



Septembre 2016

## ALUMINIUM, DESIGN ET FABRICATION

### 2EME PARTIE : LES CREATEURS FACE AU CHOIX DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Bonjour à vous, cette 22<sup>ème</sup> Newsletter va nous permettre de poursuivre notre voyage entre Art et Métallurgie de l'aluminium, mais avant d'aborder la seconde partie consacrée aux alliages, nous tenons à remercier certains lecteurs qui nous ont parlé des bas-reliefs moulés (Figure 1) par Riolo de l'ancien Centre Technique de l'Aluminium de l'architecte Gustave Saacke (devenue le siège de la Fédération Française de Football, Paris 15<sup>ème</sup>), qui représentent la fabrication et l'utilisation de l'aluminium, ambiance Art Nouveau. Nous ne pouvons pas faire l'impasse sur cette œuvre qui entre entièrement dans notre thématique !

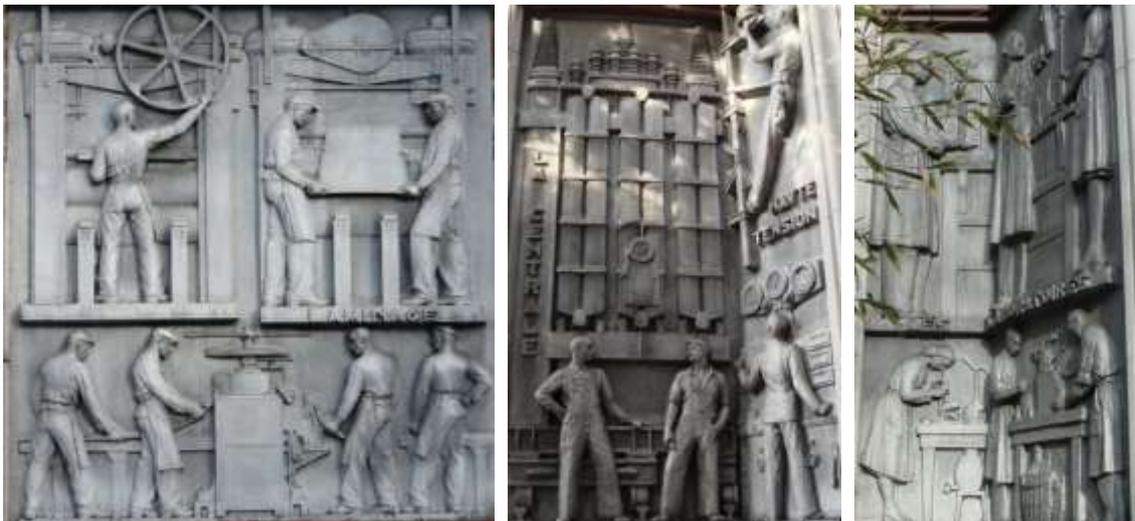


Figure 1 : Bas-reliefs moulés de Riolo en façade de la Fédération Française de Football. [7]

Comme convenu en juillet, nous aborderons dans cette partie les différentes familles d'alliages les plus utilisés dans le monde du design mobilier et urbain. Nous en profiterons pour rappeler les caractéristiques mécaniques de base de ces familles.

Selon la nuance sélectionnée, on peut le trouver sous la forme de tôles, des bandes, des fils, des barres filées ou étirées, des profilés, des tubes soudés ou filés.

a) **La série 1000** : l'aluminium non alliés (ou très faiblement).

Tableau 1 : caractéristiques mécaniques moyennes des alliages « 1000 ».

Etat	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A 5,65 (%)	Dureté HB	Principaux demi-produits
Recuit (O)	~ 75 à 90	-	~ 40 à 45	17 à 22	Feuille minces, bandes minces, tôles nues / prélaquées, disques, barres filées ou étirées, fil tréfilé, disques.
Ecroui (H14)	~ 120 à 130	~ 100 à 110	~ 10 à 15	22 à 35	



Septembre 2016

Les nuances constituant cette série sont particulièrement utilisées pour la décoration, les réflecteurs optiques et les produits nécessitant une bonne conductivité thermique et/ou électrique. On les utilise principalement dans l'emballage, les articles culinaires, les échangeurs thermiques, les luminaires, ...

Ces alliages sont durcis uniquement par écrouissage (état H12 à H18), mais leur limite d'élasticité et leur résistance mécanique sont assez faibles (Cf. tableau 1). Leur allongement (A%) et leur striction (Z%) en ont fait des alliages facilement emboutissables et adaptés aux opérations d'emboutissage profond, même à l'état H12 voir H14.

Pour rappel, le durcissement par écrouissage est directement relié aux déplacements de moins en moins faciles des défauts linéaires des atomes (dislocations) au sein du réseau cristallin. En effet, au cours de la déformation, ces défauts se multiplient et s'ancrent entre eux. Une fois que la plupart de ces dislocations sont bloquées, le matériau ne peut plus se déformer et se rompt.

