pression ; température) sur le graphique permet d'expliquer le phénomène.

Chapitre 8

- 35** 1. Ne pas oublier d'ajuster l'équation de la réaction.
2. Calculer la masse de dihydrogène correspondant à 1 L de gaz et la masse de l'autre gaz. En déduire la masse d'eau nécessaire, puis son volume.

Chapitre 9

- 38** • L'analyse du **doc. 2** permet d'expliquer la présence de deux éléments chimiques distincts dans le pigment provenant du tableau. Le **doc. 3** permet alors de conclure.

Chapitre 10

- 31** • L'analyse des informations des **doc. 3** et **doc. 4** permet de déterminer l'âge de l'échantillon. Pour répondre au problème, bien calculer la durée qui

s'est écoulée depuis la date de cette guerre, telle qu'estimée par les historiens.

Chapitre 11

30 ♦ Le **doc. 2** permet de déterminer la vitesse du lancer. Exploiter alors l'équation du **doc. 3** pour déterminer la distance x parcourue par le ballon.

Chapitre 12

26 ♦ La force d'interaction gravitationnelle entre Mars et la Terre permet de déterminer la masse de Mars. Il faut ensuite déterminer la masse volumique de la Terre. Celle-ci étant similaire à celle de Mars, on en déduit le volume de Mars, puis le rayon de cet astre.

27 ♦ La pression atmosphérique permet de déterminer la force de pesanteur de l'atmosphère, c'est-à-dire son poids. Il est alors possible d'en déduire sa masse.

Chapitre 13

27 ♦ Il faut déterminer la force du vent, en newton. Ne pas confondre cette grandeur avec l'expression « vent de force 7 » qui ne donne une information que sur la vitesse de ce vent.

Il est nécessaire d'estimer la surface du corps de Marine exposée au vent. On pourra pour cela supposer qu'elle est rectangulaire.

Le principe d'inertie permet alors de répondre à la question posée.

28 ♦ Le poids du système motard + moto doit être déterminé pour répondre à la question, en s'appuyant sur le graphique du **doc. 1**.

Chapitre 14

28 **1.** Le signal sonore crée une onde sphérique. Cela permet de déterminer quelle distance il reste à parcourir par l'onde à l'instant où elle a atteint le premier microphone.

2. L'exploitation du **doc. 3** permet alors de déterminer la valeur de la vitesse de l'onde.

29 **2.** Il est nécessaire de calculer la vitesse du son à 10 km d'altitude en restant vigilant sur les unités des grandeurs de la relation fournie et sur l'unité du résultat.

Chapitre 15

28 ♦ λ_{\max} est à déterminer à partir du graphique. Attention aux unités des grandeurs en utilisant la loi de Wien.

29 ♦ Déterminer les longueurs d'onde correspondant aux transitions énergétiques demandées en utilisant la formule de Rydberg.

Le spectre permet alors d'en déduire les couleurs associées.

Chapitre 16

29 ♦ Analyser le **doc. 1** puis chercher les différences qui distinguent les couches d'air dans un mirage chaud et dans un mirage froid.

Le schéma demandé se déduit de cette analyse.

30 **1.** Penser à un rayon particulier pour répondre à cette question.

2. Tracer un rayon incident parallèle à l'axe et passant par B ; le rayon émergent passe par B' et permet de déterminer la position de F' sur l'axe optique.

Chapitre 17

29 ♦ Analyser les grandeurs de chaque axe dans les différents graphiques et rechercher le capteur ayant la résolution la plus élevée.

Couverture : Ammit Jack/Shutterstock, NASA/Wikimedia, Luka J. Photography/Shutterstock, Vera Larina/Shutterstock, Juergen Hasenkopf/Alamy, Yann Segalen/Wikimedia, FocusDzign/Shutterstock, Ksenia Ragozina/Shutterstock

Rabats : Ammit Jack/Shutterstock, FocusDzign/Shutterstock, Andréa Aubert, Martyn F. Chillmaid/Science Photo

Sommaire : 4 Triff/Shutterstock, 5 Ammit Jack/Shutterstock, FocusDzign/Shutterstock

