

Bloc de compétence N°3-TMI_UEA-052

Le 17/01/2020

LES MATERIAUX

1. DEFINITIONS

- Les **matériaux (ressources matérielles)** regroupent l'ensemble des substances utilisées à la construction d'objets, de machines, de bâtiments, etc.
- Une **matière première** est une substance d'origine naturelle qui doit être transformée afin d'être utilisée dans la fabrication d'un objet technique.
- Un **matériau** est une substance qui provient de la transformation d'une matière première et qui se retrouve sous une forme adéquate pour entrer dans la fabrication d'un objet technique.
- Le **matériel** correspond aux outils et aux équipements nécessaires à la fabrication d'un objet technique.

2. LES PROPRIETES MECANIQUES DES MATERIAUX

Sous l'effet d'une [contrainte](#), certains matériaux se déforment (ex.: caoutchouc) alors que d'autres résistent (ex.: verre) ou encore se brisent (ex.: porcelaine). Le fait que les matériaux ne réagissent pas tous de la même façon sous l'effet des contraintes est fonction de leurs **propriétés mécaniques**. La connaissance des propriétés mécaniques des matériaux est essentielle à la conception et à la [fabrication](#) d'objets techniques. Il est en effet important de sélectionner les matériaux adéquats afin que la pièce créée puisse résister aux contraintes qu'elle subit.

Le tableau suivant présente les principales propriétés mécaniques.

Propriété	Définition	Exemple
Dureté	Propriété d'un matériau de résister à la pénétration d'un autre matériau.	Le diamant est le matériau qui possède la plus grande dureté. 
Ductilité	Propriété d'un matériau de s'étirer sans se	Le cuivre, qui peut être étiré, est utilisé dans la

[Source](#)

rompre.

fabrication de fils électriques.



[Source](#)

Élasticité

Propriété d'un matériau de se déformer puis de reprendre sa forme initiale par la suite.

Le pneu d'une voiture se déforme sous le poids de celle-ci.



[Source](#)

Fragilité

Propriété d'un matériau de se briser plutôt que de se déformer.

Un verre en porcelaine se brise plutôt que de se déformer.



[Source](#)

Malléabilité

Propriété d'un matériau de s'aplatir ou de se courber sans se rompre.

L'aluminium est un matériau malléable que l'on peut aplatir en feuilles.



[Source](#)

Résilience

Propriété d'un matériau de résister aux chocs sans se rompre.

Un casque de moto est conçu pour résister aux chocs.



[Source](#)

Rigidité

Propriété d'un matériau de garder sa forme, même lorsqu'il est soumis à diverses contraintes.

Le tablier d'un pont est conçu pour garder sa forme malgré le poids des voitures qui y circulent.



[Source](#)

3. AUTRES PROPRIETES

Propriété	Définition	Exemple
Résistance à la corrosion	Propriété d'un matériau de résister à l'action de substances corrosives qui peuvent provoquer, entre autre, la formation de rouille.	<p>Une carrosserie d'automobile doit pouvoir résister à la rouille.</p>  <p>Source</p>
Conductibilité électrique	Propriété d'un matériau de transmettre le courant électrique.	<p>Les fils électriques doivent être fabriqués dans un matériau conducteur.</p>  <p>Source</p>
Conductibilité thermique	Propriété d'un matériau de transmettre la chaleur.	<p>Un chaudron doit laisser passer la chaleur afin de pouvoir cuire les aliments.</p>  <p>Source</p>
Coefficient de dilatation thermique	Propriété d'un matériau dont le volume varie en fonction d'un changement de température.	<p>Le liquide à l'intérieur d'un thermomètre se dilate sous l'effet de la chaleur.</p>



[Source](#)

4. DEGRADATION ET PROTECTION

- La **dégradation des matériaux** est un processus qui entraîne la modification de leurs propriétés due aux effets de leur environnement.

Tous les matériaux, qu'ils s'agissent de matières plastiques, de matériaux organiques, de céramiques, de métaux ou de matériaux composites, se dégradent à un rythme plus ou moins rapide. Leur vitesse de dégradation dépend de l'usure causée par les contraintes répétées, mais aussi de l'environnement dans lequel ils se trouvent. Par exemple, l'exposition à certains produits chimiques, le rayonnement ultraviolet ou l'action du gel et du dégel peuvent dégrader certains matériaux. Leurs propriétés initiales sont alors modifiées par les effets du milieu ambiant.

- La **protection des matériaux** consiste à utiliser des procédés et des traitements afin de ralentir ou d'empêcher leur dégradation.

Si rien n'est fait pour contrer les effets néfastes de l'environnement sur un matériau, celui-ci se dégrade plus rapidement que son usure due uniquement aux [contraintes](#) et il est ultimement voué à la destruction. Il existe des moyens pour minimiser ou retarder la dégradation des matériaux. En fonction de l'environnement ambiant et du type de matériau considéré, on doit choisir des techniques de protection adaptées.

5. LES TRAITEMENTS THERMIQUES

les traitements thermiques, bien que pouvant être effectués sur le bois et sur le verre, sont généralement effectués sur les alliages. Ces traitements nécessitent un chauffage à haute température. Le but des traitements thermiques est de réorganiser les molécules d'un alliage en le chauffant afin d'en modifier les propriétés mécaniques. En effet, la nouvelle disposition des molécules obtenues permet de retrouver les propriétés mécaniques de l'alliage dans le cas d'une réparation ou d'en obtenir de nouvelles dans le cas d'une modification.

Les trois principaux traitements thermiques des alliages sont la trempe, le revenu et le recuit.

- **La trempe** permet d'améliorer la dureté des pièces mécaniques, en les rendant toutefois un peu plus fragiles. Ce traitement comprend deux étapes. L'alliage doit d'abord être chauffé à très haute température afin que les atomes puissent se réorganiser. L'alliage est ensuite refroidi très rapidement, en le trempant dans un fluide froid. Ce trempage interrompt le déplacement des atomes et procure de nouvelles propriétés à l'alliage.
- **Le revenu** permet de rendre un alliage un peu plus ductile, tout en lui permettant de conserver une certaine dureté. Ce traitement se fait sur un alliage ayant déjà été trempé. Il consiste à chauffer un alliage trempé à une température précise, inférieure à celle de la trempe afin que l'alliage ne perde pas les propriétés

acquises lors de cette étape. Plus la température de revenu est élevée, moins l'alliage sera dur et plus il sera ductile.

- **Le recuit** permet de restaurer les propriétés de l'alliage après sa déformation. Pour ce faire, on doit chauffer suffisamment l'alliage puis le laisser refroidir lentement par la suite. On peut alors effacer les traces laissées par les contraintes engendrées lors de la fabrication, par exemple des traces de soudure, ou encore obtenir des alliages moins durs et plus facile à usiner.

6. LES TYPES DE MATERIAUX

LES METAUX

- **Un métal** est un matériau extrait d'un minerai. C'est une substance généralement brillante, qui conduit bien l'électricité et la chaleur.

Le tableau suivant décrit certains métaux utilisés pour la fabrication d'objets techniques. Le fer et l'aluminium sont les métaux les plus utilisés. Toutefois, les métaux sont rarement utilisés à l'état pur; on les utilise davantage sous la forme d'alliage

Métaux	Description et caractéristiques	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Fer (Fe)	Argenté, mou, peut rouiller, métal le plus utilisé	Ductilité, malléabilité	Automobiles, structures de bâtiments, ustensiles, câbles, clous  Source
Aluminium (Al)	Blanc, mou, très abondant dans la nature	Malléabilité, ductilité, élasticité, légèreté, bonne conductibilité, résistance à la corrosion	Bateaux, fils électriques, canettes, portes et fenêtres  Source
Cuivre (Cu)	Couleur rouge brun qui s'oxyde à l'air humide (devient vert)	Ductilité, malléabilité, lourdeur, excellente conductibilité électrique et thermique	Fils électriques, instruments de musique, tuyaux, pièces de un cent  Source

Zinc (Zn)	Couleur gris-blanc brillant	Dureté, ductilité, malléabilité, résistance à la corrosion	Fils électriques, gouttières, clôtures 
			Source
Magnésium (Mg)	Couleur blanc argenté	Légèreté, inflammabilité, malléabilité, ductilité	Feux d'artifices, feux de Bengale, jantes de voiture 
			Source
Nickel (Ni)	Gris	Dureté, malléabilité, grande résistance à la corrosion	Pièces de monnaie, éléments chauffants 
			Source
Chrome (Cr)	Blanc, légèrement bleuté	Grande dureté, résistance à la corrosion, bonne conductibilité	Revêtements contre la corrosion 
			Source
Étain (Sn)	Couleur blanc argenté	Ductilité, malléabilité, faible point de fusion	Soudures, ustensiles 
			Source
Titane (Ti)	Couleur blanc argenté	Grande ductilité, légèreté, résistance à la corrosion	Coques de bateau, sous-marin, pièces d'automobiles 
			Source
Plomb (Pb)	Couleur gris bleuté	Mollesse, malléabilité, lourdeur, ductilité, résistance à la corrosion	Utilisé surtout pour la fonte



[Source](#)

Tungstène (W)

Couleur blanc d'étain

Mollesse, ductilité, légèreté, résistance aux hautes températures

Filaments d'ampoules à incandescence



[Source](#)

LES ALLIAGES

- Un **alliage** est un [mélange homogène](#) est la combinaison d'un métal avec une ou plusieurs autres substances dans le but d'obtenir des propriétés mécaniques précises.

