



LE CUIVRE ET LES ALLIAGES DE CUIVRE

Le soudage des cuivreux ne pose pas de problème particulier à partir du moment où l'on identifie clairement la nuance à assembler, que l'on connaît l'usage de la pièce finie (exemple : caractéristiques mécaniques, corrosion, antifriction) et que l'on tient compte de la forte conductibilité thermique de cette famille métallurgique.

Le cuivre et les grandes catégories d'alliages :

- ❑ **cuivre**
- ❑ **bronze**
- ❑ **laiton**
- ❑ **cupros**

Le cuivre : pur ou bassement allié (Si, Mn, Ag, Ni). NB : le cuivre doit être désoxydulé pour être soudable. Le cuivre allié à l'argent est très rare en métal de base mais est utilisé en métal d'apport : après soudage la conductibilité électrique du cuivre chute de 50%, l'utilisation d'un métal d'apport CuAg (env. 2% d'Ag) permet de remonter la conductibilité électrique à 95% des caractéristiques initiales.

Le bronze : alliage cuivre – étain (CuSn) contenant jusqu'à 15% de Sn.

Le laiton : alliage cuivre-zinc (CuZn) contenant jusqu'à 40% de Zn. Le laiton n'est soudable à l'arc qu'en employant des métaux d'apport de type CuSn ou mieux cupro-aluminium en raison de la volatilisation du Zn. Le maillechort (CuNiZn) est un laiton allié au nickel.

Les cupros : 2 types : les cupro-aluminium et les cupro-nickel. Ces alliages sont souvent employés pour leur résistance à la corrosion marine. En métal d'apport ces cupros sont aussi employés avec de très bons résultats pour des assemblages hétérogènes ou le beurrage.

Cuivres purs malléables désoxydulés :

Désignation DIN	N° Werk.	Désignation ASTM	Désignation BS
OF-Cu	2.0040	B11, B42, B48, B68	
SE-Cu	2.0070	B75, B101, B124, B133	
SW-Cu	2.0076	B152, B187, B272, B280	
SF-Cu	2.0090	B302, B370, B372	

Cuivres faiblement alliés

Désignation DIN	N° Werk.	Désignation ASTM	Désignation BS
CuAg 0.1P	2.1191		
CuAg 0.1	2.1203		
CuMg 0.4	2.1322		
CuMg 0.7	2.1323		



Cuivres faiblement alliés therm durcissables

Désignation DIN	N° Werk.	Désignation ASTM	Désignation BS
CuNi 1.5Si	2.0853	B111, B194	
CuNi 2Si	2.0855	B196, B359	
CuNi 3Si	2.0857	B395, B441	
CuBe 1.7	2.1245	B465, B534	
CuBe 2	2.1247	B543, B542	
CuCo 2Be	2.1285		

Alliages Cupro-nickel

Désignation DIN	N° Werk.	Désignation ASTM	Désignation BS
G-CuNi 10	2.0815		
CuNi 10 Fe 1 Mn	2.0872		
CuNi 25	2.0830		
G-CuNi 30	2.0835		
CuNi 44 Mn 1	2.0842		
CuNi 30 Mn 1 Fe	2.0882		
CuNi 30 Mn	2.0890		

Alliages Cupro-aluminium

Désignation DIN	N° Werk.	Désignation ASTM	Désignation BS
CuAl 8	2.0920		
CuAl 8 Fe 3	2.0932		CA106
CuAl 10 Fe 3 Mn 2	2.0936		CA103
G-CuAl10 Fe	2.0940		
CuAl 9 Mn 2	2.0960	B11, B124	
G-CuAl 8 Mn	2.0962	B150, B171	CA105
CuAl10 Ni 5 Fe 4	2.0966	B359, B395	
G-CuAl 10 Ni	2.0975		
CuAl11 Ni 6 Fe 5	2.0978		
G-CuAl 11 Ni	2.0980		

