

J. DROLET

C. LE HIR

# AIDE-MÉMOIRE DU CHAUDRONNIER ET DU SOUDEUR



J. DROLET et C. LE HIR  
Professeurs d'Enseignement Technique

**AIDE-MÉMOIRE**  
**DU CHAUDRONNIER**  
*(Fer, cuivre, métaux légers)*  
**ET DU SOUDEUR**  
*(Oxy-acétylénique et à l'arc)*  
**Collage des matériaux**

NOUVELLE ÉDITION

à l'usage :

- des Lycées Techniques,
- des Collèges d'Enseignement Technique,
- des Cours Professionnels,
- des Écoles de Métiers,
- des Cours de Promotion sociale,
- et des Ouvriers de l'Industrie.

Éditions André Casteilla  
**LES NOUVEAUTÉS DE L'ENSEIGNEMENT**  
25, rue Monge, 75005 Paris

## PRÉFACE

Je suis heureux de vous présenter ici l'Aide-Mémoire du Chaudronnier et du Soudeur, de MM. Le Hir et Drolet, professeurs de l'Enseignement technique.

Pour la première fois, un ouvrage de ce genre est destiné à l'ouvrier et à l'apprenti de ces spécialités.

Ce recueil, fruit d'une recherche sérieuse et approfondie, est mieux qu'un simple formulaire : il contient, outre de nombreux exemples judicieusement choisis, les données essentielles nécessaires au travail de la chaudronnerie et de la soudure.

Je suis persuadé que cet Aide-Mémoire deviendra très vite un instrument de travail quotidien indispensable, car il saura maintenir dans la pensée, d'une façon précise, les données acquises au cours de l'apprentissage.

Puisse ce livre contribuer à mieux connaître votre métier et, partant, à le mieux aimer.

**COMPAIN-MEFRAY**

Inspecteur de l'Enseignement technique

**N° I.S.B.N. : 2-7135-0469-4**

Toute représentation, traduction, adaptation ou reproduction, même partielle, par tous procédés, en tous pays, faite sans autorisation préalable, est illicite et exposerait le contrevenant à des poursuites judiciaires (Loi du 11 mars 1957).


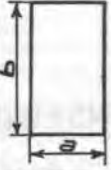
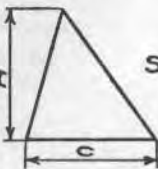

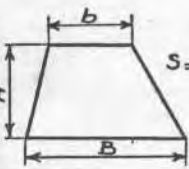

**©ÉDITIONS ANDRE CASTEILLA - PARIS - OCTOBRE 1982**

## I<sup>re</sup> PARTIE

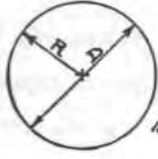
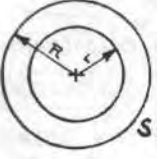
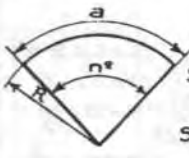
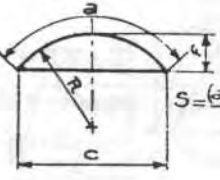
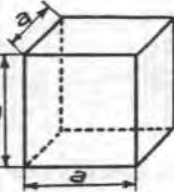
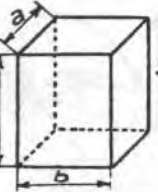
### RENSEIGNEMENTS

### GÉNÉRAUX

# SURFACES ET VOLUMES

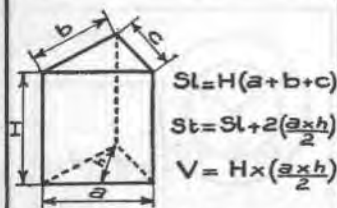
<b>Légende</b> $\left\{ \begin{array}{l} S = \text{Surface} \\ Sl = \text{" latérale} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} St = \text{Surface totale} \\ V = \text{Volume} \end{array} \right.$	
<b>Carré</b>  $S = a \times a$	<b>Rectangle</b>  $S = a \times b$
<b>Triangle</b>  $S = c \times \frac{H}{2}$	<b>Losange</b>  $S = \frac{D \times d}{2}$
<b>Trapèze</b>  $S = H \left( \frac{B+b}{2} \right)$	<b>Polygone régulier</b>  $S = n \left( \frac{c \times a}{2} \right)$ <i>n = nombre de côtés</i>