LES ALLIAGES FERREUX

- Un **alliage ferreux** est un alliage dont le principal constituant est le fer.

Le fer est un des éléments les plus répandus dans la croûte terrestre. Il s'agit d'un métal ductile (qui peut être étiré), malléable (qui peut être réduit en feuilles) et [magnétique](#). Toutefois, le fer à l'état pur ne résiste pas à la corrosion ni à l'usure. En le combinant avec du carbone, on peut augmenter la résistance mécanique et la dureté du fer. Selon les proportions de fer et de carbone retrouvées dans l'alliage, les propriétés seront modifiées différemment.

Alliages ferreux	Composition et description	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Fonte	-Mélange de fer et de carbone (au moins 2%) -Couleur blanc brillant ou gris	Fragilité, dureté, lourdeur	Étaux, poêlons, haltères 
Acier inoxydable	-Mélange de fer, de carbone (moins de 1,5%), de chrome et d'étain -Couleur gris métallique	Résistance à la corrosion, résistance mécanique, dureté	Batteries de cuisine, coutellerie

[Source](#)



[Source](#)

Acier doux

-Mélange de fer et de carbone (à peine 0,2%)

Faible résistance à la corrosion, dureté

Chaînes



[Source](#)

Fer blanc

-Tôle mince d'acier doux recouverte d'une couche d'étain sur les deux faces

Facilité de pliage et de coupe, résistance à la corrosion

Boîtes de conserve



[Source](#)

LES ALLIAGES NON FERREUX

- Un **alliage non ferreux** ne contient pas de fer, mais combine plutôt d'autres métaux.

Alliages non ferreux	Composition et description	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Laiton	-Mélange de zinc et de cuivre -Couleur variant du rose au jaune selon la teneur des différents métaux	Ductilité, malléabilité, lourdeur, résistance à la corrosion, bonne conductibilité	Décoration, composantes électriques, instruments de musique 
Bronze	-Mélange de cuivre et d'étain -Couleur variant du jaune au brun	Dureté, malléabilité, lourdeur, résistance à la corrosion, bonne conductibilité	Objets d'arts, hélice de bateau, robinetterie, médaille olympique 

Titanium	-Mélange de titane et d'aluminium -Couleur gris argenté	Légèreté, malléabilité, résistance à la corrosion, grande dureté	Pièces d'avion, pièces de bicyclette, pièces électroniques
-----------------	--	--	--

LES MATIERES PLASTIQUES

- Un **plastique** est un matériau synthétisé à partir de polymères.

L'utilisation des matières plastiques est beaucoup plus récente que celle du bois ou des métaux. La première matière plastique ayant été utilisée était simplement un caoutchouc naturel produit par certains végétaux. C'est en 1839 que Charles Goodyear a inventé le procédé de vulcanisation qui permet de fabriquer du caoutchouc artificiel à partir du soufre. Depuis, de nombreux plastiques ont été synthétisés en laboratoire par des réactions de polymérisation.

Les matières plastiques ne se retrouvent pas à l'état naturel, sauf dans le cas des caoutchoucs naturels. Elles doivent être synthétisées en laboratoire. Pour ce faire, on utilise des substances provenant du raffinage des combustibles fossiles (du pétrole et du gaz naturel). Ces substances, nommées monomères, sont assemblées en une longue chaîne de molécules, appelée polymère, lors du procédé de polymérisation.

On classe les matières plastiques en trois catégories:

- les [thermoplastiques](#),
- les [thermodurcissables](#)
- les [élastomères](#)

LES THERMOPLASTIQUES

- Un **thermoplastique** est une matière plastique qui, sous l'effet de la chaleur, fond ou ramollit suffisamment pour pouvoir être remodelée un nombre infini de fois, et ce, sans que ses propriétés mécaniques soient modifiées.

Les thermoplastiques ont la propriété de ramollir à la chaleur et de durcir au froid. Il est donc possible de leur donner une nouvelle forme, et ce, à répétition, sans affecter leurs propriétés mécaniques initiales. Cette particularité permet un recyclage plus facile de cette catégorie de plastique, en comparaison avec celui des deux autres types. Les thermoplastiques sont de loin les plastiques les plus utilisés, représentant plus des trois quarts de toutes les matières plastiques produites dans le monde.

Type de thermoplastique	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Acrylonitrile butadiène styrène (ABS) Couleur noire et opaque, facile à recycler	Rigidité, légèreté, résilience	Tuyauterie, brique Lego



[Source](#)

Polychlorure de vinyle (PVC)
 Rigide ou souple, recyclable

Rigidité, dureté, non-flottaison, imperméabilité, résistance à l'acide



[Source](#)

Tuyau de canalisation, recouvrement



[Source](#)

Polycarbonate (PC)
 Transparent, recyclable

Grande transparence, résistance aux chocs



[Source](#)

Vitre de phare automobile, casque de moto, CD et DVD



[Source](#)

Polypropylène (PP)
 Aspect brillant, recyclable en version rigide

Légèreté, rigidité ou souplesse selon la forme, transparence, flottaison



[Source](#)

Tableau de bord, emballage alimentaire



[Source](#)

Polystyrène (PS)
 Sous forme dure et transparente ou sous forme de mousse blanche compacte, facile à recycler

Légèreté, isolant thermique



[Source](#)

Boîtier de CD, couvercle de plastique, emballage alimentaire, isolant



[Source](#)

Polyamide (PA)
 Aussi appelé nylon

Résistance, imperméabilité, légèreté, flexibilité

Toile de parachute, vêtement



[Source](#)

Polyméthacrylate de méthyle (PMMA)
 Aussi appelé plexiglass ou acrylique

Propriétés optiques exceptionnelles, résistance à la corrosion et aux rayons UV, légèreté

Fabrication de vitres, hublot, parois d'aquarium



[Source](#)

Polyéthylène (PE)
 Plastique le plus employé, facile à manier et économique

Malléabilité, faible rigidité, résistance



[Source](#)



[Source](#)

Sac d'épicerie, sac poubelle, bouteille, contenant



[Source](#)

Polyester (PET)
 Existe aussi sous forme thermodurcissable

Dureté, résilience



[Source](#)

Fibre synthétique pour les vêtements, bouteille, contenant



[Source](#)

LES THERMODURCISSABLES

- Un **thermodurcissable** est une matière plastique qui reste dure en permanence, même sous l'effet de la chaleur. Sa perte d'élasticité est irréversible. Contrairement aux thermoplastiques qui ramollissent sous l'effet de la chaleur, les thermodurcissables ont perdu cette propriété lors de leur fabrication. Ainsi, un thermodurcissable conserve la même rigidité sous l'action de la chaleur jusqu'à l'atteinte de sa température de décomposition. Aussi, une fois produit, on ne peut plus modifier la forme d'un thermodurcissable. Les thermodurcissables sont difficiles à recycler; au Québec, ils ne le sont pas. Ces limites expliquent, en partie, le fait qu'ils soient moins utilisés que les thermoplastiques.