Chapitre 1 : 16 science photo/Shutterstock, 18 Luca Lorenzelli/Shutterstock, 19 ffig/Shutterstock, 20 Universal History Archive/UiG/Bridgeman, 21 xpixel/Shutterstock, xpixel/Shutterstock, Régina Nogova/Shutterstock, Karraba Production/Shutterstock, 24 vwoe/Shutterstock, Aleksey Patsyuk/Shutterstock, 25 Pat_Hastings/Shutterstock, 26 AnEduard/Shutterstock, 29 Musée d'Art Moderne/Bridgeman, 30 Lia Koltyrina/Shutterstock, kamolwan Aimpongpaiboon/Shutterstock, AustralianCamera/Shutterstock, 33 Vlad Breazu/Alamy, Panther Media Gmbh/Alamy, 34 Maurice Savage/Alamy, SOTK2011/Alamy, 35 Hortimages/Shutterstock, MPanchenko/Shutterstock, 37 Monkey Business

Chapitre 2 : 38 Africa Studio/Shutterstock, 39 Collection Dupondt/akg-images, 42 Roman Samokhin/Shutterstock, 43 GoncharukMaks/Shutterstock, Alexey Gorschev/Shutterstock, 44 Pierre Guinoiseau/Flickr.com, 45 ChristelleM/Pixabay, 46 shixugang/Pixabay, 48 Olena Boronchuk/Shutterstock, tag2016/Shutterstock, 49 kakteen/Shutterstock, 50 Shidlovski/Shutterstock, 51 Billion Photos/Shutterstock, Image Point, Paulette à Bicyclette, beta7/Shutterstock, 52 Stefan Thüngen/Wikimedia, 53 Breck P Kent/Shutterstock, Julian Elliott/Alamy, 54 Franiszek Czanner/Shutterstock, Sécurité routière, 55 Rimma Bondarenko/Shutterstock

Chapitre 3 : 56 Bibliothèque Mazarine/Archives Charmet/Bridgeman, Csaba Peterdi/Shutterstock, 57 Miriam Doerr Martin Frommherz/Shutterstock, 58 Iryna Denysova/Shutterstock, molekull_be/Shutterstock, 59 Eloy/Wikimedia, 50 Alchemist-hp/Wikimedia, Andrii Horulko/Shutterstock, Taneer/Shutterstock, pzaxe/123RF, 61 Penn State University Libraries, Eloy/Wikimedia, 62 Luka J. Photography/Shutterstock, 63 koosen/Shutterstock, Benjah-bmm27/Wikimedia, StuidioLaMagica/Shutterstock, pzaxe/123RF, 64 Ekaterina_Minaeva/Shutterstock, 65 Panos Karas/Shutterstock, Musée canadien de la nature, 66 Lubo Ivanko/Shutterstock, auns85/Shutterstock, 67 Alessandro Carnevale/Shutterstock, 68 Yuen Man Cheung/Alamy, M@rcel/Alamy, 69 Georgios Kollidas/Shutterstock, boonshok/Shutterstock, Private Collection/Look and Learn/Bridgeman, 70 Juergen Hasenkopf/Alamy, CNRS Photothèque, Michal Durinik/Shutterstock, Frank Trixler/Wikipedia, 71 Rocketclips, Inc./Shutterstock

Chapitre 4 : 72 robertharding/Alamy, 73 IBM Research/Science Photo Library, YAY Media AS/Alamy, 74 Life on white/Alamy, 75 Phet/phet.colorado.edu, Phet/phet.colorado.edu, 77 Frank Trixler/Wikipedia, 78 Maximilien Brice (CERN)/Wikimedia, 80 fotografos/Shutterstock, Tmv23/Dbay/Wikimedia, 81 Dnn87/Wikimedia, 82 Newscom/Alamy, 83 malachit-obchod/Pixabay, 84 ze_bear/Wikimedia, KenshiDesign/Shutterstock, Zonda/Shutterstock, Vladimir Ischuk/Shutterstock, KangGod/Shutterstock, Maria Averburg/Shutterstock, 85 Igor Kyrlytsya/Shutterstock, Bjoern Wylezich/Shutterstock, 86 Natursports/Shutterstock, IBM Research/Science Photo Library

