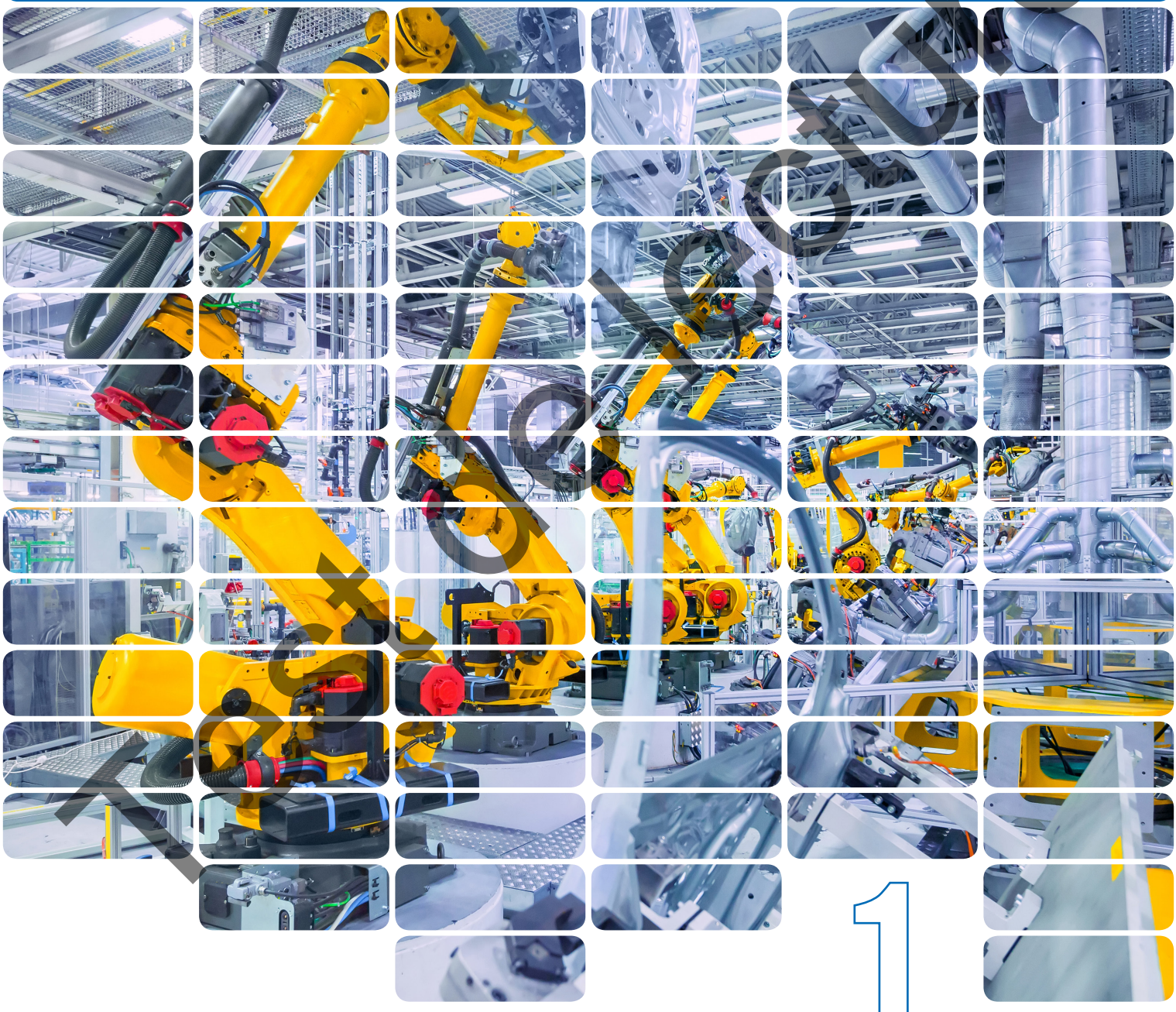
TopAutomation

Techniques des matériaux et de dessin pour
les automaticiennes et automaticiens, les monteuses-automaticiennes et monteurs-automaticiens

Edition avec les solutions



1

Textbook Lecture

Editions Swissmem

SWISSMEM
Formation professionnelle

Pour des propositions d'amélioration, corrections ou remarques:
https://www.swissmem-berufsbildung.ch/feedback-tool

Editeur:	Editions Swissmem
Intitulé:	«TopAutomation» Volume 1 Unités de formation pour les automaticiennes et automaticiens, monteuses-automaticiennes et monteurs-automaticiens
Direction du projet	Michael Kummer, Swissmem Formation professionnelle
Maquette et conception graphique	Bruno Burger, Swissmem Formation professionnelle
Auteurs	Daniel Füglistaler Ernst Landolt Stephan Mäder
Version:	3e édition 2020
Impression:	Imprimé en Suisse
ISBN:	978-3-03866-323-2
Commandes:	Swissmem Formation professionnelle Brühlbergstrasse 4 CH-8400 Winterthur Téléphone +41 52 260 55 55 Téléfax +41 52 260 55 59 vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch www.swissmem-berufsbildung.ch

Droits d'auteur: Tous droits réservés. Cet ouvrage et ses différentes parties sont protégés par des droits d'auteur. Toute utilisation autre que celles prévues par la loi doit faire l'objet d'une autorisation écrite de la part de l'éditeur.

Nous adressons nos remerciements pour l'aimable soutien technique et graphique à Sigpack Systems AG, 8222 Beringen

Test de lecture

Dans l'industrie des machines, des équipements électriques et des métaux (industrie MEM), les installations de production destinées à une clientèle internationale sont développées et fabriquées sur la base d'un cahier des charges. Ce travail requiert des connaissances approfondies de la construction d'installations dans sa globalité. Le guide méthodique **TopAutomation** dispense aussi bien les bases techniques que les aspects écologiques et de sécurité.

Ce guide méthodique couvre la partie scolaire de la profession d'automaticien-ne CFC de quatre ans dans sa totalité. Il est, comme cela a été souhaité, conçu sur la base du catalogue des compétences-ressources (CoRe; début d'apprentissage 2016) de la profession d'automaticien-ne CFC. La numérotation des chapitres correspond au CoRe. Les contenus comportent aussi bien les parties théoriques que des exemples pratiques.

Pour faciliter la recherche des thèmes, ce guide méthodique comporte, outre la table des matières, un répertoire de mots-clés. Ce guide méthodique est complété à la fin par une description plus détaillée du CoRe.

Certains contenus peuvent également être utilisés pour la profession de monteur/automaticien/monteuse-automaticienne CFC de trois ans.

Nous vous remercions d'avoir opté pour ce guide méthodique axé sur la pratique pour l'enseignement professionnel et vous souhaitons beaucoup de plaisir et de réussite.

