

MÉTAUX ET ALLIAGES USUELS

NOM commercial	SYMBOLE	DENSITÉ	TEMPÉRATURE de fusion	TEMPÉRATURE de recuit
Acier extra-doux		7,8	de 1 300	850 °
Acier mi-dur		à	à	800 à 900 °
Acier extra-dur		7,9	1 500 °	800 à 850 °
Antimoine	Sb	6,7	630 °	
Bismuth	Bi	9,8	270 °	
Chrome	Cr	7,1	1 615 °	
Cuivre	Cu	8,9	1 083 °	700 à 750 °
Étain	Sn	7,3	232 °	
Fer	Fe	7,9	1 527 °	850 °
Fonte grise		7,2	1 200 °	
Laiton		8,5	900 °	650 à 700 °
Maillechort		8,6	920 à 1 050 °	750 à 900 °
Manganèse	Mn	7,3	1 245 °	
Monel		8,82	1 360 °	750 à 900 °
Nickel	Ni	8,8	1 452 °	750 à 950 °
Plomb	Pb	11,4	327 °	150 à 200 °
Régul à l'étain		9,3	240 °	
Tungstène	Tu ou W	19,3	≈ 3 370 °	
Zinc	Zn	7,1	419 °	100 à 150 °

**DÉSIGNATIONS COMMERCIALES
DES TÔLES ACIER LAMINÉES A CHAUD**

POUR L'EMBOUITISSAGE

EXTRAIT DE LA NORME AFNOR A 36 - 301

Dénomination	Symbole	Résistance à la traction R Kgf/mm ²	Allongement % minimum A %
Qualité courante	0 C	30 - 50	
Qualités ayant des caractéristiques d'emboutissage	1 C	≤ 44	25 - 28
	2 C	≤ 39	28 - 32
	3 C	≤ 38	30 - 36

1. Tôles commerciales 0C

Aucune garantie ne peut être donnée hormis les valeurs maximales et minimales pour la résistance à la traction.

Un bon aspect de surface ne peut être exigé.

Elles peuvent être livrées avec ou sans décapage.

2. Tôles à indices 1C, 2C, 3C.

Ces tôles répondent à des caractéristiques d'emboutissage et à un aspect de surface.

Nota :

De légers défauts de surface peuvent être apparents ainsi qu'une coloration légère.

Une petite couche de calamine recouvre les tôles non décapées.

**DÉSIGNATIONS COMMERCIALES
DES TÔLES ACIER LAMINÉES A FROID**

POUR L'EMBOUITISSAGE

EXTRAIT DE LA NORME AFNOR A 36 - 401

Dénomination	Symbole	Résistance à la traction R Kgf/mm ²	Allongement % minimum A %
Tôles commerciales	T C	42	23 - 24
Qualité ayant des caractéristiques d'emboutissage	E	38	30 - 31
	E S	35	36 - 37

1. Aspect des surfaces.

Au nombre de deux : X ou Z. Ils peuvent être combinés avec les deux qualités ayant des caractéristiques d'emboutissage.

Aspect X :

Sont admises les tôles présentant de légères gravelures, de petites marques ou une faible coloration.

Aspect Z :

La face la meilleure doit être sans défaut.

Nota : Pratiquement la tôle n'est inspectée que sur une seule face.

2. Finition de surface.

Aspect X : Possibilité de 2 finitions.

Aspect Z : Possibilité de 3 finitions.

(Voir à la commande, avec le fournisseur, pour accord sur le degré de finition).

*Exemples : Tôle TC. Tôle E. Tôle EX. ou EZ
Tôle ES ou ESX ou ESZ.*

SYMBOLISATION DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES

Extrait de la Norme AFNOR A 02-001

Deux groupes de lettres désignent la composition chimique.

Le 1^{er} groupe : comporte la lettre du métal de base A.

Le 2^e groupe : séparé du 1^{er} par un tiret, comporte des lettres représentant les éléments d'addition et, éventuellement, des chiffres caractérisant leur teneur (chaque chiffre suivant immédiatement l'élément d'addition auquel il se rapporte).

Élément	Symbole abrégé	Élément	Symbole abrégé
Aluminium	A	Magnésium	G
Antimoine	R	Manganèse	M
Beryllium	Be	Nickel	N
Bore	B	Plomb	Pb
Cadmium	Cd	Silicium	S
Cérium	Ce	Titane	T
Chrome	C	Tungstène	W
Cobalt	K	Vanadium	V
Cuivre	U	Zinc	Z
Étain	E	Zirconium	Zr
Fer	Fe		

Exemples : A - G3 = Aluminium + Magnésium 3 %.

A - U4G1 = Aluminium + Cuivre 4 % + Magnésium 1 %.

Il existe 5 qualités d'aluminium non allié :

A9 correspond à une pureté de 99,99 % (1)

A8 correspond à une pureté de 99,8 %

A7 correspond à une pureté de 99,7 %

A5 correspond à une pureté de 99,5 %

A4 correspond à une pureté de 99 %

(1) Le symbole A9 peut être remplacé par les symboles A99 (99,99 %) et A95 (99,95 %) pour préciser les qualités de métal à très haut titre.

SYMBOLISATION DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES (suite)

Désignation des modes d'obtention et des états de livraison des PRODUITS CORROYÉS

Le principe est de désigner par une lettre-symbole (F, O, H, T) les différents états de livraison de base, suivie d'un premier chiffre indiquant le cycle-type de traitement mécanique ou thermique subi par le métal, puis éventuellement d'un ou plusieurs chiffres indiquant les nuances de dureté ou des variantes dans le cycle-type.

Symbole des états de base :

F = État tel que fabriqué. O = État recuit ou recristallisé.
H = État écroui par une opération de travail à froid. T = État traité thermiquement.

Subdivision de l'état H :

H1 = écrouissage seul par travail à froid.
H2 = écrouissage suivi d'un recuit de restauration.
H3 = écrouissage suivi d'une stabilisation.

Nuances de dureté :

1 désigne la nuance la moins dure - symbole - H11.
2 désigne la nuance 1/4 dur - symboles - H12, H22, H32.
4 désigne la nuance 1/2 dur - symboles - H14, H24, H34.
6 désigne la nuance 3/4 dur - symboles - H16, H26, H36.
8 désigne la nuance 4/4 dur - symboles - H18, H28.
9 désigne la nuance extra-dur - symbole - H19.

Subdivision de l'état T :

T3 = mise en solution, trempé, travail à froid, vieillissement naturel.
T4 = mise en solution, trempé et vieillissement naturel.
T5 = seulement revenu.
T6 = mise en solution, trempé et revenu.
T8 = mise en solution, trempé, écrouissage et revenu.
T10 = revenu et écrouissage.

SYMBOLISATION DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES

Extrait de la Norme AFNOR A 02-001

Deux groupes de lettres désignent la composition chimique.

Le 1^{er} groupe : comporte la lettre du métal de base A.

Le 2^e groupe : séparé du 1^{er} par un tiret, comporte des lettres représentant les éléments d'addition et, éventuellement, des chiffres caractérisant leur teneur (*chaque chiffre suivant immédiatement l'élément d'addition auquel il se rapporte*).

Élément	Symbole abrégé	Élément	Symbole abrégé
Aluminium	A	Magnésium	G
Antimoine	R	Manganèse	M
Beryllium	Be	Nickel	N
Bore	B	Plomb	Pb
Cadmium	Cd	Silicium	S
Cérium	Ce	Titane	T
Chrome	C	Tungstène	W
Cobalt	K	Vanadium	V
Cuivre	U	Zinc	Z
Étain	E	Zirconium	Zr
Fer	Fe		

Exemples : A - G3 = Aluminium + Magnésium 3%.

A - U4G1 = Aluminium + Cuivre 4% + Magnésium 1%.

Il existe 5 qualités d'aluminium non allié :

A9 correspond à une pureté de 99,99 % (1)

A8 correspond à une pureté de 99,8 %

A7 correspond à une pureté de 99,7 %

A5 correspond à une pureté de 99,5 %

A4 correspond à une pureté de 99 %

(1) Le symbole A9 peut être remplacé par les symboles A99 (99,99 %) et A95 (99,95 %) pour préciser les qualités de métal à très haut titre.

SYMBOLISATION DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES (suite)

Désignation des modes d'obtention et des états de livraison des PRODUITS CORROYÉS

Le principe est de désigner par une lettre-symbole (F, O, H, T) les différents états de livraison de base, suivie d'un premier chiffre indiquant le cycle-type de traitement mécanique ou thermique subi par le métal, puis éventuellement d'un ou plusieurs chiffres indiquant les nuances de dureté ou des variantes dans le cycle-type.

Symbole des états de base :

F = État tel que fabriqué. O = État recuit ou recristallisé.
H = État écroui par une opération de travail à froid. T = État traité thermiquement.

Subdivision de l'état H :

H1 = écrouissage seul par travail à froid.
H2 = écrouissage suivi d'un recuit de restauration.
H3 = écrouissage suivi d'une stabilisation.

Nuances de dureté :

1 désigne la nuance la moins dure - symbole - H11.
2 désigne la nuance 1/4 dur - symboles - H12, H22, H32.
4 désigne la nuance 1/2 dur - symboles - H14, H24, H34.
6 désigne la nuance 3/4 dur - symboles - H16, H26, H36.
8 désigne la nuance 4/4 dur - symboles - H18, H28.
9 désigne la nuance extra-dur - symbole - H19.

Subdivision de l'état T :

T3 = mise en solution, trempe, travail à froid, vieillissement naturel.
T4 = mise en solution, trempe et vieillissement naturel.
T5 = seulement revenu.
T6 = mise en solution, trempe et revenu.
T8 = mise en solution, trempe, écrouissage et revenu.
T10 = revenu et écrouissage.

PRINCIPAUX MÉTAUX ET ALLIAGES LÉGERS DE FORGE ET DE LAMINAGE

Généralités { Masse spécifique (g/cm³) : 2,63 à 2,80
Températures de fusion : 600 à 658 °C

Symbole	Températures		Applications principales
	de Recuit	de Trempe	
Sans traitements thermiques			
A4	350/400	—	Chaudronnage-emboutissage d'emploi courant
A5	350/400	—	Industries chimiques, alimentaires, couvertures de bâtiment.
A9	350/400	—	Réflecteurs d'éclairage, condensateurs humides, bijouterie fantaisie.
A-M1	350/400	—	Comme A4, A5 avec amélioration des caractéristiques mécaniques.
A-G3 A-G5	380/450	—	Automobile, marine, chemin de fer, citernes, textile, matériel électro-domestique.
A9-G1	325/375	—	Orfèvrerie, bijouterie fantaisie, accessoires pour automobiles, bâtiment.
Avec traitements thermiques			
A-SG	350/400	500/530	Emboutissage profond, charpentes, chimie, pots à lait, fûts.
A-U4G	350/400	480/500	Aviation, automobile, horlogerie, pièces forgées.
A-Z5G		445/455	Charpentes et structures soudées, véhicules routiers.
A-Z8GU		460/470	Aviation, armement.

ALUMINIUM ET ALLIAGES LÉGERS

Aptitudes au soudage par les procédés usuels

Légende :	Soudage oxy-acétylénique	Soudo-brasage	Brazage (1)	Soudage électrique à l'arc		Soudage électrique par résistance (2)
				Électrode enrobée	En atmo- sphère d'argon	
Alliages de forge et de laminage :						
A4, A5, A8, A9	R	R	R	P	R	R
A-M1, A-M1G	R	R	R	P	R	R
A-G1, A-G2	R	R	R	P	R	R
A-G3	R	U	U	P	R	R
A-G4MC, A-G5	R	D	U	P	R	R
A-SG, A-GS	R	R	U	P	R	R
A-U4G, A-U4G1	D	U	U	P	U	R
A-U4SG	D	U	U	P	U	R
A-Z3G2, A-Z5G	R	U	U	P	R	R
A-Z5GU, A-Z8GU	D	U	U	P	U	R
Alliages de fonderie :						
A-G3T	R	U	U	R	R	D
A-G6	R	D	U	R	R	D
A-G10	D	D	U	D	D	D
A-S13, A-S10G, A-S7G	R	U	U	R	R	D
A-U5GT	U	U	U	U	U	D
A-UBS	U	U	U	R	R	D
A-S12UN	U	U	U	R	R	D
(1) Éviter l'emploi de brasures riches en zinc avec les alliages au magnésium (MG > 1 %). (2) Le soudage par étincelage des alliages de fonderie peut être envisagé. Le soudage par points d'un alliage de fonderie sur un alliage de laminage peut être marqué : U. (3) Éliminer la couche d'alumine par abrasion mécanique.						

MASSE EN KG. PAR M² DE TOLES MÉTALLIQUES

Épaisseur en mm.	Acier D = 7,8	Alumi- num D = 2,7	Cuivre D = 8,9	Laiton D = 8,5	Magné- sium D = 1,7	Zinc D = 7,1
0,2	1,57	0,54	1,78	1,70	0,34	1,44
0,25	1,96	0,67	2,23	2,13	0,42	1,80
0,3	2,36	0,81	2,67	2,55	0,51	2,15
0,35	2,74	0,94	3,12	2,98	0,59	2,51
0,4	3,14	1,08	3,56	3,40	0,68	2,87
0,45	3,53	1,21	4,01	3,83	0,76	3,23
0,5	3,93	1,35	4,45	4,25	0,85	3,59
0,6	4,71	1,62	5,34	5,10	1,02	4,31
0,7	5,50	1,89	6,23	5,95	1,19	5,03
0,8	6,28	2,16	7,12	6,80	1,36	5,74
0,9	7,07	2,43	8,01	7,65	1,53	6,46
1,0	7,85	2,70	8,90	8,50	1,70	7,18
1,1	8,64	2,97	9,79	9,35	1,87	7,90
1,2	9,42	3,24	10,68	10,20	2,04	8,62
1,3	10,20	3,51	11,6	11,1	2,21	9,33
1,4	11,0	3,78	12,5	11,9	2,38	10,1
1,5	11,8	4,05	13,4	12,8	2,55	10,8
1,6	12,56	4,32	14,2	13,6	2,72	11,5
1,7	13,35	4,59	15,1	14,4	2,89	12,2
1,8	14,13	4,86	16,0	15,3	3,06	12,9
1,9	14,90	5,13	16,9	16,2	3,23	13,65
2,0	15,7	5,40	17,8	17,0	3,40	14,4
2,2	17,27	5,94	19,6	18,7	3,74	15,8
2,5	19,6	6,75	22,3	21,3	4,25	18,0
2,8	22,0	7,56	24,9	23,8	4,76	20,1
3,0	23,6	7,10	26,7	25,5	5,10	21,5
3,2	25,1	8,64	28,5	27,2	5,44	23,0
3,5	27,5	9,45	31,2	29,8	5,95	25,1
4,0	31,4	10,80	35,6	34,0	6,80	28,7
4,5	35,3	12,15	40,1	38,3	7,65	32,3
5,0	39,3	13,50	44,5	42,5	8,50	35,9

TABLE DE LA JAUGE DE PARIS

N°	1/10 de mm.	N°	1/10 de mm.	N°	1/10 de mm.	N°	1/10 de mm.
PP	4	10	15	18,5	36,5	28	88
P	5	11	16	19	39	29	94
1	6	12	18	19,5	41,5	30	100
2	7	13	20	20	44	31	106
3	8	14	22	21	49	32	112
4	9	14,5	23	22	54	33	118
5	10	15	24	23	59	34	124
6	11	16	27	24	64	35	130
7	12	17	30	25	70	36	136
8	13	17,5	32	26	74		
9	14	18	34	27	82		

DÉSIGNATION COURANTE DES FEUILLES DE ZINC

N° de dési- gnation	Épais- seur en mm. ≈	N° de dési- gnation	Épais- seur en mm. ≈	N° de dési- gnation	Épais- seur en mm. ≈	N° de dési- gnation	Épais- seur en mm. ≈
1	0,100	7	0,350	13	0,740	19	1,470
2	0,143	8	0,400	14	0,820	20	1,600
3	0,186	9	0,450	15	0,950	21	1,780
4	0,228	10	0,500	16	1,080	22	1,960
5	0,250	11	0,580	17	1,210	23	2,140
6	0,300	12	0,660	18	1,340	24	2,320

TREMPE ET REVENU DES ACIERS

TREMPE

C'est un traitement thermique qui consiste en un chauffage suivi d'un refroidissement rapide et qui a pour but de durcir le métal.

