



Version Française



Jacques Jumeau

Technologie des composants utilisés dans le chauffage.

## Chapitre 21

# Résistance générale à la corrosion des boîtiers en aluminium

	Pt (Platinum / Platine)	Au (Gold / Or)	Ti (Titanium / Titane)	AlSi 316L (passive/passif)	Ag (Silver/ Argent)	Ni (Nickel/ Nickel)	Ni Cu 30 (Monel 400)	NiCr15 Fe8 (Inconel 600)	Cu55 Zn23 Ni22 (Arcap)	Cu (Copper/ Cuivre)	Al10 Sn86 Pb34	Cu Zn34 (Brass / Laiton)	Cu88 Sn12 (Bronze)	Sn (Tin/ Etain)	Pb (Lead / Plomb)	Al Cu Mg1 (Duralumin)	Mild steel / Acier doux	Al Si 10Mg (Alpax H)	Al 99.5 (Aluminium)	Hard steel/ Acier dur	Al Mg5 (Duralinox)	ADC12 (Aluminum alloy)	Cd (Cadmium/ Cadmium)	Fe (Steel / Fer)	Cr (Chromium/ Chrome)	Al Mg Si0.7 (Almasilium)	Sn75 Zn25	Zn (Zinc/ Zinc)	Al PVD (Physical vapor deposition)	Mg (Magnesium)
Pt (Platinum/ Platine)	0	130	250	350	430	430	430	450	570	600	650	770	800	840	940	1000	1085	1090	1095	1100	1100	1100	1105	1200	1200	1360	1400	1400	1900	
Au (Gold/ Or)	130	0	110	110	220	300	300	300	320	410	470	520	610	670	710	810	870	935	960	965	970	970	970	975	1070	1070	1230	1270	1620	
Ti (Titanium / Titane)	250	110	0	0	110	180	180	180	200	320	350	400	520	550	580	680	750	815	840	845	850	850	855	950	950	1100	1150	1150	1700	
AlSi 316L (passive/passif)	250	110	0	0	110	180	180	180	200	320	350	400	520	550	580	680	750	815	840	845	850	850	855	950	950	1100	1150	1150	1700	
Ag (Silver/ Argent)	350	220	100	100	0	80	80	80	100	220	250	300	420	450	480	580	650	715	740	745	750	750	755	850	850	1010	1050	1050	1600	
Ni (Nickel/ Nickel)	430	300	180	180	80	0	0	0	20	110	170	220	340	370	410	510	570	635	660	665	670	670	675	770	770	930	970	970	1520	
Ni Cu 30 (Monel 400)	430	300	180	180	80	0	0	0	20	110	170	220	340	370	410	510	570	635	660	665	670	670	675	770	770	930	970	970	1520	
NiCr15 Fe8 (Inconel 600)	430	300	180	180	80	0	0	0	20	110	170	220	340	370	410	510	570	635	660	665	670	670	675	770	770	930	970	970	1520	
Cu55 Zn23 Ni22 (Arcap)	450	320	200	200	100	20	20	20	0	120	150	200	320	350	380	480	550	615	640	645	650	650	655	750	750	910	950	950	1500	
Cu (Copper/ Cuivre)	570	440	320	320	220	140	140	140	120	0	30	80	200	230	270	370	430	495	520	525	530	530	535	630	630	780	830	830	1380	
Al10 Sn86 Pb34	600	470	350	350	250	170	170	170	150	30	0	50	170	200	210	310	400	465	490	495	500	500	505	600	600	760	800	800	1350	
Cu Zn34 (Brass/ Laiton)	650	520	400	400	300	220	220	220	200	80	50	0	120	150	190	290	350	415	410	445	450	450	455	550	550	710	750	750	1300	
