

## COURSE 1 - METALS, ALLOYS AND THEIR DESIGNATIONS

### Cours 1 – METAUX, ALLIAGES ET LEURS DESIGNATIONS

#### 1. Generalities :

The choice of material used in industry depends on a number of criteria:

Le choix du matériau utilisé dans l'industrie dépend de plusieurs critères :

- Mechanical characteristics: yield strength, mass, hardness, impact strength, etc.  
Caractéristiques mécaniques : limite élastique, masse, dureté, résilience ...
- Physical and chemical characteristics: corrosion behaviour, ageing, etc.  
Caractéristiques physico-chimiques : comportement à la corrosion, vieillissement
- Processing characteristics: machinability, weldability, hardenability, etc.  
Caractéristiques de mise en œuvre : usinabilité, soudabilité, trempabilité ...
- Economic characteristics: price, availability, industrial experience, etc.  
Caractéristiques économiques : prix, disponibilité, expérience industrielle ...

#### 1.1. Volumic mass / Masse volumique

Materials	Steel Acier	Aluminium alloy Alliage d'aluminium	Bronze Bronze	Nylon Nylon	Class Fibre Fibres de verre	Carbon Fibre Fibres de carbone
kg/m <sup>3</sup>	7800	2700	8900	1000	2500	1750

#### 1.2. Electrical properties / Propriétés électriques

Type of material Type de matériaux	Resistivity en $\Omega \cdot m$ Résistivité	Electrical behaviour Comportement électrique
Polystyrene / Polystyrène Nylon / Nylon Glass / Verre	10 <sup>20</sup> 5.10 <sup>12</sup> 10 <sup>17</sup>	<i>INSULATION</i> <i>ISOLANT</i>
Ferrous alloys / Alliages de fer Aluminium / Aluminium Copper / Cuivre	9,8.10 <sup>-8</sup> 2,8.10 <sup>-8</sup> 1,7.10 <sup>-8</sup>	<i>CONDUCTORS</i> <i>CONDUCTEURS</i>

#### 1.3. Thermal properties / Propriétés thermiques

Type of material Type de matériaux	Conductivity W/(m/K) Conductivité thermique	Thermal behaviour Comportement Thermique
Glass wool / Laine de verre Concrete / Béton Nylon / Nylon Glass / Verre	0.04 1 0.25 1,2	<i>THERMAL INSULATION</i> <i>ISOLANT THERMIQUE</i>
Iron / Fer Aluminium / Aluminium Copper / Cuivre	80 237 390	<i>THERMO CONDUCTOR</i> <i>CONDUCTEUR THERMIQUE</i>

#### 1.4. Corrosion resistance of some materials / Résistance à la corrosion de quelques matériaux

Gold Or	Aluminium Aluminium	Stainless steel Acier inoxydable	Copper Cuivre	Zinc Zinc	Steel Acier
					More sensitive to corrosion Plus susceptible à la corrosion

## 2. Standard designation of metals and alloys / Désignation normalisée des métaux et alliages

The materials used are rarely pure or perfectly homogeneous mixtures, but more often in the form of alloys with standardised designations.

Les matériaux utilisés sont rarement purs ou des mélanges parfaitement homogènes, mais le plus souvent sous forme d'alliages avec des désignations normalisées.

The designation of materials is subject to 'standards' which enable a coding system to be adopted for use by manufacturers. These standards are evolving and we need to evolve with them.

La désignation des matériaux est soumise à des « normes » qui permettent de retenir un codage utilisé par les industriels. Ces normes évoluent et il faut évoluer avec elles.

There are several types of materials: / (Il existe plusieurs types de matériaux :

- Ferrous metals and alloys / Métaux ferreux et alliages
- Non-ferrous metals and alloys / Métaux non ferreux et alliages
- Plastic materials / Matériaux plastiques
- Composite materials / Matériaux composites
- Other materials / Matériaux autres

### 2.1. Ferrous alloys / Alliages ferreux

#### 2.1.1. Steels (standard NF EN 10025) / Aciers (norme NF EN 10025)

Steels are alloys of iron and carbon [Fe + (0.08 to 1.7%) C], possibly with additional elements:

Les aciers sont des alliages de fer et de carbone [Fe + (0,08 à 1,7%) C], avec éventuellement des éléments d'addition.

