

## Introduction

Pour améliorer les performances des alliages, différents types d'éléments peuvent être ajoutés. Il y a souvent des compromis à trouver car l'amélioration de certaines propriétés se fait souvent au détriment de d'autres.

## Aciers

Influence des éléments d'addition sur les caractéristiques mécaniques des aciers.

	Résistance à la traction	Re	Résistance à l'usure	Résistance à la fatigue	Résilience	Dureté à froid	Dureté à chaud	A%
Aluminium					↗			
Carbone	↗		↗		↘	↗		
Cobalt		↗					↗	
Chrome	↗	↗	↗		↘	↗		↘
Manganèse	↗	↗	↗			↗		↘
Molybdène	↗	↗					↗	
Nickel	↗	↗	↗		↗			↘
Silicium	↗	↗	↗			↗		
Titane	↗	↗	↗		↘	↗	↗	
Tungstène	↗	↗	↗			↗	↗	
Vanadium	↗	↗		↗	↗	↗		

## Aluminium

Rôles des éléments d'addition pour les alliages d'aluminium

### Le Cuivre (Cu) :

- Améliore fortement les caractéristiques mécaniques
- Réduit la résistance à la corrosion, l'aptitude à la déformation, au soudage et à l'anodisation

### Le Magnésium (Mg) :

- Améliore les caractéristiques mécaniques, l'aptitude à la déformation, la soudabilité et la résistance à la corrosion

### Le Manganèse (Mn) :

- Améliore la tenue à la corrosion, la ténacité tout en conservant une structure à grains fins qui favorise la déformation plastique, néfaste à l'anodisation

### Le Plomb (Pb) :

- Améliore la fragmentation des copeaux
- Tend à disparaître dans le respect des directives européennes sur l'environnement (ROHS)

### Le Silicium (Si) :

- Améliore les caractéristiques mécaniques, la résistance à l'abrasion, corrosion, très bonne aptitude à l'anodisation

### Le Zinc (Zn) :

- Associé au magnésium et parfois au cuivre, il améliore très fortement les caractéristiques mécaniques et l'usinabilité

## Cuivre

### Cuivre faiblement allié :

La teneur en éléments d'addition est, en général, inférieure à 2 %.

Les propriétés mécaniques sont supérieures à celles du cuivre, les caractéristiques électriques restent élevées. Éléments d'addition :

- ▼ Ag (0,08 % qui améliore la tenue à chaud par exemple dans des contacteurs électriques),
- ▼ Te (0,3-0,7 % qui améliore l'usinabilité en particulier pour les usinages rapides),
- ▼ Cr (0,5-0,9 % qui confère une bonne résistance aux déformations à chaud),
- ▼ Be (1,8-2 % qui donne de bonnes propriétés mécaniques pour la fabrication de contacts, de ressorts...).

### Laitons :

Avec de 5 à 45 % en masse de zinc. Ce sont les alliages de cuivre les plus utilisés.

Ils remplacent économiquement le cuivre dans de nombreux emplois en raison du moindre prix du zinc. Ils ont une couleur variant avec la teneur en zinc (du rose au jaune), une bonne résistance à la corrosion et peuvent recevoir de nombreux traitements de surface. Ils peuvent être soit moulés, soit travaillés à chaud ou à froid. Ils supportent des déformations importantes et peuvent donc être mis en forme par emboutissage.

#### **Laitons simples :**

- ▼ jusqu'à 33 % de zinc on est en présence d'une solution solide (phase alpha, cubique faces centrées).
- ▼ de 33 à 46 % de zinc on a un mélange de deux phases alpha et bêta'. La phase bêta, cubique centrée, désordonnée (stable au-dessus de 460°C, malléable) s'ordonne en phase bêta', cubique simple (Cu (0 0 0), Zn (1/2 1/2 1/2)), dure et fragile.