Test de lecture

Test de lecture

1.1 Connaissances de base des matériaux **7**
1.1.1 Classification des matériaux 7
1.1.2 Constituants de la matière 12
1.1.3 Propriétés des matériaux 17
1.1.4 Désignations des matériaux 24
1.1.5 Electrochimie 29
1.2 Types de matériaux **31**
1.2.1 Matériaux électriques 31
1.2.2 Matériaux isolants électriques 47
1.2.3 Matières plastiques et matériaux composites 55
1.3 Traitement des matériaux **65**
1.3.1 Protection contre la corrosion 65
1.3.2 Ecologie 69
1.4 Bases du dessin **77**
1.4.1 Types de dessins, importance des normes 77
1.4.2 Dessins et nomenclatures 84
1.4.3 Formats, échelles, traits, écriture 87
1.4.4 Types de représentation 93
1.4.5 Inscription des cotes 99
1.4.6 Dessins d'atelier simplifiés 108
1.5 Pièces normalisées **121**
1.5.1 Désignations, abréviations 121
1.6 Enseignement individuel Techniques matériaux et dessin **127**
1.6.1 Thème supplémentaire Matériaux de construction 127
Index des mots-clés **139**
Catalogue compétences-ressources **141**

Test de lecture

Test de lecture

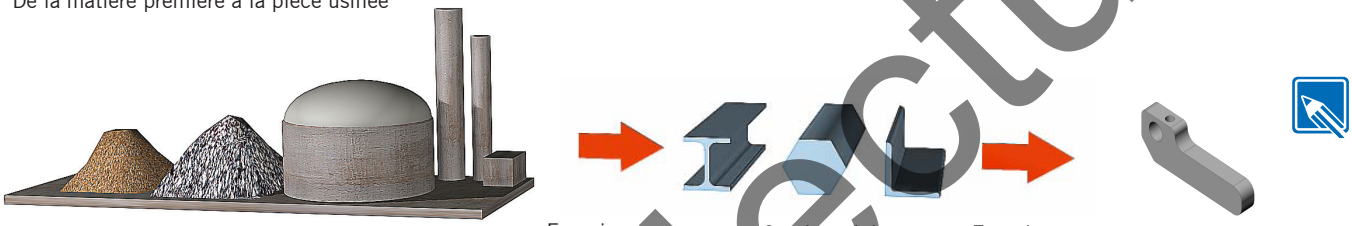
1.1.1 Classification des matériaux

Matériaux

Depuis toujours, l'homme a su exploiter et utiliser les matières présentes dans la nature en raison de leurs propriétés, aujourd'hui devenues des matériaux. C'est avec le temps que l'homme est parvenu à transformer les ressources naturelles de la planète en matériaux pour finalement en faire des pièces. Pour qu'une matière (matière première) puisse être transformée en matériau, elle doit présenter une combinaison favorable de différentes propriétés. Pour fabriquer des matériaux, on utilise toujours des matières premières (1) comme ressource. Celles-ci sont principalement extraites des gisements de l'écorce terrestre, par exemple les minerais de fer pour en extraire les oxydes de fer (magnétite ou hématite) ou le pétrole requis pour la fabrication des plastiques. Les matériaux (2) sont obtenus par une transformation chimique des matières premières. Ces derniers sont souvent fabriqués et proposés dans le commerce sous la forme de semi-produits et produits.

Une matière est utilisée comme matériau lorsqu'elle possède des propriétés techniquement exploitables.

De la matière première à la pièce usinée



Minerais, roches, pétrole, gaz naturel — 1 — Matières premières

Energie, matières auxiliaires — Transformation

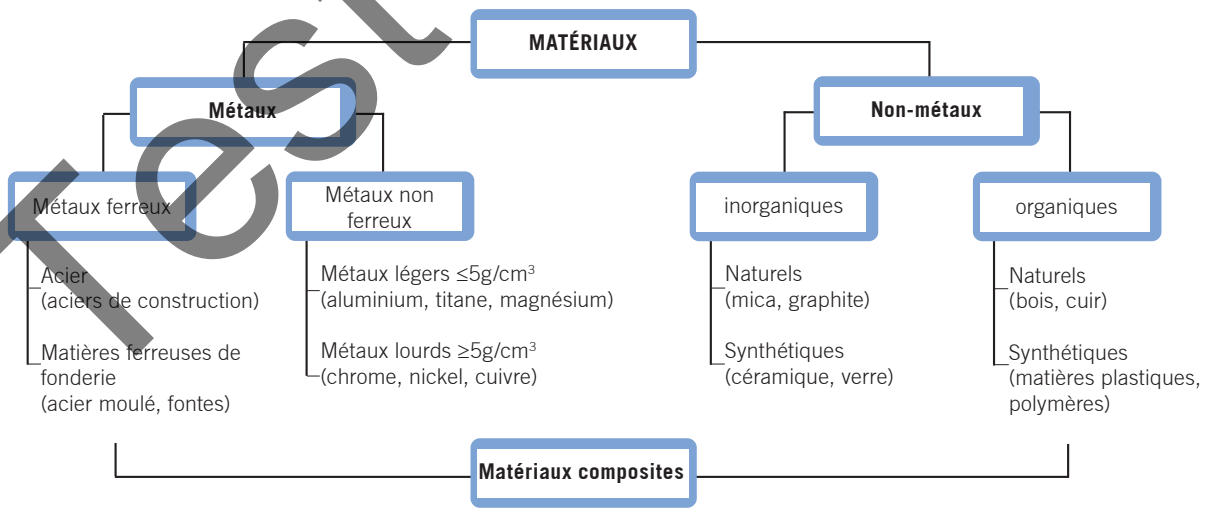
Semi-produits, produits manufacturés — 2 — Matériaux

Energie, matières auxiliaires — Usinage

3 — Pièces usinées

Classification des matériaux

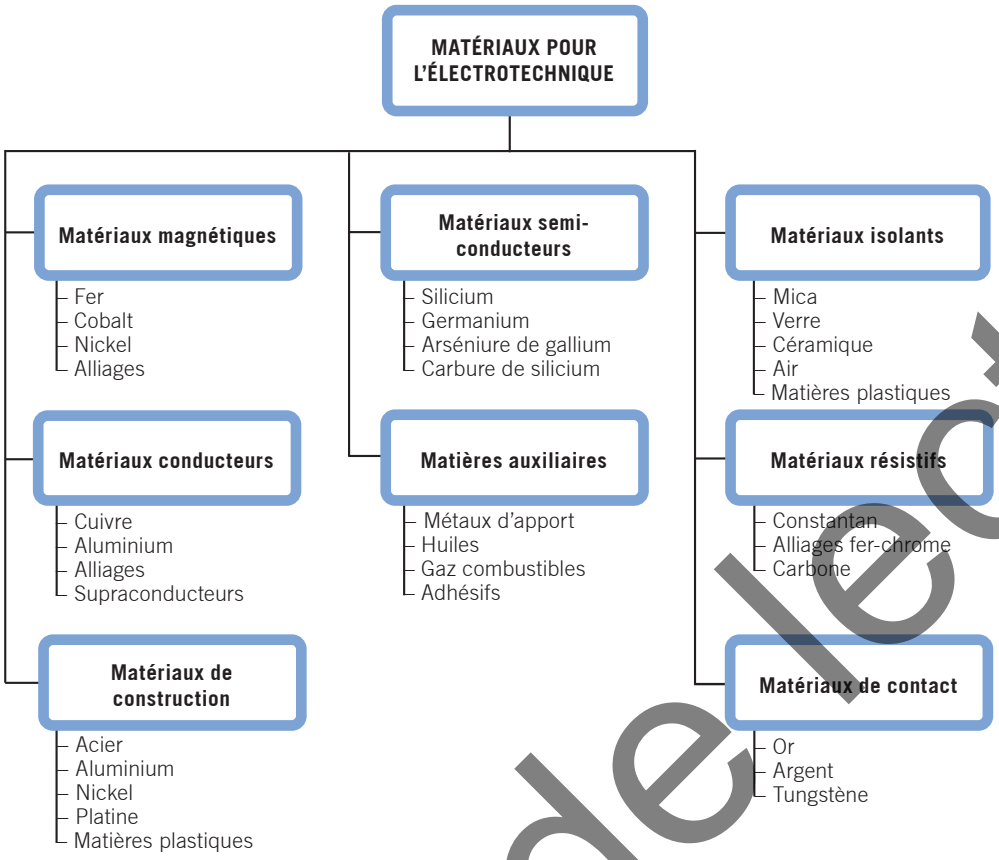
Habituellement, les matériaux sont subdivisés en trois groupes. Dans cette première vue d'ensemble, les matériaux sont classés sur la base de leurs caractéristiques économiques, physiques et chimiques.