# SURFACES ET VOLUMES (suite)

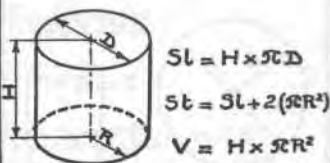
<b>Cercle</b>  $S = \pi R^2$ <i>Longueur de la circonférence = <math>\pi D</math></i>	<b>Couronne</b>  $S = \pi (R^2 - r^2)$
<b>Secteur</b>  $S = a \frac{R}{2}$ <i>ou</i> $S = \frac{\pi R^2 n^\circ}{360}$	<b>Segment</b>  $S = \frac{(aR) - c(R-h)}{2}$
<b>Cube</b>  $Sl = a \times a \times 4$ $St = a \times a \times 6$ $V = a \times a \times a$	<b>Parallélépipède</b>  $Sl = (2a + 2b)H$ $St = Sl + 2(ab)$ $V = a \times b \times H$

## SURFACES ET VOLUMES (suite)

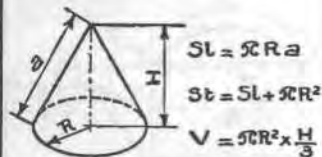
### Prisme triangulaire



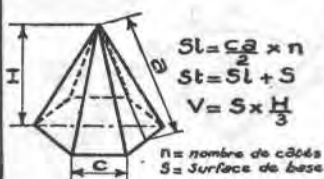
### Cylindre droit



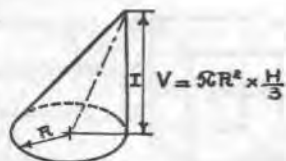
### Cône droit



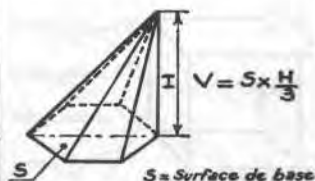
### Pyramide droite



### Cône oblique

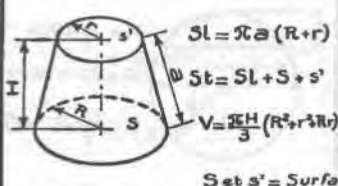


### Pyramide oblique

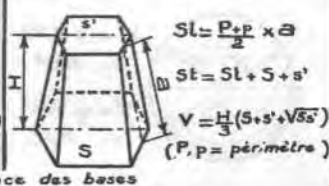


## SURFACES ET VOLUMES (suite)

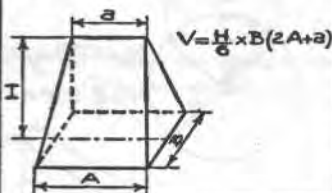
### Tronc de cône



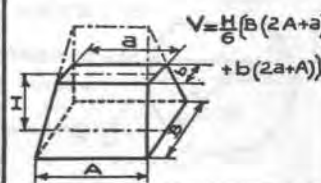
### Tronc de pyramide



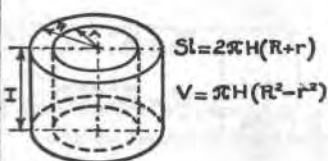
### Coin



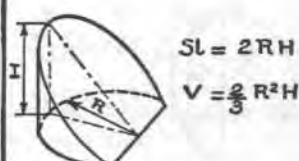
### Ponton



### Cylindre creux



### Onglet cylindrique



## SURFACES ET VOLUMES (suite)

### Sphère



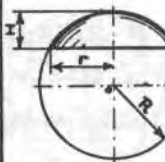
$$St = 4 \pi R^2$$

ou  $\pi D^2$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

ou  $\frac{\pi D^3}{6}$

### Calotte sphérique

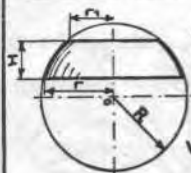


$$Sl = 2 \pi R H$$

$$St = Sl + \pi r^2$$

$$V = \frac{\pi H}{6} (3r^2 + H^2)$$

### Zône sphérique



$$Sl = 2 \pi R H$$

$$St = Sl + \pi r^2 + \pi R^2$$

$$V = \frac{\pi H}{6} (3r^2 + 3R^2 + H^2)$$

### Secteur sphérique



$$St = \pi R \left( \frac{1}{2} H + D \right)$$

$$V = \frac{2}{3} \pi R^2 H$$

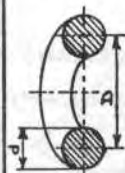
### Onglet sphérique



$$Sl = \frac{\pi R^2 n^\circ}{90}$$