Chapitre 5 : 88 DR5 A. Yazdani & D.J. Hornbaker/SPL/COSMOS DR5, Pinacoteca di Brera, Milan, Italy/Bridgeman, 91 Granger Historical Picture Archive/Alamy, 92 INTERFOTO/Alamy, Bibliothèque MINES ParisTech, 95 Delennik/Shutterstock, 99 Parent Géry/Wikimedia, Tinalmages/Shutterstock, 100 Yann Segalen/Wikimedia, 101 Pslawinski/Wikimedia, Pslawinski/Wikimedia, Pslawinski/Wikimedia, Pslawinski/Wikimedia, Worldsgographics/Shutterstock, 102 sciencephotos/Alamy, Jon Zander (Digon3)/Wikimedia, Jurii/Wikimedia, 103 Sadi Carnot/Wikimedia, Andrew Dunn/Alamy, 105 Charles Turner/Wikipedia, John Dalton/Wikimedia, First World War.com/Wikimedia, Bain News Service, publisher/Wikimedia, Niels Bohr's Nobel Prize biography/Wikimedia, UtCon Collection/Alamy

Chapitre 6 : 106 CEA/Michel Szlaczac/cea.fr, Mawardi Bahar/Alamy, 107 bucaneeer/Alamy, 108 Alchemist-hp/Wikimedia, 110 SPL/akg-images, 111 Stéphane Querbes/stephanequerbes.com/DR, 112 E. R. Degginger/Science Source, 115 Jeff J Daly/Alamy, Jiri Hera/Shutterstock, 116 kingfisher/Shutterstock, Inkey/Wikimedia, petarg/Shutterstock, molekull_be/Shutterstock, 117 molekull_be/Shutterstock, 118 lewal1988/Shutterstock, molekull_be/Shutterstock, 119 Svetlana Pasechnaya/Shutterstock, BunGee/Wikimedia, 120 Tatsiana Hendzel/Shutterstock

Chapitre 7 : 122 science photo/Shutterstock, 124 Jerónimo Alba/Alamy, Alexandr Zagibavov/Shutterstock, 125 Lesteman/Shutterstock, 127 Jerónimo Alba/Alamy, 130 TOT Photo/Shutterstock, 134 Skeeze/Pixabay, Yulia-Bogdanova/Shutterstock, 136 Click Images/Shutterstock, 138 Rosenfeld Images LTD/SPL/Cosmos, 139 Sébastien Giguère/Wikimedia, Richard Megna/Fundamental Photographs, 140 Ksenia Ragozina/Shutterstock

Chapitre 8 : 142 Charles D. Winters/BSIP, Marcin Balcerzak/Shutterstock, 143 Ostariyanov/Shutterstock, 150 Segal_K/Shutterstock, Raphaël Bacco/Wikimedia, 153 Sergiy Zavgorodny/Shutterstock, Steve Gschmeissner/SPL/Cosmos, 155 Pierluigi Palazzi/Shutterstock, 157 studiogi/Shutterstock, Galit Seligmann South America Images/Alamy, 158 Trevor Clifford, Photography/SPL/Cosmos, 159 Lebrecht Music & Arts/Alamy, 160 Grant Heilman Photography/Alamy

Direction éditoriale : Fanny Blanchard.

Assistant éditorial : Oliver Tolfts.

Maquette : Alejandra Adeikalam, Catherine Benini, Julie Meister et Marlène Zablocki.

Mise en page : Morgane Druet et Marlène Zablocki.

Infographies : Nelly Babilion, Valentin Coquillat, Anaëlle Dos Santos, Aure-Line Lecoq et Chloé-Van Santy.

Couverture : Carine André.

Photographies en laboratoire : Les Types-Elle - Andréa Aubert.

Retouches photo : Digital Image (Paris 19^e) et Raphaël Taieb.

Relecture : Maud Foutieau.

Illustration : Lucille Duchêne.

Iconographie : Mélina Boyer, Marc-Émilien Poncet et Élisabeth Raynal.

Avec la participation de : Elanzize Assoumani, Romane Bernachon, Camille Berthet, Émilie Blanchard, Baptiste Bouché, Jef Bussièrre, Sophie Girard, Julien Sezenc, Maé Taupenot et Clément Teysier.

Chapitre 9 : 162 James Kennedy/jameskennedymonash.wordpress.com, Allo Docteurs/allodocteur.fr/DR, 163 ARTFULLY PHOTOGRAPHER/Shutterstock, 167 totojang1977/Shutterstock, Chatkul/Shutterstock, vicar/Alamy, vicar/Alamy, 171 PixHound/Shutterstock, 173 Cozine/Shutterstock, 174 INTERFOTO/Alamy, Ingridis/Shutterstock, 175 FOKUZA/Pixabay, 176 Y tambe/Wikimedia, Kovaleva_Ka/Shutterstock, pxhere.com, 177 akg-images, 178 Guido Reni/Wikimedia, 179 Allo Docteurs/allodocteur.fr/DR