Test de lecture

Matériaux pour l'électrotechnique

En classifiant les matériaux d'après leur fonction, on obtient la structure suivante. On s'aperçoit alors que dans ce type de classification, un même matériau apparaît à plusieurs endroits (p.ex. les matières plastiques que l'on trouve sous les matériaux de construction et les matériaux isolants).



Matériaux magnétiques
Ces matériaux conduisent particulièrement bien les champs magnétiques. Ils s'aimantent facilement et certains d'entre eux sont utilisés comme aimant permanent. Dans ce groupe de métaux ferromagnétiques on trouve le fer, le nickel et le cobalt.

Matériaux conducteurs
La conductivité électrique est la principale qualité de ces métaux. Le cuivre et l'aluminium sont utilisés pour transporter l'énergie électrique du producteur au consommateur.

Matériaux de construction
Ces matériaux sont utilisés pour la fabrication d'éléments de construction et composants comme les châssis, mâts d'antenne et carters. Ils transmettent avant tout des forces mécaniques et remplissent un rôle de protection. Les principaux matériaux utilisés sont l'acier, les matières plastiques et les alliages métalliques.

Matériaux semi-conducteurs
Il s'agit de matériaux dont la conductivité électrique peut être influencée. Le silicium et le germanium sont deux représentants importants de ce groupe.

Matières auxiliaires
Elles sont utilisées pour l'extraction, la fabrication et l'usinage de matériaux et de pièces. Les métaux d'apport et les décapants, les lubrifiants et les adhésifs appartiennent à ce groupe.

Matériaux isolants
Ces matériaux ou matières empêchent le passage du courant électrique. Il s'agit de matières non conductrices comme la porcelaine, l'air ou les huiles isolantes.

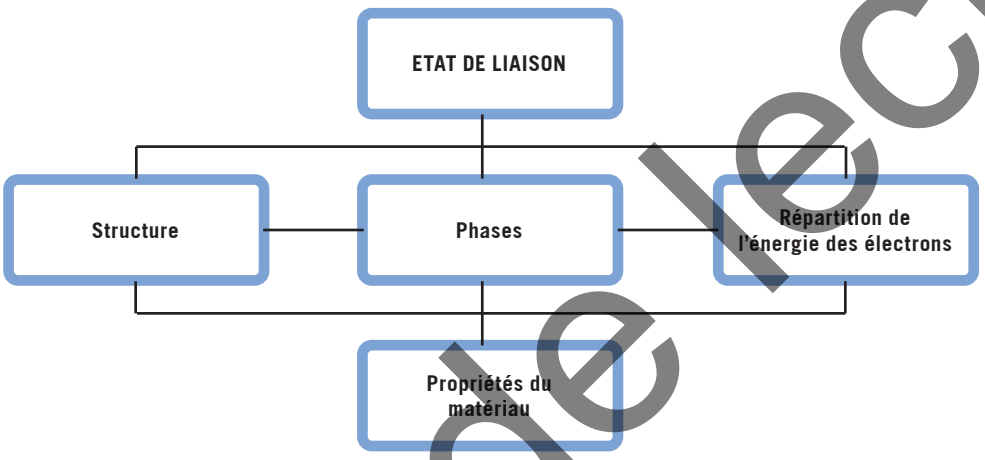
Test de lecture

Matériaux résistifs
Ces matériaux limitent de manière ciblée le passage du courant électrique. On les trouve sous forme de composants, mais également comme corps de chauffe et capteurs. Le constantan, un alliage composé de cuivre et de nickel, fait partie des matériaux résistifs les plus connus.

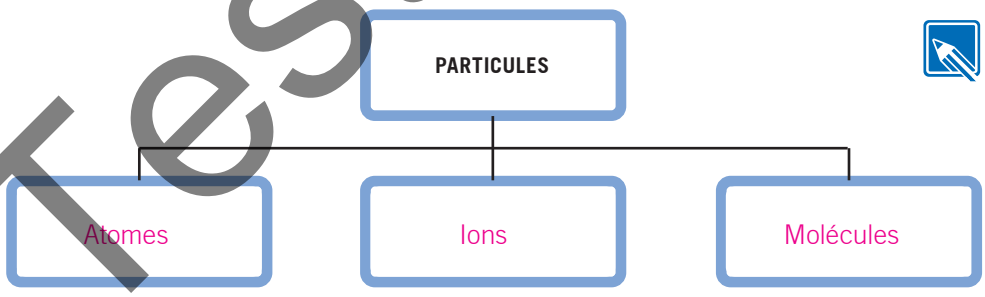
Matériaux de contact
Ils servent de point de contact aux raccordements électriques, conduisent l'électricité et doivent résister à l'érosion par l'arc électrique. L'or, l'argent et le tungstène sont les représentants de ce groupe.

Propriétés des matériaux

L'aptitude d'un matériau pour une application pratique dépend de sa composition chimique ainsi que de la manière dont les atomes se lient. La structure des matières est définie par leur composition interne. Lorsqu'un matériau se solidifie, les parties homogènes possédant des propriétés distinctes cristallisent dans leur structure de réseau. Par conséquent, les propriétés d'un matériau dépendent de la structure du réseau. Ces parties homogènes sont appelées phases. Les électrons jouent un rôle essentiel dans la liaison entre les atomes. Ils servent de colle et confèrent la résistance mécanique aux matériaux.



Tous les matériaux que nous connaissons se composent de minuscules particules dont les atomes, les ions et les molécules. Ces particules ne sont visibles qu'au microscope à balayage cristallographique. Pour expliquer les faits observés, on travaille avec des modèles. Un modèle est une représentation simplifiée de la réalité qui permet d'expliquer tous les phénomènes connus.



Les affirmations ou simplifications suivantes s'appliquent aux modèles de particules:

– Toutes les matières se composent de particules minuscules.

– Il y a de l'espace vide entre ces particules.