Cu88 Sn12 (Bronze)	770	640	520	520	420	340	340	340	320	200	170	120	0	30	70	170	230	295	320	325	330	330	335	430	430	590	630	630	1180	
Sn (Tin/ Etain)	800	670	550	550	450	370	370	370	350	230	200	150	30	0	40	140	200	265	290	295	300	300	305	400	400	560	600	600	1150	
Pb (Lead / Plomb)	840	710	590	590	490	410	410	410	380	270	240	190	70	40	0	100	160	225	250	255	260	260	265	360	360	520	560	560	1110	
Al Cu Mg1 (Duralumin)	940	810	690	690	590	510	510	510	490	370	340	290	170	140	100	0	60	125	150	155	160	160	165	260	260	420	460	460	1010	
Mild steel / Acier doux	1000	870	750	750	650	570	570	570	550	430	400	350	230	200	150	60	0	65	90	95	100	100	105	200	200	360	400	400	950	
Al Si 10Mg (Alpax H)	1065	935	815	815	715	635	635	635	615	495	465	415	295	265	225	125	65	0	25	30	35	35	40	135	135	295	335	335	885	
Al 99.5 (Aluminium)	1090	960	840	840	740	660	660	660	640	520	490	440	320	290	250	150	90	25	0	5	10	10	15	110	110	270	310	310	860	
Hard steel/ Acier dur	1095	965	845	845	745	665	665	665	645	525	495	445	325	295	255	155	95	30	5	0	5	5	10	105	105	285	305	305	855	
Al Mg5 (Duralinox)	1100	970	850	850	750	670	670	670	650	530	500	450	330	300	260	180	100	35	10	5	0	0	5	100	100	280	300	300	850	
ADC12 (Aluminum alloy)	1100	970	850	850	750	670	670	670	650	530	500	450	330	300	260	180	100	35	10	5	0	0	5	100	100	280	300	300	850	
Cd (Cadmium/ Cadmium)	1100	970	850	850	750	670	670	670	650	530	500	450	330	300	260	180	100	35	10	5	0	0	5	100	100	280	300	300	850	
Fe (Steel / Fer)	1105	975	855	855	755	675	675	675	655	535	505	455	335	305	265	185	105	40	15	10	5	5	0	95	95	255	295	295	845	
Cr (Chromium/ Chrome)	1200	1070	950	950	850	770	770	770	750	630	600	550	430	400	380	280	200	135	110	105	100	100	95	0	160	200	200	750		
Al Mg Si0.7 (Almasilium)	1200	1070	950	950	850	770	770	770	750	630	600	550	430	400	380	280	200	135	110	105	100	100	95	0	160	200	200	750		
Sn75 Zn25	1350	1230	1110	1110	1010	930	930	930	910	790	760	710	590	560	520	420	350	295	270	265	260	260	260	225	160	160	0	40	40	590
Zn (Zinc/ Zinc)	1400	1270	1150	1150	1050	970	970	970	950	830	800	750	630	600	560	460	400	335	310	305	300	300	300	295	200	200	40	0	0	550
Zn Al4 (Zamak3/Zamac 3)	1400	1270	1150	1150	1050	970	970	970	950	830	800	750	630	600	560	460	400	335	310	305	300	300	300	295	200	200	40	0	0	550
Al PVD (Physical vapor deposition)	1400	1270	1150	1150	1050	970	970	970	950	830	800	750	630	600	560	460	400	335	310	305	300	300	300	295	200	200	40	0	0	550
Mg (Magnesium)	1800	1820	1700	1700	1600	1600	1600	1600	1520	1500	1390	1300	1180	1150	1110	1010	950	885	860	850	850	850	850	845	845	845	590	660	660	0