Alliages Maillechort (laitons au Ni)

Désignation DIN	N° Werk.	Désignation ASTM	Désignation BS
CuNi 12 Zn 24	2.0730	B121, B151, B206	
CuNi 18 Zn 20	2.0740		NS106
CuNi 12 Zn 30 Pb 1	2.0780		
CuNi 18 Zn 19 Pb1	2.0790		NS113

Laitons

Désignation DIN	N° Werk.	Désignation ASTM	Désignation BS
CuZn 5	2.0220		
CuZn 10	2.0230		CZ101
CuZn 15	2.0240	B13, B36	CZ102
CuZn 20	2.0250	B111, B121	CZ103
CuZn 28	2.0261	B130, B131	
CuZn 30	2.0265	B134, B135	CZ106
CuZn 33	2.0280	B359, B395	CZ107
CuZn 37	2.0321	B543	
CuZn 36	2.0335		CZ108
CuZn 40	2.0360		
CuZn 20 Al 2	2.0460	B121, B508	CZ110
CuZn 28 Sn 1	2.0470		CZ111
CuZn 31 Si 1	2.0490		
CuZn 37 Al 1	2.0510		
CuZn 38 Sn 1	2.0530		CZ113
CuZn 35 Ni 2	2.0540		
CuZn 40 Al 2	2.0550		
CuZn 40Mn 2	2.0572		

Bronzes

Désignation DIN	N° Werk.	Désignation ASTM	Désignation BS
CuSn 4	2.1016	B100, B103	
CuSn 6	2.1020	B139	
CuSn 8	2.1030		2870, 2871
CuSn 10	2.1050		2872, 2874
CuSn 12	2.1052		(Pb104)
G-CuSn 12 Ni	2.1060		
G-CuSn 10 Zn	2.1086	B21, B124	
G-CuSn 7 ZnPb	2.1090	B171, B359	
G-CuSn 6 ZnNi	2.1093	B432, B508	
G-CuSn 5 ZnPb	2.1096		

SOUDABILITE

Le problème de la soudabilité du *cuivre pur* est lié à la haute conductivité thermique du métal et à la présence éventuelle d'oxyde de cuivre, sous la forme de nodules, dans les tôles. Cet oxyde ou oxydure, vient se placer sur le pourtour des grains au cours de la solidification, ce qui donne un assemblage fragile et rend le soudage impossible. Il faut utiliser un cuivre désoxydulé (de préférence au phosphore) et un métal d'apport avec de faibles additions de phosphore ou de silicium. La forte conductivité thermique ainsi qu'un coefficient de dilatation élevé peut compliquer le soudage et provoquer des déformations importantes.



La soudabilité des alliages de cuivre est, sauf quelques cas particuliers comme le laiton, plutôt bonne.

Dans le cas des **laitons** le soudage provoque une volatilisation du zinc qui entraîne un appauvrissement de l'alliage et l'émission de fumées nocives ainsi que l'apparition de porosités. De plus toutes les variétés de laiton ne sont pas soudables. En soudage MIG on limite la volatilisation du zinc en employant un métal d'apport d'analyse différente qui forme à la surface du bain de fusion une mince couche d'oxyde, laquelle retient le zinc. Dans certains cas ces alliages différents ont un point de fusion inférieur à celui du métal de base ce qui peut être la cause de fissures aux abords du joint.

Les **bronzes** ne présentent guère plus de difficultés au soudage que le cuivre désoxydulé. Cependant ils ne doivent pas contenir de plomb (qui est un obstacle au soudage). Il existe des fils d'apport de composition proche de celle des métaux de base ce qui permet d'obtenir des cordons de couleur identique au métal de base. Les bronzes ayant une conductibilité thermique inférieure à celle du cuivre il n'est en général pas nécessaire de préchauffer autant et les déformations sont moindres.