Nota. Ne prennent la trempe que les aciers à partir de 0,3 % de carbone environ.

REVENU

C'est un traitement thermique qui consiste à atténuer la grande dureté, la fragilité et les tensions internes que la trempe donne aux aciers.

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR LES ACIERS MARTIN-SIEMENS AU CARBONE

Nuance de l'acier	% de C	Qualité de trempe	Soudabilité	Traitement préconisé
extra-douce	< 0,1	Pas	très bien	Recuit à 950°.
douce	0,1 à 0,2	Pas	bien	Recuit à 900°.
mi-douce	0,2 à 0,4	Peu	assez bien	Recuit à 875°. Trempe à 875° à l'eau. Revenu : entre 400 et 650°.
mi-dure	0,4 à 0,6	Bien	mal	Recuit à 850°. Trempe à 850° à l'eau. Revenu : entre 300 et 650°.
dure	0,6 à 0,7	Très bien	Ne soude pas	Recuit à 850°. Trempe à 825° eau ou huile. Revenu : entre 300 et 650°.
très dure	0,7 à 0,8	Fortement	Ne soude pas	Recuit à 825°. Trempe à 825° à l'huile. Revenu : entre 300 et 600°.
extra-dure	> 0,8	Très Fortement	Ne soude pas	Recuit à 825°. Trempe à 800° à l'huile. Revenu : entre 300 et 600°.

CONTROLE VISUEL DES TEMPÉRATURES

TABEAU DE COLORATION DES ACIERS

T°	Coloration du métal	Témoin fusible de contrôle	T°	Coloration du métal	Témoin fusible de contrôle
225	Jaune paille	Étain pur 232°	800	Rouge cerise naissant	Alliage Cuivre 74, Étain 26 1795
245	Orange	Alliage Plomb 65 Étain 35	850	Rouge cerise naissant avancé	Alliage Cuivre 81 Étain 19
265	Gorge de Pigeon	Alliage Cadmium 84 ^{1/2} Plomb 16 ^{1/2}	900	Rouge cerise	Alliage Cuivre 82 Étain 18
275	Violet	Bismuth 271°	950	Rouge cerise clair	Alliage Cuivre 85 Étain 15
290	Indigo		1000	Rouge cerise très clair	
295	Bleu foncé		1050	Jaune orange	Or 1065°
330	Vert d'eau	Plomb 327°	1100	jaune	Cuivre 1060° à 1100°
350	Vert foncé		1150	jaune clair	
400	Gris oxyde		1200	jaune très clair	
450		Zinc 420°	1250	Blanc naissant	
500	Rouge naissant	Alliage Cuivre 130 Aluminium 170	1300	Blanc	Fonte grise environ 1275°
550	Rouge naissant	Alliage Cuivre 155 Aluminium 145	1350	Blanc vif	
600	Rouge très sombre	Alliage Cuivre 145 Aluminium 658	1400	Blanc éblouissant	Nickel 1450°
650	Rouge sombre		1500	Fusion	
700	Rouge sombre avancé		1600		
750	Rouge sombre très avancé				

Nota. Pour les colorations au-dessous de 450° il est préférable d'avoir une pièce correctement polie.

CONTROLE VISUEL DES TEMPÉRATURES

TABLEAU DE CARBONISATION DES DIFFÉRENTS CORPS APPLIQUÉS SUR LES PIÈCES EN MÉTAUX LÉGERS

T°	Savon de Marseille	Huile de Ricin	Suif	Sciure de bois
160	Jaune		Faible dégagement de fumées	
190	Brun clair			
220	Brun			
250		Brun très clair	Jaune	
280	Brun foncé	Brun clair	Brun très clair	
300	Noir brillant	Brun	Brun clair	Fume légèrement
350		Brun foncé	Brun	
400		Noir franc	Noir brillant	Fume plus abondamment
420		Commence à pâlir		Fume instantanément sans points rouges
450	Noir mat	Disparu à demi	Commence à pâlir	Fume avec apparition de points rouges
500		Complètement disparu	Complètement disparu	Fume avec nombreux points rouges

TEMPÉRATURES DE FORGEAGE

ACIERS AU CARBONE ORDINAIRES			
Nuance de l'acier	% de C.	Température de forgeage	Coloration
extra-douce	< 0,1	1 100 à 1 200°	Jaune clair
douce	0,1 à 0,2	1 050 à 1 150°	Jaune
mi-douce	0,2 à 0,4	1 050 à 1 150°	Jaune
mi-dure	0,4 à 0,6	1 000 à 1 100°	Jaune orangé
dure	0,6 à 0,7	950 à 1 050°	R. cerise très clair
très dure	0,7 à 0,8	950 à 1 050°	R. cerise très clair
extra dure	> 0,8	900 à 1 000°	Rouge cerise clair

Nuance de l'acier	% des composants	Température de forgeage	Coloration
au nickel	Ni : 1 à 15%	≈ 1 000°	R. cerise très clair
au nickel	Ni : 15 à 30%	850 à 1 000°	Rouge cerise clair
nickel-chrome	Ni : 1,4%	≈ 1 050°	Jaune orangé
	Cr : 1%		
au manganèse	Mn : 12%	750 à 900°	Rouge cerise
mangano-siliceux	Mn : 0,6%	≈ 1 000°	R. cerise très clair
	Si : 1,8%		
cémentation	Ni :	≈ 1 100°	Jaune
	Cr :		
Inoxydable	Mn :	900 à 1 175°	Jaune orangé
	Cr : 18%		
	Ni : 8%		

CINTRAGE DES TOLES

Calcul de la longueur développée.

Elle se calcule sur la fibre neutre appelée encore fibre moyenne qui ne change pas au cintrage.

La fibre extérieure s'allonge.

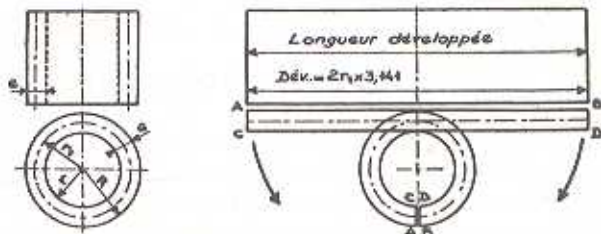
La fibre intérieure se resserre.

$$\text{Longueur développée} = \varnothing \text{ moyen} \times \pi$$

$$\varnothing \text{ moyen} = \varnothing \text{ extérieur} - e$$

$$\varnothing \text{ moyen} = \varnothing \text{ intérieur} + e$$

e étant l'épaisseur à cintrer.

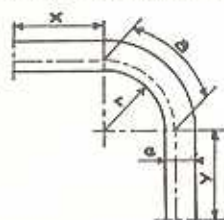


R = rayon extérieur . r = rayon intérieur r_1 = rayon moyen

LE PLIAGE (suite)

PLIAGE A ANGLE DROIT

3°) avec arrondi $r = 2 \text{ à } 3e$



$$a = \left(r + \frac{e}{3}\right) 2 \times \frac{\pi}{4}$$

Le calcul se fait sur la fibre au $\frac{1}{3}$ en partant de l'intérieur.

Exemple : $x = 100, y = 100, e = 6, r = 12$

Longueur développée :

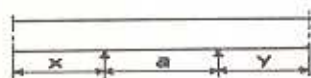
$$= 100 + \left(r + \frac{e}{3}\right) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

$$= 100 + (12 + 2) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

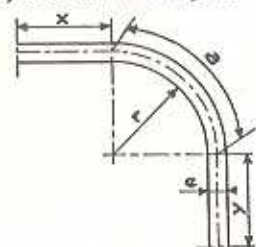
$$= 100 + \left(28 \times \frac{\pi}{4}\right) + 100$$

$$= 100 + \left(14 \times \frac{\pi}{2}\right) + 100$$

$$= 100 + (14 \times 1,570) + 100 = 100 + 21,98 + 100 = \underline{\underline{221,98}}$$



4°) avec arrondi $r > 4e$



$$a = \left(r + \frac{e}{2}\right) 2 \times \frac{\pi}{4}$$

Le calcul se fait sur la fibre moyenne.

Exemple :

$x = 100, y = 100, e = 5, r = 25$

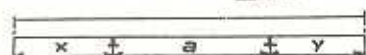
Longueur développée :

$$= 100 + \left(r + \frac{e}{2}\right) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

$$= 100 + (25 + 2,5) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

$$= 100 + \left(55 \times \frac{\pi}{4}\right) + 100$$

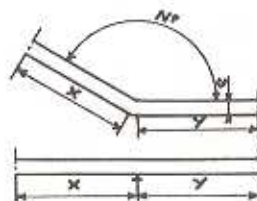
$$= 100 + \left(27,5 \times \frac{\pi}{2}\right) + 100 = 100 + 43,175 + 100 = \underline{\underline{243,175}}$$



LE PLIAGE (suite)

PLIAGE A UN ANGLE $> 90^\circ$

5°) Sans arrondi $e \leq 1,5 \text{ mm}$.



On ne tient pas compte de l'arrondi de pliage.

Exemple :

Acier doux $e = 1$

$x = 100, y = 100$

Longueur développée :

$$100 + 100 = \underline{\underline{200}}$$

6°) Sans arrondi $e > 1,5 \text{ mm}$.

L'angle au centre interceptant la courbe comprise entre les deux parties droites x et y est le supplément de l'angle N° , soit : $180^\circ - N^\circ$.

La longueur développée se calcule sur la fibre au $\frac{1}{3}$ en partant de l'intérieur.

Nous avons : $R = r + \frac{e}{3}$

ce qui donne la formule

$$a = \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180}$$

Exemple : $N^\circ = 120^\circ, e = 3$

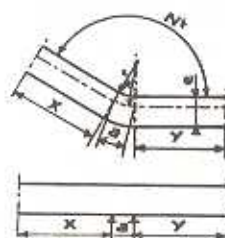
$r = 3, x = 100, y = 100$.

Longueur développée :

$$= 100 + \pi R \frac{(180^\circ - N^\circ)}{180} + 100$$

$$= 100 + \left(\frac{3,14 \times 4 \times 60}{180}\right) + 100$$

$$= 100 + 4,18 + 100 = \underline{\underline{204,18}}$$

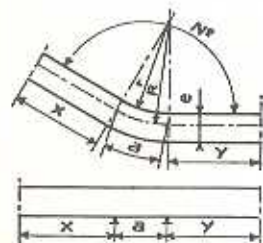


LE PLIAGE (suite)

PLIAGE A UN ANGLE $> 90^\circ$

7°) Avec arrondi $r = 2 \text{ à } 3e$.

La longueur développée se calcule sur la fibre au $\frac{1}{3}$.



Nous avons : $R = r + \frac{e}{3}$

ce qui donne la formule

$$a = \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180}$$

Exemple : $N^\circ = 120^\circ$, $e = 3$, $r = 9$
 $x = 100$, $y = 100$

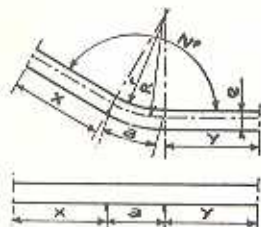
Longueur développée :

$$= 100 + \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180} + 100$$

$$= 100 + \left(\frac{3,14 \times 10 \times 60}{180} \right) + 100 = 100 + 10,46 + 100 = \underline{210,46}$$

8°) Avec arrondi $r > 4e$.

La longueur développée se calcule sur la fibre au $\frac{1}{3}$.



Nous avons : $R = r + \frac{e}{3}$

ce qui donne la formule

$$a = \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180}$$

Exemple : $N^\circ = 120^\circ$, $e = 3$, $r = 17$
 $x = 100$, $y = 100$

Longueur développée :

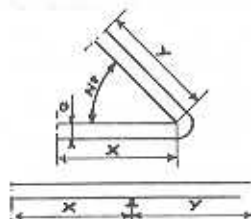
$$= 100 + \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180} + 100$$

$$= 100 + \left(\frac{3,14 \times 18 \times 60}{180} \right) + 100 = 100 + 18,84 + 100 = \underline{218,84}$$

LE PLIAGE (suite)

PLIAGE A UN ANGLE $< 90^\circ$

9°) Sans arrondi $e \leq 1,5 \text{ mm}$.



On ne tient pas compte de l'arrondi de pliage.

Exemple :

$$x = 100, y = 100$$

Longueur développée :

$$100 + 100 = \underline{200}$$

10°) Sans arrondi $e > 1,5 \text{ mm}$.

L'angle au centre interceptant la courbe comprise entre les deux parties droites x et y est le supplément de l'angle N° , soit $180^\circ - N^\circ$.

La longueur développée se calcule sur la fibre moyenne.