# Résistance générale à la corrosion des boîtiers en aluminium

## La résistance à la corrosion

### Résistance générale à la corrosion en applications extérieures des boîtiers en aluminium

Les boîtiers plastiques et leur résistance aux conditions climatiques sont traités. Nous traiterons donc ici de la résistance à la corrosion des boîtiers aluminium et de leurs accessoires. L'aluminium utilisé dans les boîtiers existe en deux nuances: ADC12 pour les boîtiers courants et AC 44300 pour les boîtiers antidéflagrants. Ces deux nuances ont une bonne résistance à la corrosion en intérieur et en extérieur.

### Composition chimique

Matière et norme	Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Fe	Ni	Sn	Ti	Al
EN AC 44300 DIN 1706 AlSi12(Fe)	10.5-13.5	<0.10	-	<0.15	<0.55	<1	-	-	<0.15	Reste
ADC12 (JIS H5302:2000)	9.6-12.0	1.5-3.5	<0.3	<1.0	<0.5	0.6-0.9	<0.5	<0.2	-	Reste

### Corrosion galvanique ou corrosion bimétallique

Les boîtiers de protection peuvent être soumis à un phénomène particulier qui réduit leur durée de vie, peut aller jusqu'à la perforation de l'enveloppe ou au blocage complet des vis de fermeture. C'est la corrosion galvanique.

Bien que la plupart des normes précisent que des protections appropriées doivent être prises pour éviter la corrosion galvanique sur les boîtiers en aluminium, aucune ne préconise de solution ou n'impose de matière ou de composition précise des alliages.

La corrosion galvanique est un phénomène électrochimique qui se produit entre deux métaux différents, lorsque ceux-ci sont en contact, et en présence d'un liquide conducteur (eau, eau de mer) qui assure le contact électrique entre les deux métaux. Ce phénomène provoquera une corrosion supplémentaire à celle pouvant survenir par d'autres phénomènes et sur des métaux non couplés, et sa progression est en général nettement plus rapide.

Il apparaît une différence de potentiel entre les deux métaux qui dépend à la fois du métal et de la solution. Deux métaux ou deux alliages différents au contact avec le même milieu prennent en général deux potentiels différents. Si ces deux métaux sont reliés électriquement, leur différence de potentiel donne naissance à des réactions électrochimiques et à la circulation d'un courant électrique.

Le métal le plus négatif (le moins noble) est polarisé positivement et le métal le plus positif est polarisé négativement. Dans la très grande majorité des cas, cette configuration correspond à une augmentation de la vitesse de corrosion du métal le plus corrodable (le plus négatif), et à une diminution de la vitesse de corrosion du métal le moins corrodable (le plus positif).

### Les conditions conjointes et nécessaires à l'apparition d'un couple de corrosion galvanique.

La corrosion galvanique est fonction de plusieurs facteurs qui doivent être soigneusement évalués lors de l'évaluation de la probabilité d'avoir une corrosion galvanique.

Les conditions conjointes nécessaires sont les suivantes:

- Un pontage par un liquide conducteur (Electrolyte) entre deux métaux.
- Un contact électrique entre les deux métaux.
- Une différence de potentiel entre les métaux produisant un courant galvanique significatif.
- Une réaction cathodique soutenue sur le plus noble des deux métaux.

**NB: Si les métaux sont secs, la corrosion galvanique ne peut pas se produire.**

### Electrolyte

La conductivité de l'électrolyte conditionne la localisation des dégradations.

Lorsque la conductibilité de l'électrolyte est faible, la corrosion est localisée aux

## Résistance générale à la corrosion des boîtiers en aluminium

zones de contact entre les deux métaux.

Lorsque la conductivité de l'électrolyte augmente, la surface corrodée augmente.

### Contact électrique entre les métaux

Si le contact électrique n'est pas établi entre les deux métaux par l'interposition d'un isolant (oxyde d'aluminium, phosphatation, peinture, huile, etc...), le courant ne circulant pas, il n'y a pas de corrosion.

### Différence de potentiel entre les métaux

Plus cette valeur est importante, plus la force électromotrice du phénomène est grande. Une différence de plusieurs centaines de millivolts résultera en une forte corrosion galvanique, alors qu'une différence inférieure à 200-300mV n'aura pas de conséquences importantes.