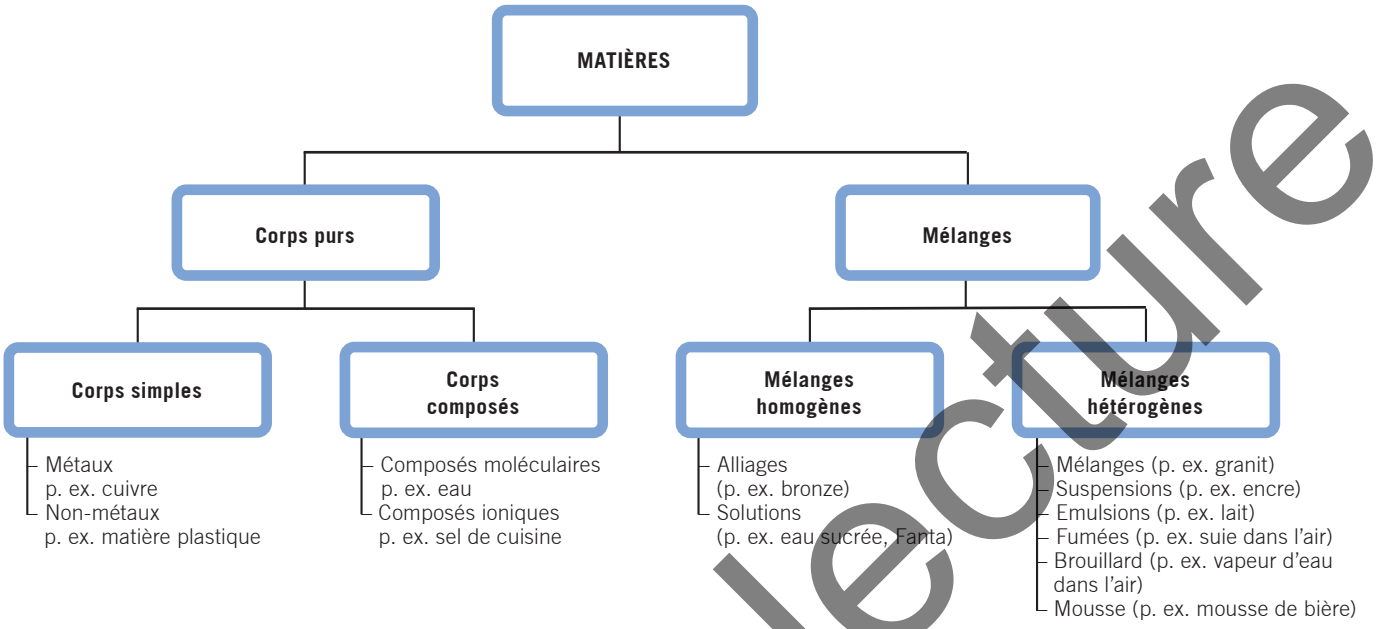
– Les particules s'agitent en permanence, mais sont souvent représentées de manière statique.

– Les particules sont soumises à des forces de répulsion ou d'attraction suivant leur état de charge électrique.

Test de lecture

Matières

Le chimiste appelle matière la substance (éléments et particules) qui constitue un corps. Chaque matière a ses propriétés spécifiques qui la caractérisent. Les matières se composent de particules.



Corps purs et mélanges

Un corps pur n'est constitué que d'une seule substance. Si en plus cette substance ne se compose que d'un type d'atomes, on parle de corps pur simple ou d'élément.

Les liaisons chimiques comportent au moins deux particules liées entre elles. Il peut s'agir d'ions ou d'atomes.

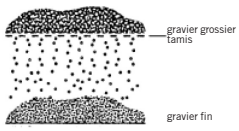
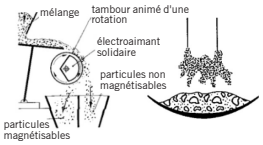
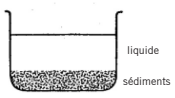
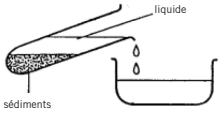
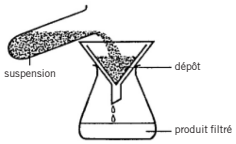
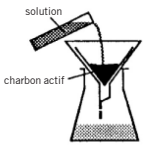
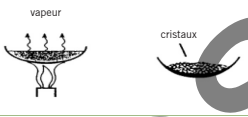
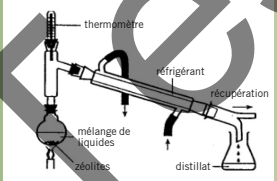
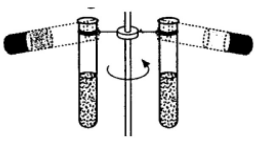
Dans une liaison moléculaire ou covalente, les atomes partagent un électron chacun. Dans une liaison ionique, l'électron de liaison excédentaire migre d'un atome à un autre. Ce type de liaison est à l'origine de la cristallisation des sels. Les composés moléculaires et ioniques sont des corps purs que seuls des procédés chimiques permettent de décomposer.

Mélanges homogènes et hétérogènes

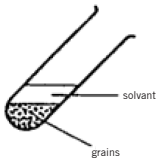
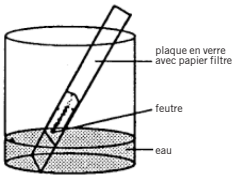
Les mélanges se composent de deux ou trois corps différents généralement obtenus par transformation physique. Si les différents composants ne peuvent plus être distingués à l'œil nu ou au microscope, on parle de mélanges homogènes, sinon de mélanges hétérogènes S'agissant de mélanges obtenus par transformation physique, il est possible de séparer les constituants d'un mélange pour obtenir des corps purs. On utilise à cet effet des méthodes de séparation comme la sédimentation, la décantation, la filtration ou le tamisage. Chaque procédé fait appel à une propriété physique caractéristique que l'on utilise en fonction de la matière à décomposer.

Test de lecture

Méthodes de séparation physique

Croquis	Propr. phys.	Méthode	Exemple
	Grosseur du grain	**Tamisage** Des mélanges de corps solides granuleux peuvent être séparés à l'aide d'un tamis à cause de la taille variable de leur grain.	**Gravier, sable, farine**
	Ferromagnétisme des particules	**Séparation magnétique** A l'aide d'un aimant, les particules magnétiques sont séparées des particules non magnétiques.	Séparation de boîtes en fer-blanc des déchets
	Masse volumique des particules	**Sédimentation** Plongé dans un liquide, un corps solide se dépose au fond en raison de sa masse volumique. Il se sédimente.	Nettoyage de l'eau dans les stations d'épuration (STEP)
	Masse volumique des particules	**Décantation** Après la sédimentation du corps solide, on sépare le liquide du solide.	Vin
	Taille des particules	**Filtration** On fait passer le mélange à travers un filtre à pores fins. Les particules dont la grosseur est supérieure au filtre restent dans le filtre.	Café ou thé
	Taille des particules	**Adsorption** Le procédé par adsorption consiste à fixer un corps à la surface d'un autre corps (p.ex. filtre à charbon actif). Ce procédé permet de séparer des substances possédant des propriétés d'adsorption différentes.	Purification de l'eau
	Point d'ébullition	**Evaporation** En portant à ébullition, le solvant s'évapore, le corps solide reste.	Caramélisation d'amandes
	Point d'ébullition et de fusion	**Distillation** Sous l'action de la chaleur, les constituants d'un mélange de liquides vont se vaporiser au fur et à mesure que leur température d'ébullition est atteinte. On récupère alors les produits purs en condensant les fractions par refroidissement. Cette technique est basée sur la différence de point d'ébullition.	Alcool fort, eau-de-vie
	Masse volumique des particules	**Centrifugation** Le mélange est mis en rotation à une vitesse élevée. Sous l'effet de la force centrifuge, les constituants d'une masse volumique élevée sont poussés vers l'extérieur.	Essorage du linge

Test de lecture

	Solubilité des particules	**Extraction** Un mélange est plongé dans un solvant ou aspergé de solvant. Les constituants solubles du mélange se dissolvent dans le solvant, les non solubles restent. (Absorption = se dissoudre)	Café, les arômes des grains de café se dissolvent dans l'eau
	Solubilité et masse volumique des particules	**Chromatographie** La chromatographie (séparation par adhésion) permet de séparer les portions intimes d'un mélange. Les constituants du mélange migrent à des vitesses différentes et sont séparés	Analyse de l'encre

Séparez, à l'aide des méthodes de séparation physiques, les constituants d'une soupe. Décrivez les différentes étapes en mentionnant les produits de départ et les produits obtenus.