Nous avons : $R = r + \frac{e}{2}$

ce qui donne la formule :

$$a = \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180}$$

Exemple : $N^\circ = 60^\circ$, $e = 4$
 $r = 4$, $x = 100$, $y = 100$

Longueur développée :

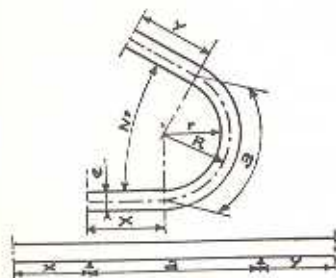
$$= 100 + \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180} + 100$$

$$= 100 + \left(\frac{3,14 \times 6 \times 120}{180} \right) + 100 = 100 + 12,56 + 100 = \underline{212,56}$$

LE PLIAGE (suite)

PLIAGE A UN ANGLE $< 90^\circ$ (suite)

11°) Avec arrondi $r = 2 \text{ à } 3e$.



$$= 100 + \left(\frac{3,14 \times 14 \times 120}{180} \right) + 100 = 100 + 29,30 + 100 = \underline{\underline{229,30}}$$

La longueur développée se calcule sur la fibre moyenne.

$$\text{Nous avons : } R = r + \frac{e}{2}$$

ce qui donne la formule :

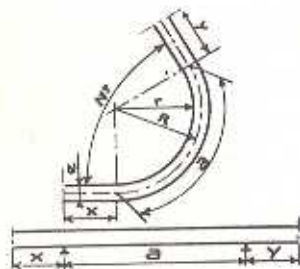
$$a = \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180}$$

Exemple : $N^\circ = 60^\circ$, $e = 4$, $r = 12$
 $x = 100$, $y = 100$

Longueur développée :

$$= 100 + \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180} + 100$$

12°) Avec arrondi $r > 4e$.



$$= 100 + \left(\frac{3,14 \times 11 \times 120}{180} \right) + 100 = 100 + 23,02 + 100 = \underline{\underline{223,02}}$$

La longueur développée se calcule sur la fibre moyenne.

$$\text{Nous avons : } R = r + \frac{e}{2}$$

ce qui donne la formule :

$$a = \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180}$$

Exemple : $N^\circ = 60^\circ$, $e = 2$, $r = 10$
 $x = 100$, $y = 100$.

Longueur développée :

$$= 100 + \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180} + 100$$

LE PLIAGE

RAYONS INTÉRIEURS MINIMUM DE PLIAGE A OBSERVER DANS LE CAS DE TRAVAIL A FROID

Métal	Épaisseur des tôles en mm. (e)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	> 10
Acier doux.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$r \leq e$
Acier inox.	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	$r \geq 2,5e$
Acier mi-dur	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	$r \geq 2,5e$
Alu. recuit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$r \geq e$
Alu. écroui.	1	3	5	7	10	13	16	20	25	30	$r \geq 3e$
AG3.....	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15	$r \geq 1,5e$
AG5.....	2	3,5	5	6,5	8	9,5	11	12,5	14	16	$r \geq 1,6e$
AU4G recuit.	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	$r \geq 3e$
AU4Gécroui.	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	$r \geq 5e$
Cuivre recuit.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$r \geq e$
Cuivre écroui....	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	$r \geq 2,5e$
Laiton 1 ^{er} titre.....	1	3	5	7	10	13	16	20	25	30	$r \geq 3e$

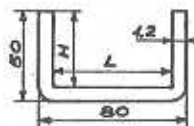
Exemple : AU4G écroui en 8 mm. Rayon de cintrage : 40 mm.

NOTA. Il est d'usage pour les pliages jusqu'à 1,5 mm, de négliger la longueur de l'arrondi de pliage. Le tracé doit se faire suivant les cotes intérieures.

LE PLIAGE (suite)

PLIAGE A ANGLE DROIT

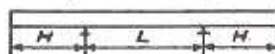
1^{er}) sans arrondi $e \leq 1,5$



On ne tient pas compte de l'arrondi de pliage.

Mise aux cotes intérieures
 $H = 48,8$, $L = 77,6$ $e = 1,2$

Longueur développée :
 $48,8 + 77,6 + 48,8 = \underline{175,2}$



2^e) Sans arrondi $e > 1,5$ mm.

$$a = \left(r + \frac{e}{3} \right) 2 \times \frac{\pi}{4}$$

Le calcul se fait sur la fibre au $\frac{1}{3}$ en partant de l'intérieur.

Exemple : acier doux $e = 3$ mm.
 $x = 100$, $y = 100$, $r = 3$

Longueur développée

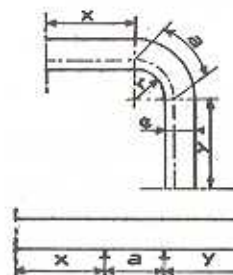
$$= 100 + \left(r + \frac{e}{3} \right) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

$$= 100 + (3 + 1) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

$$= 100 + \left(8 \times \frac{\pi}{4} \right) + 100$$

$$= 100 + \left(4 \times \frac{\pi}{2} \right) + 100 = 100 + (4 \times 1,570) + 100$$

$$= 100 + 6,28 + 100 = \underline{206,28}$$



CINTRAGE DES TUBES

I. — TUBES EN ACIER.

1° Rayons minimum de cintrage.

Désignation des tubes	Pouce anglais	Valeur du rayon de cintrage
du 8 x 13 au 50 x 60	du $\frac{1}{4}$ au 2	3 à $3 \frac{1}{4}$ D
60 x 70	2 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$ D
66 x 76	2 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$ D
80 x 90	3	6 D
90 x 102	3 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$ D
102 x 114	4	8 $\frac{1}{2}$ D

D étant le diamètre extérieur du tube

Nota.

- A) Le rayon de cintrage est toujours mesuré sur l'axe du tube considéré comme fibre neutre.
 B) Ces valeurs s'entendent pour les tubes de la série GAZ soudés ou sans soudure dans la qualité noire ou galvanisée.
 C) Il est bon de tenir compte de l'élasticité du métal dans les coude (elle est de 2 à 3 % pour la série GAZ). Un coude à 90° doit se fermer à 88° environ.

2° Cintrage à chaud sans remplissage.

Tube	Longueur de chauffe	Tube	Longueur de chauffe
12 x 17	6 cm.	33 x 42	18 cm.
15 x 21	9 cm.	40 x 49	21 cm.
20 x 27	12 cm.	50 x 60	24 cm.
26 x 34	15 cm.		

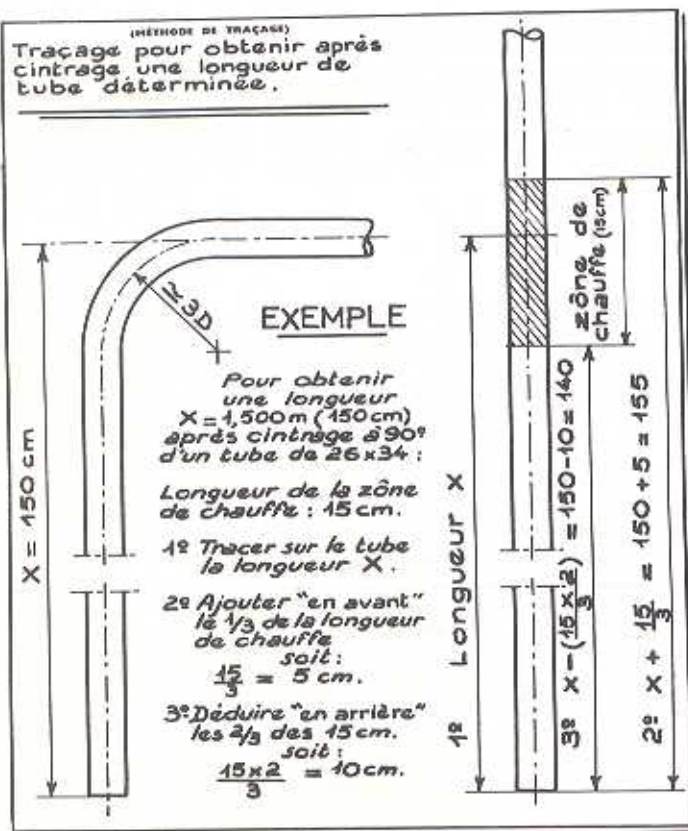
Nota.

- A) Ces longueurs de chauffe permettent d'obtenir des coudes satisfaisant aux exigences techniques et esthétiques.

CINTRAGE A CHAUD SANS REMPLISSAGE

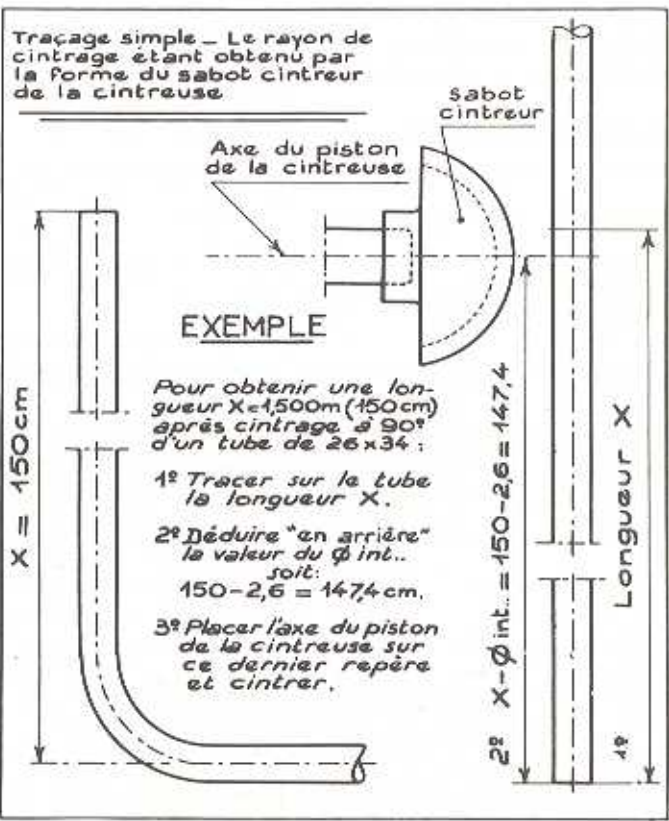
(MÉTHODE DE TRAÇAGE)

Traçage pour obtenir après cintrage une longueur de tube déterminée.



CINTRAGE A FROID A LA CINTREUSE (MÉTHODE DE TRAÇAGE)

Traçage simple - Le rayon de cintrage étant obtenu par la forme du sabot cintreur de la cintreuse.



CINTRAGE DES TUBES (suite)

II. — TUBES EN CUIVRE.

Le cintrage peut s'effectuer à froid avec remplissage préalable à la résine (recuit de la partie cintrée)

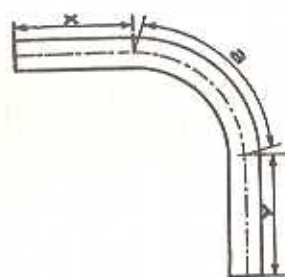
A chaud, avec remplissage au sable fin.

Au ressort (recuit de la partie cintrée).

III. — TUBES EN LAITON.

1^{er} titre : Cintrage exclusif à froid (recuit de la partie cintrée).

Troçage des coudes.



Il s'exécute sur la fibre moyenne (axe du tube).

Exemple : Soit à exécuter un cintrage sur un tube de 55 x 60 (angle du coude : 90°).

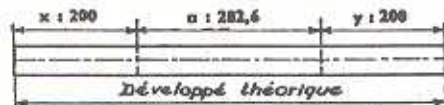
$$x = 200, \quad y = 200$$

$$\text{Rayon à adopter : } R = 60 \times 3 = 180$$

$$\text{Longueur du tube : } x + a + y$$

$$\text{Longueur de } a = \frac{2R \times \pi}{4} = \frac{360 \times 3,14}{4} = 282,6$$

$$\text{Longueur du tube} = 200 + 282,6 + 200 = 682,6$$



Développé pratique = Développé théorique + une libre marge de sécurité.

CINTRAGE DES TUBES (suite)

IV. — TUBES EN MÉTAUX LÉGERS.

1^o) Modes de cintrage.

A froid	Tube vide	}	Sur des galets (méthode valable pour les diamètres ≤ 40 mm.)
			Au ressort du diamètre 10 x 12 au diamètre 20 x 23.
A froid	Tube rempli	}	Au sable.
			A la résine.
			A l'aide d'un alliage fusible (Température de fusion $< 100^\circ$).

Nota : Dans le cintrage à froid, recuire préalablement la partie à cintrer.

TABLEAU DES RAYONS INTÉRIEURS DE CINTRAGE
(sur tubes remplis à la résine)

ALUMINIUM BRUT DE LIVRAISON 1/4 A 1/2 DUR				
Diamètre extérieur des tubes en mm.	Épaisseur des tubes en mm.			
	1	2	2,5	3
> 16	$D \times 5$	$D \times 3$		
16	150	75		
20	250	125		
25	350	170		70
30	450		180	90
35	575		230	115
40	725		290	145
45	925		370	185
50			460	230
55			560	280
60			680	340
< 60			$D \times 12$	$D \times 7$

TABLEAU

DES RAYONS INTÉRIEURS DE CINTRAGE (suite)

ALUMINIUM RECUIT				
Diamètre extérieur des tubes en mm	Épaisseur des tubes en mm			
	1	2	2,5	3
> 16	D × 3	D × 2		
16	50	30		
20	70	50		
25	100	75		
30	140		60	50
35	190		80	60
40	250		110	75
45	330		150	95
50			200	120
55			240	150
60			340	200
< 60			D × 7	D × 4

Nota. — Il est bon de fermer davantage les coudes en raison de l'élasticité du métal qui est de 5 à 6 % environ.

Exemple : Un coude à 90° doit se fermer à 85° environ.

TABLEAU

DES RAYONS INTÉRIEURS DE CINTRAGE (suite)

Diamètre extérieur des tubes en mm.	Épaisseur des tubes en mm.					
	A - SG normal A-G5 recuit		A - U 4 G sur trempé fraîche		A - U 4 G normal	
	1	2	1	2	1	2
> 16	D × 2		D × 2		D × 2,5	
16	40		40		60	
20	60	30	60	40	80	40
25	135	65	125	65	160	75
30	200	100	190	95	245	115
35	280	140	260	130	335	160
40	370	185	335	165	430	210
45	470	235	415	205	525	270
50	580	290	500	250	625	335
55		350		300		405
60		420		360		485
< 60		D × 8		D × 7		D × 9

Ce tableau est valable pour des cintrages à froid, les tubes étant remplis de résine.

Nota. — Il est recommandé de fermer davantage les coudes en raison de l'élasticité du métal qui est de 7 à 8 % environ.