Ces nuances possèdent également une bonne résistance à la corrosion d'une façon générale et sont insensibles à la corrosion intergranulaire. Il est possible de réaliser des traitements de surface tels que l'oxydation anodique sulfurique ou l'anodisation dure pour modifier leurs aspects.

La réflectivité, tout comme la conductivité électrique ou thermique, sont d'autant plus grandes que le matériau est exempt d'impuretés telles que le fer et le silicium.

Compte tenu des caractéristiques mécaniques des alliages de cette série, ils sont sensibles aux rayures et pour y remédier, il est nécessaire d'augmenter la résistance mécanique, en ajoutant des éléments d'alliages (Mn, Mg voir série 3000 et 5000), tout en veillant à ne pas dégrader l'aptitude à la mise en forme à froid ou la réflectivité du produit. Il paraît donc important dans le cadre de l'entretien de proscrire les tampons abrasifs grossiers tels que paille de fer, papier émeri, etc...

b) **La série 5000** : les alliages aluminium – magnésium.

Tableau 2 : caractéristiques mécaniques moyennes des alliages « 5000 ».

Etat	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A 5,65 (%)	Dureté HB	Principaux demi produits
Recuit (O)	~ 120 à 320	~ 90 à 150	~ 18 à 30	~ 28 à 70	bandes nues / prélaquées / pré anodisées / anodisées, disques,
Ecroui (H14)	~ 160 à 360	~ 140 à 290	~ 8 à 12	~36 à 83	barres filées / étirées, tubes filés / étirés, Profilés, fil tréfilé.

Leur bonne aptitude à la mise en forme à froid à l'état recuit (O) renforcée par leur très bonne soudabilité et leur aptitude à évoluer en milieu marin, grâce à la formation de la couche d'oxyde MgO plus protectrice que la couche présente sur les autres familles (l'alumine), en font une série dédiée aux secteurs du bâtiment, de la construction navale, du mobilier urbain, de l'emballage, l'automobile, des articles culinaires...



Septembre 2016

Il faut cependant être vigilant lors d'opérations de brasage spécialement aux alliages contenant plus de 0,5% de magnésium. Ils peuvent se durcir par écrouissage jusqu'à 450MPa (état H18), mais peuvent être sensible à des phénomènes de fissuration à chaud lors de mise en forme à haute température.

En dehors de son excellent comportement en environnement marin, ces alliages peuvent être sensibles à la corrosion intercrystalline à partir de 60°C si le pourcentage de magnésium est supérieur à 3,5%. Compte tenu de la présence dans la matrice d'aluminium de composés de type  $Mg_2Al_3$ , ces alliages peuvent s'altérer par un phénomène de corrosion galvanique. Il est possible de lutter face à cette dégradation en pratiquant un traitement thermique de désensibilisation pendant 120h à 175°C. L'objectif de ce traitement est de transformer  $Mg_2Al_3$  en un composé moins électronégatif.

L'alliage 5005 (AlMg1(B)) est particulièrement adapté à une anodisation décorative.

c) **La série 3000** : les alliages aluminium - manganèse.

Tableau 3 : caractéristiques mécaniques moyennes des alliages « 3000 ».

Etat	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A 5,65 (%)	Dureté HB	Principaux demi-produits
Recuit (O)	~ 115 à 180	-	~ 22 à 40	~ 28 à 45	Bande mince, bandes nues / prélaquées, tôles, disques, fil tréfilé
Ecroui (H14)	~ 160 à 240	~ 140 à 200	~ 7 à 8	~ 43 à 65	

On les retrouve principalement pour la fabrication des coffrages, des ustensiles ménagers, également d'échangeurs thermiques et dans le bâtiment avec l'utilisation de tôles pré-laquées.

Durcissables également par écrouissage (état H12 à H18), leurs limites d'élasticité et leurs résistances mécaniques (Cf. tableau 3), bien que supérieures à la série 1000, restent assez faibles. Face à ce dernier constat, ils possèdent donc une très bonne aptitude à la déformation à froid (emboutissage et repoussage). Il faut également souligner leur bonne aptitude au brasage et leur bonne résistance à la corrosion généralisée et leur insensibilité à la corrosion intercrystalline.

d) **La série 6000** : les alliages aluminium magnésium silicium.

Tableau 4 : caractéristiques mécaniques des alliages « 6000 ».