1. Passer au tamis la soupe –> séparer célestins, quenelles de viande, bouillon
2. Laisser refroidir la soupe, écumer le gras –> séparer gras et liquide
3. Distiller le liquide –> séparer sel et eau

1.1.2 Constituants de la matière

L'atome représente la plus petite partie d'un élément et est constitué d'un noyau atomique autour duquel il y a un nuage d'électrons. Il ne se laisse plus diviser par des procédés chimiques. Les éléments sont des corps chimiques purs composés d'une seule sorte d'atomes.

Les ions sont des particules chargées électriquement. Lorsque les atomes libèrent des électrons ou récupèrent des électrons, ils se transforment en ions. Les ions positifs sont appelés cations, les ions négatifs anions.

Les particules constituées de deux atomes ou plus sont appelées molécules. Les atomes sont liés entre eux par des forces électriques. Ils représentent le plus petit fragment reflétant les caractéristiques d'un élément. Contrairement aux atomes, les molécules peuvent être décomposées en leurs atomes constitutifs.

Les molécules peuvent être de taille très différente. On fait la distinction entre petite molécule (H_2O), molécule à plusieurs atomes (CH_4) et macromolécule (C_2H_4). Dans le dernier groupe, on trouve principalement les matières plastiques. Celles-ci se composent de dizaines de milliers d'atomes.

Structure atomique

Les atomes se composent de trois particules, les protons, les neutrons et les électrons.
Le noyau atomique se trouve au cœur de l'atome et porte une charge positive. Cette charge lui est conférée par les protons. Outre les protons positifs, le noyau abrite également des neutrons, particules dépourvues de charge électrique. Leur rôle est d'empêcher les protons de se repousser mutuellement. Si un noyau se désintègre, il y a émission d'un rayonnement appelé communément fission nucléaire ou radioactivité.

Test de lecture

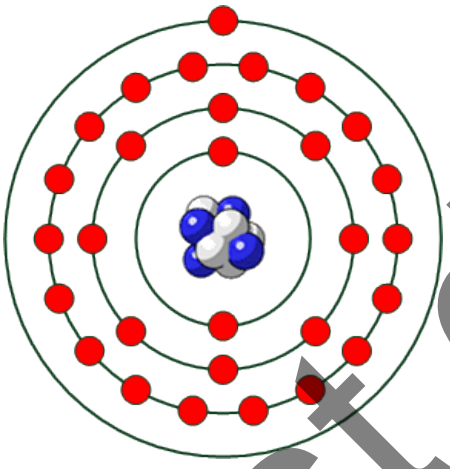
Les protons et les neutrons représentent la quasi-totalité de la masse de l'atome. A partir du nombre de protons et de neutrons, on peut facilement déterminer le nombre de masse de l'atome. Le nombre de protons est égal au numéro atomique. Ce numéro représente une grandeur importante dans le système périodique des éléments.

Les protons et les neutrons forment ensemble le noyau de l'atome et le nombre de protons détermine le nombre atomique dans le TPE.

Le nuage d'électrons est disposé symétriquement autour du noyau. Il est porteur d'une charge négative. Les particules élémentaires, c'est-à-dire les électrons chargés négativement, sont responsables de la conduction du courant électrique qui est à la base de l'électricité. La masse des électrons est très faible et ne représente qu'un 1836e de la masse du proton. Grâce à leur faible masse, les électrons se laissent plus facilement déplacer.

Les électrons eux-mêmes sont disposés dans différents niveaux d'énergie et se déplacent à une vitesse élevée. Ces niveaux d'énergie sont également appelés orbites ou couches électroniques. Les électrons de la couche la plus à l'extérieur sont appelés électrons de valence. Ils peuvent, dans certaines conditions, quitter l'atome et s'accrocher à un autre. Ce principe est basé sur la théorie des liaisons chimiques et sera expliqué plus tard.

Modèle atomique de Bohr Cuivre (Cu)



Notez le nombre de neutrons, protons et électrons de l'élément chrome!

Protons: 24

Neutrons: 28

Electrons: 24

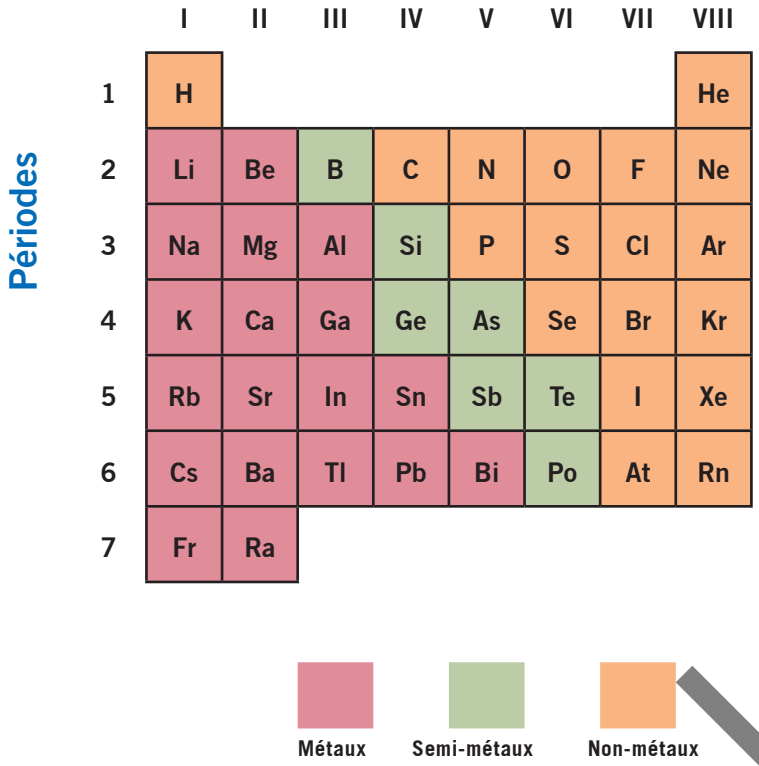
Structure du tableau périodique

La structure de l'atome définit la position d'un élément dans le système périodique. Dans ce système, tous les éléments connus sont classés selon leurs propriétés chimiques. A ce jour, le tableau périodique des éléments (TPE) dénombre 118 sortes d'atomes. Chaque élément ou sorte d'atomes est caractérisé par le nombre de protons dans le noyau. Ils sont disposés dans le TPE selon les critères suivants:

- Le nombre d'électrons dans la couche de valence (la couche périphérique) détermine le nombre quantique principal. Les éléments avec le même nombre d'électrons de valence possèdent des propriétés chimiques similaires. Le nombre quantique principal est indiqué en chiffres romains de I à VIII.
- Dans un groupe (colonne verticale), l'électronégativité et le caractère non métallique diminuent de haut en bas alors que le numéro atomique croît. Le rayon atomique et le caractère métallique augmentent.
- Le nombre de couches électroniques indique le nombre périodique. Le nuage électronique est subdivisé en maximum 7 couches électroniques = périodes. Les éléments appartenant à la même période possèdent donc le même nombre de couches. Ces couches sont désignées par un nombre de 1 à 7, appelé nombre quantique.
- Dans une période (rangée horizontale), le rayon et le caractère métallique des atomes diminuent de gauche à droite à mesure que le numéro atomique croît. L'électronégativité et le caractère non métallique augmentent.

Test de lecture

Groupes principaux



Etant impossible de classer tous les éléments dans cette matrice, les éléments restants sont récapitulés dans trois autres groupes: les sous-groupes, les lanthanides et les actinides.