Les potentiels de corrosion galvanique sont donnés par une table qui donne le potentiel électrique des métaux, habituellement mesuré par une technique dite "Standard Calomel Electrode (S.C.E.)".

Les métaux dits "Anodiques" ou "non-nobles" ont un potentiel négatif et sont les plus actifs et les métaux dits "cathodiques" ou "nobles" ont un potentiel positif et sont les moins actifs.

Les métaux "Anodiques" tels que le magnésium, le zinc et l'aluminium, seront plus facilement corrodés que les métaux "cathodiques" (Titane, argent, or) La corrosion est proportionnelle à la différence de potentiel entre les deux métaux.

Les valeurs à considérer correspondent aux potentiels des métaux et alliages qui constituent le couple par rapport au milieu considéré. Ces potentiels sont des grandeurs expérimentales et doivent être distingués des potentiels standards des tables thermodynamiques. Les potentiels expérimentaux sont fortement influencés par les paramètres tels que la température, l'agitation et l'aération. Par ailleurs, certains métaux peuvent prendre deux potentiels différents vis-à-vis du même milieu suivant qu'ils sont actifs ou passifs (Cas des aciers inoxydables en contact avec l'eau de mer, par exemple). Ces considérations montrent qu'il peut être difficile de prévoir des tendances sans avoir recours à l'expérimentation, de nombreux paramètres étant susceptibles d'inverser les polarités de certains couples galvaniques.

### Les paramètres aggravants ou minorants

**Le rapport des surfaces des deux métaux:** le cas le plus défavorable est celui d'une grande surface cathodique (matériau le plus positif) électriquement reliée à une petite surface anodique (métal le plus négatif). La vitesse de corrosion du métal le plus négatif peut être multipliée par 100 voire par 1000.

Par exemple le montage d'une coupelle de thermostat à disque (dia 16mm) en aluminium sur un réservoir en acier inoxydable provoquera une corrosion rapide de la coupelle si les conditions conjointes nécessaires sont réunies.

Par contre, des vis en acier inoxydable fermant un boîtier en aluminium seront beaucoup moins sujettes à corrosion si les surfaces de contact sont réduites au minimum.

### La résistance à la corrosion du métal noble

La résistance à la corrosion du métal le plus noble indépendamment de son potentiel, influe de façon considérable sur le comportement du couple bimétallique. Si le métal le plus noble se corrode, ses produits de corrosion risquent, par déplacement, d'accélérer la corrosion du métal le plus corrodable. Par exemple, le cuivre, pourtant considéré comme métal noble et dont le couple galvanique avec l'aluminium est peu important, produit des oxydes qui peuvent corroder l'aluminium, ce qui est un paramètre critique lors de la conception de borniers de terre sur des boîtiers en aluminium pouvant recevoir des conducteurs en cuivre.

Si le métal noble du couple est incorrodable (Or, Platine), il ne présentera pas de risque de corrosion galvanique quelque soit le métal qui lui sera associé.

### Revêtements métalliques sacrificiels

Par application sur l'élément cathodique d'un revêtement sacrificiel ayant un potentiel similaire à celui de l'élément anodique, la corrosion galvanique est

## Résistance générale à la corrosion des boîtiers en aluminium

fortement diminuée.

### Règles principales de conception:

- l'élément sacrificiel doit être du côté anodique et plus petit.
- La couche de revêtement doit être intact, sans fissures ou manques.

Exemples:

- Cadmiage sur de la visserie en acier utilisés sur de l'aluminium. Le cadmium sera sacrifié au lieu de corroder l'aluminium. (Différence de potentiel 100 à 200mV).
- Zingage sur de la visserie en acier utilisés sur de l'aluminium. Le zinc sera sacrifié au lieu de corroder l'aluminium (différence de potentiel 0,1 à 0,2 V).

Attention:

Ne pas utiliser de nickelage sur de la visserie en acier. La différence de potentiel (450mV) entre le nickel et l'aluminium est trop élevée et l'aluminium se corrodera.