Type de thermodurcissable	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Formaldéhyde de mélamine (FM) (Formica)	Résilience, résistance à la chaleur et à la corrosion	Vaisselle en plastique, revêtement de plancher, panneau décoratif



[Source](#)

Boîtier d'objets divers, poignée de casserole, isolant en électricité et en aéronautique

Phénoplaste (PF)

Dureté, isolant thermique et électrique



[Source](#)

Coque de bateau, canne à pêche, piscine hors-terre

Polyester (UP)

Dureté, résilience, résistance mécanique, isolant électrique



[Source](#)

LES ELASTOMERES

- Un **élastomère** est une matière plastique qui possède les propriétés du caoutchouc naturel, principalement une grande élasticité et une grande extensibilité. On distingue généralement les élastomères naturels des élastomères synthétiques. Les premiers proviennent du latex sécrété par certains végétaux, par exemple par l'hévéa. Ils sont toutefois beaucoup moins utilisés que les élastomères synthétiques qui sont, quant à eux, produits en laboratoire grâce au procédé de vulcanisation. Ce procédé consiste à ajouter du soufre au caoutchouc, permettant ainsi d'en réduire l'élasticité, mais d'en améliorer la résistance. Malgré leurs propriétés mécaniques avantageuses, les élastomères ont l'inconvénient d'être des matières plastiques difficiles à recycler.

Type d'élastomère	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Polychloroprène (CR) (Néoprène)	Élasticité, résistance mécanique, résilience, isolant thermique	Adhésif, combinaison de plongée, vêtement en néoprène



[Source](#)

Élastomère de silicone

Élasticité, résistance mécanique, résilience, isolant électrique et thermique

Isolant thermique et électrique utilisé en construction



[Source](#)

Caoutchouc butadiène-styrène

Résilience, résistance mécanique, isolant électrique et thermique

Caoutchouc synthétique, pneu, élastique



[Source](#)

PROPRIETES des matières plastiques

Comme on peut le constater dans les tableaux précédents, les propriétés des matières plastiques sont fonction des différents types de plastiques considérés. Toutefois, les plastiques possèdent plusieurs propriétés générales intéressantes qui expliquent leur grande utilisation pour la fabrication d'objets techniques.

- Ils sont légers.
- Ils résistent à la corrosion (à la rouille).
- Ils peuvent être façonnées et moulées par la chaleur ou sous pression.
- Ils ont une excellente durabilité.
- Ils sont de bons isolants thermiques et électriques.
- Ils possèdent une grande résistance.
- Ils sont économiques.

En contrepartie, les matières plastiques présentent un inconvénient majeur: elles sont obtenues à partir d'une ressource fossile non renouvelable, soit le pétrole. Il est donc important d'en effectuer le recyclage afin d'assurer la pérennité de la ressource.

DEGRADATION ET PROTECTION des matières plastiques

Les matières plastiques sont sujettes à la dégradation de façon progressive, tout au long de leur vieillissement. Leur dégradation est visible lors de l'apparition de fissures ou d'un changement de couleur. Cette dégradation est lente, mais elle est souvent irréversible. Diverses causes peuvent expliquer la dégradation d'un plastique. Par exemple, des substances en phase liquide, comme l'eau, peuvent pénétrer à l'intérieur de certaines matières plastiques et dissoudre certains de leurs additifs chimiques. Aussi, les polymères des plastiques peuvent se dégrader sous l'effet d'un rayonnement

ultraviolet, notamment celui émis par le Soleil. Finalement, certaines matières plastiques peuvent s'oxyder au contact de certains gaz.

Pour ralentir, voire contrer, la dégradation des matières plastiques, certains moyens de protection existent. Il est possible de recouvrir les plastiques d'un revêtement imperméable afin d'empêcher la pénétration de liquide. On peut aussi ajouter, lors de leur fabrication, des substances antioxydantes, comme le noir de carbone, qui empêche une dégradation au contact de certains gaz. Des pigments de couleur peuvent aussi être ajoutés dans les plastiques afin d'absorber les rayons ultraviolets, ce qui protège les plastiques.

AUTRES MATERIAUX

LES CERAMIQUES

- Une **céramique** est un matériau solide obtenu par le chauffage d'une substance minérale, comme le sable ou l'argile.

Si le [bois](#) est le [matériau](#) le plus ancien utilisé par l'homme, la catégorie des céramiques est aussi utilisée depuis fort longtemps. Traditionnellement, les objets en céramique servaient surtout en cuisine, pour de la vaisselle et des pots, et en art. Ils étaient faciles à produire grâce aux techniques de poterie et la [matière première](#) utilisée était abondante. Toutefois, ces céramiques avaient une faible résistance mécanique; elles cassaient donc facilement.

De nos jours, les industries emploient de meilleures matières premières et des procédés de fabrication plus complexes. Les céramiques modernes sont beaucoup moins fragiles et elles peuvent ainsi être utilisées dans de nombreux domaines.

- **Les briques** sont faites en terre cuite, qui est un type de céramique traditionnelle.
- **La faïence** est un type de céramique très utile pour fabriquer de la vaisselle.
- **Les verres et les coupes** sont fabriqués à partir de céramique.
- **Les planchers** sont souvent recouverts de tuiles de céramique.
- **Les céramiques** sont utilisées comme isolants dans les condensateurs électriques.

PROPRIETES des céramiques

La famille des céramiques est très vaste et possède de nombreuses propriétés:

- Elles ont une **faible conductibilité électrique**, ce qui explique leur utilisation comme isolant dans les systèmes électriques et électroniques.
- Ce sont d'excellents **isolants thermiques** et elles résistent bien à la chaleur d'où leur utilisation en cuisine.
- Leur **dureté** généralement élevée explique que les céramiques sont recherchées comme matériaux de construction (briques, tuiles, etc.).

- Leur **résistance à la corrosion** fait en sorte qu'elles résistent à l'action de l'eau ou de la fumée. La plupart des céramiques sont par contre relativement **fragiles**. Toutefois, on peut en contrôler la composition et la cuisson, ce qui permet de fabriquer des céramiques résistantes offrant une bonne résilience mécanique.

DEGRADATION ET PROTECTION des céramiques

Les céramiques sont des matériaux très durables, ce qui explique qu'on en retrouve très souvent lors de fouilles archéologiques. Cependant, l'action de certaines acides ou bases fortes peuvent les dégrader.

Peu de moyens de protection existent pour les céramiques, si ce n'est de ne pas les exposer à des acides et des bases fortes et de leur éviter les variations de températures importantes. De plus, le choix des matières premières et des procédés de fabrication adéquat permet d'améliorer certaines propriétés des céramiques.

LES MATERIAUX COMPOSITES

- Un **matériau composite** est formé de deux (ou plusieurs) matériaux différents afin d'en obtenir un nouveau possédant des propriétés améliorées par rapport à celles des matériaux de départ. Dans un matériau composite, un des matériaux de départ servira de **matrice** alors que l'autre servira de **renfort**. La matrice forme le squelette du matériau composite et lui donne sa forme. Les fibres de renfort sont insérées à l'intérieur de la matrice afin d'en modifier les [propriétés](#). Selon leur composition et la façon dont elles sont incorporées, les fibres de renfort modifient de diverses façons les propriétés de la matrice en la rendant, par exemple, plus légère ou plus résistante.

Puisque les matériaux composites présentent une grande diversité de propriétés, de plus en plus de domaines les utilisent:

- Secteur de l'aéronautique: le fuselage (structure externe) d'un avion par exemple;
- Secteur des sports: les casques et les cadres de vélos, les planches de surf, les coques de kayaks, les raquettes de tennis, les bâtons de hockey, etc.;
- Secteur artistique: les archets de violons par exemple;
- Secteur de la mécanique: les freins de haute performance, certaines pièces de moteur, etc.;
- Secteur militaire et policier: les gilets pare-balles.

PROPRIETES des matériaux composites

Selon les types de matrice et de renfort utilisés, un matériau composite possède différentes propriétés.

Partie du matériau composite	Type de matériau utilisé	Propriétés recherchées dans le matériau composite
Matrice	Plastiques	Durabilité, légèreté, résilience, faible coût

Matrice	Métalliques	Ductilité, conductibilité thermique et électrique, rigidité
Matrice	Céramiques	Durabilité, résistance à la chaleur
Renfort	Fibres de verre	Rigidité, résistance à la corrosion
Renfort	Fibres aramides (Kevlar)	Faible masse volumique, résilience
Renfort	Fibres de carbone	Rigidité, faible masse volumique, conductibilité électrique

DEGRADATION ET PROTECTION des matériaux composites

Les matériaux composites subissent une dégradation lorsque la matrice ou les renforts en subissent une eux-mêmes. Par exemple, une perte d'adhérence entre la matrice et les renforts causera une dégradation du matériau composite. La vitesse de dégradation du matériau dépendra de la nature de la matrice, du type de renfort utilisé ainsi que des conditions auxquelles le matériau est soumis.