En ce qui concerne les **cupro-aluminiums**, les alliages monophasés jusqu'à 7 % d'Al sont rarement soudés et peuvent avoir une tendance à la fissuration si la teneur en impureté est élevée. Les alliages jusqu'à 8 % d'Al contenant du fer et du nickel sont susceptibles à la fragilisation et il est recommandé de les souder avec un métal d'apport biphasé. Les alliages biphasés qui peuvent contenir jusqu'à 12 % d'Al et 1 % de Fe ou encore jusqu'à 11 % d'Al et du fer, du nickel et du manganèse seront en général soudés avec des produits d'apport de compositions différentes de celle du métal de base afin d'éviter la tendance à la fragilisation, laquelle est due à une précipitation intergranulaire d'une phase riche en aluminium.

Les **cupro-nickel** sont assemblés en général avec des métaux d'apport de composition identique à celle du métal de base.

En conclusion, les difficultés rencontrées au cours du soudage du cuivre et de ses alliages sont dues :

- au fort coefficient de dilatation lié à une conductibilité thermique élevée
- à la présence d'oxyde
- à la précipitation sur le pourtour du joint des grains d'alliages cuivreux qui sont sujets à la fissuration.

La grande conductibilité thermique du cuivre peut provoquer, en cours de soudage des manques de fusion et un mauvais mouillage. La solution est d'effectuer un préchauffage général des pièces à assembler (jusqu'à une température de 600°C dans le cas d'épaisseurs supérieures à 25 mm).

Ces hautes températures produisent des déformations qui peuvent être importantes mais qui, le plus souvent, se répartissent sur l'ensemble de la pièce.

Les alliages de cuivre ne se soudent pas toujours avec des produits d'apport de composition identique à celle du métal de base. En effet, le zinc constitue une gêne pour les laitons tandis que pour les cupro-aluminium, cupro-silicium et cupro-nickel la précipitation de composés aux joints des grains est évitée grâce à des produits d'apport appropriés. En outre, il convient de pratiquer avant emploi des essais de soudage et de corrosion pour vérifier la compatibilité des métaux constituant le joint.

Choix du métal d'apport

Le tableau en page suivante reprend les nuances courantes et indique en **gras** les produits Castolin conseillés. Les produits notés en *italique* peuvent être utilisés mais présentent des caractéristiques inférieures et sont donnés à titre indicatif.