Chapitre 10 : 180 Prod DB Warner Bros/TCD/DR, CEA-2002/cea.fr/DR, 181 PictureLux/The Hollywood Archive/Alamy, 182 Phil Degginger/Alamy, 184 PATRICK LANDMANN/SPL, U.S. NRC/, 186 Editorial Image, LLC/Alamy, B Christopher/Alamy, 189 Everett Historical/Alamy, Shutterstock, 190 Daniel Prudek/Shutterstock, CEA/Corinne Beurty, 191 John Camemolla/Shutterstock, 192 Cker-Free-Vector-Images/Flickr, Everett Historical/Shutterstock, World History Archive/Alamy, 193 SARIN KUNTHONG/Shutterstock, shabu6/Shutterstock, 194 Des Kilfeather/Alamy, Everett Historical/Shutterstock, ESA/NASA, 195 Wellcome Images/Wikimedia, 196 Etienne Tabourot/Jean-Baptiste Colbert/BnF, CEA - 2003/cea.fr/DR, Efanm/Shutterstock

Chapitre 11 : 199 Ammit Jack/Shutterstock, 200 Galleria d'Arte Moderna/Bridgeman, kiku-jungboy/Shutterstock, 201 Prod DB 20th Century Fox Film Corporation/Scott Free Productions/TCD/DR, 202 Baptiste Bouché, 203 Stephen Curry/Wikimedia, 204 Baptiste Bouché, 204 Zhappy/Shutterstock, 205 Gilles Lansard/Photononstop, 206 Johné/Photononstop, 207 Travis Bell/Sideline Carolina, 210 fongbeer69/Shutterstock, best_vector/Shutterstock, 211 takoburito/Shutterstock, 212 gorillaimages/Shutterstock, 213 Babak Tafreshi, Tvan/SPL/Cosmos, NASA/Wikimedia, 214 ZRyzner/Shutterstock, Andrew Solovev/Shutterstock, 215 Cathy Yeulet/123RF, Prod DB 20th Century Fox Film Corporation/Scott Free Productions/TCD/DR

Chapitre 12 : 218 NASA Johnson/Flickr, Vera Larina/Shutterstock, 219 photo-graphe/Pixabay 220 Ludovic Péron/Wikimedia, 221 Nikodem Nijaki/Wikimedia, 222 Merlin74/Shutterstock, 223 Cal Sport Media/Alamy, 227 National Maritime Museum, Greenwich, London, Caird Collection/Wikimedia, Saffron Blaze/Wikimedia, 228 NASA/Wikimedia, NASA images/Shutterstock, 229 Germanskydiver/Shutterstock, 230 Gondong/Alamy, Dabi100/David Torres, Costales/Wikimedia, 231 VintageCorner/Alamy, 232 NASA/Wikimedia, 233 Pressmaster/Shutterstock

Chapitre 13 : 234 Pictures Now/Alamy, PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder/phet.colorado.edu, 235 Terry Oakley/Alamy, 237 Juergen Hasenkopf/Alamy, Yuriy Vydyborets/Shutterstock, 238 Dmitriy Tur/Shutterstock, JGabay/BnF, 242 EpicStockMedia/Shutterstock, Westend61 GmbH/Alamy, Etienne-Jules Marey/Bridgeman, 243 Gregory H. Revera/Wikimedia, 244 AndreAnita/Shutterstock, 245 l g h t p o e t/Shutterstock, Loes Kieboom/Alamy, 246 Private Collection/Look and Learn/Bridgeman, Eddy BERTHIER/Shutterstock, 247 Prod DB Lucasfilm Ltd./TCD/DR, Prod DB Warner Bros/Esperanto Film/oj Heyday, Films/TCD/DR, 248 Roberto Politi/Shutterstock

Chapitre 14 : 251 Naypong Studio/Shutterstock, 252 Prod DB Paramont Pictures/TCD/DR, AlexCorv/Shutterstock, 253 Kergourlay/Wikimedia, 254 Anton Dos Ventos/Alamy, 257 gkrphoto/Shutterstock, shonamcq/Pixabay, Daderot/Wikimedia, 258 edwardolive/Shutterstock, Thesupermat/Wikimedia, 262 Joël Héras/Biosphoto, Airelles/Wikimedia, Stéphane Mogenier, 263 Igor Serik/Shutterstock, 265 Sellwell/Shutterstock, 266 UKWiki at English Wikipedia/Wikimedia 267 binoraesch/Pixabay, 268 Anthony Kay/Alamy, Boris Lux, Hamburg - Germany Mycdes/Wikimedia