**Note:** La tendance actuelle est la recherche d'alternative au cadmium à cause de sa toxicité, et son interdiction par la Directive Européenne Rohs

### Cas particuliers de certains couples électrochimiques courants

#### **Couple acier galvanisé et acier inoxydable**

L'acier galvanisé en contact avec l'acier inoxydable n'est pas normalement considéré comme pouvant créer un risque sérieux de corrosion, à l'exception peut-être de certains environnements marins.

Dans ces situations, des précautions telles que rondelles isolantes sont généralement considérées comme adéquates pour éviter la corrosion galvanique dans la plupart des situations.

#### **Couple galvanique aluminium acier inoxydable**

Les potentiels de corrosion des aciers inoxydables sont «cathodiques» et situés dans la zone «noble» et les potentiels de corrosion de l'aluminium sont «anodiques» et situés dans la zone «non noble», avec une forte différence de potentiel. Cela signifie qu'il n'y aura pas de corrosion galvanique sur l'acier inoxydable lorsqu'il est placé en contact avec de l'aluminium alors que l'aluminium se corrodera.

Cependant, de grandes surfaces relatives d'aluminium en contact avec des surfaces faibles d'acier inoxydable peuvent être acceptables.

L'utilisation de visserie en acier inoxydable sur des plaques ou des feuilles d'aluminium est normalement considérée comme sûre, contrairement à l'inverse.

Même en l'absence d'isolation entre les métaux, il y a peu de risques de corrosion dans un climat continental.

En revanche, dans un environnement marin, d'importantes corrosions par piqûres localisées sur des taraudages aluminium ont été observées alors que des boulons en acier inoxydables étaient utilisés.

Dans la même application cependant, les boulons montés avec des rondelles isolantes n'ont pas provoqué de piqûres sur l'aluminium.

#### **Moyens mécaniques de prévention de la corrosion galvanique entre l'aluminium et l'acier inoxydable**

- Isoler les deux matériaux à l'aide d'un matériau isolant électrique, comme le plastique, à mesure du possible.
- Éviter les zones où sont en contact des surfaces relativement petites de métal le moins noble (Aluminium) et de vastes zones du métal plus noble (acier inoxydable).
- Utiliser le même métal ou un métal plus noble pour la visserie, clips et boulons.
- Éviter d'utiliser des pièces en acier inoxydable comportant des crevasses: En présence de crevasses les aciers inoxydables peuvent présenter des potentiels moins élevés à cause de l'appauvrissement en oxygène à l'intérieur de la crevasse. Le couplage d'une zone relativement large d'aluminium avec une faible surface d'une pièce en acier inoxydable crevassée peut provoquer une attaque rapide de la matière à l'intérieur de la crevasse et corroder l'acier inoxydable.
- Empêcher la présence électrolyte autour de la jonction bimétallique par exemple avec de la peinture. Peindre les deux métaux si possible. Si c'est impossible, peindre le métal le plus noble.
- Etancher: s'assurer que les surfaces de contact sont étanches.
- Appliquer des inhibiteurs de corrosion ou sous les têtes de vis ou de boulons

## Résistance générale à la corrosion des boîtiers en aluminium

insérés dans des surfaces de métaux différents, que les surfaces aient été ou non préalablement revêtus ou traitées.

- Dans certains cas, il peut être possible d'appliquer un revêtement organique isolant sur les surfaces de contact avant l'assemblage. (Cas de joints qui ne doivent pas être conducteur de l'électricité.
- Lorsque cela est possible ou si cela n'interfère pas avec l'utilisation de l'assemblage, le joint externe doit être recouvert extérieurement d'une peinture efficace.
- Éviter les raccords filetés pour les matériaux très éloignés dans la série galvanique.