Exemple : Un coude de 90° doit se fermer à 83°.

CINTRAGE DES PROFILÉS

La recherche de la longueur développée d'un profilé destiné à être cintré se calcule toujours sur son centre de gravité.

Nota. — On a soin de laisser en plus de la longueur développée théorique une petite marge de sécurité.

Exemple : Soit à cintrer en collet une cornière de $50 \times 50 \times 5$ à un diamètre de 500 intérieur.

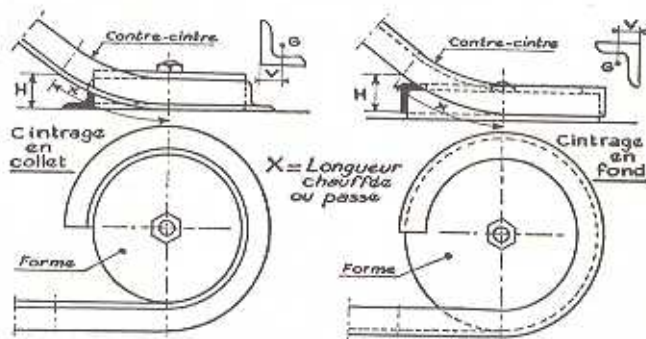
Longueur théorique de la cornière : $\pi (D + 2V)$

$$\text{Valeur de } V : \frac{50 + 5}{4} = \frac{55}{4} = 13,7.$$

Longueur de la cornière : $3,141 (500 + 2 \times 13,7) = 1666,4 \text{ mm.}$

CAS D'UNE CORNIÈRE EN FOND : (500 de diamètre ext.).

Longueur théorique de la cornière : $\pi (D - 2V)$
 $= 3,141 (500 - 2 \times 13,7) = 1484,4 \text{ mm.}$



Valeur du contre-cintrage : $H \approx \frac{1}{3}$ du rayon de cintrage à chaque passe.

But du contre-cintrage : Eviter les déformations qui se produisent dans le plan de symétrie de la cornière.

SOUDAGE A L'ÉTAIN

TABLEAU DES COMPOSITIONS COURANTES DE L'ALLIAGE
dit «Soudure à l'étain» ou «Brasure à l'étain».

Appellation	Composition		T° de Fusion ≈	Utilisations
	Sn %	Pb %		
de Plombier	30	70	260°	Travaux à la lampe à souder
au tiers	33	67	250°	Travaux courants sur tous métaux
courante	40	60	235°	Travaux de zinguerie
claire	50	50	210°	Travaux de Ferblanterie-cuivrierie
fine	60	40	190°	Travaux de Ferblanterie-Art. ménagers
extra-fine (All. eutectique)	63	37	182°	Pour pièces séjournant au contact de produits alimentaires. (conserverie, etc...)
extra-fine	95	5	225°	

TABLEAU DES ALLIAGES ÉTAIN - PLOMB DITS " Fusibles "

Appellation	Composition				T° de fusion	Utilisations
	Sn %	Pb %	Bi %	Cd %		
Alliage Hombery	33	33	33		61°	Soudage d'objets délicats (bijouterie, bimbelerie) Remplissage des tubes Alu. pour cintrage. Souppes de sécurité pour matériel d'incendie, etc...
» Lipowitz	13,5	26,5	50	10	70°	
» Wood	15,5	30,5	40	15	71°	
» Newton	17	33	50		94°	
» Darcey	25	25	50		94°	

BRASURES

TABLEAU DES BRASURES COURANTES DITES " au laiton "

Utilisations	Appellation	Forme marchande	T° de fusion ≈	Composition		
				Cu %	Zn %	Sn %
* Bronze, laitons	Fusible blanche ou romaine	grains	800°	33	67	
			820°	30	55	15
Laitons	grise	grains ou baguettes	840°	44	52	4
Cuivre mince	jaune		860°	50	50	
Cuivre sur cuivre	Laiton 2° titre	grains baguettes ou fils	880°	60	40	
Fer sur cuivre	Laiton 1er titre		940°	70	30	
Fer sur fer	1/2 rouge		975°	80	20	

TABLEAU DES PRINCIPALES BRASURES " à l'argent "

Utilisations	Forme marchande	T° de fusion ≈	Composition		
			Ag %	Cu %	Zn %
Opérations délicates	grains - fils plaquettes	750°	50	33	17
			66	24	10

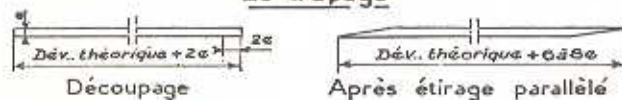
Nota. — Ce sont parfois des alliages au laiton + 5 à 15 % d'argent.

TABLEAU DES PRINCIPALES BRASURES " d'Aluminium "

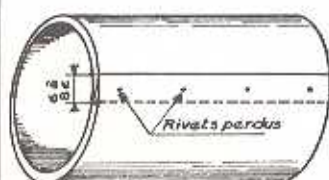
Utilisations	Forme marchande	T° de fusion	Composition			
			Zn %	Al %	Cu %	Cd %
Se montrer prudent dans l'application (risques de corrosion)	Fils	380°	50 à 80	12 à 30	8 à 20	
		à 430°				

BRASAGE A LA FORGE

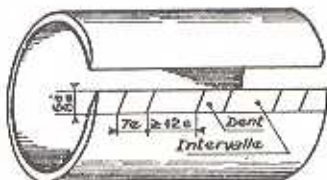
Le traçage



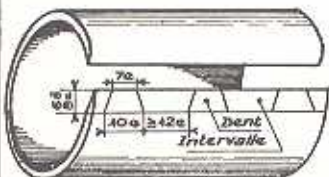
Les assemblages



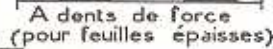
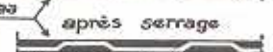
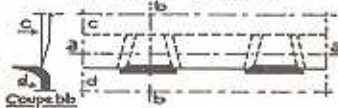
A simple recouvrement



A dents inclinées



A dents trapézoïdales



Nota

L'opération de brasage repose sur un phénomène de physique: "LA CAPILLARITE"

Le filtrage de la brasure se réalisera d'autant mieux lorsque les pinces seront bien serrées (sans écrouissage) et de façon régulière.

TABLEAU DES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE SOUDAGE

No	Procédés
1	- SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC
11	- Soudage à l'arc avec électrode fusible (sans protection gazeuse).
111	- Soudage à l'arc avec électrode enrobée.
112	- Soudage à l'arc avec fil fourré.
113	- Soudage à l'arc avec fil nu (sans protection).
114	- Soudage à l'arc avec électrode couchée.
115	- Soudage à l'arc sous flux en poudre.
12	- Soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène (soudage T.I.G.)
13	- Soudage à l'arc sous protection gazeuse avec électrode fusible.
131	- Soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec électrode fusible (soudage M.I.G.)
132	- Soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec électrode fusible (soudage M.A.G.)
14	- Soudage au plasma
15	- Soudage à l'arc des goujons.
18	- Soudage à l'arc au charbon.
19	- Soudage à l'hydrogène atomique.
2	- SOUDAGE ÉLECTRIQUE PAR RÉSISTANCE
21	- Soudage par points (par résistance).
22	- Soudage à la molette.
23	- Soudage par bossages.
24	- Soudage par étincelage.
25	- Soudage par résistance pure.
3	- SOUDAGE AUX GAZ
31	- Soudage oxy-acétylénique.
32	- Soudage oxy-propane.
33	- Soudage oxy-hydrique.
39	- Soudage aux gaz avec pression.
4	- SOUDAGE A L'ÉTAT SOLIDE
41	- Soudage par ultrasons.
42	- Soudage par friction.
43	- Soudage à la forge.

TABLEAU DES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE SOUDAGE (SUITE)

No	Procédés
44	— Soudage par explosion.
45	— Soudage par diffusion.
46	— Soudage à froid.
8	— AUTRES PROCÉDÉS DE SOUDAGE
81	— Soudage aluminothermique.
82	— Soudage sous laitier.
83	— Soudage par bombardement électronique.
84	— Soudage par induction.
85	— Soudage par radiation électro-magnétique.
851	— Soudage au laser.
852	— Soudage par image d'arc.
853	— Soudage par infra-rouge.
86	— Soudage à l'arc avec percussion.
89	— Soudage à l'arc tournant.
9	— BRASAGE
91	— Brasage fort.
911	— Brasage fort par infra-rouge.
912	— Brasage fort aux gaz.
913	— Brasage fort au four.
914	— Brasage fort au trempé.
915	— Brasage fort au bain de sel.
916	— Brasage fort par induction.
918	— Brasage fort par résistance.
919	— Brasage fort par diffusion.
92	— Brasage tendre.
921	— Brasage tendre par infra-rouge.
922	— Brasage tendre aux gaz.
923	— Brasage tendre au four.
924	— Brasage tendre au trempé.
925	— Brasage tendre au bain de sel.
926	— Brasage tendre à la vague.
928	— Brasage tendre au fer.
93	— Soudo-brasage.
931	— Soudo-brasage aux gaz.
932	— Soudo-brasage à l'arc.

REPRÉSENTATION SYMBOLIQUE DES SOUDURES AUTOGÈNES

(Extrait de la norme E 04-020 - Avril 1972)

I - TABLEAU DES SYMBOLES

SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION					
Schéma	Symbole	Définition	Schéma	Symbole	Définition
		Soudure sur bords relevés			Soudure en V
		Soudure en Y			Soudure en U ou en tulipe
		Soudure en X ou en double V			Soudure reprise à l'envers
		Soudure en 1/2 U			Soudure en bouchon ou en entaille
		Soudure en angle ou à clin			
SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION ET PRESSION					
		Soudure par points simples			Soudure continue par recouvrement
		Soudure par étincelage ou par résistance pure (préciser le procédé)	AUTRES SYMBOLES Petit drapeau sur la ligne de référence : Soudure exécutée au chantier.		
Soudure plate	Soudure convexe	Soudure concave			
Nota : Tous ces symboles peuvent être combinés entre eux si le dessin ou la compréhension s'en font sentir.					

II - RÈGLES GÉNÉRALES

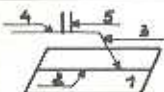
COTATION DES SOUDURES

1. Méthode. La méthode retenue pour la représentation des vues est la méthode européenne E.

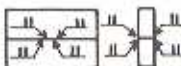


2. Représentation d'une cotation.

Principaux éléments : 1. Pièce. — 2. Joint. — 3. Ligne de repère. — 4. Ligne de référence. — 5. Symbole.



3. Positions. Les soudures sans préparation préalable des bords se représentent avec une position de ligne de repère quelconque.

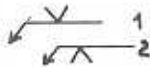


4. Orientation. Si le bord doit subir une préparation préalable, la ligne de repère sera orientée du côté de la tôle usinée.

1. Bonne orientation. — 2 : Mauvaise.



5. Soudures et vues cachées. En 1 : symbole au-dessus de la ligne de référence : soudure côté vu du dessin. — En 2 : symbole au-dessous : soudure côté caché du dessin.



6. Indications du procédé de soudage.

Le chiffre dans la fourche indique le procédé de soudage : voir tableaux annexes.

Exemple : 111 signifie soudage à l'arc avec électrode enrobée.



7. Soudures non continues.

Elles peuvent être discontinues ou discontinues alternées :

a : Valeur du congé (voir paragraphe 8)

b : Soudure en angle.

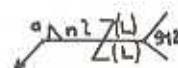
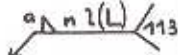
n : Nombre d'éléments.

l : Longueur d'un élément.

L : Espace entre les éléments.

Z : Discontinue alternée.

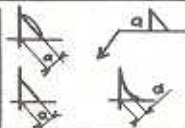
113 - 912 : Procédés de soudage.



II - RÈGLES GÉNÉRALES (SUITE)

COTATION DES SOUDURES (SUITE)

8. Cotation des congés. Elle est égale à la hauteur du triangle inscrit dans la section du cordon de soudure. La valeur «a» s'inscrit devant le symbole de soudure.



9. Soudures incomplètement pénétrées.

X = distance de la surface extérieure de la pièce à la base du cordon.

X₁ = distance de la surface extérieure de la soudure à la base du cordon.

X ne peut pas être plus grand que l'épaisseur de la pièce la moins épaisse.

A : Soudure sur bords relevés avec pénétration incomplète (symbole identique aux soudures bord à bord).

B : Soudure bord à bord chanfreinée en V pénétration totale.

C : Soudure bord à bord incomplètement pénétrée.

D : Soudure bord à bord chanfreinée en V pénétration incomplète.



10. Soudures sur la périphérie d'une pièce.

La petite circonférence indique que la pièce est soudée tout le tour.



11. Cotation des soudures par résistance.

Dans les figures par points ou par bossages, faire figurer :

d : Ø du point ou du bossage (devant le symbole)

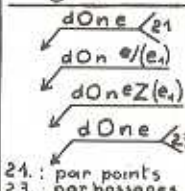
n : nombre de points ou de bossages

e : écartement entre les points.

/ : signifie que la ligne est double en chaîne.

Z : signifie que la ligne est double en quinconce.

e₁ : écartement entre les lignes de points.



24 : par points
23 : par bossages

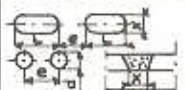
12. Soudures en bouchons et en entailles.

n : nombre de points ou d'entailles.

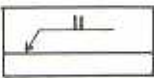

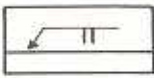

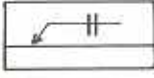

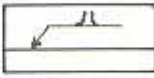

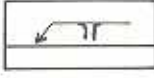

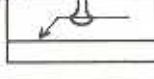

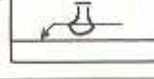

L : longueur de l'entaille. — **d** : Ø du bouchon.

e : écartement entre entailles ou bouchons.

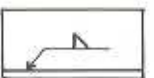

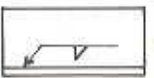

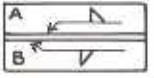
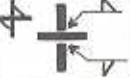
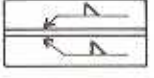

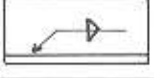

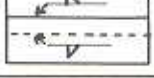

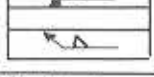

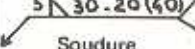
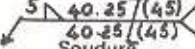

X : largeur de l'entaille ; pour entaille chanfreinée, X est pris à fond de chanfrein.



APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION

A. SOUDURES SUR BORDS DROITS			
1. Normale côté vu	1		
2. Normale côté caché	2		
3. Soudure des deux côtés	3		
B. SOUDURES SUR BORDS RELEVÉS			
1. Normale côté vu	1		
2. Normale côté caché	2		
3. Reprise à l'envers côté vu	3		
4. Plate avec reprise à l'envers	4		
<p>Note importante : Une soudure est dite cachée lorsque la surface extérieure de la soudure est à l'opposé de la ligne de repère du joint.</p>			

APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION

C. SOUDURE D'ANGLES			
Assemblages en T :			
1. Normale côté vu	1		
2. Normale côté caché	2		
3. Normale A : côté vu B : côté caché	3		
4. Normale côté vu	4		
5. Normale : côté vu côté caché	5		
Assemblages à clin :			
6. Normale : 1. côté vu 2. côté caché (incorrecte) 3. côté vu (correcte)	6		
7. Normale côté vu	7		
			
Soudure discontinue	Soudure discontinue alternée	Soudure en angle convexe	

**APPLICATION DES SYMBOLES
AUX SOUDURES AUTOGÈNES
PAR FUSION**

D. SOUDURES SUR BORDS CHANFREINÉS			
Chanfreins en V .	1		
1. Normale côté vu			
	2		
2. Normale côté caché			
Chanfreins en 1/2 V .	3		
3. Normale côté vu chanfrein sur B			
	4		
4. Normale côté vu chanfrein sur A			
Chanfreins en Y .	5		
5. Normale côté vu			
Chanfreins en 1/2 Y .	6		
6. Normale côté vu chanfrein sur A			
	7		
7. Normale côté vu chanfrein sur B			
Chanfreins en X .	8		
8. Normale			
	Soudure en V plate côté caché		Soudure en V reprise à l'envers
	Soudure en Y convexe côté vu.		

**APPLICATION DES SYMBOLES
AUX SOUDURES AUTOGÈNES
PAR FUSION**

D. SOUDURES SUR BORDS CHANFREINÉS (SUITE)			
Chanfreins en U .	1		
1. Normale côté vu			
	2		
2. Normale en double U			
Chanfreins en 1/2 U .	3		
3. Normale côté vu Chanfrein sur B			
	4		
4. Normale côté vu Chanfrein sur A			
	5		
5. Normale en double 1/2 U			
E. SOUDURES EN ENTAILLES ET BOUCHONS			
Soudures en entailles .	1		
8 : Largeur de l'entaille			
20 : Nombre d'entailles			
40 : Longueur d'une entaille			
50 : Espace entre les entailles			
Soudure en bouchons .	2		
Ø 8 : Diamètre du bouchon			
20 : Nombre de bouchons			
40 : Espace entre les bouchons			

APPLICATION DES SYMBOLES
AUX SOUDURES AUTOGÈNES
PAR FUSION ET PRESSION

F. SOUDURES ÉLECTRIQUES PAR RÉSISTANCE

1. Ligne simple, surface extérieure de la soudure sur A

10 : diamètre du point
15 : nombre de points
60 : écartement entre les points

2. Ligne simple, soudure dans le plan des 2 pièces.

Soudures continues.

3. Ligne double en chaîne.

4 : diamètre du point
5 : nombre de points
20 : écartement entre les points
/ : double en chaîne
15 : entre-axe des lignes

4. Ligne double en quinconce.

4 : diamètre du point
8 : nombre de points
15 : écartement entre les points
Z : en quinconce
20 : entre-axe des lignes

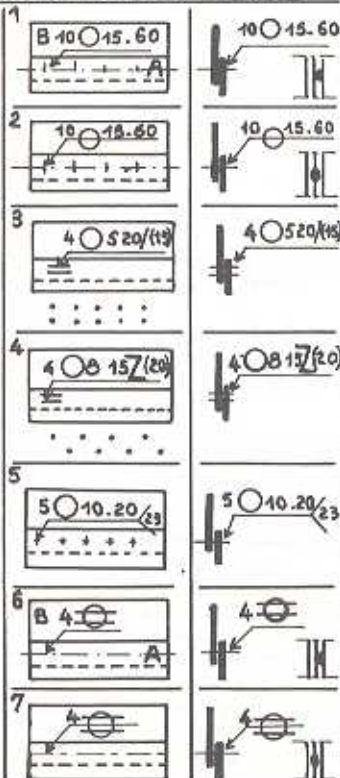
5. Par points avec bossages.

5 : diamètre du bossage
10 : nombre de bossages
20 : entre-axe des bossages
Seul, le no 23 dans la fourche indique le procédé.

6. Continue par recouvrement surface extérieure de la soudure sur A.

4 : largeur de la soudure

7. Continue exécutée dans le plan des 2 pièces.



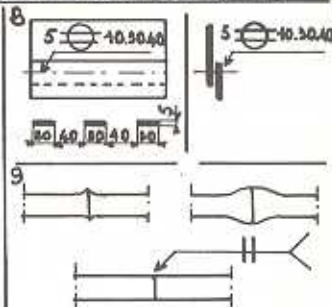
APPLICATION DES SYMBOLES
AUX SOUDURES AUTOGÈNES
PAR FUSION ET PRESSION

F. SOUDURES ÉLECTRIQUES PAR RÉSISTANCE (SUITE)

Soudures discontinues :

8. Discontinues par recouvrement.

5 : largeur de la soudure
10 : nombre d'éléments de soudure
30 : longueur d'un élément
40 : distance entre les éléments



9. Soudures en bout et par étincelage.

Nota : c'est le même symbole que pour une soudure bord à bord exécutée des deux côtés.
Le nombre 24 ou 25, dans la fourche, indique le procédé.

SOUDAGE PAR RÉSTANCE DE LA TOLE D'ACIER DOUX

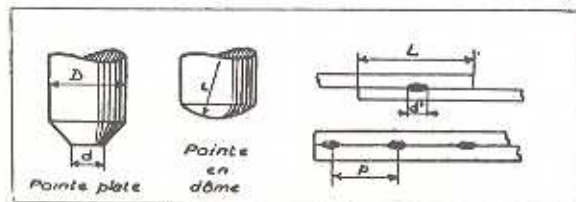
RÈGLES TYPES DE SOUDAGE PAR POINT (1)

NOTA : Les tableaux qui suivent correspondent à des conditions de soudage rapide à temps court, courant et pression élevés.

Les chiffres donnés ne sont pas absolus et un opérateur compétent obtiendra de bonnes soudures avec des réglages différents.

Épaisseur de la plus mince des 2 tôles à souder "e" mm	Dimensions d'électrodes				Diamètre normal approximatif du point soudé "d" mm	Effort entre électrodes Kg
	Pointe plate diamètre "d" mm		Diamètre minimum du corps "D" mm	Pointe en dôme rayon "r" mm		
	mini.	normal				
0,4	3,5	4	10	50	3	110
0,5	4	4,5	»	»	3,3	130
0,6	4	4,5	»	»	3,6	150
0,8	5	5,5	»	75	4,2	200
1	5	5,5	12,5	»	4,8	250
1,2	5,5	6	»	»	5,4	315
1,5	6	6,5	»	100	6	380
1,8	6	6,5	»	»	6,5	440
2	6,5	7	16	»	6,8	475
2,5	7,5	8	»	125	7,5	560
3	8	9	20	»	8,5	710
4	9	11	»	150	10	950

Légende

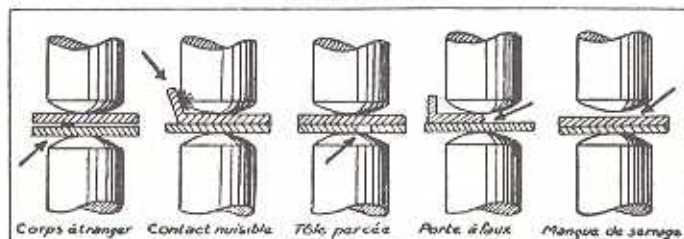


RÈGLES TYPES DE SOUDAGE PAR POINT (1)

(Suite)

Épaisseur de la plus mince des 2 tôles à souder "e" mm	Recouvrement minimum L mm	Pas minimum "p" mm		Temps de Soudage 1.100 seconde	Courant secondaire approximatif Ampères	Résistance normale du point ou cisaillement Kg
		Épaisseur totale 2 tôles	Épaisseur totale 3 tôles			
0,4	10	8	10	9	5.000	100
0,5	10	10	12,5	10	5.500	150
0,6	12	12,5	15	12	6.000	200
0,8	12	15	20	15	7.000	300
1	12	20	24	17	8.000	400
1,2	13	22	28	20	8.800	540
1,5	15	25	33	24	9.500	770
1,8	16	30	38	27	10.250	1.000
2	17	32	43	30	10.500	1.200
2,5	18	38	50	44	11.500	1.650
3	20	43	58	60	12.600	2.100
4	25	50	70	120	14.600	3.000

DÉFAUTS À ÉVITER



(1) Extrait de Documentation Technique des Établissements SCIAKY, Paris.

SOUDAGE OXY-ACÉTYLÉNIQUE

S. O. A. DE L'ACIER

Caractéristiques d'exécution








LEGENDE

Signes et termes utilisés dans les différents tableaux de méthode

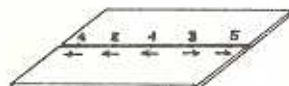
Abréviations

e : Epaisseur moyenne limite à souder en mm.
 b : Débit des buses à utiliser
 ϕ : Diamètre du métal d'apport

Mouvements

 Oscillatoires de bas en haut peu prononcés
 Saccades rapides dans le bain de fusion
 Transversaux
 Demi-circulaires réguliers
 Soulèvements successifs
 Sens de marche soudage continu
 Sens de marche soudage à la goutte

Ordre de pointage.



Exécution d'un talon

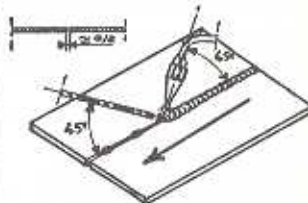


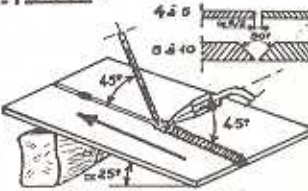

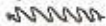
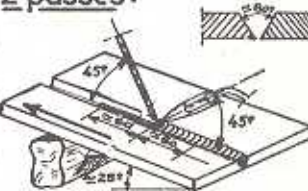

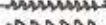


Soudage sans métal d'apport.

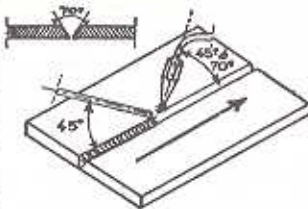
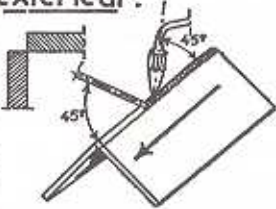
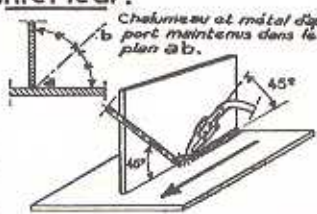


Soudage sans pointage (à la volée).

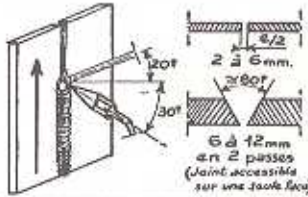
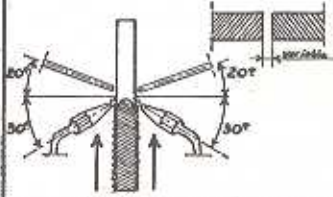
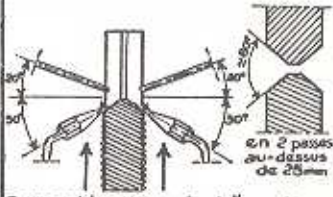


e	jusqu'à 3 mm.	<h3>Soudage à gauche.</h3> 
b	100 litres-heure par mm.	
ϕ	1 à 3 mm.	
<h3>Mouvements</h3> Chalumeau  Métal d'apport 		
e	4 à 10 mm.	<h3>Soudage 1/2 montant 1 passe.</h3> 
b	100 litres-heure par mm.	
ϕ	3 à 6 mm.	
<h3>Mouvements</h3> Chalumeau  Métal d'apport 		
e	10 à 18 mm.	<h3>Soudage 1/2 montant 2 passes.</h3> 
b	100 litres-heure par mm.	
ϕ	5 à 7 mm.	
<h3>Mouvements</h3> Chalumeau {  } Métal d'apport 		

S. O. A. DE L'ACIER (suite)

e	5 à 15 mm.	Soudage à droite 
b	100 litres .heure per mm.	
φ	3 à 6 mm.	
Mouvements		
Chalumeau	→	
Métal d'apport	~~~~~	
e	1 à 10 mm.	Soudage en angle extérieur. 
b	≈ 75 litres .heure per mm	
φ	1,5 à 5 mm.	
Mouvements		
Chalumeau	←	
Métal d'apport	~~~~~	
e	1 à 8 mm.	Soudage en angle intérieur. 
b	≥ 100 litres .heure per mm.	
φ	2 à 5 mm.	
Mouvements		
Chalumeau	←	
Métal d'apport	~~~~~	


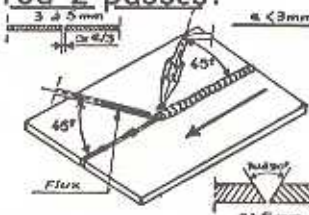

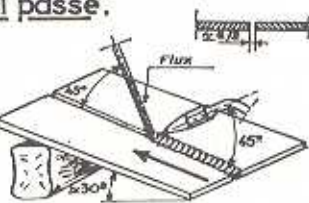

S. O. A. DE L'ACIER (suite)

e	2 à 12 mm.	Soudage montant "A" 
b	≈ 50 litres .heure per mm.	
φ	2 à 4 mm.	
Mouvements		
Chalumeau	←	
Métal d'apport	~~~~~	
e	3 à 12 mm.	Soudage montant "B" 
b	≈ 25 litres .heure per mm. (à chaque chalumeau)	
φ	2 à 3 mm.	
Mouvements		
Chalumeaux	←	
Métal d'apport	~~~~~	
e	13 à 30 mm..	Soudage montant "C" 
b	≈ 25 litres .heure per mm. (à chaque chalumeau)	
φ	4 à 5 mm.	
Mouvements		
Chalumeaux	←	
Métal d'apport	~~~~~	

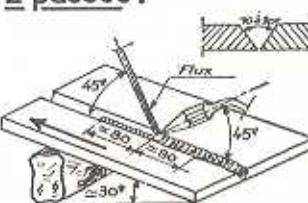
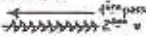

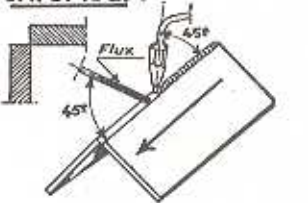

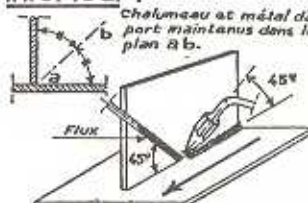

e	5 à 10 mm.	Soudage au plafond (1)
b	≈ 75 litres-heure par mm.	
∅	3 à 4 mm.	
Mouvements Chalumeau ← Métal d'apport		
e	5 à 12 mm.	Soudage en corniche (1)
b	≈ 75 litres-heure par mm.	
∅	3 à 4 mm.	
Mouvements Chalumeau { obtenir par le bord un trou allongé de forme ovale Métal d'apport par bords successifs		
(1) — Méthodes de soudage dites "en position" ou "en l'air" à éviter chaque fois qu'il est possible en raison des difficultés d'exécution. En cas d'accessibilité des 2 faces, opérer à 2 soudeurs selon le principe des soudures montantes B et C.		

e	jusqu'à 6 mm.	Soudage à gauche.
b	75 litres-heure par mm.	
∅	$\frac{a}{2} + 1 \text{ mm.}$	
Mouvements Chalumeau ← Métal d'apport		
e	3 à 12 mm.	Soudage montant "B"
b	≈ 25 litres-heure par mm. (à chaque chalumeau)	
∅	2 à 3 mm.	
Mouvements Chalumeau ← Métal d'apport		
		Coupe schématique suivant l'assemblage
Recommandations		
<ul style="list-style-type: none"> — Soudage sur pièces préalablement pointées (les points seront très rapprochés). — Veiller à obtenir une bonne pénétration (la reprise à l'envers des portions non pénétrées est peu recommandable). — Sous planage léger des soudures. 		