$$V = \frac{\pi R^3 n^\circ}{270}$$

### Tore



$$Sl = \pi^2 D d$$

$$V = \frac{\pi^2 d^2 D}{4}$$

## NOMBRES CARACTÉRISTIQUES

$\pi$  est égal à : 3,141592...

où à  $\frac{22}{7} = 3,1428...$

$$\frac{1}{\pi} = 0,3183...$$

$$\frac{\pi}{2} = 1,5707...$$

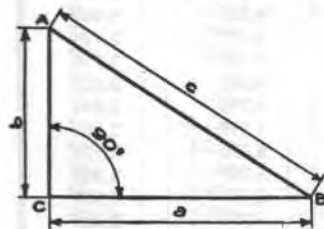
$$\sqrt{2} = 1,414...$$

$$\sqrt{3} = 1,732...$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707...$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0,866...$$

Calcul du côté d'un triangle rectangle.  
(Théorème de Pythagore)



1°)  $c^2 = a^2 + b^2$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

2°)  $a^2 = c^2 - b^2$

$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

et :  $b^2 = c^2 - a^2$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

1°) Dans un triangle rectangle, le carré de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des côtés de l'angle droit.

2°) Le carré d'un des côtés de l'angle droit est égal à la différence des carrés des 2 autres côtés.

**TABLE DES PUISSANCES ET DES RACINES**

N	N <sup>2</sup>	N <sup>3</sup>	$\sqrt{N}$	$\sqrt[3]{N}$
1	1	1	1	1
2	4	8	1,414	1,259
3	9	27	1,732	1,442
4	16	64	2,000	1,587
5	25	125	2,236	1,710
6	36	216	2,449	1,817
7	49	343	2,645	1,912
8	64	512	2,828	2,000
9	81	729	3,000	2,080
10	100	1.000	3,162	2,154
11	121	1.331	3,316	2,224
12	144	1.728	3,464	2,289
13	169	2.197	3,605	2,351
14	196	2.744	3,741	2,410
15	225	3.375	3,873	2,466
16	256	4.096	4,000	2,519
17	289	4.913	4,123	2,571
18	324	5.832	4,242	2,620
19	361	6.859	4,358	4,668
20	400	8.000	4,472	2,714
21	441	9.261	4,582	2,758
22	484	10.648	4,690	2,802
23	529	12.167	4,795	2,843
24	576	13.824	4,899	2,884
25	625	15.625	5,000	2,924
26	676	17.576	5,099	2,962
27	729	19.683	5,196	3,000
28	784	21.952	5,291	3,036
29	841	24.389	5,385	3,072
30	900	27.000	5,477	3,107
31	961	29.791	5,567	3,141
32	1.024	32.768	5,656	3,174
33	1.089	35.937	5,744	3,207