La seule manière de protéger les matériaux composites est de s'assurer que les matériaux qui entrent dans leur conception résisteront aux conditions auxquelles ils seront soumis. Aussi, la fabrication du matériau composite doit assurer une bonne cohésion entre la matrice et les renforts.

ANNEXE

7. DOCUMENTATIONS TECHNIQUES

FONTES

GÉNÉRALITÉS.

COMPOSITION D'UNE FONTE ORDINAIRE.

Élément	C	Si	Mn	P	S
Composition massique en %	2,5 3,5	0,5 3	0,3 1,5	< 0,7	< 0,1
Massa volumique	$\rho = 7\,200 \text{ kg/m}^3$. Dilatabilité linéique : $9 \text{ à } 11 \times 10^{-4}/\text{deg}$.				

PREMIÈRE CLASSIFICATION.

Le carbone contenu dans la fonte se présente :

- à l'état libre (graphite) ;
- en combinaison avec le fer : carbure de fer Fe_3C ou cémentite.

Désignation	Graphite	Cémentite	Teinte de la cassure	Caractéristiques		Observations Emploi
				Dureté	Usinabilité	
Fonte grise	Beaucoup	Peu	Grise	Faible	Bonne	Fonte d'usage général.
Fonte blanche	Pas	Beaucoup	Blanche	Très élevée	Insaisissable	Usage très limité - Origine de la malléable.
Traitée	Proportions à peu près égales		Traitée	Moyenne	Acceptable	Emploi peu courant.

DEUXIÈME CLASSIFICATION.

Comment se présentent les éléments carbone et fer dans la fonte.

a) Carbone.

A l'état libre :

- en lamelles plus ou moins fines, cas général ; les caractéristiques mécaniques de la fonte croissent avec la finesse des lamelles ;
- en nodules, cas de la fonte spéciale à **graphite sphéroïdal G.S.** à hautes caractéristiques mécaniques.
- en combinaison avec le fer : **cémentite.**

DÉSIGNATION DES ACIERS

Catégorie d'acier		Désignation
Aciers non alliés	Série	D'après les propriétés mécaniques : lettre A suivie de : — un nombre : charge de rupture minimale R (daN/mm ²) — éventuellement, une lettre majuscule personnalisant l'utilisation de l'acier (2) — éventuellement, un chiffre, numéro de qualité (3) D'après la composition chimique : — une ou deux lettres majuscules personnalisant la nature du produit ou de l'acier, suivies de : — un ou deux chiffres, teneur moyenne ou minimale de l'élément chimique principal (4) D'après l'usage : — des lettres ou des chiffres (5)
	Aciers non alliés d'usage général (1)	A (1)
	Aciers non alliés spéciaux pour traitement thermique	C XC
Aciers alliés (7)	Aciers faiblement alliés, toutes teneurs < 5 % (7)	Un nombre = 100 fois la teneur centésimale en carbone suivi de : — une ou plusieurs lettres majuscules : symboles abrégés des éléments d'addition (8) — un ou deux nombres : teneurs des éléments, soit : 4 fois la teneur centésimale pour C K M N S 10 fois la teneur pour les autres éléments (9) — éventuellement, lettre S : soudable
	Aciers fortement alliés, un élément au moins > 5 %	Lettre Z suivie de : — un nombre = 100 fois la teneur centésimale en carbone — une ou plusieurs lettres majuscules : symboles abrégés des éléments d'addition (8) — un ou deux membres de deux chiffres : teneurs en % sans facteur de multiplication : premier chiffre zéro si teneur < 10 %
	Alliages apparentés aux aciers	Les désigner comme un alliage si le fer n'est plus l'élément principal (page 34). Si la teneur en carbone doit être précisée : nombre, teneur cent. × 100, placé après le tiret et avant les lettres.

- (1) Voir tableau des nuances de la série A, page 15.
 (2) Exemples : A 42 C (acier pour chaudières), A 37 P (pour appareils à pression), A 37 R (pour rivets), AF 42 (pour forge), AR 34 (pour relaminage).
 (3) Numéro de qualité : voir page 18.
 (4) Exemples : FM 15 (fil machine, C moyen 0,15 %), FD 15 (faillard...), S 200 (acier de décolletage, soufre > 0,200).
 (5) Tôles minces laminées à froid :
 LFQC = laminé à froid qualité commerciale
 O = qualité emboutissage ordinaire,
 M = qualité emboutissage moyen.
 (6) Voir page 18. (7) (8) : Voir tableaux page 15.
 (9) Généralement teneur de l'élément principal (ou deux, exceptionnellement trois) : nombres à un ou deux chiffres (le nombre suivant le premier a toujours deux chiffres dont au besoin un zéro initial).

ACIERS

15

EXEMPLES DE DÉSIGNATION :

- A 33 Acier non allié d'usage général, série A : R > 33 daN/mm².
 CC 10 et XC 10 Acier non allié spécial pour traitement thermique : 0,10 % carbone.
 XC 18 5 Acier non allié spécial pour traitement thermique, soudable : 0,18 % carbone.
 42 CD 4 Acier faiblement allié au Cr et Mo : 0,42 % C, 1 % Cr, plus Mo.
 Z 8 CN 18-08 Acier fortement allié au Cr et Ni : 0,08 % C, 18 % Cr, 8 % Ni.

Table des nuances des aciers de la série A (1)

Nuance : A	33	34	E 24 37	E 26 42	E 30 47	E 36 52	50	60	70
R de	33	34	37	42	47	52	50	60	70
daN/mm ² à	50	42	45	50	56	62	60	72	85

Élément	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	W	Co	Al	Cu	Pb
% mini	1,6	0,50	0,30	0,30	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,40
	Zr	Nb	Ti	autres isolément			Bore : B				
% mini	0,05	0,02	0,05	0,05			0,0008				

Symboles abrégés

Élément	Symbole	Élément	Symbole	Élément	Symbole
Aluminium	A	Magnésium	G	Silicium	S
Antimoine	R	Manganèse	M	Soufre	F
Béryllium	Be	Molybdène	D	Titane	T
Chrome	C	Nickel	N	Tungstène	W
Cobalt	K	Niobium	Nb	Vanadium	V
Cuivre	U	Plomb	Pb	Zinc	Z
Étain	E	Phosphore	P	Zirconium	Zr
Bore	B	Fer	Fe	Tantale	Ta

ACIER — INFLUENCE DES ÉLÉMENTS D'ADDITION

Propriétés	C	Si	Mn	Ni	Cr	W	V	Mo	Co	Ti	P	S
Charge de rupture ...	++	+	++	+	++	+	+	++	+	+	+	
Dureté	++	+	++	+	++	+	+	++			+	
Ductilité	-		+	++	+	+	+	+		+	-	-
Résistance à la chaleur et la corrosion		-	-	+	++	+		+		+		
Soudabilité	-	-	+				+	+				-
Usinage	-	-	-		-				+		+	+
Élasticité	+	++	+		+		+	+				
Résilience	-		+	+	+	+	+	+	+	+		
Magnétisme		-		-	+	++			++			
Forgeabilité			+	+			+	+		+		-

++ Recommandé. + Bon. - Médiocre.