Etat	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A 5,65 (%)	Dureté HB	Principaux demi-produits
Recuit (O)	~ 110 à 120	~ 50 à 60	~ 28 à 40	~ 30	Bandes minces, Tôles minces trempées, barres ou tubes filées / étirées, profilés, fil tréfilé
Mûri (T4)	~ 150 à 240	~ 90 à 140	~ 22 à 26	~ 65	

Utilisés pour des pièces à formes simples ou complexes, ces alliages sont particulièrement utilisés lorsque l'on recherche une certaine résistance mécanique, une bonne soudabilité et une résistance à



Septembre 2016

la corrosion. On les retrouve en menuiserie métallique, dans le bâtiment, les mats de bateaux, l'automobile, les équipements urbains, les articles de sports, ...

Ces alliages sont durcis par écrouissage mais également par un mécanisme de durcissement structural soit à température ambiante (état T4 : muri) ou lors d'un revenu (état T6, par exemple). Ses caractéristiques mécaniques honorables (Cf. tableau 4), son aptitude à la mise en forme à froid, sa bonne usinabilité et soudabilité, son aptitude au cisailage en font une série de choix dans la famille des alliages d'aluminium.

Il existe au sein de cette série, des alliages dédiés au décolletage (usinage) dans lesquels on ajoute à la composition chimique de base du plomb, de l'étain ou du bismuth. Ces nuances, qui ont été durci à la fois par précipitation et par écrouissage pour optimiser l'usinabilité, ont par contre une très faible aptitude à la mise en forme à froid.

Les alliages de la famille 6000 représentent 90 % de l'aluminium extrudé. Ils sont utilisés tant dans des applications structurales qu'architecturales. Ils demeurent les favoris de l'industrie pour leur bonne malléabilité à des températures élevées, mais aussi parce qu'ils réagissent bien aux traitements de finition.

e) **La série 4000 ou 40 000** : les alliages aluminium – silicium.

Leur température de fusion assez basse ( $T_f \sim 660^\circ\text{C}$ ) fait de ces alliages des matériaux prédestinés à la fonderie et à la fabrication de fils de soudure, du fait de leur bonne coulabilité.

Il faut cependant être vigilant au cours des opérations d'usinage car l'usure des outils de coupe peut être importante à cause du silicium qui apparaît dans la matrice sous la forme de plaquette. L'ajout de sodium (voir d'antimoine) permet de transformer les plaquettes en globules.

Il existe des alliages d'aluminium (les 46 000) dans lesquels on ajoute du cuivre pour optimiser leur aptitude au moulage sous pression. Cependant, ces alliages ne s'anodisent pas ou très peu (épaisseur de quelques microns mètres). On aura tendance pour cette série à privilégier l'oxydation anodique sulfurique pour modifier la surface de ces nuances.

Plus rare, il existe également des alliages aluminium – silicium corroyés caractérisés pour certains par un coefficient de dilation le plus faible parmi l'ensemble des nuances déjà listées.

Après avoir parlé des matériaux et de l'importance de l'aluminium pour les designers, nous présenterons dans la dernière partie plusieurs œuvres de designer et d'architectes qui utilisent massivement les alliages d'aluminium.

\*\*\*\*\*



Septembre 2016

*Nous remercions Michael Young (Cf. photo centrale du bandeau), ainsi que la galerie Seguin pour l'autorisation qu'ils nous ont procurée à utiliser les photos de leurs objets. Nous tenons également à remercier l'ensemble de l'équipe organisatrice du concours « l'Aluminium pour l'Eco-design » pour l'ensemble des informations communiquées et libre de droit.*

*Nous en profitons également pour féliciter les lauréats du concours 2016 : Anne-Sophie de Lafaye Cariven (Projet **GYS**), Jonathan Omar (projet **Marmaros**), Marie-Marie Dutour et Antoine Defour (projet **L'Equilibriste**), et également ceux de 2015 : Jérémy Richard, Jordan Cieski et Jade Renaut (**Projet Façade Piézoélectrique**), Maureen Barbette (**projet Kali**, photo de gauche du bandeau).*

**Le bandeau en tête de page illustre quelques œuvres mais il faudra attendre la 3<sup>ème</sup> partie de notre quadrilogie pour découvrir et apprécier les œuvres de chacun. Un peu de patience, chers collègues métallurgistes amateurs d'arts.**

#### Bibliographie :

- [1] : Robe Paco Rabanne, cliché Keystone Features (N° 91656070), collection Hulton Archive.
- [2] : Exposition « al(l) » de Michael Young au Centre de l'Innovation et du Design (Belgique - 2016).
- [3] : Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium.
- [4] : Dossier de presse des Pays de la Loire : Technocampus Nantes.
- [5] : Dossiers de presse 2015 / 2106 du concours « Aluminium pour l'éco-design ».
- [6] : Tugdual Loyer, Robert Eroy « Etude de l'effet piézoélectrique : un matériau intelligent », Division Matériaux pour l'écoconception, séminaire de recherche 2015-2016.
- [7] : <http://paris1900.lartnouveau.com/index.htm>.