**TABLE DES PUISSANCES ET DES RACINES (suite)**

N	N <sup>2</sup>	N <sup>3</sup>	$\sqrt{N}$	$\sqrt[3]{N}$
34	1.156	39.304	5,831	3,239
35	1.225	42.875	5,916	3,271
36	1.296	46.656	6,000	3,301
37	1.369	50.653	6,082	3,332
38	1.444	54.872	6,164	3,362
39	1.521	59.319	6,245	3,391
40	1.600	64.000	6,324	3,420
41	1.681	68.921	6,403	3,448
42	1.764	74.088	6,480	3,476
43	1.849	79.507	6,557	3,503
44	1.936	85.184	6,633	3,530
45	2.025	91.125	6,708	3,556
46	2.116	97.336	6,782	3,583
47	2.209	103.823	6,855	3,608
48	2.304	110.592	6,928	3,634
49	2.401	117.649	7,000	3,659
50	2.500	125.000	7,071	3,684
51	2.601	132.651	7,141	3,708
52	2.704	140.608	7,211	3,732
53	2.809	148.877	7,280	3,756
54	2.916	157.464	7,348	3,779
55	3.025	166.375	7,416	3,803
56	3.136	175.616	7,483	3,825
57	3.249	185.193	7,549	3,848
58	3.364	195.112	7,615	3,870
59	3.481	205.379	7,681	3,893
60	3.600	216.000	7,746	3,914
61	3.721	226.981	7,810	3,936
62	3.844	238.328	7,874	3,957
63	3.969	250.047	7,937	3,979
64	4.096	262.144	8,000	4,000
65	4.225	274.625	8,062	4,020
66	4.356	287.496	8,124	4,041

TABLE DES PUISSANCES ET DES RACINES (suite)

N	N <sup>2</sup>	N <sup>3</sup>	$\sqrt{N}$	$\sqrt[3]{N}$
67	4.489	300.763	8,185	4,061
68	4.624	314.432	8,246	4,081
69	4.761	328.509	8,306	4,101
70	4.900	343.000	8,366	4,121
71	5.041	357.911	8,426	4,140
72	5.184	373.248	8,485	4,160
73	5.329	389.017	8,544	4,179
74	5.476	405.224	8,602	4,198
75	5.625	421.875	8,660	4,217
76	5.776	438.976	8,717	4,235
77	5.929	456.533	8,775	4,254
78	6.084	474.552	8,831	4,272
79	6.241	493.039	8,888	4,290
80	6.400	512.000	8,944	4,308
81	6.561	531.441	9,000	4,326
82	6.724	551.368	9,055	4,344
83	6.889	571.787	9,110	4,362
84	7.056	592.704	9,165	4,379
85	7.225	614.125	9,219	4,396
86	7.396	636.056	9,273	4,414
87	7.569	658.503	9,327	4,431
88	7.744	681.472	9,380	4,448
89	7.921	704.969	9,434	4,464
90	8.100	729.000	9,486	4,481
91	8.281	753.571	9,539	4,497
92	8.464	778.688	9,591	4,514
93	8.649	804.357	9,643	4,530
94	8.836	830.584	9,695	4,546
95	9.025	857.375	9,746	4,562
96	9.216	884.736	9,798	4,578
97	9.409	912.673	9,848	4,594
98	9.604	941.192	9,899	4,610
99	9.801	970.299	9,949	4,626
100	10.000	1.000.000	10,000	4,641

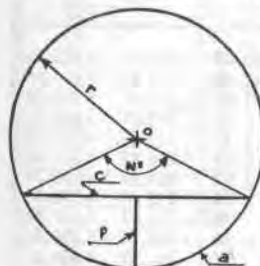
TABLE DES CIRCONFÉRENCES ET SURFACES DES CERCLES