### **Limitation du couple galvanique par la protection de l'aluminium et de l'acier inoxydable par des traitements de conversion chimique de surface**

#### **La phosphatation de l'acier et de l'acier inoxydable**

La phosphatation est un traitement de conversion utilisé pour former des couches obtenues par une réaction du substrat avec un milieu choisi. La phosphatation est appliquée notamment aux aciers au carbone et aux aciers inoxydables. Dans le cas des pièces en acier, la phosphatation sert essentiellement à renforcer l'adhésion des peintures.

On distingue les couches de phosphates minces (0.2-0.8 g/m<sup>2</sup>) essentiellement composées de phosphates de fer, les couches de phosphates d'épaisseur moyenne (1.5-4 g/m<sup>2</sup>) qui contiennent du phosphate de zinc, et les couches de phosphates lourdes (7-30 g/m<sup>2</sup>).

Ces dernières, constituées de phosphates de fer, de zinc et de manganèse peuvent servir comme revêtement anticorrosion, même en l'absence de peinture. Dans le cas des assemblages aluminium-acier inoxydable, la phosphatation moyenne ou épaisse des pièces en acier est recommandée.

Cependant, l'idéal reste de traiter les deux structures par phosphatation, séparément puisque les procédés sont différents pour l'aluminium et l'acier.

#### **La phosphatation de l'aluminium**

La phosphatation de l'aluminium a pris une place importante dans les traitements de surface suite à l'utilisation conjointe de ce métal avec l'acier dans la construction automobile. Le métal est plongé dans une solution d'acide phosphorique dans laquelle il se corrode. Lors de l'attaque de l'aluminium, de l'hydrogène est libéré, ce qui entraîne une augmentation locale du pH et par conséquent le dépôt de triphosphates peu solubles. D'autres ions peuvent être ajoutés aux bains Zn mais aussi Mn et Ni. Les couches obtenues, contrairement aux couches de phosphochromatation qui sont amorphes, sont formées de petites cristaux de phosphates de Zn (Mn Ni). La germination de ces cristaux est favorisée par immersion du métal dans une solution colloïdale de phosphate de titane.

#### **L'anodisation de l'aluminium**

L'anodisation, consiste à renforcer le film d'oxyde naturel par une oxydation anodique. L'anodisation épaisse procure une bonne isolation galvanique.

#### **Le raccordement de métaux par des pièces non métalliques**

Pour être apte à raccorder des métaux, des matériaux non métalliques doivent être:

- Sans agents corrosifs (sels)
- Sans acide ou produits alcalins (pH neutre)
- Sans carbone, graphite ou particules métalliques
- Ne doivent pas être biodégradables
- Ne pas favoriser la croissance fongique
- Ne pas absorber l'eau ou avoir une action capillaire
- Ne pas comporter de matériaux non métalliques qui vont initier la corrosion de métaux à laquelle ils sont reliés, par exemple, plastiques cellulosiques, plastiques chargés fibres de carbone, plastiques chargés de matériaux métalliques, ainsi que les matériaux composites en amiante-ciment.

### **Table des couples électrochimiques entre alliages d'aluminium**

(Noms surlignés en jaune et bleu) et d'autres métaux usuels, dans une solution d'eau saline à 2%.

Il n'y a pas d'apparition de corrosion notable lorsque la valeur du couple galvanique est inférieure à 300mV.