SOUDEGE ALUMINIUM

e	0,5 à 1mm.	Soudage sur bords relevés. 
b	≈ 50 litres-heure par mm.	
∅	sans métal d'apport.	
Mouvements Chalumeau ←		
e	1 à 4mm. (en une passe), 5 à 10mm. (en deux passes).	Soudage à gauche 1 ou 2 passes. 
b	≈ 75 litres-heure par mm.	
∅	2 à 5 mm.	
Mouvements Chalumeau ← Métal d'apport 		
e	4 à 6 mm.	Soudage 1/2 montant 1 passe. 
b	≈ 75 litres-heure par mm.	
∅	4 mm.	
Mouvements Chalumeau ← Métal d'apport 		

S. O. A. DE L'ALUMINIUM

e	au-dessus de 5mm.	Soudage 1/2 montant 2 passes. 
b	≈ 75 litres-heure par mm.	
∅	4 à 6 mm.	
Mouvements Chalumeau { ←  Métal d'apport 		
e	variable.	Soudage en angle extérieur. 
b	≈ 50 litres-heure par mm.	
∅	≈ épaisseur moyenne de l'assemblage.	
Mouvements Chalumeau ← Métal d'apport 		
e	variable.	Soudage en angle inférieur. 
b	75 à 100 litres-heure par mm.	
∅	≈ épaisseur moyenne de l'assemblage.	
Mouvements Chalumeau ← Métal d'apport 		

S. O. A. DE L'ALUMINIUM (suite)

e	inférieure à 6 mm.	Soudage montant "A"
b	≈ 50 litres-heure par mm.	
∅	2 à 4 mm.	
Mouvements		
Chalumeau	←	
Métal d'apport	~~~~~	
e	3 à 42 mm.	Soudage montant "B"
b	≈ 25 litres-heure par mm. (à chaque chalumeau)	
∅	2 à 3 mm.	
Mouvements		
Chalumeau	←	
Métal d'apport	~~~~~	
e	au-dessus de 42 mm.	Soudage montant "C"
b	≈ 25 litres-heure par mm. (à chaque chalumeau)	
∅	3 à 6 mm.	
Mouvements		
Chalumeau	←	
Métal d'apport	~~~~~	

S. O. A. DU CUIVRE

e	0,8 à 4,5 mm	Soudage à gauche "à la goutte".
b	≈ 150 litres-heure par mm.	
∅	2 mm dans chaque cas.	
Mouvements		
Chalumeau	↘	
Métal d'apport	~~~~~	
e	2 à 5 mm.	Soudage 1/2 montant "continu".
b	≈ 300 litres-heure par mm.	
∅	3 à 5 mm.	
Mouvements		
Chalumeau	←	
Métal d'apport	~~~~~	
e	5 à 42 mm. (au-dessus de 42 mm : Méthode "C")	Soudage montant "B" "à la goutte".
b	≈ 125 litres-heure par mm (à chaque chalumeau)	
∅	3 à 5 mm.	
Mouvements		
Chalumeau	↘	
Métal d'apport	~~~~~	

S. O. A. LAITONS ET FONTES

LES LAITONS

Positionner la pièce chaque fois que possible pour opérer selon la "méthode de soudage à gauche", au cas contraire, mêmes dispositions que pour le soudage de l'acier.
FLAMME TOUJOURS OXYDANTE

e variable.

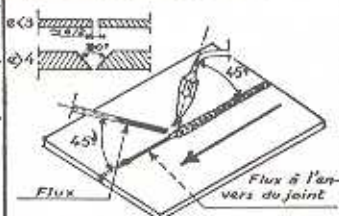
b 100 litres-heure par mm.

$\varnothing \approx \frac{e \times 3}{4}$.

Mouvements

Chalumeau ←
Métal d'apport ~~~~~

Soudage à gauche.



LES FONTES GRISES

Positionner la pièce chaque fois que possible pour opérer selon la méthode de soudage à gauche. Dard tenu à ≈ 5 mm. du bain de fusion. Métal d'apport maintenu dans le bain de fusion.

e variable.

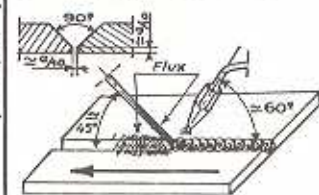
b ≈ 150 litres-heure par mm.

$\varnothing \approx \frac{e \times 3}{4}$ jusqu'à $e = 15$ mm.

Mouvements

Chalumeau ~~~~~
Métal d'apport ~~~~~

Soudage à gauche.



S. O. A. DU PLOMB

e 0,4 à 25 mm

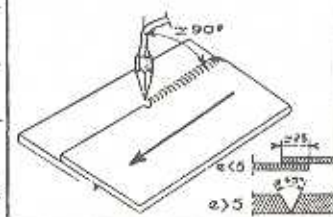
b 15 à 20 litres-heure par mm

\varnothing $e < 5 \rightarrow$ "sans"
 $e > 5 \rightarrow \approx e \times 2$

Mouvement

Chalumeau Léger balancement circulaire. Ecarter la flamme dès fusion de l'arête supérieure.

Soudage à plat.



e variable.

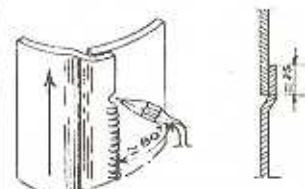
b 7 à 10 litres-heure par mm

\varnothing en principe "sans"

Mouvement

Chalumeau Balancement demi-circulaire pour former l'arête par gouttes successives.

Soudage vertical.



e variable.

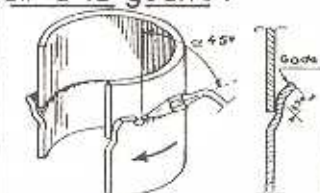
b ≈ 15 litres-heure par mm

\varnothing en principe "sans"

Mouvement

Chalumeau Fusion du godet par mouvements demi-circulaires successifs.

Soudage horizontal dit "à la goutte".



SOUDO-BRASAGE

I. — CLASSIFICATION DES MÉTAUX D'APPORTS

Soudo-brasure courante :

Propriétés mécaniques = Acier extra-doux.

T° de fusion : 850 à 900°.

Soudo-brasure à haute résistance :

Propriétés mécaniques supérieures à l'Acier doux.

T° de fusion : 900° à 950°.

Pour l'Aluminium et ses allages, le métal d'apport utilisé est l'Alliage A-S10 ou A-SS.

II. — FLUX A UTILISER

Voir Rubrique " Réducteurs, Fondants, Flux ".

III. — SOUDO-BRASAGE DES PRINCIPAUX MÉTAUX

A) SOUDO-BRASAGE DE L'ACIER — RÈGLES GÉNÉRALES

$e < 3$ mm, bords droits.

$e > 3$ mm, bords chanfreinés à $\approx 70^\circ$.

Flux sur le métal d'apport.

Chalumeau incliné à $\approx 30^\circ$.

Flamme réglée normalement.

Assemblage	Bords droits	Bords chanfreinés	en angle intérieur
Buse à utiliser. \varnothing du métal d'apport.	≈ 50 l/h 2	> 50 l/h 3 à 8	≈ 75 l/h 2 à 4

B) SOUDO-BRASAGE DE L'ACIER — GALVANISÉ

Mêmes règles générales que pour le Soudo-brasage de l'Acier.

Puissance du chalumeau plus réduite ($\approx 10\%$ au-dessus de 4 mm.).

SOUDO-BRASAGE (Suite)

C. SOUDO-BRASAGE DES FONTES. — Règles générales.

Préparations particulières des bords

Bords toujours chanfreinés en V ou en X à $\approx 90^\circ$.



Chanfrein en escalier assurant une plus grande surface d'accrochage.



Chanfrein en V avec angles arrondis pour éviter le risque de fusion des arêtes.

Flux ou baguettes enrobées.
Chalumeau incliné de 30 à 40°.
Flamme réglée normalement.

Nota. — Préchauffage des pièces si nécessaire entre 300 et 500°.

Méthode « à gauche » préconisée.

D. SOUDO-BRASAGE DU CUIVRE. — Règles générales.

Bords chanfreinés à 90° au-dessus de 4 mm.

Flux sur le métal d'apport.

Chalumeau incliné à $\approx 30^\circ$.

Flamme réglée normalement.

Puissance du chalumeau ≈ 100 l/h par mm.

\varnothing du métal d'apport \approx épaisseur moyenne de l'assemblage.

Pointage très rapproché des bords.

E. SOUDO-BRASAGE DE L'ALUMINIUM. — Règles générales.

Bords droits.

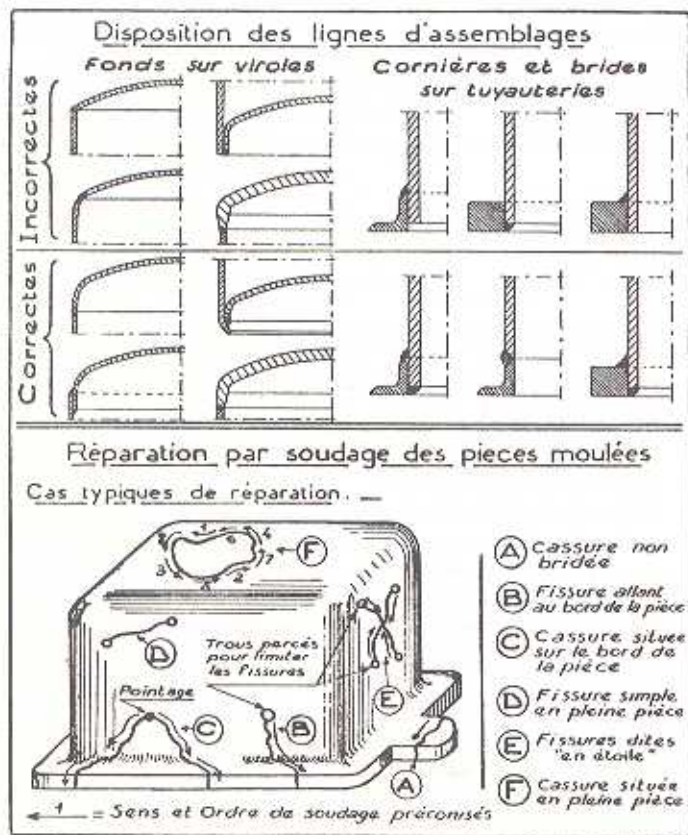
Chalumeau incliné de 30 à 40°.

Flamme douce avec léger excès d'Acétylène.

Puissance du chalumeau } sur les bases du S. O. A. de l'Aluminium.
 \varnothing du métal d'apport }

Pointage très rapproché des bords.

SOUDEAGE : PARTICULARITÉS



RÉDUCTEURS — FONDANTS — FLUX

TABLEAUX DES RÉDUCTEURS, FONDANTS OU FLUX A EMPLOYER POUR L'ASSEMBLAGE DES PRINCIPAUX MÉTAUX

I. SOUDURES TENDRES A BAS POINT DE FUSION.

T° FUSION < 400°

Métal	Réducteur - fondant - flux
Acier	Chlorure de zinc
Zinc	Acide chlorhydrique
Tôle galvanisée	Acide chlorhydrique
Cuivre	Chlorure de zinc - Résine
Laiton	Chlorure de zinc - Résine
Bronze	Chlorure de zinc - Résine
Étain	Chlorure de zinc - Résine
Tôle étamée	Chlorure de zinc - Résine
Plomb	Stéarine - Suif

II. SOUDURES FORTES OU BRASURES. T° FUSION > 400°

Métal	Réducteur - fondant - flux
Acier	Borax
Cuivre	Borax
Laiton	Borax
Fonte	Oxyde de cuivre

NOTA. — Il est expressément recommandé de rincer abondamment les soudures ou brasures après exécution afin d'éviter les risques de corrosion.

RÉDUCTEURS - FONDANTS - FLUX

III. SOUDURES AUTOGÈNES

Métal	Réducteur - Fondant - Flux
Acier doux..... Acier inoxydable.....	Néant Flux spécial délayé dans une solution de silicate de soude.
Fonte..... Cuivre désoxydulé..... Laitons..... Bronze.....	Fontoflux (Sté des plaques et poudres à braser). Borax Borax et acide borique. Flux spécial.
Aluminium..... A 4..... A 5..... A 8..... A 99.....	Déoxydal étiquette bleue (OTALU). Neutralu non corrosif (OTALU) Hara Kiri étiquette rose (ODAM). Alugène non corrosif (ODAM). Rex (Sté Française des métaux et alliages blancs). Sofal (S.A.F.).
Aluminium-manganèse A-M.	Les mêmes que ci-dessus.
Almasilium A-SG	Déoxydal étiquette bleue (OTALU). Neutralinox non corrosif (OTALU). Malg-Hara (ODAM).
Duralinox A-G 1, A-G 3, A-G 5	Déoxydal étiquette bleue (OTALU). Neutralinox non corrosif (OTALU). Malg-Hara (ODAM). Malg-Odal (ODAM).
Duralumin A-U4G A-U4G I	Déoxydal étiquette bleue (OTALU). Flux Dural (ODAM). Flux 303 (Sté Française des métaux et alliages blancs).