- General purpose steels (example : **S235** / **E360**) / Acier d'usage général
- Tool steels (example : **42Cr Mo 4** / **100 Cr 6**) / Aciers à outils
- Heat treatment steels (example : **C 50** / **20 Ni Cr 6** / **42 Cr Mo 4**) / Aciers pour traitement thermique
- Stainless steels (example : **X 30 Cr 13** / **X 5 Cr Ni 18-10**) / Aciers inoxydables

Steels classified into two groups: / Les aciers sont classés en deux groupes

- Non-alloy steels (ordinary and special steels, etc.). / Aciers non alliés (aciers ordinaires et spéciaux, ...).
- Alloy steels (low and high alloy). / Aciers alliés (faiblement et fortement alliés).

#### A. Job classification / Classification par emploi

The designation begins with the letter 'S' for general purpose steels and the letter 'E' for engineering steels, followed by the minimum yield strength value in Mega Pascal (MPa).

La désignation commence par la lettre « S » pour les aciers d'usage général et la lettre « E » pour les aciers de construction mécanique, suivi indique la valeur minimale de limite élastique en Méga Pascals (MPa).

#### Example:

- **S235** (general-purpose steel, yield strength 235MPa) / (acier d'usage général, de limite élastique)
- **E320** (mechanical engineering steel, yield strength 320MPa) / (acier de construction mécanique)

In the case of cast steel, the letter «G» precedes the designation, (example: **GS235**)

S'il s'agit d'un acier moulé, la désignation est précédée de la lettre « G ».

## B. Classification by chemical composition / Classification par composition chimique

### ▪ Non-alloy steels / Aciers non alliés

They contain a low carbon content; they are widely used in mechanical engineering. Most are available as merchant rolled products (sections, beams, bars, etc.) in standardised sizes.

Ils ont une faible teneur en carbone et sont largement utilisés dans l'ingénierie mécanique. La plupart sont disponibles sous forme de produits laminés marchands (profilés, poutres, barres, etc.) dans des dimensions standardisées.

**Application:** These steels have not been produced for a specific application.

Ces aciers n'ont pas été produits pour une application spécifique.

**Designation:** The letter 'C' followed by the percentage of carbon multiplied by 100.

La lettre « C » suivie du pourcentage de carbone multiplié par 100.

**Example:** **C 35** (steel with 0.35% of carbon)

**C 35** (acier avec 0,35 % de carbone)

### ▪ Low-alloy steels / Aciers faiblement alliés

For these steels, no additional element reaches 5% by mass.

Pour ces aciers, aucun élément d'addition n'atteint 5 % en masse.

**Application:**

They are chosen for their high resistance characteristics.

Ils sont choisis pour leurs caractéristiques de haute résistance.

**Designation:**

- A number equal to 100 times the carbon content,  
Nombre égal à 100 fois la teneur en carbone,
- The chemical symbols of the addition elements in order of decreasing content,  
Symboles chimiques des éléments d'addition par ordre décroissant de teneur,
- The contents of the main addition elements multiplied by 4, 10, 100 or 1000 (see table below)  
Les teneurs des principaux éléments d'addition multipliées par 4, 10, 100 ou 1000 (voir tableau ci-dessous)
- Any additional information concerning weldability (S), mouldability (M) or cold formability (DF).  
Toute information supplémentaire concernant la soudabilité (S), l'aptitude au moulage (M) ou la déformation à froid (DF).

**Example:** **35 Cr Mo 4 S**

- Steel with 0.35% of Carbon,  
Acier avec 0,35% de carbone,
- 1% of chrome,  
1% de chrome,
- Less than 1% of Molybdenum.  
Moins de 1% de molybdène.
- The letter **S** indicates that this steel can be welded.  
La lettre S indique que cet acier peut être soudé.

**Table of chemical and metallurgical symbols**  
**Multiplier factor**

<b>Elements</b>	<b>Chemical symbol Symbôle chimique</b>	<b>Metallurgical symbol Symbôle métallurgique</b>	<b>Multiplier factor facteur multiplicateur</b>
Aluminium Aluminium	Al	A	10
Nitrogen Azote	N	N	100
Boron Bore	B	B	1000
Chromium Chrome	Cr	C	4
Cobalt Cobalt	Co	K	4
Copper Cuivre	Cu	U	10
Magnesium Magnésium	Mg	G	10
Manganese Manganèse	Mn	M	4
Molybdenum Molybdène	Mo	D	10
Nickel Nickel	Ni	N	4
Phosphorus Phosphore	P	P	100
Lead Plomb	Pb	PB	10
Silicon Silicium	Si	S	4
Sulphur Souffre	S	F	100
Titanium Titane	Ti	T	10
Tungsten Tungstène	W	W	4
Vanadium Vanadium	V	V	10

▪ **High-alloy steels. / Aciers fortement alliés**

High-alloy steels have at least one additive element with a content  $\geq 5\%$  by mass.