Type	DIN	N° Werk.	Electrode	MIG	TIG		
Cuivre	OF-Cu	2.0040	EC4085	45706 45703	45706W 45704W 45703		
	SE-Cu	2.0070					
	SW-Cu	2.0076					
	SF-Cu	2.0090					
Cuivre Faiblement Allié	CuAg 0.1P	2.1191		45706 45703	45706W 45704W 45703		
	CuAg 0.1	2.1203					
	CuMg 0.4	2.1322					
	CuMg 0.7	2.1323					
	CuBe 1.7	2.1245					
	CuBe 2	2.1247					
	CuCo 2Be	2.1285					
CuNi 1.5Si	2.0853	45761	45761W				
CuNi 2Si	2.0855						
CuNi 3Si	2.0857						
Cupro Nickel	G-CuNi 10	2.0815		45761	45761W		
	CuNi 10 Fe 1 Mn	2.0872					
	CuNi 25	2.0830		45761	45761W		
	G-CuNi 30	2.0835					
	CuNi 44 Mn 1	2.0842					
	CuNi 30 Mn 1 Fe	2.0882					
CuNi 30 Mn	2.0890						
Cupro Aluminium	CuAl 8	2.0920	<i>XHD1855</i>	45751 45756	45758W		
	CuAl 8 Fe 3	2.0932					
	CuAl 10 Fe 3 Mn 2	2.0936					
	G-CuAl10 Fe	2.0940					
	CuAl 9 Mn 2	2.0960					
	G-CuAl 8 Mn	2.0962					
	CuAl10 Ni 5 Fe 4	2.0966					
	G-CuAl 10 Ni	2.0975					
	CuAl11 Ni 6 Fe 5	2.0978					
G-CuAl 11 Ni	2.0980						
Maillechoirt	CuNi 12 Zn 24	2.0730		45761 45758	45761W 45758W		
	CuNi 18 Zn 20	2.0740					
	CuNi 12 Zn 30 Pb 1	2.0780					
	CuNi 18 Zn 19 Pb1	2.0790					
Laiton	CuZn 5	2.0220		45706 45751 45703	45706W 45751W 45703W		
	CuZn 10	2.0230					
	CuZn 15	2.0240					
	CuZn 20	2.0250					
	CuZn 28	2.0261					
	CuZn 30	2.0265					
	CuZn 33	2.0280					
	CuZn 37	2.0321					
	CuZn 36	2.0335					
	CuZn 40	2.0360					
	CuZn 20 Al 2	2.0460					
	CuZn 28 Sn 1	2.0470					
	CuZn 31 Si 1	2.0490					
	CuZn 37 Al 1	2.0510					
	CuZn 38 Sn 1	2.0530					
	CuZn 35 Ni 2	2.0540					
	CuZn 40 Al 2	2.0550					
	CuZn 40Mn 2	2.0572					
	Bronze	CuSn 4		2.1016	EC4085	45706	45706W
		CuSn 6		2.1020			
CuSn 8		2.1030					
CuSn 10		2.1050					
CuSn 12		2.1052					
G-CuSn 12 Ni		2.1060					
G-CuSn 10 Zn		2.1086					
G-CuSn 7 ZnPb		2.1090					
G-CuSn 6 ZnNi		2.1093					
G-CuSn 5 ZnPb		2.1096					



GAZ DE PROTECTION

Que ce soit en MIG ou en TIG les gaz et mélanges utilisés sont :

- ❑ argon : le plus employé
- ❑ hélium : bon résultat grâce à une pénétration élevée et un régime très chaud mais prix élevé
- ❑ azote : donne un bain plus chaud et diminue la nécessité du préchauffage. La chaleur supplémentaire amenée par l'azote est due à la décomposition de la molécule N² dans l'arc. L'azote présente des inconvénients : en MIG le transfert du métal dans l'azote est moins bon que sous Argon ou Hélium ce qui produit à des projections assez importantes, en TIG le risque de porosités est très important.
- ❑ Argon-hélium (30% He) : combine les avantages de l'argon et de l'hélium
- ❑ Argon-azote (10 à 20% N²) : combine les avantages de l'argon et de l'azote

Remarque : sur les bronzes en soudage TIG il est conseillé d'utiliser un mélange Argon-hélium. Une protection gazeuse de l'envers est nécessaire afin d'éviter le rochage et les porosités.

COURANTS DE SOUDAGE MIG ET TIG

Les électrodes enrobées utilisées pour le soudage du cuivre sont le plus souvent utilisées en courant DC+.

En TIG les cupro-aluminium et les laitons se soudent en courant alternatif. Les autres types de cuivres et alliages se soudent en courant DC-.

Type	Electrode	Courant MIG	Courant TIG
Cuivre pur	DC+ (le plus souvent)	DC+	DC-
Cuivre bas allié			
Bronze			
Cupro-nickel			AC
Cupro-aluminium			
Laiton			

PRECHAUFFAGE ET PRAMETRES DE SOUDAGE MIG ET TIG

Tableau indicatif des paramètres de soudage

Epaisseur en mm	MIG		TIG	
	Temp.	Intensité A	Temp.	Intensité A
3	Ambiante	270	200	135
5	Ambiante	300	300	245
6	200	320	350	300
8	300	450	400	350
10	400	400	550	400et +
12	450	400	600	400 et +
Sup. à 16	Au rouge	450	Au rouge	400 et +

Si de l'azote est utilisé comme gaz de protection il est possible de diminuer les températures de préchauffage de 25% environ.