Chapitre 15 : 270 Robert A. Rohde/Berkeley Earth/Wikimedia, Jose Arcos Aguilar/Shutterstock, 271 Denis Belitsky/Shutterstock, 274 Stéphane Simard/Wikimedia, 278 Aphelion/Shutterstock, 280 Cristian Costaro/Shutterstock, 281 Dotted Yeti/Shutterstock, Science History Images/Alamy, Morgan-Keenan/Wikimedia, 283 Vectora/Shutterstock, 284 De Triff/Shutterstock, Akademiska Föreningens Arkiv & Studntem useum/Wikimedia, Robert A. Rohde/Berkeley Earth/Wikimedia, 285 Alfredo Garcia Saz/Shutterstock

Chapitre 16 : 286 Timpaanen/Wikimedia, Pavel L Photo and Video/Shutterstock, 289 Granger/Bridgeman, GPhotoStock X/Alamy, 291 Science Photo Library/Alamy, 295 skyNext/Shutterstock, 296 rangizz/Shutterstock, 297 Gilles Pérès y Saborit/Flickr, 298 Courtesy of the Warden and Scholars of New College/Bridgeman, 299 Science History Images/Alamy, 300 simoncritchell/Shutterstock

Chapitre 17 : 302 Vasin Lee/Shutterstock, 303 Matee Nurem/Shutterstock, 304 Stéphane Bonnaud, Stéphane Bonnaud, Stéphane Bonnaud, 305 Dejan Lazarevic/Shutterstock, 306 Taras Verkhovynets/Shutterstock, 308 Raimundas/Shutterstock, 310 Tewan Banditrukanka/Shutterstock, 313 TonStocker/Shutterstock, 314 Nor Gal/Shutterstock, NaMaKuki/Shutterstock, Georg Simon Ohm/Granger/Bridgeman, 316 Jan Babak/Shutterstock, 317 Audrius Melfeldas/Shutterstock, Alexey Boldin/Shutterstock, hurricanebank/Shutterstock, Oleksiy Mark/Shutterstock, Olga Miltsova/Shutterstock, Al Laing/Shutterstock, 319 curraehshutter/Shutterstock, B. Pavel/Shutterstock, 320 Raoul Axinte/Shutterstock, Vasin Lee/Shutterstock, 321 Wayhome studio/Shutterstock

Fiche Méthode : 325 Marie-Lan Nguyen/Wikimedia, pxhere 328 flashgun/Shutterstock 337 Travis Bell, Sideline Carolina

Remerciements : Nous remercions l'administration et le personnel de laboratoire de l'École Normale Supérieure de Lyon (ENS) et du lycée J. Brel de Vénissieux (69) pour leur précieuse contribution à la réalisation des montages photographiques et vidéos. Nous remercions également Uptale et Thomas Van Peteghem, Mohamed Zekri pour leur participation. Un remerciement tout particulier à Geneviève Ponnouet et Sébastien Ferron pour leur implication dans le projet, ainsi qu'Arnaud Cetoute, Aude Leray, Jeanne Naudet et Mathilde Yzèbe.

Dépôt légal : juin 2019.

ISBN : 978-2-37760-143-1.

Imprimé en France par BLG.

Fabrication : Brigitte Bourgeas.

Lelivrescolaire.fr Éditions

14 rue Rhin Danube

69009 Lyon

contact@lelivrescolaire.fr



L'ensemble des contenus rédigés par les auteurs du manuel sont sous licence libre Creative Commons CC BY SA.

Sécurité



Explosif



Inflammable



Comburant



Dangereux pour l'environnement



Nocif, irritant, sensibilisant



Toxique



Corrosif



Gaz sous pression

Les bons réflexes à avoir

Pour prévenir les accidents

Toujours porter la blouse pour les manipulations réalisées au laboratoire.

Cette remarque est valable lorsqu'on est en train de manipuler ou bien posté à proximité.

Porter des lunettes ou des surlunettes de sécurité lors de la manipulation d'espèces chimiques :

- toxiques ;
- irritantes ou sensibilisantes ;
- corrosives.

Enfiler une paire de gants de protection adaptés lors de la manipulation d'espèces chimiques :

- toxiques ;
- irritantes ou sensibilisantes ;
- corrosives.