Les aciers fortement alliés ont au moins un élément additif dont la teneur est  $\geq 5\%$  en masse.

**Application:** These steels are reserved for specific uses.

Ces aciers sont réservés à des utilisations spécifiques.

**Example:** In a humid environment, we use stainless steel, which is highly alloyed with Chromium (**Cr > 11%**).

Dans un environnement humide, nous utilisons l'acier inoxydable fortement allié avec (Cr > 11 %).

**Designation:**

- The letter « **X** », / La lettre X
- A number equal to **100** times the carbon content,  
(Un nombre égal à 100 fois la teneur en carbone)
- Chemical symbols of the addition elements in order of decreasing content,  
(Les symboles chimiques des éléments d'addition dans l'ordre des teneurs décroissantes)
- In the same order, the levels of the main elements.  
(Dans le même ordre, les teneurs des principaux éléments.)

**Example:****X6 Cr Ni Mo Ti 17-12**

- High-alloy steel with **0.06%** of Carbon,  
Acier fortement allié avec 0,06% de Carbone,
- **17%** of Chromium,  
17% de Chrome,
- **12%** of Nickel,  
12% de Nickel,
- Molybdenum (< **12%**),  
Molybdène (moins de 12%),
- Titanium (< **12%**).  
Titane (moins de 12%).

▪ **X4 Cr Mo S 18**

- High-alloy steel with **0.04%** of Carbon,  
Acier fortement allié avec 0,04% de Carbone,
- **18%** de Chromium,  
18% de Chrome,
- Molybdenum (< **18%**),  
Molybdène (moins de 18%),
- Sulphur (< **18%**).  
Soufre (moins de 18%).

**2.1.2. Cast iron (Alloy of iron with 1.67% to 4.2% carbon). /****Les fontes (Alliage de fer avec (1.67% à 4.2% de Carbone).**

Cast irons are alloys of iron and carbon [**Fe + (1.67% to 4.2%) C**], they have excellent castability. They can therefore be used to produce castings with complex shapes. They are most fragile (brittle), difficult to weld and have good machinability.

Les fontes sont alliages de fer et de carbone [**Fe +(1.67% à 4.2%) C**]. Elles ont une excellente coulabilité. Elles permettent donc d'obtenir des pièces de fonderie (pièces moulées) aux formes complexes. Elles sont assez fragiles (cassantes), difficilement soudables et ont une bonne usinabilité.

**A. Lamellar graphite cast irons / Les fontes à Graphite Lamellaire**

Lamellar graphite cast irons, known as 'grey cast irons', are widely used because they:

Les fontes à graphite lamellaire, appelées « fontes grises » sont très utilisées car elles :

- They are economical / Sont économiques
- They absorb vibrations well, / Amortissent bien les vibrations
- Good castability and machinability, / Ont une bonne coulabilité et usinabilité
- Have low oxidation, / Sont peu oxydables
- Good resistance to wear caused by friction, / Ont une bonne résistance à l'usure par frottement
- Good resistance to compressive stress. / Résistant bien aux sollicitations de compression

**Applications:** Crankcases, frames, engine blocks, parts with complex shapes, etc...

**Utilisation :** Carters, bâtis, blocs moteur, pièces aux formes complexes, etc.....

**Designation:**

- **EN** : prefix, / préfixe
- **GJL**: symbol for lamellar graphite cast iron, / symbole désignant la fonte à graphite lamellaire
- **Number**: designating the value of minimum tensile strength by extension in **MPa** (mega Pascal). / désignant la valeur de la résistance minimale à la rupture par extension en MPa (méga Pascals).

**Example:**

- **EN-GJL-300**
- Cast iron with lamellar graphite / Fonte à graphite lamellaire
- Minimum elastic strength: **Re mini = 300Mpa** / Résistance élastique minimale

**B. Spheroidal graphite malleable cast irons / Les fontes malléables à Graphite Sphéroïdale.**

Spheroidal graphite cast irons are obtained by adding a small quantity of magnesium before casting. They are lighter and have better mechanical strength than grey cast iron.