Principaux laitons simples : CuZn5 (médailles), CuZn10 (quincaillerie, cartoucherie), CuZn15 (bijouterie, douilles de lampes), CuZn20 (instruments de musique), CuZn30 (visserie), CuZn33 (cartouches, douilles, instruments de musique, lustrerie), CuZn40 (serrurerie, appareils sanitaires).

**Laitons au plomb** (ou laitons de décolletage) : de 1 à 3,7 % de plomb, avec de 35 à 40 % de zinc.

Le plomb est très peu soluble dans les laitons et conserve ses caractéristiques propres en s'isolant sous forme d'inclusions et donne aux laitons une très bonne aptitude à l'usinage. Utilisés pour la fabrication de pièces décolletées et matricées (par déformation à chaud, sans fusion).

**Laitons spéciaux** : à équivalence de composition en zinc et cuivre, ils peuvent présenter des caractéristiques supérieures à celles des laitons simples mais aussi des propriétés particulières (résistance à la corrosion dans certains milieux). Exemples : Cu-Zn29-Sn1, Cu-Zn22-Al2 : échangeurs thermiques pour eaux de rivière, d'estuaire ou de mine.

### Bronzes :

Avec de 3 à 20 % en masse d'étain.

A des teneurs plus élevées en étain, les bronzes deviennent de plus en plus fragiles. C'est le cas des cloches dont la teneur en étain est comprise entre 20 et 25 %. Les bronzes ont une excellente aptitude au moulage et sont en général mis en œuvre par fonderie.

#### Bronzes binaires :

- ▼ jusqu'à 15 % d'étain on a une solution solide (phase alpha, cubique faces centrées), malléable.
- ▼ de 15 à 32 % d'étain on a deux phases alpha et delta. La phase delta est dure et fragile, elle donne aux cloches leur sonorité.

**Bronzes complexes** : ajouts de phosphore (0,1 à 0,5 %), zinc (4 à 10 %), plomb (jusqu'à 30 %).

### Cupro-alliages

**Cupro-aluminium** : avec de 4 à 14 % d'aluminium. Ils possèdent une résistance élevée à la corrosion chimique et marine. Utilisation en génie maritime. Exemples : CuAl6, CuAl8. Des alliages à mémoire de forme ont les compositions suivantes : CuZnAl, CuZnAlNi, CuAlNi avec 4-12 % Al, 4 % Ni.

**Cupro-nickel** : le cuivre et le nickel sont miscibles en toutes proportions. Pour des teneurs supérieures à 50 % de nickel, les alliages sont appelés nickel-cuivre. Ils possèdent une excellente résistance à la corrosion par l'eau de mer. Les teneurs les plus utilisées sont de 5, 10, 20, 30, 40 et 45 % de nickel avec souvent des additions de fer (0,5 à 6 %), manganèse (0,3 à 1,2 %). Les propriétés mécaniques et chimiques sont d'autant meilleures que la teneur en nickel est plus élevée. Les cupronickels à 40-45 % de nickel (constantan) ont leur résistivité qui ne varie pas en fonction de la température (utilisation dans les thermocouples). Ces alliages sont également utilisés comme anti-biofouling permettant ainsi de réduire le dépôt d'organismes marins sur les coques des navires.

**Maillechorts** : de 9 à 26 % de nickel et de 17 à 28 % de zinc. Leurs propriétés sont intermédiaires entre celles des laitons et des cupronickels. Utilisés en orfèvrerie.

**Cupro-silicium** : de 2 à 4 % de silicium avec souvent addition de Mn, Al, Fe. Ils possèdent d'excellentes qualités de frottement. Utilisés en mécanique et chaudronnerie. Exemples : CuSi3Mn (3 % Si, 1 % Mn), CuSi2Al (2 % Si, 2,5 % Al).

**Cupro-plomb** : de 8 à 35 % de plomb. Ils possèdent d'excellentes propriétés antifriction. Utilisation pour la fabrication de coussinets.