CLASSIFICATION DES ACIERS

Groupe	Classe	Catégorie	Symbole				
Aciers non alliés d'usage général		Acier A	A 33, A 34, E 24, E 26, E 30, E 36, A 50, A 60, A 70.				
Aciers non alliés spéciaux pour traitement thermique		Aciers C et XC	XC 10	XC 32	XC 48	XC 70	CC 20
				XC 38	XC 55	XC 80	CC 35
			XC 18 S	XC 42	XC 65	CC 10	CC 45
Aciers alliés spéciaux pour traitements thermiques (aciers dits trempants ordinaires)		au Ni, Cr 1,5 % Ni	10 NC 6 - 16 NC 6, 20 NC 6.				
		3 % Ni	14 NC 11, 20 NC 11 - 25 NC 11.				
		au Cr	32 C 4.				
		au Ni, Cr 1,5 % 3 %	20 NC 6 - 25 NC 6, 35 NC 6 - 30 NC 11 - 35 NC 11.				
		au Ni, Cr, Mo 1 %	20 NCD 2 - 25 NCD 4 - 35 NCD 4 - 18 NCD 6.				
		au Cr 1 %	32 C 4 - 38 C 4 - 45 C 4.				
(aciers dits auto-trempants)		au Cr, Mo	18 CD 4 - 25 CD 4 - 35 CD 4 - 42 CD 4.				
		au Ni, Cr 3 % 4 %	40 NC 11 - 60 NC 12 - 35 NC 15 - 40 NC 17.				
		au Ni, Cr, Mo 2 % - 4 %	30 CND 8, 30 NCD 16 - 35 NCD 14 - 40 NCD 18 - 40 NCD 19.				
		au Cr, Mo	18 CD 4 S - 25 CD 4 S - 42 CD 4 S.				
		au Cr, Mo, V	15 CDV 6 S - Z 40 CDV 5 S.				

Aciers de cémentation	Au C		XC 8 - XC 10 - XC 12.
	Aciers spéciaux	au Ni 1 % - 2 % - 3 %	18 N 3 - 10 N 8 - 10 N 12.
		au Ni, Cr 1,5 % - 3 %	16 NC 6. 14 NC 12 - 20 NC 11.
		au Ni, Cr, Mo	15 NCD 2 - 6 NCD 4 - 10 NCD 5. 10 NCD 12 - 15 CND 6 - 18 NCD 6.
		au Ni, Mo	20 ND 8 - 15 ND 14.
	au Cr	18 C 2 - 12 CD 4.	
Aciers de nitruration		au Cr, Al, Mo	30 CAD 6.6 - 45 CAD 6.6.
		au Cr, Mo	20 CD 12 - 30 CD 12.
Aciers inoxydables	Aciers semi-inoxydables	au Cu	8 U 4 - 12 U 4.
		au Cr, Cu	12 UC 2.
	Aciers inoxydables	au Cr 13 %	Z 10 C 13 - Z 30 C 13 - Z 55 C 14.
		au Cr 18 %	Z 10 C 18.
Aciers réfractaires	au Cr, Mo au Cr, Ni Cr, Ni, W	Z 20 CD 05 - Z 20 NCS 36.18 - Z 45 CNWS 15.10.	
Aciers à haute résistance à chaud	A base Cr, Ni	au Cr, Mo	15 CD 4 05 - Z 15 CD 5 05,
	A base de Cr	au Cr, Mo	18 CD 4 - 25 CD 4 - 35 CD 4 - 42 CD 4.
		au Mn, Mo	18 MD 4 05
Aciers résistant à l'usure	Austénique au Mn	au Mn 13 %	Z 100 M 12 - Z 120 M 12 - Z 75 MN 12.
	Martensitique au Cr	au Cr 1 % - 1,5 %	32 C 4 - 38 C 4 - 45 C 4. 45 C 6 - 100 C 6.
Aciers résistant aux basses temp.	Aciers moulés	au C au Ni au Mo	XC 18 M - A 40 M 3 S 10 N 10 M - 15 N 14 M - Z 10 N 9 M 18 D 5 M
Aciers à haute limite élastique	Aciers soudables	au Mn au Cr, Mo	25 M 5 - 30 M 6 - 35 M 5 - 45 M 5 20 CD 2 - 18 CD 4 - 25 CD 4.
		au Mn, Si	32 M 5 - 46 S 7 - 56 S 7.
	Acier à ressorts	au Cr, Si, Mo	45 SCD 6 - 45 C 4 - 45 SV 7 - 45 S W.
Aciers à propriétés magnétiques spéciales	Amagnétiques	au Cr, Ni 18 %	Z 15 CN 18.
	A haute perméabilité et faible hystérésis	au C	
		au Si	
		Alliage Fe, Ni	
	Aciers à aimants	au C	
		au W	Z 70 W 05.
		au Cr	Z 95 C 06.
au Co		Z 90 CK 08.	
	Fe, Ni, Al, Co	Z 5 NKA 20.	
Aciers de décolletage	au S		10 F 2 - 20 F 2 - 12 MF 4 - 35 MF 4.
	au Pb		10 Pb 2 - 10 PbF 2.
Alliages spéciaux	au Ni, à propriétés thermiques spéciales		N — 10 C 20. N — 10 C 25 Fe 25. Z 10 NC 12.12. Z 10 CA 35.06.

DÉSIGNATION DES MÉTAUX ET ALLIAGES NON FERREUX

DÉSIGNATION DES MÉTAUX.

- Comporte : — Éventuellement le chiffre 2 = métal de 2^e fusion,
 — 1 lettre majuscule symbole abrégé du métal (1),
 — 1 chiffre, l'indice de pureté chimique (2)

DÉSIGNATION DES ALLIAGES.

- Comporte 2 groupes (de lettres et de chiffres) séparés par un tiret:
 — le 1^{er} groupe représente le métal de base,
 — le 2^e représente les éléments d'addition.

- 1^{er} groupe { Composé :
 Éventuellement du chiffre 2 = métal de 2^e fusion,
 d'une lettre majuscule, symbole abrégé du métal de base (1).
 Éventuellement d'un chiffre, indice de pureté du métal de base (2).
- 2^e groupe { Composé :
 De lettres majuscules symboles abrégés des éléments d'addition par ordre de teneur décroissante,
 chacune de ces lettres est éventuellement suivie de la teneur centésimale de l'élément correspondant.

DÉSIGNATION CONVENTIONNELLE DES ÉTATS DE LIVRAISON DES PRODUITS MOULÉS OU CORROYÉS EN ALUMINIUM, EN MAGNÉSIUM, OU EN LEURS ALLIAGES

1^{er} Cas du métal moulé

Placée à la suite de la désignation du métal ou alliage, elle comporte :

- le mot ETAT, suivi de :
- la lettre Y
- un chiffre désignant le mode d'obtention
- un chiffre désignant le traitement thermique appliqué au produit.

Notes

- (1) — Voir tableau sur planche « Désignation des aciers ».
- (2) — La pureté se désigne par un chiffre : l'indice de pureté pouvant aller de 0 à 9 la teneur en métal pur croît avec l'indice.
 — Toutefois la teneur correspondante à un indice varie suivant le métal.
 — Pour l'aluminium par exemple, il n'a été prévu que 6 qualités suivies :
 A 9 alu. à 99,99 % ; A 4 alu. à 99 %
 A 8 « 99,8 % ; A 3 « 98 %
 A 5 « 99,5 % ; A 2 « bas titre.
 — Autre exemple :
 Pb 8 plomb à 99,94 %.

Métal moulé		Traitement thermique	
Non défini	Y 0	Aucun	0
En lingots	Y 1	Recuit	1
Au sable	Y 2	Trempé	2
En coquille	Y 3	Trempé et revenu ..	3
Sous pression	Y 4	Trempé et mûri	4
Par concréfaction ...	Y 5	Stabilisé	5
	Y 6		6
	Y 7		7
	Y 8		8
Suivant prescriptions.	Y 9	Suivant prescriptions.	9

Exemples de désignation :

- A-S 13-ETAT Y 20 Alliage d'aluminium, 13 % Si, brut de moulage en sable.
 A-U 4 NT-ETAT Y 34 Alliage d'aluminium, 4 % Cu, Ni, Ti, moulé en coquille, trempé et mûri.
 U-Z 35 A 5-ETAT Y 10 Laiton, 35 % Zn, 5 % Al, fondu en lingots.

DÉSIGNATION DES MÉTAUX ET ALLIAGES NON FERREUX

35

2^e Cas du métal corroyé.

Placée à la suite de la désignation du métal ou alliage, elle comporte :

- le mot ETAT, suivi de :
- une lettre, F, O, H, T
- un chiffre (éventuellement deux) pour les lettres H et T, désignant le traitement mécanique appliqué au produit.