D	Circonférence $\pi D$	Surface $\left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi$	D	Circonférence $\pi D$	Surface $\left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi$	D	Circonférence $\pi D$	Surface $\left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi$
1	3,142	0,7854	34	106,814	907,920	67	210,49	3.525,65
2	6,283	3,1416	35	109,956	962,113	68	213,63	3.631,68
3	9,426	7,0686	36	113,097	1.017,88	69	216,77	3.739,28
4	12,566	12,5664	37	116,239	1.075,21	70	219,91	3.848,45
5	15,708	19,6350	38	119,381	1.134,11	71	223,05	3.959,19
6	18,850	28,2743	39	122,522	1.194,59	72	226,19	4.071,50
7	21,991	38,4845	40	125,66	1.256,64	73	229,34	4.185,39
8	25,133	50,2655	41	128,81	1.320,25	74	232,48	4.300,84
9	28,274	63,6173	42	131,95	1.385,44	75	235,62	4.417,86
10	31,416	78,5398	43	135,09	1.452,20	76	238,76	4.536,46
11	34,558	95,0332	44	138,23	1.520,53	77	241,90	4.656,63
12	37,699	113,097	45	141,37	1.590,43	78	245,04	4.778,36
13	40,841	132,732	46	144,51	1.661,90	79	248,19	4.901,67
14	43,982	153,938	47	147,65	1.734,94	80	251,33	5.026,55
15	47,124	176,715	48	150,80	1.809,56	81	254,47	5.153,00
16	50,265	201,062	49	153,94	1.885,74	82	257,61	5.281,02
17	53,407	226,980	50	157,08	1.963,50	83	260,75	5.410,61
18	56,549	254,469	51	160,22	2.042,82	84	263,89	5.541,77
19	59,690	283,529	52	163,36	2.123,72	85	267,04	5.674,50
20	62,832	314,159	53	166,50	2.206,18	86	270,18	5.808,90
21	65,973	346,361	54	169,65	2.290,22	87	273,32	5.944,68
22	69,115	380,133	55	172,79	2.375,83	88	276,46	6.082,12
23	72,257	415,476	56	175,93	2.463,01	89	279,60	6.221,14
24	75,398	452,389	57	179,07	2.551,76	90	282,74	6.361,73
25	78,540	490,874	58	182,21	2.642,08	91	285,88	6.503,88
26	81,681	530,929	59	185,35	2.733,97	92	289,03	6.647,61
27	84,823	572,555	60	188,50	2.827,43	93	292,17	6.792,91
28	87,965	615,752	61	191,64	2.922,47	94	295,31	6.939,78
29	91,106	660,520	62	194,78	3.019,07	95	298,45	7.088,22
30	94,248	706,858	63	197,92	3.117,25	96	301,59	7.238,23
31	97,389	754,758	64	201,06	3.216,99	97	304,73	7.389,81
32	100,531	804,248	65	204,20	3.318,31	98	307,88	7.542,96
33	103,673	855,299	66	207,35	3.421,19	99	311,02	7.697,69
						100	314,16	7.853,98



## UTILISATION DE LA TABLE DES CORDES, FLÈCHES ET ARCS

- 1° Soit à calculer la longueur  $a$  d'un arc de  $37^\circ$ , le rayon  $r$  du cercle étant de 95 mm.



O : Centre  
r : rayon  
c : corde  
p : flèche  
a : arc  
N° : angle  
intercepté

D'après la table nous trouvons pour un arc de  $37^\circ$  la valeur : 0,6458.

Cette valeur est à multiplier par le rayon  $r$ .

D'où : longueur de  $a =$   
 $0,6458 \times 95 = 61,351$  mm.

- 2° Soit à calculer la longueur  $c$  de la corde d'un arc de  $56^\circ$ , le rayon  $r$  du cercle étant de 55 mm.

D'après la table nous trouvons pour  $56^\circ$  une valeur de corde de : 0,9389.

Cette valeur est à multiplier par le rayon  $r$ .