Il en résulte le TPE complet. La position des éléments dans le tableau périodique permet de déterminer la structure des atomes et leurs propriétés chimiques. Les éléments du groupe principal I constituent la série des métaux alcalins. Les éléments du groupe principal VII sont les halogènes, et les gaz rares sont classés dans le groupe principal VIII.

Electrons de valence
Les électrons situés sur la couche périphérique du nuage électronique de l'atome étant déterminants pour le comportement chimique de l'atome, on les appelle électrons de valence. Ils déterminent avec quels autres éléments ils se combinent ou non. Ils constituent les porteurs de charge si l'on considère la conductivité électrique et thermique des matières et peuvent se coupler en paires de Copper pour générer un état supraconducteur.
L'électronégativité exprime en un nombre la capacité d'un noyau atomique à capturer et à retenir ses électrons de valence. L'électronégativité dépend du rayon atomique et du nombre de protons. Plus le rayon atomique est faible et le nombre de protons élevé, plus la valeur EN est élevée. Une forte électronégativité signifie par conséquent un fort pouvoir d'attraction et une faible tendance des électrons de valence à engager une liaison avec d'autres atomes.

Règle de l'octet
D'une part, les électrons de valence sont actifs "chimiquement" parce qu'ils possèdent le niveau énergétique le plus élevé. D'autre part, les atomes cherchent à atteindre un état stable avec une énergie particulièrement faible. Les atomes tendent à avoir leur dernière couche saturée (pleine), ce qui leur donne la structure électronique d'un gaz rare (groupe principal VIII). Tous les autres éléments atteignent un état similaire à celui du gaz rare en vidant leur couche extérieure (en cédant des électrons) ou en complétant leur couche de valence avec des électrons externes (en acquérant des électrons). Cette tendance à avoir des couches saturées est appelée règle de l'octet (octet=8).

Test de lecture

Tableau périodique des éléments

Test de fabrication

	1 (1A)	2 (2A)	3 (3A)	4 (4A)	5 (5A)	6 (6A)	7 (7A)	8	9	10	11 (1B)	12 (2B)	13 (3B)	14 (4B)	15 (5B)	16 (6B)	17 (7B)	18 (0)
1	1 **H** Hydrogène 1.01 -259 0.09 -253 2.1																	2 **He** Hélium 4.00 - 0.18 -269 -
2	3 **Li** Lithium 6.94 181 0.53 1330 1.0	4 **Be** Béryllium 9.01 1277 1.85 2970 1.5											5 **B** Bore 10.81 (2030) 2.35 2550 2.0	6 **C** Carbone 12.01 (3550) 2.20 4830 2.5	7 **N** Azote 14.01 -210 1.25 -196 3.0	8 **O** Oxygène 16.00 -219 1.43 -183 3.5	9 **F** Fluor 19.00 -220 1.70 -188 4.0	10 **Ne** Néon 20.18 -249 0.90 -246 -
3	11 **Na** Sodium 22.99 98 0.97 892 0.9	12 **Mg** Magnésium 24.31 650 1.74 1107 1.2											13 **Al** Aluminium 26.98 660 2.70 2450 1.5	14 **Si** Silicium 28.09 1410 2.33 2680 1.8	15 **P** Phosphore 30.97 44 1.82 280 2.1	16 **S** Soufre 32.06 119 2.07 445 2.5	17 **Cl** Chlore 35.45 -101 3.20 -35 3.0	18 **Ar** Argon 39.95 -189 1.78 -183 -
4	19 **K** Potassium 39.10 64 0.86 760 0.8	20 **Ca** Calcium 40.08 838 1.55 1440 1.0	21 **Sc** Scandium 44.96 1539 3.00 2730 1.3	22 **Ti** Titane 47.88 1668 4.54 3260 1.5	23 **V** Vanadium 50.94 1900 6.10 3450 1.5	24 **Cr** Chrome 52.00 1875 7.19 2200 1.6	25 **Mn** Manganèse 54.94 1245 7.43 2097 1.5	26 **Fe** Fer 55.85 1536 7.86 3000 1.8	27 **Co** Cobalt 58.93 1495 8.90 2900 1.9	28 **Ni** Nickel 58.70 1453 8.90 2730 1.9	29 **Cu** Cuivre 63.55 1083 8.96 2595 1.9	30 **Zn** Zinc 65.38 420 7.13 906 1.6	31 **Ga** Gallium 69.72 30 5.91 2237 1.6	32 **Ge** Germanium 72.59 937 5.32 2830 1.8	33 **As** Arsenic 74.91 Subl. 5.72 - 2.0	34 **Se** Sélénium 78.96 217 4.79 685 2.4	35 **Br** Brome 79.90 -7 3.12 58 2.8	36 **Kr** Krypton 83.80 -157 3.70 -152 -
5	37 **Rb** Rubidium 85.47 39 1.53 688 0.8	38 **Sr** Strontium 87.62 768 2.60 1380 1.0	39 **Y** Yttrium 88.91 1509 4.47 2927 1.2	40 **Zr** Zirconium 91.22 1852 6.49 3580 1.4	41 **Nb** Niobium 91.22 2468 8.57 4927 1.6	42 **Mo** Molybdène 95.94 2610 10.20 5560 1.8	43 **Tc** Technétium (98.91) 2140 11.50 5030 1.9	44 **Ru** Ruthénium 101.07 2500 12.40 3900 2.2	45 **Rh** Rhodium 102.91 1966 12.40 3730 2.2	46 **Pd** Palladium 106.42 1552 12.00 3140 2.2	47 **Ag** Argent 107.87 961 10.50 2210 1.9	48 **Cd** Cadmium 112.41 321 8.65 765 1.7	49 **In** Indium 114.82 156 7.31 2080 1.7	50 **Sn** Etain 118.69 232 7.30 2270 1.8	51 **Sb** Antimoine 121.75 631 6.69 1380 1.9	52 **Te** Tellure 127.60 450 6.24 990 2.1	53 **I** Iode 126.90 114 4.94 183 2.5	54 **Xe** Xénon 131.29 -112 5.89 -108 -
6	55 **Cs** Césium 132.91 29 1.90 690 0.7	56 **Ba** Baryum 137.33 714 3.76 1640 0.9	71 **Lu** Lutécium 174.97 1652 9.84 3327 1.2	72 **Hf** Hafnium 178.49 2222 13.31 5400 1.3	73 **Ta** Tantale 180.95 2996 16.50 5425 1.5	74 **W** Tungstène 183.85 3410 19.30 5930 1.7	75 **Re** Rhénium 186.21 3180 21.00 5900 1.9	76 **Os** Osmium 190.20 3050 22.60 5500 2.2	77 **Ir** Iridium 192.22 2454 22.70 4500 2.2	78 **Pt** Platine 195.08 1769 21.40 3830 2.2	79 **Au** Or 196.97 1063 19.30 2970 2.4	80 **Hg** Mercure 200.59 -38 13.60 357 1.9	81 **Tl** Thallium 204.38 303 11.85 1457 1.8	82 **Pb** Plomb 207.20 327 11.40 1725 1.9	83 **Bi** Bismuth 208.98 271 9.80 1560 1.9	84 **Po** Polonium (209) 254 9.30 962 2.0	85 **At** Astate (210) (302) - 337 2.2	86 **Rn** Radon (222) (-71) 9.73 -62 -
7	87 **Fr** Francium (223.0) (27) - 677 0.7	88 **Ra** Radium 226.03 700 5.00 1140 0.9	103 **Lr** Lawrencium (262.1) - - -	104 **Rf** Rutherfordium (262.1) - - -	105 **Db** Dubnium (262.1) - - -	106 **Sg** Seaborgium (263.1) - - -	107 **Bh** Bohrium (264.1) - - -	108 **Hs** Hassium (265.1) - - -	109 **Mt** Meitnérium (268) - - -	110 **Ds** Darmstadtium (281,15) - - -	111 **Rg** Roentgenium (272) - - -	112 **Uub** Ununbium (277) - - -	113 **Uut** Ununtrium (277) - - -	114 **Uuq** Ununquadium (289) - - -	115 **Uup** Ununpentium (277) - - -	116 **Uuh** Ununhexium (289) - - -	117 **Uus** Ununseptium (277) - - -	118 **Uuo** Ununoctium (293) - - -