RÉDUCTEURS - FONDANTS - FLUX

III. SOUDURES AUTOGÈNES (suite) ALLIAGES LÉGERS DE FONDERIE

Métal	Réducteur - Fondant - Flux
Alliages de fonderie de 3 à 10 % de Mg.	Déoxydal étiquette bleue (OTALU). Malg-Hara (ODAM). Malg-Odal (ODAM).
Autres alliages de fonderie en métaux légers.	Brasalu étiquette rouge (OTALU). Flux ODAL (ODAM). Brasural (S.A.F.).

IV. SOUDO-BRASAGE

Métal	Réducteur - Fondant - Flux
Acier doux..... Acier dur..... Tôle galvanisée..... Fonte.....	Borax et acide borique. Flux spécial délayé dans l'eau. Même flux que pour l'acier. Fontoflux (Sté des Plaques et poudres à souder).
Acier inoxydable..... Cuivre..... Laiton - Bronze.....	Borax et acide borique. Borax et acide borique. 1/3 borax et 2/3 acide borique.
Aluminium et alliages d'aluminium soudo-brasés avec métal d'apport A-S5 ou A-S10.	Brasalu étiquette rouge (OTALU). Brasural (S.A.F.). Odal (ODAM). Flux Odal (ODAM).
Aluminium-Magnésium A-G3, A-G5, A-G7 avec métal d'apport métal Odal ou A-S10.	Malg-Odal (ODAM).
Alliages spéciaux.....	Harakiri étiquette bleue (ODAM). FLUX de BRASAGE.

NOTA. — Noms des firmes fabriquant ces flux : OTALU, ODAM, SAF, Société française des métaux et alliages blancs, Société des Plaques et Poudres à souder.

SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC

Bases générales des Intensités à adopter en fonction du diamètre des électrodes.

Caractéristique de l'enrobage	Diamètre des électrodes							
	2	2,5	3,2	4	5	6	8	
Épais :								
Intensité	minima.....	40	60	90	130	160	200	250
	moyenne....	55	80	115	150	200	260	340
	maxima.....	70	100	140	170	240	320	430
Semi-épais :								
Intensité	minima.....	35	60	85	120	150	190	250
	moyenne....	45	70	105	140	180	235	310
	maxima.....	55	80	125	160	210	280	370
Mince :								
Intensité	minima.....	30	50	75	110	140	170	210
	moyenne....	40	60	95	130	165	200	260
	maxima.....	50	70	115	150	190	230	310

NOTA.

Pour Soudage $\left\{ \begin{array}{l} \text{montant} \\ \text{descendant} \\ \text{horizontal} \end{array} \right\}$ Intensité maxima : 180 A.

Pour Soudage au plafond : Intensité maxima : 160 A.

Il est toutefois recommandé de se référer aux instructions particulières de fabricants d'électrodes.

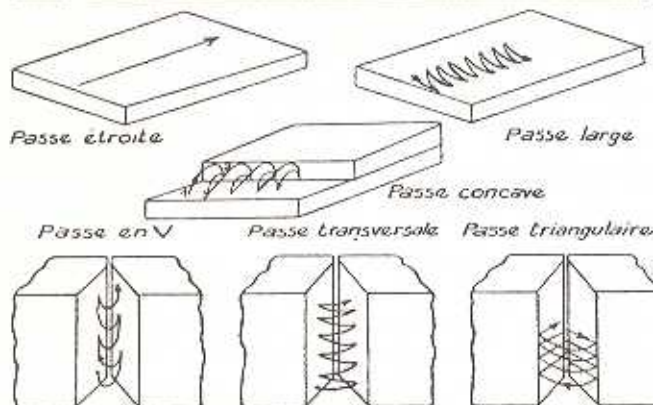
SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

Caractéristiques d'exécution des Soudures

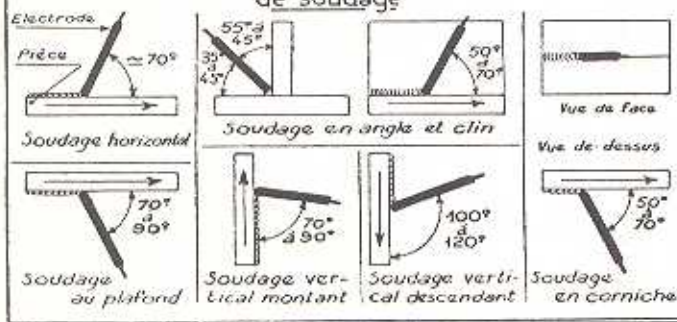
Épaisseur de la pièce	Nombre de passes	Diamètre des électrodes à utiliser		
		1 ^{re} passe	2 ^e passe	3 ^e passe et suivantes
4	1	3,2		
5	1	4		
5	2	3,2	3,2	
6	2	3,2	3,2	
7	2	3,2	4	
8	2	3,2	4	
9	2	4	4	
9	3	3,2	4	4
10	2	4	5	
10	3	3,2	4	4
12	3	3,2	4	5
12	4	3,2	4	4
14	5	3,2	4	4 et 5
16	6	3,2	4	4 et 5
18	6	3,2	4	5
20	6	3,2	4	5
22	9	3,2	4	5
25	9	3,2	4	4 et 5

SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

Principales formes des mouvements de l'électrode

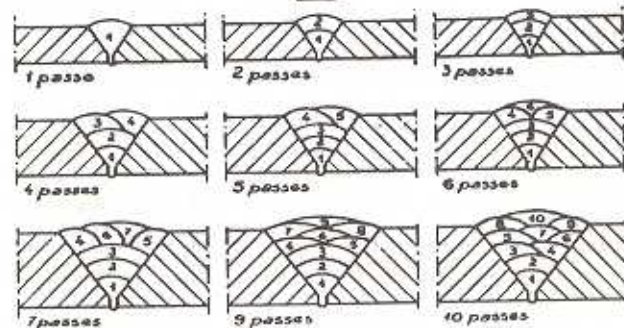


Inclinaisons de l'électrode dans les principaux cas de soudage

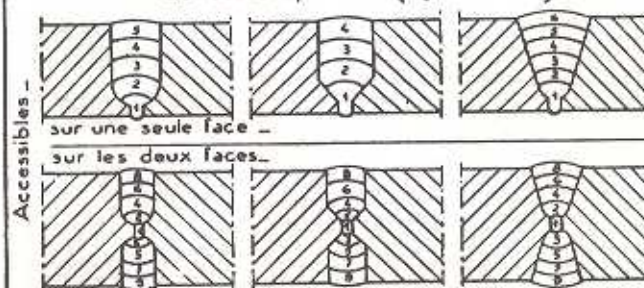


SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

Dispositions judicieuses des passes de soudure dans les chanfreins des assemblages bord à bord



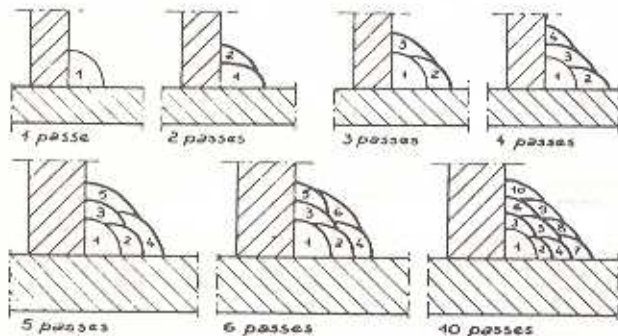
Préparations particulières pour assemblage de tôles épaisses ($e > 25\text{mm}$)



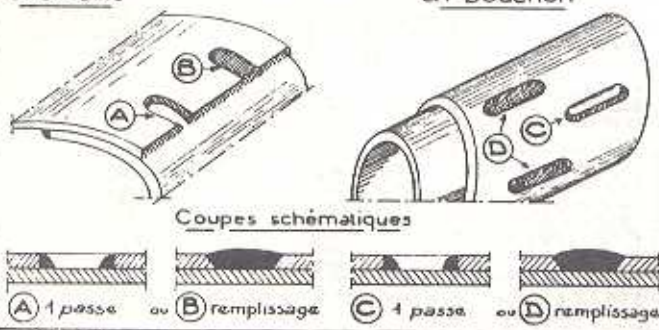
NOTA. Le nombre de passes indiqué n'est pas impératif, mais simplement donné à titre indicatif.

SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

Dispositions judicieuses des passes dans les assemblages à clin et en angle intérieur.



Procédés de renforcement des assemblages à entaille en bouchon



PRINCIPAUX DÉFAUTS DU SOUDAGE

10) SOUDAGE OXY-ACÉTYLÉNIQUE.

DÉFAUT CONSTATÉ	CAUSES	REMÈDES
a) A l'allumage. Impossibilité d'allumer le chalumeau.	Raccordement inversé des canalisations sur le chalumeau.	Veiller constamment au montage correct des canalisations.
Dard très bleu et décollé de la flamme.	Présence d'air dans la canalisation d'Acétylène.	Favoriser et attendre l'évacuation complète de l'air.
Vibrations rapides de la flamme.	Présence d'eau dans la canalisation d'Acétylène.	Purger les canalisations d'Acétylène (bouchons de purge).
Claquements.	Buse détériorée ou encrassée.	Changer la buse ou la nettoyer.
b) En marche. Déréglage continu.	Mano-détendeur d'oxygène givré.	Utiliser un réchauffeur (et non la flamme).
Déréglage ou extinction.	Écrasement ou pliage vif des canalisations	Suspendre ou protéger si possible les canalisations.
Flamme devenant oxydante.	Chauffage excessif de la buse — Pression d'Acétylène allant en diminuant.	Refroidir la buse à l'eau (oxygène ouvert, Acé. fermé). Changer la bouteille d'Acétylène ou recharge du générateur.
Flamme devenant carburante.	Mano-détendeur se givrant. Pression d'oxygène allant en diminuant.	Utiliser un réchauffeur Changer la bouteille d'oxygène.

PRINCIPAUX DÉFAUTS DU SOUDAGE (suite)

SOUDAGE OXY-ACÉTYLÉNIQUE (suite)

La flamme décolle de la buse.	Pression d'oxygène trop forte — Buse encrassée.	Réduire la pression. Nettoyer la buse.
Claquements secs puis repris.	Pression d'oxygène trop faible — Chauffage excessif de la buse.	Augmenter la pression. Refroidir la buse à l'eau (Voir plus haut).
Claquements continus.	Chauffage excessif de la buse — Buse insuffisamment serrée sur l'embout.	Refroidir la buse à l'eau. Serrage correct de la buse sans exagération.
Allumage impossible avec sifflement à l'intérieur du chalumeau.	Retour de flamme dû à encrassement du chalumeau ou à la présence de corps gras à l'intérieur.	<i>Fermer le plus rapidement possible l'arrivée des 2 gaz. Interdiction formelle de graisser un chalumeau.</i>

2°) SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC. (1)

DÉFAUT CONSTATÉ	CAUSES	REMÈDES
a) Soufflures apparentes ou non dans la soudure.	Métal à souder chargé en soufre. Electrodes de soudage humides. Tôles à souder humides ou rouillées. Soudage avec arc long.	Changer le métal à souder. Chauffer les électrodes. Sécher les tôles et les brosser très soigneusement. Souder avec arc court.
b) Soufflures en fin de soudure.	Les électrodes ont rougi.	Diminuer le courant.
c) Crachements	Prise de masse mal placée. Humidité des électrodes. Courant trop fort.	Déplacer la masse. Chauffer les électrodes. Diminuer le courant.

PRINCIPAUX DÉFAUTS DU SOUDAGE (suite)

SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

d) Aspect de la soudure insuffisant.	Electrodes humides. Acier trop chargé en carbone.	Chauffer les électrodes. Utiliser l'électrode convenable.
e) Morsure le long de la soudure.	Courant trop fort. Balancement trop fort. Tôle très oxydée.	Diminuer le courant. Diminuer le balancement. Bien enlever l'oxyde de la tôle.
f) Inclusion de laitier.	Tôles oxydées ou sales. Mauvais piquage du laitier.	Nettoyer les tôles avant soudage. Bien piquer le laitier après chaque passe, surtout dans les angles.
g) Pénétration incomplète.	Electrode trop grosse ou courant trop faible. Mauvaise forme de chanfrein.	Diminuer le diamètre de l'électrode ou augmenter le courant. Choisir un chanfrein convenable.
h) Cordon trop bombé en soudure d'angle.	Vitesse de soudage trop faible. Courant trop faible.	Augmenter la vitesse. Augmenter le courant.
i) Crique dans la soudure ou dans le voisinage.	Acier trop dur. Refroidissement trop rapide. Température extérieure faible (aux environs de 0°). Retraits trop forts (le bridage des tôles étant parfait). Manque de pénétration.	En cas de gelée, préchauffer la tôle. Pour éviter le refroidissement trop rapide, post-chauffer. Préchauffer les tôles (max. : 300°) Augmenter la vitesse de soudage par augmentation du diamètre de l'électrode et du courant utilisé. Éviter le cratère en revenant 1 cm, 1 cm $\frac{1}{2}$ en arrière pour terminer la soudure.

(1) Extrait de Documentation des Éts SARAZIN, Neuilly-sur-Seine.

3° SOUDAGE ÉLECTRIQUE PAR RÉSISTANCE (1)

DEFAUT CONSTATE	CAUSES	REMEDES
a) Trou au lieu d'un point soudé	Excès d'intensité de courant. Pression insuffisante. Manque d'accostage entre pièces. Crasse entre électrodes et pièces ou entre pièces. Mauvais contact des pointes d'électrodes. Matériaux de qualité médiocre.	Réduire l'intensité. Augmenter l'effort de pression. S'en assurer avant soudage Réglage avant soudage. A éliminer.
b) Crachements entre pointes	Excès d'intensité de courant. Pression insuffisante. Mauvais accostage. Crasse entre pièces. Refroidissement insuffisant des électrodes.	Voir ci-dessus. Surveiller périodiquement les canalisations d'eau.
c) Empreintes excessives	Pression excessive. Excès d'intensité de courant. Electrodes déformées ou de diamètre insuffisant. Mauvais alignement des électrodes.	Réduire l'effort de pression. Réduire l'intensité. Rectifier ou changer les électrodes. Réglage avant soudage.
d) Royures sur les empreintes	Nettoyage grossier à la lime ou à la taille émerle des pointes d'électrodes.	Utiliser les rodairs pour électrodes. Éviter les retouches à la lime.