# Résistance générale à la corrosion des boîtiers en aluminium

	Pt (Platinum / Platine)	Au (Gold/ Or)	Ti (Titanium / Titane)	AlSi 316 (passive/passif)	Ag (Silver/ Argent)	Ni (Nickel/ Nickel)	Ni Cu 30 (Monel 400)	NiCr 15 Fe8 (Inconel 600)	Cu55 Zr23 Ni22 (Arcap)	Cu (Copper/ Cuivre)	Al10 Sn68 Pb34	Cu Zn34 (Brass/ Laiton)	Cu88 Sn12 (Bronze)	Sn (Tin/ Etain)	Pb (Lead / Plomb)	Al Cu Mg (Duralumin)	Mild steel / Acier doux	Al Si 10Mg (Alpax H)	Al 99.5 (Aluminium)	Hard steel/ Acier dur	Al Mg5 (Duralinox)	ADC12 (Aluminium alloy)	Cd (Cadmium/ Cadmium)	Fe (Steel / Fer)	Cr (Chromium/ Chrome)	Al Mg Si0.7 (Almesilium)	Sn75 Zn25	Zn (Zinc/ Zinc)	Al PVD (Physical vapor deposition)	Mg (Magnesium)
Pt (Platinum / Platine)	0	130	250	250	350	430	430	430	450	570	800	650	770	800	840	940	1000	1065	1090	1095	1100	1100	1100	1105	1200	1200	1350	1400	1400	1900
Au (Gold/ Or)	130	0	110	110	220	300	300	300	320	410	470	520	610	670	710	810	870	935	960	965	970	970	970	975	1070	1070	1230	1270	1270	1820
Ti (Titanium / Titane)	250	110	0	0	110	180	180	180	180	200	320	350	400	520	550	590	690	750	815	840	845	850	850	855	950	950	1100	1150	1150	1700
AlSi 316 (passive/passif)	250	110	0	0	110	180	180	180	200	320	350	400	520	550	590	690	750	815	840	845	850	850	855	950	950	1100	1150	1150	1700	
Ag (Silver/ Argent)	350	220	100	100	0	80	80	80	100	220	250	300	420	450	490	590	650	715	740	745	750	750	750	755	850	850	1010	1050	1050	1600
Ni (Nickel/ Nickel)	430	300	180	180	80	0	0	0	20	110	170	220	340	370	410	510	570	635	660	665	670	670	670	675	770	770	930	970	970	1520
Ni Cu 30 (Monel 400)	430	300	180	180	80	0	0	0	20	110	170	220	340	370	410	510	570	635	660	665	670	670	670	675	770	770	930	970	970	1520
NiCr 15 Fe8 (Inconel 600)	430	300	180	180	80	0	0	0	20	110	170	220	340	370	410	510	570	635	660	665	670	670	670	675	770	770	930	970	970	1520
Cu55 Zr23 Ni22 (Arcap)	450	320	200	200	100	20	20	20	0	120	150	200	320	350	380	490	550	615	640	645	650	650	655	750	750	910	950	950	1500	
Cu (Copper/ Cuivre)	570	440	320	320	220	140	140	140	120	0	30	80	200	230	270	370	430	495	520	525	530	530	535	630	630	780	830	830	1350	
Al10 Sn68 Pb34	600	470	350	350	250	170	170	150	30	0	50	170	200	210	310	400	465	490	495	500	500	500	505	600	600	760	800	800	1350	
Cu Zn34 (Brass/ Laiton)	650	520	400	400	300	220	220	200	80	50	0	120	150	190	280	350	415	410	445	450	450	455	550	550	710	750	750	1300		
Cu88 Sn12 (Bronze)	770	640	520	520	420	340	340	320	200	170	120	0	30	70	170	230	295	320	325	330	330	330	335	430	430	590	630	630	1180	
Sn (Tin/ Etain)	800	670	550	550	450	370	370	350	230	200	150	30	0	40	140	200	265	290	295	300	300	300	305	400	400	560	600	600	1150	
Pb (Lead / Plomb)	840	710	590	590	490	410	410	410	380	270	240	190	70	40	0	100	160	225	250	255	260	260	265	360	360	520	560	560	1110	
Al Cu Mg (Duralumin)	840	810	690	690	590	510	510	490	370	340	290	170	140	100	0	50	125	150	155	160	160	165	165	260	260	420	460	460	1010	
Mild steel / Acier doux	1000	870	750	750	650	570	570	570	550	430	400	350	230	200	150	60	0	65	90	95	100	100	105	200	200	360	400	400	950	