Métal corroyé	
Tel que fabriqué à chaud	F
Recuit ou cristallisé	O
Ecroul par déformation à froid	H
Traité thermiquement	T

Subdivision de H (1 ^{er} chiffre)	
Ecroul seulement	1
Ecroul + recuit de restauration	2
Ecroul + stabilisation	3

Nuance de dureté (2 ^e chiffre)	
Nuance la moins dure	1
Nuance 1/4 dur	2
Nuance 1/2 dur	4
Nuance 3/4 dur	6
Nuance 4/4 dur	8
Nuance extra-dur	9

Variante de H 11 (3 ^e chiffre)	
Recuit et plané	1
Recuit et plané avec contrôles	2
Filé à chaud, dressé	3

Subdivision de T (1 ^{er} chiffre)	
Mise en solution, trempé, écrouissage, maturation	3
Mise en solution, trempé et maturation ..	4
Revenu seul	5
Mise en solution, trempé et revenu	6
Mise en solution, trempé, écrouissage et revenu	8
Revenu et écrouissage	10

Trempé, revenu, mais caractéristiques :	
< T6	T61
> T6	T66
T3 ou T6, plus traction contrôlée 1 à 3 % puis :	
mûri	T351
revenu	T651

Exemples de désignation.

- A-4-ETAT H 13 : Fil d'aluminium à 99 %, tréfilé à froid, 1/2 dur.
- A-Z 5 GU - ETAT O : Alliage d'aluminium, de forge, 5 % Zn, Mg, Cu, recuit.
- A-U 4 G-ETAT T4 : Alliage d'aluminium, de forge, 4 % Cu, Mg, trempé, mûri.

ALUMINIUM ET ALLIAGES

ALUMINIUM PUR

Masse atomique	27	Chaleur massique	0,88 kJ/kg.deg, 0,210 kcal/kg.deg
Nombre atomique	13	Conductibilité thermique	210 W/m.deg, 180 kcal/m.h.deg
Point de fusion	658 °C	Chaleur latente de fusion	385 kJ/kg, 92 kcal/kg
Point d'ébullition	2 050 °C	Résistivité électrique ...	2,8 μΩ cm ³ /cm
Masse volumique	2,7 kg/dm ³	Coefficient de Poisson ..	0,34
Dilatabilité linéique	23.10 ⁻⁶ /deg	Module d'élasticité long..	6 700 daN/mm ²

ALLUMINIUM NON ALLIÉ

Symbole	Al %	Etat (I)	Caractéristiques mécaniques (I)					Propriétés technologiques (I)					Utilisations générales
			E	Re	R	A	H _B	C	M	S	U	O	
A 4	99	O	6 700	4,5	9	35	20	B	E	E	I	E	Chaudronnage, emboutissage, découpage d'emploi courant.
		H 12		10	12	12	35	B	E	E	I	E	
		H 14		12	14	7	40	B	B	E	A	E	
		H 18		16	18	5	50	B	A	E	A	E	
A 5	99,5	O	6 700	3,5	8,5	38	15	B	E	E	I	E	Ind. chimiques, aliment. Couverture bâtiment. Matériel électro-ménager.
		H 12		9	11	13	30	B	E	E	A	E	
		H 18		15	17	6	45	B	A	E	A	E	
A 8	99,8	O	6 700	3	7,5	42	15	B	E	E	I	E	Chimie. Décoration.
		H 14		10	12	10	30	B	B	E	A	E	
A 9	99,99	O	6 700		5	48	15	E	E	E	I	E	Chimie. Bijouterie.
		H 14			10	12	25	E	E	E	A	E	

(I) Voir légende et remarques pages 35 et 37

INFLUENCE DES ÉLÉMENTS D'ADDITION

Propriétés	Cu	Si	Mg	Zn	Ni	Co	Ti	Mn	Fe	Cr
Charge de rupture	++	+	+	++	+	+	+			—
Limite élastique	++	+	—	+	—					
Dureté	++		—	—	+			+	+	
Résistance à la chaleur	++		++		+				+	
Soudabilité	—	++	+	—	—		+	+		+
Usinage	++	—	+	+	+		++	+	++	+
Module d'élasticité	+	++	—	+	+	++		+	—	
Moulage	+	++	—	+			+	—	—	
Ductilité	—	—	+				+		—	—
Corrosion	—	+	++	+				—	—	++
Aptitude à l'anodisation	—	+	++	+				—		

Remarques : Tous les éléments durcissant l'Al diminuent la conductibilité électrique et thermique, l'allongement. Les traitements thermiques modifient malléabilité et dureté.

++ recommandé + Bon — — A éviter — Médiocre

RÉSUMÉ DE LA CLASSIFICATION

Groupe	Classe	Catégorie	Symbole
Alliages de fonderie	au Mn	Sans trait. therm.	A-M 4
	au Cu	Sans trait. therm.	A-U 8 S A-U 10 S 4
		Avec trait. therm.	A-U 4 NT A-U 5 GT A-U 10 G
	au Si	Sans trait. therm.	A-S 5 U 3 A-S 10 U 4 A-S 13
		Avec trait. therm.	A-S 2 U A-S 4 G A-S 7 G A-S 9 KG A-S 10 G A-S 12 UN A-S 20 U
	au Mg	Sans trait. therm.	A-G 3 T A-G 4 Z A-G 6
au Zn	Avec trait. therm.	A-Z 5 G	
Alliages de forge et de laminage	au Mn	Laminage filage étrirage	A-M 1
	au Mg		A-G 1 A-G 2 A-G 3 A-G 4 MC A-G 5 A-G 5 A-G 5/L
	au Si		A-SG A-S 12 UN
	au Cu	Laminage forge	A-U 2 G A-U 2 N A-U 2 GN A-U 4 N A-U 4 G A-U 4 G 1 A-U 4 SG A-U 4 Pb
	au Zn		A-Z 3 G 2 A-Z 5 G A-Z 5 GU A-Z 8 GU

LEGENDE. Pages 36, 38, et 39.

1^{re} Aptitude

- M : au moulage ou à la mise en forme (malléabilité)
- U : à l'usinage
- S : au soudage
- P : au polissage
- C : à la résistance à la corrosion (air salin et eau de mer)
- O : à l'anodisation de protection

2^{re} Valeur des lettres

- A : acceptable
- B : bon
- E : excellent
- I : impropre

REMARQUES. Pages 36, 38 et 39.

1^{er} ETAT Y... Alliages moulés, sable, coquille, sous pression (voir page 34).

ETAT O, H..., T... Alliages recuits, écroulés par déformation à froid, traités hermiquement (voir page 35).

2^{es} Caractéristiques mécaniques.

Alliages de fonderie : valeurs sur éprouvettes coulées à part, sauf pour les alliages moulés sous pression Y40. Valeurs en général plus faibles si l'éprouvette est prise dans la pièce elle-même.

Alliages de forge et de laminage : valeurs moyennes.

Dureté HB : bille de 10 mm, 1 000 daN, 10 s.

Limite de fatigue : σ_D : 10⁶ alternances.

3^{es} Pour déterminer l'aptitude à la corrosion par l'air atmosphérique, remplacer la lettre de qualité indiquée sur les tableaux par la lettre de qualité immédiatement supérieure.

CUIVRE ET ALLIAGES 41

CUIVRE — CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Cuivre allié	Repère	Cu + Ag min.	p	Utilisations
Avec oxygène	Cu/a1	99,90	0	Usages électriques et mécaniques.
	Cu/a2	99,90	Traces	Haute conductibilité.
	Cu/a3	99,75	Traces	Usages mécaniques.
Désoxydé P résiduel	Cu/b	99,90	0,013 0,050	Usages mécaniques. Tubes. Emboutis. Bonne soudabilité.
Sans oxygène	Cu/c1	99,92	Traces	Usages électriques et mécaniques.
	Cu/c2	99,92	0,0003 max	Appl. élect. spéciales (électronique). Bonne soudabilité (soudable au verre).
Cuivre en cathode	Cu/d	99,90	0	

État	Recuit	Écroul 1/4 dur	Écroul 1/2 dur	Écroul dur
R_e	7 à 8	21	25	32
R	20 à 22	23 à 25	25 à 27	30 à 32
A	45 à 50	25 à 35	14 à 15	10 à 6
Z	85	> 50		> 45
H_B	35 à 40	53 à 63	65 à 78	85 à 90

Remarque: L'écroutissage moyen correspondant aux différents états de livraison est donné par la formule : $\frac{S_0 - S_f}{S_0} \times 100$, S_0 section initiale en mm² avant la dernière passe à froid et S_f section finale en mm². Ses valeurs sont :

	Recuit	1/4 dur	1/2 dur	Dur
	0	10	25	> 50

INFLUENCE DES ÉLÉMENTS D'ADDITION

Éléments d'apport	Ag	Cd	Cr	Be	Te	Zn	Sn	Al	Ni	Si	Mn	As
R_e	—		+	+	+	+	+	+	+	+		+
R		+	++	++	+	+	+	++	++	+	+	+
H_B	+	++	+	++		+	+	+	+	++	+	+
A	—		—	—	—		+		—	+	—	+
Conductibilité		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Usinage		+			++							

+ + Amélioration appréciable.
 — Diminution de la caractéristique.
 + Légère amélioration.
 Sans changement notable.