SOUDAGE ÉLECTRIQUE PAR RÉSISTANCE (suite)

e) Point insuffisant ou collé	Intensité trop faible. Pression excessive. Mauvais accostage. Mauvais contact des électrodes. Crasse entre pièces. Temps d'accostage trop faible. Mauvais fonctionnement de la machine.	Augmenter l'intensité. Réduire l'effort de pression. S'en assurer avant soudage Augmenter le temps. Voir notice d'entretien ou le service responsable.
f) Points criqués	Excès d'intensité de courant. Pression insuffisante. Mauvais alignement des électrodes. Electrodes déformées. Mauvais accostage. Crasse entre pièces. Dérèglement de la machine.	Réduire l'intensité. Augmenter l'effort de pression. Réglage avant soudage. Les rectifier ou changer. S'en assurer avant soudage Voir notice d'entretien et de réglage.
g) La zone centrale des points apparaît foncée	Excès d'intensité de courant. Pression insuffisante. Pointes d'électrodes salies. Matériaux de mauvaise qualité.	Voir ci-dessus. Nettoyer au rodair à éliminer
h) Traces de corrosion sur points soudés	Pointes d'électrodes salies. Mauvais refroidissement des électrodes.	Nettoyer au rodair. Assurer un parfait refroidissement.

(1) Extrait de Documentation Technique des Etablissements SCIAKY, Paris.

PRINCIPAUX DEFAUTS DU SOUDAGE (SUITE)

4^o SOUDAGE ELECTRIQUE SOUS ARGON (TIG)

- **Effondrement des bords et de la soudure :**
 - Intensité trop élevée. → *La réduire pour rester maître du bain de fusion.*
 - Vitesse d'avance trop faible. → *L'augmenter en contrôlant l'amélioration.*
- **Mauvaise fusion ou fusion irrégulière des bords :**
 - Intensité trop faible ou vitesse trop grande. → *Y remédier en faisant des essais sur éprouvettes.*
 - Tôles à assembler d'épaisseurs différentes. → *Equilibrer le bain en dirigeant la torche vers la tôle la plus épaisse.*
- **Manque de pénétration de la soudure :**
 - Intensité trop faible ou vitesse trop grande. → *Y remédier comme indiqué ci-dessus.*
 - Mauvaise préparation de l'assemblage. → *Consulter les notices des fabricants du matériel.*
 - Métal d'apport introduit trop tôt dans le bain de fusion. → *Observer les mêmes règles de travail qu'en S.O.A.*
- **Crique dans l'axe du cordon de soudure :**
 - Régime de soudage trop froid, surtout en fortes épaisseurs. → *Envisager le préchauffage des pièces.*
 - Manque d'exécution d'un talon avant soudage. → *Faire un talon d'environ 30 e.*
- **La soudure présente des soufflures :**
 - Pièces insuffisamment nettoyées. → *Envisager un décapage et dégraissage préalable.*
 - Apport irrégulier du métal dans le bain de fusion. → *Le soudage doit se faire le plus régulièrement possible, sans à-coups.*
 - Métal d'apport de nature différente du métal de base. → *Doit être de même nuance que les pièces à assembler.*

PRINCIPAUX DEFAUTS DU SOUDAGE (SUITE)

- **Dépôts noirâtres, sales ou non brillants : (surtout sur métaux légers)**
 - Manque total ou partiel d'Argon. → *Vérifier au débitmètre.*
 - Interruption trop rapide de l'arrivée du gaz. → *Régler la minuterie au coffret de commande.*
 - Electrode mise en contact avec la pièce ou le métal d'apport. → *Point important auquel il faut veiller (rectifier par meulage la pointe de l'électrode avant reprise du travail).*
- **Déformations exagérées :**
 - Pièces mal positionnées. → *Veiller à la préparation de l'assemblage.*
 - Inobservation des règles de « dilatations et retraits ». → *Etude préalable de ces règles.*
- **Electrode détériorée par contact avec la pièce :**
 - Le dépassement de la buse est trop important. → *Dépassement léger en « bord à bord ».*
→ *Dépassement de 5 mm maximum en « soudure d'angle ».*
- **Usure rapide de l'électrode :**
 - Intensité de courant trop élevée. → *La réduire.*
- **Amorçage difficile :**
 - Tension à vide du poste trop basse → *Utiliser une électrode plus petite.*
 - Mauvais contacts. → *Les resserrer.*
- **L'arc ne se forme pas :**
 - Le courant n'arrive pas à la torche. → *Vérifier l'ensemble de l'installation électrique.*

OXY-COUPAGE

Règles de base d'Application

A. — Oxy-coupage manuel.

Diamètre de l'orifice des têtes de coupe en mm	Désignation des types de chalumeaux		
	N° 0	N° 1	N° 2
}	6/10	10/10	20/10
	8/10	15/10	25/10
	10/10	20/10	30/10

Épaisseur à oxy-couper	Têtes de coupe	Pression d'alimentation en Oxygène (Kg/cm ²)	Épaisseur à oxy-couper	Têtes de coupe	Pression d'alimentation en Oxygène (Kg/cm ²)
3	6/10	1,	35	15/10	3,
5	«	»	40	20/10	«
8	8/10	1,500	50	»	3,500
10	10/10	»	60	»	»
12	»	1,750	70	25/10	4,
15	»	2,	75	»	»
20	»	2,500	80	»	4,500
25	15/10	2,	90	»	»
30	»	2,500	100	30/10	4,

OXY-COUPAGE (suite)

B. — Oxy-coupage machine (1)

Épaisseur à oxy-couper	Diamètre de l'orifice des têtes de coupe en mm	Pression d'Alimentation (Kg/cm ²)	
		Oxygène de chauffe	Oxygène de coupe
3	10/10	1,500	1,
5	»	»	1,250
8	»	»	1,750
10	»	»	2,
12	»	»	2,250
15	»	»	2,500
20	15/10	»	2,250
25	»	»	2,750
30	»	»	3,
35	»	»	3,250
40	20/10	»	2,500
50	»	»	2,600
60	»	»	2,750
70	»	»	2,900
80	»	»	3,250
90	»	»	3,600
100	25/10	»	3,500
125	»	»	3,750
150	»	»	4,
200	30/10	»	5,
250	»	»	6,
300	»	»	7,

(1) Il est toutefois recommandé de se référer aux instructions particulières des fabricants de matériel d'oxy-coupage.

LE MEULAGE

I. CHOIX D'UNE MEULE.

Principe général à adopter :

- Meule tendre pour usinage des surfaces dures.
- Meule dure pour usinage des surfaces tendres.

La dureté d'une meule est caractérisée par son grade (lettre de D à Z). C'est l'indice de force avec lequel l'agglomérant retient les grains d'abrasif.

II. VITESSE DES MEULES.

1. Formule donnant la vitesse circonférentielle en mètres par seconde,

$$V = \frac{\pi DN}{60}$$

V = Vitesse en mètres par seconde.

$\pi = 3,141$.

D = Diamètre de la meule en mètre.

N = Nombre de tours par minute.

2. Formule donnant le nombre de tours par minute.

$$N = \frac{V \times 60}{\pi D}$$

3. Vitesse par rapport à l'agglomérant

≤ 25 m/s agglomérant : magnésie,

de 25 à 33 m/s agglomérant : vitrifié, silicate,

de 33 à 60 m/s agglomérant : caoutchouc vulcanisé, résines synthétiques, Schellac, Rubber.

LE MEULAGE (suite)

Tableau donnant le nombre de tours par minute des meules en fonction du diamètre et de la vitesse tangentielle ou circonférentielle.

diamètre en m.	20 m/s	25 m/s	30 m/s	35 m/s	40 m/s	50 m/s
0,025	15.250	19.000	22.850	26.550	30.500	38.000
0,050	7.650	9.550	11.450	13.350	15.250	19.100
0,075	5.090	6.370	7.640	8.900	10.160	12.700
0,100	3.820	4.770	5.730	6.670	7.650	9.550
0,125	3.050	3.820	4.580	5.340	6.100	7.630
0,150	2.540	3.180	3.810	4.300	5.080	6.350
0,175	2.180	2.720	3.280	3.800	4.370	5.460
0,200	1.910	2.386	2.865	3.340	3.825	4.775
0,250	1.525	1.910	2.290	2.670	3.050	3.815
0,300	1.270	1.590	1.905	2.230	2.540	3.175
0,350	1.090	1.360	1.640	1.900	2.190	2.730
0,400	955	1.193	1.432	1.670	2.540	3.175
0,500	762	955	1.145	1.340	1.525	1.908
0,750	508	635	762	941	1.016	1.270
1,000	381	477	572	667	762	954
2,000	190	238	286	333	381	477

LE DÉCAPAGE

I. — TRAITEMENTS CHIMIQUES

A. — BAINS ACIDES

Produits	Matériel	Métal à décaper
Acide sulfurique eau 1 litre acide 66° B 150 cm ³	Bac en lave ou en bois doublé de feuilles en plomb soudé.	Cuivre Métaux léger
Acide chlorhydrique. 22 à 26° Baumé	ATTENTION : verser lentement l'acide dans l'eau	Aciers - Récirage de pièces étamées.
Acide azotique ou nitrique		Laiton Métaux légers.

B. — SOLUTIONS ALCALINES

<p><i>Soude caustique</i></p> <p>1. Soude 100 gr., eau 1 litre, T° 70° C.</p> <p>2. Rinçage à l'eau courante.</p> <p>3. Acide nitrique 40° B 100 gr., eau 1 litre, T° ambiante.</p> <p>4° Rinçage à l'eau courante.</p>	<p>Bac en tôle d'acier ou chaudron en fonte pour la soude.</p> <p>Bac en AL. 99,5 recuit ou bac en grès pour l'acide nitrique.</p> <p>Bac en grès pour l'eau courante.</p>	<p>Ces solutions contiennent pour l'aluminium A 4, A 5, A 9, les alliages au manganèse, au silicium, au magnésium.</p> <p>Peu recommandé pour les alliages au cuivre A. U 4 G.</p>
<p><i>Soude et Chromate</i></p> <p>1. Soude 100 gr., chromate de sodium 20 gr., eau 1 litre, T° 50 à 60° C.</p> <p>2. 3. 4. comme ci-dessus.</p>		

LE DÉCAPAGE (suite)

II. — TRAITEMENTS MÉCANIQUES

Opérations	Matériel, Abrasif Lubrifiant	Principaux usages
Sablage	Sableuse ou pistolet de sablage. Pression d'autant plus forte et distance d'autant plus grande que le métal est plus épais. Abrasif : sable siliceux, poudre de verre ou de corindon.	Pièces de fonderie. Préparation des surfaces en vue de zinguage. Peinture. Employé sur tous métaux.
Grenaillage	Grenailles métalliques, le plus souvent grenaillage de zinc.	Métaux légers.
Ponçage mécanique	Ponceuse : disque monté sur flexible. Abrasif : toile émerie papier abrasif, meuleau carborundum. Lubrification : à sec ou à l'eau.	Décapage des grandes surfaces. Carrosserie automobile.
Ponçage manuel	Traitement à la main avec de la laine d'acier ou de la poudre de ponce.	Entretien des surfaces sur tous métaux.

PROTECTION DES SURFACES

I. — PAR DÉPÔTS MÉTALLIQUES

Métaux protecteurs	Fusion au trempé	Projection pistolet	Tonneau	Électrolyse
Étain	Sur fer, fonte, cuivre	Sur tous métaux	Sur cuivre et fer cuivré	Sur tous les métaux
Plomb	Sur fer	Sur tous métaux	Sur fer, cuivre	Sur fer, cuivre
Zinc	Sur fer, fonte	Sur tous métaux	Sur fer, cuivre	Sur fer, cuivre
Zinc - Étain 80-20				Sur fer
Cuivre		Sur tous métaux	Sur acier	Sur tous métaux
Laiton		Sur tous métaux	Sur acier	Sur tous métaux
Aluminium		Sur tous métaux		
Nickel		Sur tous métaux	Sur fer, cuivre	Sur tous métaux
Chrome				Sur nickel
Cadmium		Sur tous métaux	Sur fer, cuivre	Sur tous métaux
Argent		Sur tous métaux	Sur cuivre, et fer cuivré	Sur tous métaux
Or				Sur cuivre

PROTECTION DES SURFACES (suite)

II. — PAR DÉPÔTS NON MÉTALLIQUES

Sur fer	
Nature du dépôt	Emplois
Peintures — Vernis cellulosiques	A froid
Vernis au four et vernis divers	Température 160 à 180°
Plastiques	Toutes matières thermo-plastiques
Emaux	Température élevée fragile aux chocs
Sur cuivre	
Peinture — Vernis Décoration	Vernissage pour éviter le ternissement
Sur métaux légers	
Peintures — Vernis cellulosiques Vernis au four — Vernis spéciaux	Après protection par zinguage ou chromatisation

III. — PAR ACTION CHIMIQUE

Sur fer	
Brunissage	Pièces de mécanique d'armurerie
Phosphatation à chaud Parkérisation Bondérisation	Pièces mécaniques
Cyanuration	Durcissement superficiel
Sur cuivre	
Oxydation	Décoration
Bronze	Pour l'extérieur Revêtement d'un vernis
Sur métaux légers	
Oxydation anodique	Protection — Isolement électrique Décoration (possibilité de coloration)
Oxydation chimique Protalisation	Base d'accrochage pour peinture ultérieure

LUBRIFICATION

Tableau des lubrifiants à employer dans le cas des principaux travaux mécaniques.

Métaux	OPÉRATIONS		
	Perçage	Taraudage Filetage	Sciage à froid
Acier dur	Huile de coupe Huile de colza Huile de lard	Huile de lard Suif Huile de coton	Huile de lard Huile de pétrole Pétrole lampant
Acier doux	Huile soluble Eau de savon Huile de lard	Huile de lard Huile de pétrole Térébenthine	Huile de lard Huile soluble Huile minérale
Aluminium	Térébenthine Eau de soude Suif Pétrole	Pétrole lampant	Huile soluble Térébenthine
Bronze	Huile soluble	Huile de lard	Huile de lard
Cuivre	Huile très fluide Paraffine	Huile très fluide	Huile soluble
Fonte	A sec Jet d'air Suif	Huile soluble	Huile soluble
Fonte malléable	Huile soluble	Huile soluble	Huile soluble
Laiton	Huile soluble	Huile de lard Huile soluble	Huile soluble