Al Si 10Mg (Alpax H)	1065	935	815	815	715	635	635	635	615	495	465	415	295	265	225	125	65	0	25	30	35	35	35	40	135	135	295	335	335	885
Al 99.5 (Aluminium)	1090	960	840	840	740	660	660	660	640	520	490	440	320	290	250	150	90	25	0	5	10	10	10	15	110	110	270	310	310	860
Hard steel/ Acier dur	1095	965	845	845	745	665	665	665	645	525	495	445	325	295	255	155	95	30	5	0	5	5	5	10	105	105	285	305	305	855
Al Mg5 (Duralinox)	1100	970	850	850	750	670	670	670	650	530	500	450	330	300	260	160	100	35	10	5	0	0	5	100	100	260	300	300	850	
ADC12 (Aluminium alloy)	1100	970	850	850	750	670	670	670	650	530	500	450	330	300	260	160	100	35	10	5	0	0	5	100	100	260	300	300	850	
Cd (Cadmium/ Cadmium)	1100	970	850	850	750	670	670	670	650	530	500	450	330	300	260	160	100	35	10	5	0	0	5	100	100	260	300	300	850	
Fe (Steel / Fer)	1105	975	855	855	755	675	675	675	655	535	505	455	335	305	265	165	105	40	15	10	5	5	5	95	95	255	295	295	845	
Cr (Chromium/ Chrome)	1200	1070	950	950	850	770	770	770	750	630	600	550	430	400	360	260	200	135	110	105	100	100	100	95	0	160	200	200	750	
Al Mg Si0.7 (Almesilium)	1200	1070	950	950	850	770	770	770	750	630	600	550	430	400	360	260	200	135	110	105	100	100	100	95	0	160	200	200	750	
Sn75 Zn25	1350	1230	1110	1110	1010	930	930	930	910	790	760	710	590	560	520	420	360	295	270	265	260	260	260	225	160	160	40	40	40	590
Zn (Zinc/ Zinc)	1400	1270	1150	1150	1050	970	970	970	950	830	800	750	630	600	560	460	400	335	310	305	300	300	300	295	200	200	40	0	0	550
Zn Al4 (Zamak3/Zamac 3)	1400	1270	1150	1150	1050	970	970	970	950	830	800	750	630	600	560	460	400	335	310	305	300	300	300	295	200	200	40	0	0	550
Al PVD (Physical vapor deposition)	1600	1270	1150	1150	1050	970	970	970	950	830	800	750	630	600	560	460	400	335	310	305	300	300	300	295	200	200	40	0	0	550
Mg (Magnesium)	1600	1620	1700	1700	1600	1600	1600	1600	1520	1500	1390	1300	1180	1150	1110	1010	950	855	860	850	850	850	850	845	845	845	590	560	560	0

0-300 mV      301-500 mV      501-800 mV      > 800 mV

## Autres limitations dans l'utilisation des alliages d'aluminium

Afin d'éviter des risques d'inflammation dus aux chocs ou au frottement, les normes destinées au matériel antidéflagrant (IEC 60079-0) limitent l'usage de l'aluminium.

### Pour les enveloppes destinées au groupe I:

Le poids total de l'aluminium + magnésium + titane ne doit pas dépasser 15% du poids total (ou 6% du poids total du magnésium + titane pour les alliages ne comportant pas d'aluminium), ce qui élimine, pour ce groupe, la plupart des alliages comportant de l'aluminium

### Pour les enveloppes destinées au groupe II:

Pour la zone 0: le poids total de l'aluminium + magnésium + titane + zirconium ne doit pas dépasser 10% du poids total (ou 7.5% du poids total du magnésium + titane + zirconium pour les alliages ne comportant pas d'aluminium), ce qui élimine, pour ce groupe et cette zone la plupart des alliages comportant de l'aluminium.

- Pour la zone 1: le poids de magnésium ne doit pas dépasser 7.5% du poids total.

Pour la zone 2: pas de spécifications particulières.