Les fontes à graphite sphéroïdale sont obtenues par adjonction d'une faible quantité de magnésium avant moulage. Elles sont plus légères et ont une meilleure résistance mécanique que les fontes grises.

**Applications:** Brake callipers, rocker arms, crankshafts, piping subjected to high pressure.

Etriers de freins, culbuteurs, vilebrequins, tuyauteries soumises à hautes pressions

**Designation:**

- **EN**: prefix, / préfixe
- **GJMW**: symbol for spheroidal graphite cast iron, / symbole désignant la fonte à graphite sphéroïdale
- **Number**: value of minimum tensile strength in MPa. / résistance minimale à la rupture par extension
- **Number**: value representing the percentage of elongation after rupture. / valeur de la résistance minimale à la rupture par extension

**Example:****EN-GJS-400-18**

- Spheroidal graphite cast iron / Fonte à graphite sphéroïdale
- Minimum elastic strength: **Re<sub>mini</sub> = 400Mpa** / Résistance élastique minimale
- Elongation: **A% = 18**. / Allongement

**2.2. Non-ferrous alloys / Alliages non ferreux****2.2.1. Aluminium and its alloys / Aluminium et ses alliages**

Aluminium is obtained from an ore called Bauxite. It is light (density = 2.7) and a good conductor of electricity and heat. It has low mechanical strength, is ductile and easy to machine. It is highly resistant to corrosion. Application: aerospace, due to its lightweight.

L'aluminium est obtenu à partir d'un minerai appelé bauxite. Il est léger (densité = 2.7), bon conducteur d'électricité et de chaleur. Sa résistance mécanique est faible, il est ductile et facilement usinable. Il est très résistant à la corrosion. Utilisation : aéronautique du fait de sa légèreté.

**Designation:**

The designation uses a numerical code. It may be followed by a designation using chemical symbols.

La désignation utilise un code numérique. Il peut éventuellement être suivi par une désignation utilisant les symboles chimiques.

**Example:**

<b>EN-AW-2017 (Al Cu 4 Mg Si)</b>	Aluminium alloy with 4% Copper, Magnesium and Silicon (less than 4%) Alliage d'aluminium avec 4% de cuivre, du Magnésium, du Silicium (< 4%)
-----------------------------------	---

**2.2.2. Copper and Copper alloys. / Cuivre et alliage de cuivre**

There are many different copper alloys, the best known of which are:

Il existe de très nombreux alliages de cuivre dont les plus connus sont :

- Bronze, /
- Brass, / Laiton
- Cupro-Aluminium,
- Cupro-Nickel,
- Nickel Silver. / Maillechort

<b>Bronze</b>	<b>Copper + Etain</b> <b>Cuivre + Etain</b>
<b>Brass</b> Laiton	<b>Copper + Zinc</b> <b>Cuivre + Zinc</b>
<b>Cupro-Aluminium</b>	<b>Copper + Aluminium</b> <b>Cuivre + Aluminium</b>
<b>Cupro-Nickel</b>	<b>Copper + Nickel</b> <b>Cuivre + Nickel</b>
<b>Nickel Silver</b> Maillechort	<b>Copper + Nickel + Zinc</b> <b>Cuivre + Nickel + Zinc</b>

**Brass** is easy to machine and has good corrosion resistance. They can be casting or forged. They are using for turned parts, tubes, etc.

**Les laitons** sont faciles à usiner et ont une bonne résistance à la corrosion. Ils peuvent être moulés ou forgés. Ils sont utilisés pour les pièces décolletées, tubes, ...

**Bronzes** have good corrosion resistance, a low coefficient of friction and are easy to cast. They are using to make bearings and friction rings, among other things.

**Les bronzes** ont une bonne résistance à la corrosion, un faible coefficient de frottement et sont faciles à mouler. Ils sont utilisés pour réaliser, entre autre, les coussinets et bagues de frottement.

**Designation:**

This is a numerical code. It may be following by a designation using chemical symbols.

C'est un code numérique. Il peut éventuellement être suivi par une désignation utilisant les symboles chimiques

**Example:**

<b>CW612N (Cu Zn 36 Pb 3)</b>	Copper alloy with 36% Zinc and 3% Lead Alliage de cuivre avec 36% de Zinc et 3 % de Plomb
-------------------------------	--