Récupérer dans un bécher poubelle les espèces chimiques identifiées en début de séance par le professeur ou par l'énoncé.

En cas d'accident

En cas de contact sur la peau d'une espèce toxique, irritante ou corrosive :

Appeler immédiatement le professeur et passer la zone touchée sous l'eau pendant 5 à 10 minutes.

En cas de projection dans les yeux :

Appeler immédiatement le professeur, rincer au plus vite à l'aide d'un rince-œil.

Test d'identification du dioxyde de carbone (CO₂)

En contact avec le dioxyde de carbone, l'eau de chaux initialement transparente et incolore se trouble.



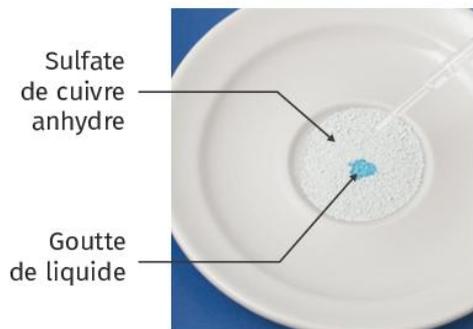
Test d'identification du dioxygène (O₂)

En présence de dioxygène, une bûchette incandescente se rallume vivement.



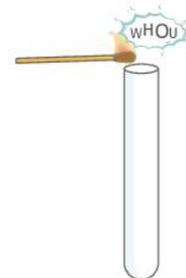
Test d'identification de l'eau (H₂O)

Le sulfate de cuivre anhydre blanc devient bleu en présence d'eau.



Test d'identification du dihydrogène H₂

En présence d'une flamme, le dihydrogène produit une détonation caractéristique, appelée cri du chien.



Des tests d'identification d'ions

Réactif du test	Nitrate d'argent		Hydroxyde de sodium	
Ions présents	Ions chlorure	Ions cuivre (II)	Ions fer (II)	Ions fer (III)
Résultats	1 Précipité blanc qui noircit à la lumière	2 Précipité bleu	3 Précipité verdâtre	4 Précipité rouille

CONNECTEZ-VOUS SUR
www.lelivrescolaire.fr

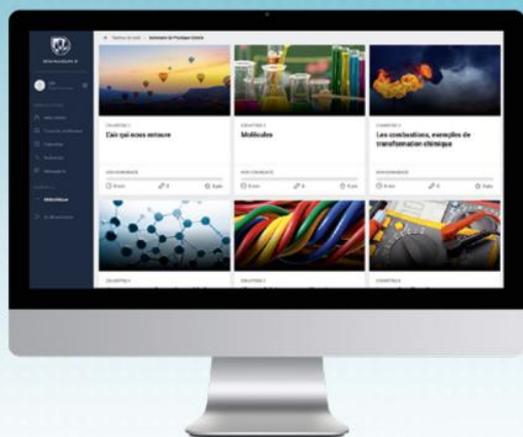
Gratuit et libre d'accès

Gratuit pour le professeur

- **VIDÉOPROJECTION**
Toutes les ressources du manuel projetables en un clic : zoomez sur les schémas, agrandissez les textes, etc.
- **LIVRE DU PROFESSEUR**
Des compléments pédagogiques à télécharger sur LLS.fr/LivreDuProf.
- **ENRICHISSEMENTS**
Des dizaines d'exercices supplémentaires et des vidéos pour compléter vos cours.

Gratuit pour l'élève

- **LABO DE SCIENCES**
Une bibliothèque d'outils et de ressources pour enrichir sa pratique de la Physique-Chimie.
- **VIDÉOS**
Des résumés de cours et des travaux pratiques en vidéo sur LLS.fr/PC2Videos.
- **RÉVISIONS**
Tout le contenu du manuel accessible en ligne pour réviser sur son ordinateur ou sur son smartphone.
- **EXERCICES**
Des milliers d'exercices interactifs pour s'entraîner en ligne.
- **DYSLEXIE**
Un mode de lecture spécial, adapté aux élèves dyslexiques.



Sur abonnement



Application tablette, connexion ENT, GAR et Pronote, remédiation, personnalisation du manuel, accès hors connexion, évaluation: beaucoup d'autres fonctionnalités pour basculer dans une expérience numérique incomparable !



IMPRIMÉ
EN FRANCE

www.lelivrescolaire.fr/abonnement