Numéro atomique | Symbole | Masse atomique moyenne
Nom de l'élément
Point de fusion [°C] | Masse volumique [g/cm³], gaz [g/l] (0°C, 1013mbar)
Point d'ébullition [°C] | Électronégativité
Radioactif

Non-métaux | Métaux de tranisition
Métaux | Metalloïdes

6	Lanthanides	57 **La** Lanthane 138.91 920 6.17 3470 1.1	58 **Ce** Cérium 140.12 795 6.67 3468 1.1	59 **Pr** Praséodyme 140.91 935 6.77 3127 1.1	60 **Nd** Néodyme 144.24 1024 7.00 3027 1.2	61 **Pm** Prométhium (145) (1027) 7.22 - -	62 **Sm** Samarium 150.36 1072 7.54 1790 1.2	63 **Eu** Europium 151.96 828 5.26 1439 -	64 **Gd** Gadolinium 157.25 1312 7.89 3000 1.1	65 **Tb** Terbium 158.93 1356 8.27 2800 1.2	66 **Dy** Dysprosium 162.50 1407 8.54 2600 -	67 **Ho** Holmium 164.93 1461 8.80 2600 1.2	68 **Er** Erbium 167.26 1497 9.05 2900 1.2	69 **Tm** Thulium 168.93 1545 9.33 1727 1.2	70 **Yb** Ytterbium 173.04 824 6.98 1196 1.1
7	Actinides	89 **Ac** Actinium (227) 1050 10.10 - 1.1	90 **Th** Thorium 232.04 1750 11.70 3850 1.3	91 **Pa** Protactinium 231.04 (1230) 15.40 - 1.4	92 **U** Uranium 238.03 1132 19.07 3818 1.4	93 **Np** Neptunium (237.05) 637 19.50 3900 1.3	94 **Pu** Plutonium (244) 640 19.81 3235 1.3	95 **Am** Américium (243) 994 13.70 - 1.3	96 **Cm** Curium (247) (1340) 13.51 3100 -	97 **Bk** Berkélium (247) - - -	98 **Cf** Californium (251) - - -	99 **Es** Einsteinium (254) - - -	100 **Fm** Fermium (257) - - -	101 **Md** Mendelévium (258) - - -	102 **No** Nobélium (259) - - -

Types de liaison
L'origine de la formation des liaisons chimiques se trouve dans la répartition des électrons dans l'atome. Les produits issus de la réaction se différencient des matières de base par leur niveau d'énergie et leur état d'ordre. Il existe 3 types de liaison:
– Liaison métallique
– Liaison ionique
– Liaison covalente

Liaison métallique
Les métaux possèdent peu d'électrons sur leur couche de valence, ils sont facilement délocalisables. Lorsque les atomes métalliques cèdent leurs électrons de valence, ces électrons négatifs libres forment le nuage d'électrons. En raison de la différence de potentiel, des forces d'attraction entre les ions positifs (+) et le nuage d'électrons (–) et des forces de répulsion entre les différents ions apparaissent. Il en résulte une structure régulière, une structure en réseau.

Liaison ionique
Pour atteindre par une réaction chimique l'état d'un gaz rare dans la couche externe, les métaux se comportent inversement aux non-métaux. Lors de réactions entre métaux et non-métaux, les métaux cèdent les électrons périphériques, alors que les non-métaux les reçoivent. La structure ainsi obtenue est régulière comme chez les métaux, les cristaux ainsi formés sont durs, des cristaux de sel. En dissolvant ces sels dans un liquide, p. ex. de l'eau, la liaison ionique se rompt et les ions sont dissociés en cations et en anions. Ces solutions sont appelées électrolyte car elles conduisent le courant électrique.

Liaison covalente
Les non-métaux établissent entre eux des liaisons covalentes, c'est-à-dire qu'aucun des partenaires ne cède des électrons de valence ou capture des électrons supplémentaires, chacun des atomes liés met en commun un électron. Les électrons de liaison se déplacent sur les couches externes des deux atomes. Contrairement aux deux autres types de liaison, les liaisons covalentes conduisent à des liaisons fort différentes dont les plus connues sont l'eau H2O, l'oxygène O2 et le silicium ainsi que les cristaux de glace.

Structure amorphe (illustration 1)
En particulier les matières avec une masse moléculaire élevée, mais également les gaz, n'ont pas de structure ordonnée. Les molécules de telles matières se trouvent dans un état totalement désorganisé.

Structure cristalline (illustration 2)
Elle dépend de la manière dont se lient les atomes et la molécule. Ces liaisons génèrent des forces qui maintiennent ensemble les matières. Ces forces reposent le plus souvent sur une attraction électrostatique, on les appelle également forces de cohésion. La structure ordonnée des métaux et des sels est désignée comme cristalline.

Test de lecture



Illustration 1

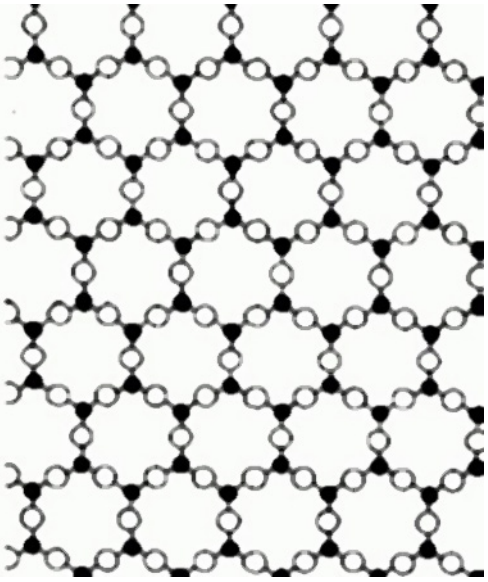
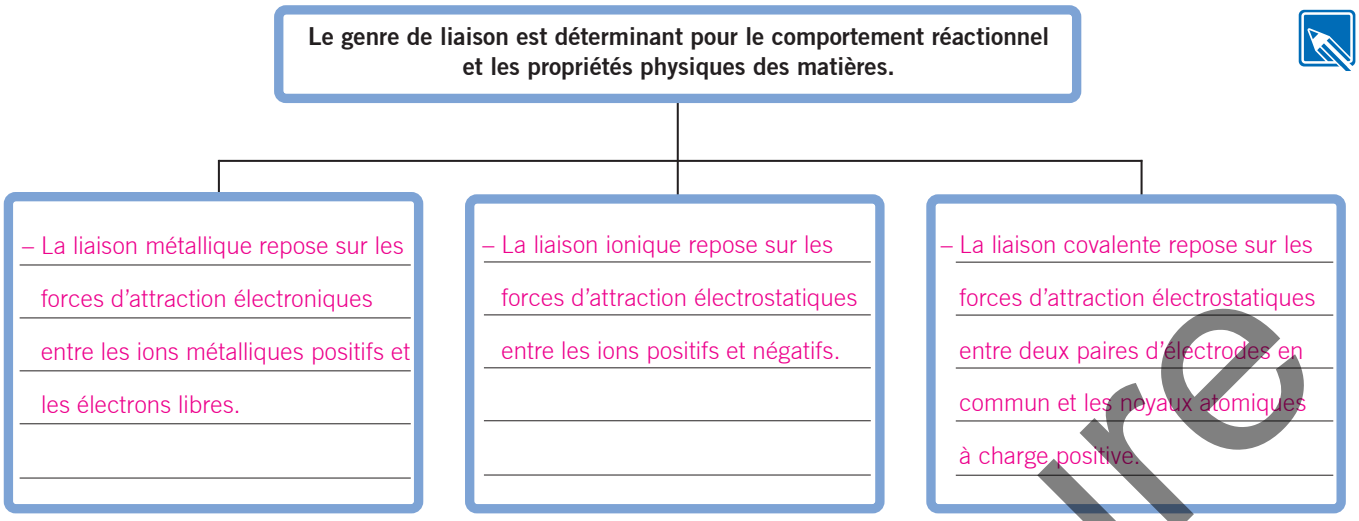