LAITONS - Cu + Zn (élément principal d'addition)

Désignation	Composition			État	R _e	R	A	H _B	Observations - Utilisations
	Zn								
Laitons ordinaires									
U-Z 5 à 10	5 à 10			Recuit 650 °C	12	30	35		Tôles. Médailles. Émaillage.
U-Z 15 (Tombac)	15			Dur	24	43	10		Flans. Munitions (amorces).
U-Z 28	28			Recuit 1/2 Dur		30	35		Toiles métalliques. Fermeture à glissière.
U-Z 30	30					45	3		Fils. Boucles. Tubes.
U-Z 33	33				35	40	45	100	Tôles. Enveloppe de cartouches. Culots, douilles de lampes.
U-Z 36	36				12	40	20	90	Tubes condenseurs. Tamiserie. Emboutissage. Visserie. Rivets.
U-Z 40	40				15	35	32	100	Emboutissage profond : cartouches.
Laitons spéciaux									
U-Z 22 A 2	22	Al 2		Recuit Écroul * 20 %	39 47	60 70	55 20	170 200	Tubes condenseurs marine. Résistance à la corrosion.
U-Z 38 Pb 1 E	37,8	Pb 1,5	Sn 0,7		25	48	15	150	Décolletage. Grande résistance à la corrosion, mécanique.
U-Z 39 Pb 2	39	2,5			16	55	10	125	Décolletage à grande vitesse.
U-Z 15 A 3 NS	14	Al 3	Ni, Si	Trempé Recuit	45 25	70 50	25 44	180 25	Laiton à très haute résistance. Tubes haute pression : très bonne conductibilité thermique. Aviation. Brasure. Soudure autogène.
U-Z 29 E 1	29	Sn 1		* Écroul 15 %		40	33		Tubes condenseurs : marine.
U-Z 40 MNA	40	Mn 0,3-2 Fe 0,5	Ni 0,3 Pb 1	Brut 1/4 dur	26	55	32	140	Moulable. Forgeable. Résist. corrosion : marine, hélices.

* Voir définition page 41.

LAI TONS DE FONDERIE

Désignation	Composition			État	R_e	R	A	H_B	Observations - Utilisations
	Zn	Pb	Sn						
Laitons ordinaires U-Z 35	35	2	< 1	sable	6	15	10	45	Pb et Sn améliorent l'usinabilité.
U-Z 40	40	< 2	< 0,8	coquille	10	36	8	70	Bâtis, carters.
Laitons haute résist. U-Z 19 A6	19	Al 6	Fe+Mn 9	recuit	60	80	11	250	Résist. corrosion, usure. Usinage facile. Industrie chimique : pompes.
U-Z 23 A4	23	4	Ni+Fe + Mn 6,5	recuit	25	55	11	170	Marine : hélices, arbres.
U-Z 35 A5	35	5	Mn+Fe 7		45	80	11	>220	Const. mécanique.
U-Z 36	36				16	36	16		Const. mécan. ordinaire.
U-Z 35 Pb3	36	Pb 3			6	18	20	40	Décolletage ultra-rapide.
U-Z 39 Pb1	39,5	1,5	Al 0,5		7	15	7	45	Bâtis, Carters. Forgeable : profilés. Matricage à chaud.
U-Z 40 M3	40		Mn 3		25	50	20		Construction hydraulique. Hélices.
U-Z 36 N3	36	Ni 2	2		30	48	22	130	Pompes : rotors.
U-Z 47 N5M	47	4,5	3		21	43	38	105	Construction navale.
U-Z 34 Fe4	34	Fe 3,5	Sn 1,5			56	20		Pompes. Segments.
U-Z 14 S5	14	Si 4,5	Mn 0,2		35	60	8		Matériel pour soudure électrique.

ALLIAGES DE FROTTEMENT

PROPRIÉTÉS COMPARÉES DES PRINCIPAUX TYPES D'ANTIFRICTIONS

Antifrictions	H_B 20 °C	H_B 120 °C	H_B minimum arbre	Pression maximale daN/cm ²	Tempé- rature de service °C	Δ	Masse volumique kg/dm ³
Bronze au Sn	70-90	70-80	350-400	280	260	8-12	9
Bronze au Pb	50-80	50-70	300	210-320	250	8-15	9,2
Bronze au P	76-100	65-100	400	300	260	9-12	9,5
Cupro plomb	20-50	20-40	300	100-175	180	8,5	9
Cupro aluminium	130-310	110-300	800	50-60	280	12	6
A base de Pb	15	7	150	50-85	150	60	10
A base de Pb + Sn	22-30	10-15	150	50-79	170	40	8,5
Pb + alcalinoterreux	27-30	15-18	240	65-100	260	50	9
A base de Sn	20-45	10-23	150	50-80	150	7,5	2,5

Antifrictions	Résistance à la fatigue	Résistance au grippage	Plasticité, faculté d'absorp- tion	Résistance à l'usure	Résistance à la corrosion	Fragilité
Bronze au Sn	1	1	3	1	2	3
Bronze au Pb	1	2	3	1	3	2
Bronze au P	1	3	3	2	2	1
Cupro plomb	1	3	2	2	3	2
Cupro aluminium	2	3	2	1	1	2
A base de Pb	2	1	1	1	3	3
A base de Pb + Sn	2	1	1	2	2	3
Pb + alcalinoterreux	3	1	1	1	2	2
A base de Sn	3	1	1	3	1	2

1 bon
2 médiocre
3 mauvais

INFLUENCE DES MÉTAUX D'ADDITION SUR LA DURETÉ

Antifrictions	Zn	Pb	Ni	Mn	P	Si	Al	As	Cu	Sn	Fe	Sb	Cd	Ag
A base de cuivre	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A base de plomb	+	-	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A base d'étain	-	-	+				+	+	+	+			+	

+ Augmente - Diminue.

THERMOPLASTIQUES

	ACRYLIQUES	CELLULOSIQUES	POLYAMIDES	POLYÉTHYLÈNES	POLYSTYRÈNES	VINYLIQUES	POLY-FLUORÉTHYLÈNES
Masse volumique kg/dm ³	1,18	1,25	1,11	0,92	1,05	1,4	2,1
Résistance de rupture à la traction : daN/mm ²	6,20	3,6	5,7	2,2	5	4,8	4
Allongement rupture %	5,5	48	190	425	1,75	21	150
Module d'élasticité longitudinale : daN/mm ²	302	163	160	105	215	330	175
Charge rupture à la compression : daN/mm ²	10,5	11,5	7,5	3,5	9,5	7,3	39
Charge rupture à la flexion : daN/mm ²	10,2	5,4	7,5	1	10	9,1	57,8
Résilience sur éprouvette entaillée : dJ/cm ³	2,5	18	5,4	47	1,8	55	19,4
Dureté Rockwell	M 92	R 100	R 116	D 55	M 65	70 shore	R 115
Dilatabilité linéique : /deg	5,9.10 ⁻⁴	13,5.10 ⁻⁴	12.10 ⁻⁴	14.10 ⁻⁴	7.10 ⁻⁴	12.10 ⁻⁴	4,57.10 ⁻⁴
Conductibilité calorifique : W/m, deg	0,165	0,22	0,22	0,29	0,1	0,13	0,22
Chaleur massique : kJ/kg °C	0,35	0,4	0,56	0,5	0,32	0,26	0,22
* Permittivité : 60 Hz	4	4,7	4,3	2,3	2,55	3,5	2,3
** Tangente angle de pertes : 60 Hz	0,05	0,022	0,025	0,0005	0,0002	0,01	0,0012
Résistivité transversale : Ω.cm ³ /cm	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹³
Rigidité diélectrique : kV/mm	17	12,8	27	23	22	26	23
Résistance à la chaleur : °C	90	80	140	130	71	60	200
Résistance cheminement arc : s		143	135	150	70	70	360
Possibilités de moulage	bonnes	excel.	excel.	excel.	excel.	passable	excel.
Pression moulage injection : daN/cm ²	1190	1400	1250	950	1400	1900	2200
Pression moulage compression : daN/cm ²	190	185		240	380	120	1000
Température moulage injection : °C	254	218	312	175	190	240	260
Température moulage-compression °C	160	152		130	165	170	250
Qualités d'usage	bonnes	bonnes	excel.	bonnes	passables	excel.	excel.
Quelques désignations commerciales	Plexiglas	Celluloid Rhodolite Rhodoid Rhodophane	Nylon Milsan	Plasthène	Styron	Alcovyl Novyl Kleform Revyl	Fluon Aliglon Teflon
Utilisations	Dopage pour lubrifiants — Carters. Nez de fuselage — Hublots. Turbines à air chaud — Engrenages.	Carters — Isolants électriques, Câbles téléphoniques — Poinçons — Matrices	Bagues — Câbles — Courroies. Engrenages — Freins d'écrou. Courroies — Bobinage de moteurs.	Isolants H.F. — Capuchons d'écrou. Canalisations à haute température.	Isolants H.T. — Canalisations pour essence. Séparateurs et bacs d'accus.	Joints anticorrosifs et métaloplastiques. Isolants — Courroies — Circuits imprimés.	Isolants haute température. Résistances — Presse-écrou. Joints — Membranes pour vannes.