Illustration 2



1.1.3 Propriétés des matériaux

Propriétés des matériaux

Les propriétés spécifiques désignent un matériau et fixent ses possibilités d'utilisation et d'application. Par conséquent, il est indispensable de bien connaître les propriétés des matériaux. Celles-ci dépendent de la structure interne. La structure interne peut être modifiée ou influencée par le procédé de fabrication et la mise en œuvre.

Chaque matériau possède son propre profil auquel sont associées certaines propriétés:
- Les propriétés physiques décrivent l'état ou la modification d'état d'un matériau. Ces propriétés sont déterminées par la mesure et l'expérimentation. On peut les déterminer sans modifier le matériau.
- Les propriétés électriques décrivent le comportement des matériaux soumis à un courant électrique et dans des champs électriques et magnétiques.
- Les propriétés chimiques décrivent la réactivité des matériaux avec les matières et l'environnement où ils sont situés.
- Les propriétés mécaniques décrivent le comportement des matériaux soumis à des contraintes mécaniques ou des moments.
- Les propriétés technologiques renseignent sur l'aptitude d'un matériau pour un procédé de fabrication et indiquent les conditions à respecter lors de l'usinage ou de la mise en forme des matériaux.
- Les propriétés environnementales mettent en évidence l'effet des matériaux sur l'environnement, notamment sur la nature, l'homme et les animaux.

Physiques	Electriques	Chimiques	Mécaniques	Technologiques	Ecologiques
– Masse volumique – Conductivité thermique – Point de fusion – Point d'ébullition	– Conductivité électrique – Rigidité diélectrique	– Résistance à la corrosion – Inflammabilité	– Dureté – Résistance – Ténacité – Fragilité	– Coulabilité – Soudabilité – Façonnabilité – Usinabilité – Formabilité à froid et à chaud	– Radioactivité – Toxicité – Recyclabilité

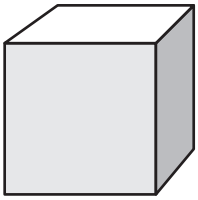
Test de lecture

Propriétés physiques

Les propriétés physiques décrivent les caractéristiques du matériau, indépendamment de sa forme. Elles sont exprimées par des constantes propres. Celles-ci doivent être recherchées dans des ouvrages de référence correspondants. Les valeurs numériques utilisées dans ce guide méthodique se réfèrent à l'ouvrage Tabellenbuch Mechatronik de la maison d'édition Europa Lehrmittel, 5e édition 2011.

Masse volumique
La masse volume ρ (rho) d'un corps est le rapport de la masse m de cet échantillon à son volume V.

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



Masse volumique de différentes matières

Matière	Masse vol. kg/dm³	Matière	Masse vol. kg/dm³
Eau	1	Cuivre	8,9
Aluminium	2,7	Plomb	11,3
Acier	7,85	Tungstène	19,27

Air (0 °C, 1,013 bar) : ϱ = 1,29 kg/m³ = 0,00129 kg/dm³

Point de fusion de différents métaux

Matière	Point de fusion °C	Matière	Point de fusion °C
Etain	232	Cuivre	1083
Plomb	327	Fer	1536
Aluminium	658	Tungstène	3387

De façon plus claire, on peut représenter la masse volumique comme la masse d'un dé dont les arêtes ont une longueur de 1 dm. Les unités de la masse volumique sont kg/dm³, g/cm³ et t/m³ pour les matières solides et les liquides, ainsi que kg/m³ pour les gaz.

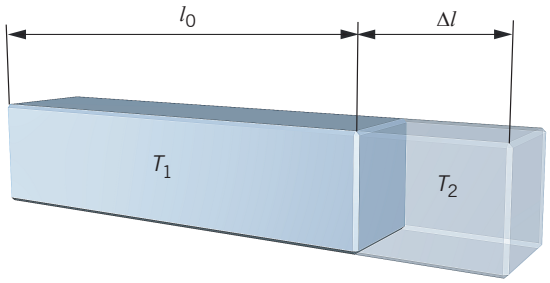
Point de fusion (température de fusion)
Le point de fusion est la température à laquelle un matériau commence à fondre. La température est exprimée en degré Celsius (°C) ou Kelvin (K). L'échelle de température Celsius prend pour zéro le point de changement d'état de l'eau en solide. Le point zéro de l'échelle Kelvin se réfère au zéro absolu (le zéro Kelvin se situe à -273,16°C).

Les métaux purs ont un point de fusion précis. Les alliages, p. ex. les aciers ou les alliages CuZn, ont un intervalle de fusion.

Test de lecture

Dilatation thermique linéaire

Le coefficient de dilatation thermique linéaire α exprime la variation de longueur Δl d'une tige solide de longueur initiale l_0 sous l'effet de la variation de température ΔT. Il faut par exemple tenir compte de la dilatation thermique Δl pour les instruments de mesure, les pièces de montage ou les pièces moulées. Après la coulée, les pièces moulées subissent une contraction thermique dont les cotes du moule doivent tenir compte. La dilatation thermique des thermoplastiques est beaucoup plus importante que celle des métaux.

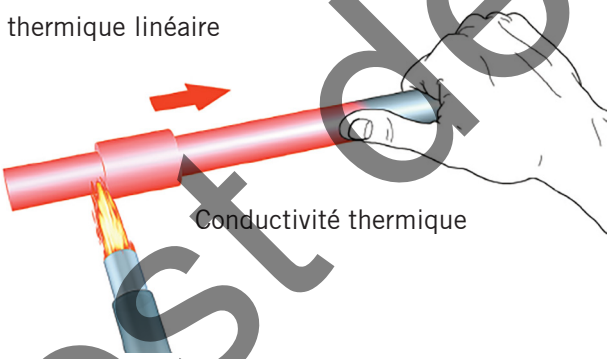


$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot \frac{1}{\Delta T} \qquad \Delta T = T_2 - T_1$$

Conductivité thermique

La conductivité thermique est la grandeur physique exprimant l'aptitude d'une matière à laisser passer l'énergie calorifique. Les métaux, en particulier le cuivre, l'aluminium, le fer et l'acier, se caractérisent par une conductivité thermique élevée. Les matières plastiques, le verre et l'air ont une conductivité thermique faible. Ils sont utilisés comme isolants thermiques.

Dilatation thermique linéaire



Conductivité thermique

Test de lecture