THERMODURCISSABLES							
	Phénoplastes	Aminoplastes			Silicones	Polyesters	
		Caseïne-Formol	Urée-Formol	Mélamine-Formol		Renforcement Verre	Types granulaires et pâtes
Masse volumique : kg/dm ³	1,35	1,35	1,5	1,65	1,8	1,8	1,9
Résistance de rupture à la traction : daN/mm ²	3	7	7,5	7	2,4	22,5	2,4
Allongement à la rupture : %.....	0,5	2,5	0,75	0,55	—	2	—
Module d'élasticité : daN/mm ²	750	378	1050	515	—	980	550
Charge de rupture à la compression : daN/mm ²	20	28,5	21	23,5	1,4	22,5	16
Charge rupture flexion : daN/mm ²	8,5	9,8	9,1	12,5	5,1	29	5,3
Résilience sur éprouvette entaillée : dJ/cm ²	13,5	5,4	1,65	4,5	1,55	85	1,75
Dureté Rockwell.....	M-115	M-85	M-117	M-118	M-89	M-100	—
Dilatabilité linéique : /deg.....	5.10 ⁻⁴	5,5.10 ⁻⁴	4,5.10 ⁻⁴	4,25.10 ⁻⁴	5,4.10 ⁻⁴	2,5.10 ⁻⁵	4.10 ⁻⁴
Conductibilité calorif. : W/m. deg.....	0,29	—	0,30	0,43	0,14	0,47	—
Chaleur massique : kJ/kg deg.....	0,33	—	0,4	—	2	19	0,25
* Permittivité : 60 Hz.....	—	—	8,75	9,05	4,5	5,1	6,3
** Tangente angle de pertes : 60 Hz.....	—	—	0,038	0,07	0,8	0,025	0,048
Résistivité transversale : Ω.cm ² /cm.....	10 ⁹	—	10 ¹²	10 ¹²	5.10 ⁷	10 ¹²	10 ¹²
Rigidité diélectrique : kV/mm.....	15	22	13	11	14,4	15,5	15
Résistance à la chaleur : °C.....	—	135	77	150	> 250	163	163
Résistance cheminement arc : s.....	—	—	145	120	335	120	132
Possibilités de moulage.....	bonnes	très médiocres	très bonnes	bonnes	médiocres	très bonnes	très bonnes
Pression moulage compres. : daN/cm ²	300	155	325	310	280	87,5	150
Températ. moulage compression : °C.....	170	100	167	159	165	130	165
Qualités d'usinage.....	assez bonnes	bonnes	médiocres	médiocres	assez bonnes	bonnes	médiocres
Quelques désignations commerciales	Bakélite Céloron Permall	Galalite	Cibaonide Diloplane Pollopus	Formica Réaline 285 Résine 286	Rhodorsil Silastic Silonite		
Utilisations	Supports pour charges solides de propulsion. Réservoirs d'avions. Pignons et Engrenages.		Impregnations de supports stratifiés.	Protection de surfaces métalliques contre les gaz. Isolateurs.	Pièces pour fûets. Ressorts hydrauliques.		Isolants haute tension. Enroulages : bobinages électriques, circuits électriques, petites pièces de mécanique.

ELASTOMÈRES

Caoutchouc naturel et élastomères obtenus à partir du pétrole, de l'alcool, du charbon, sont utilisés avec addition de charges (noir de carbone, silice, kaolin, craie) qui, suivant la nature et la quantité de l'additif, modifient beaucoup les caractéristiques mécaniques du produit.

Ainsi, la dureté Shore (échelle de dureté de 0 à 100 par enfoncement d'une bille chargée) peut varier de 30 à 70 et plus.

Dureté et modules d'élasticité :

Dureté Shore	30	50	75
Module d'élasticité longitudinale E daN/cm ² ...	9,2	22	94
Module d'élasticité transversale G daN/cm ² ...	3	6,4	22,2

Le volume de l'élastomère ne subit pratiquement pas de variation au cours de l'écrasement (analogie avec un fluide incompressible). Tenir compte de cette propriété dans le tracé des logements ou gorges pour joints.

Aptitude générale des élastomères à subir un nombre élevé de cycles d'un essai de fatigue.

Propriétés des élastomères :

Résist. à	Tenue à	Traction	Compression	Abrasion	Air	Lumière	Chaleur	Froid	Isol. élec.	Hydrocarb.	Eau	Imper. gaz	Acides dilués	Acides forts	Désignation commerciale Emplois
		5	4	5	1	1	1	4	3	0	3	1	3	2	Joints. Tuyaux.
		4	4	4	1	2	1	4	3	0	3	1	3	2	Proche du caout. naturel.
		3	4	5	3	0	1	5	3	0	3	1	3	2	Pneumatiques.
		3	3	4	2	1	2	3	3	0	3	1	3	1	S.B.R. Profilés. Câbles électriques. Semelles.
		3	3	3	2	1	3	x	1	4	2	3	2	1	Perbunan. Résis. hydrocarb. Isolation élec. Étanchéité.
		3	1	2	4	4	3	4	4	1	5	5	5	5	Butyl. Étanchéité gaz. Chambres à air.
		3	3	3	5	4	4	4	5	1	4	1	5	4	E.P.D. Qualités mécaniques. Chimie. Electricité.
		4	2	3	4	4	2	2	1	3	2	2	4	2	Néoprène. Ininflammable.
		4	1	3	4	4	4	2	2	2	3	2	5	5	Hypalan. Qual. méc. Chimie.
		2	3	2	5	4	5	2	1	5	5	4	5	1	Viton. Chimie.
		1	0	1	5	4	1	4	1	5	1	4	1	5	Thiokol. Mastics d'étanch.
		5	3	5	5	3	3	3	1	3	x	4	2	2	
		1	3	x	4	4	5	5	5	0	3	0	5	2	Fluides. Résines. Elastom.

0 : nul - 1 : faible - 2 : assez bon - 3 : bon - 4 : très bon - 5 : excellent - x : variable suivant qualité.

Bloc de compétence N°2-TMI_UEA-052 / duré 1 h

NOM :

Le

EVALUATION DE COMPETENCES_Matériaux 2020

1. Nommer 5 propriétés mécaniques des Matériaux

2. Nommer 5 Métaux

3. Cocher la case exacte

<u>Alliages</u>	<u>FERREUX</u>	<u>Non FERREUX</u>
fonte		
laiton		
bronze		
Acier inoxydable		

4. Nommer la caractéristique principale d'un plastique : (option : un nom)

THERMOPLASTIQUE :

THERMODURCISSABLE :

ELASTOMERE :

5. Nommer la désignation chimique de :

- Acier Non allié
- Acier Non allié pour traitement thermique
- Alliage Aluminium de Laminage
- Laiton ordinaire