D'où : longueur de  $c = 0,9389 \times 55 = 51,6395$  mm.

- 3° Soit à calculer la longueur  $f$  de la flèche d'un arc de  $102^\circ$ , le rayon  $r$  du cercle étant de 70 mm.

D'après la table nous trouvons pour  $102^\circ$  une valeur de flèche de : 0,3707.

Cette valeur est à multiplier par le rayon  $r$ .

D'où : longueur de  $f = 0,3707 \times 70 = 25,9490$  mm.

## TABLE DES CORDES, FLÈCHES ET ARCS POUR LES ANGLES DE $1^\circ$ A $60^\circ$

Degrés	Cordes	Flèches	Arcs	Degrés	Cordes	Flèches	Arcs
1	0,0175	0,0000	0,0175	31	0,5345	0,0363	0,5411
2	0,0349	0,0001	0,0349	32	0,5512	0,0387	0,5585
3	0,0524	0,0003	0,0524	33	0,5680	0,0411	0,5760
4	0,0698	0,0006	0,0698	34	0,5847	0,0437	0,5934
5	0,0872	0,0009	0,0873	35	0,6014	0,0462	0,6109
6	0,1047	0,0013	0,1047	36	0,6180	0,0489	0,6283
7	0,1221	0,0018	0,1222	37	0,6346	0,0516	0,6458
8	0,1395	0,0024	0,1396	38	0,6511	0,0544	0,6632
9	0,1569	0,0030	0,1571	39	0,6676	0,0573	0,6807
10	0,1743	0,0038	0,1745	40	0,6840	0,0603	0,6981
11	0,1917	0,0046	0,1920	41	0,7004	0,0633	0,7156
12	0,2091	0,0054	0,2094	42	0,7167	0,0664	0,7330
13	0,2264	0,0064	0,2269	43	0,7330	0,0695	0,7505
14	0,2437	0,0074	0,2443	44	0,7492	0,0728	0,7679
15	0,2611	0,0085	0,2618	45	0,7654	0,0761	0,7854
16	0,2783	0,0097	0,2793	46	0,7815	0,0795	0,8029
17	0,2956	0,0109	0,2967	47	0,7975	0,0829	0,8203
18	0,3129	0,0123	0,3142	48	0,8135	0,0865	0,8378
19	0,3301	0,0137	0,3316	49	0,8294	0,0900	0,8552
20	0,3472	0,0151	0,3491	50	0,8452	0,0937	0,8727
21	0,3645	0,0167	0,3665	51	0,8610	0,0974	0,8901
22	0,3816	0,0183	0,3840	52	0,8767	0,1012	0,9076
23	0,3987	0,0200	0,4014	53	0,8924	0,1051	0,9250
24	0,4158	0,0218	0,4189	54	0,9080	0,1090	0,9425
25	0,4329	0,0237	0,4363	55	0,9235	0,1130	0,9599
26	0,4499	0,0256	0,4538	56	0,9389	0,1171	0,9774
27	0,4669	0,0276	0,4712	57	0,9543	0,1212	0,9948
28	0,4838	0,0296	0,4887	58	0,9696	0,1254	1,0123
29	0,5008	0,0318	0,5061	59	0,9848	0,1296	1,0297
30	0,5176	0,0340	0,5236	60	1,0000	0,1340	1,0472

Le rayon est égal à 1.

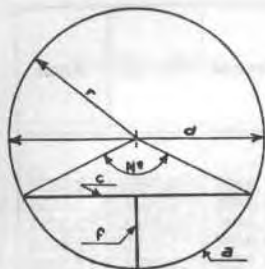
**TABLE DES CORDES, FLÈCHES ET ARCS  
POUR LES ANGLES DE 61° A 120°**

Degrés	Cordes	Flèches	Arcs	Degrés	Cordes	Flèches	Arcs
61	1,0151	0,1384	1,0647	91	1,4265	0,2991	1,5882
62	1,0301	0,1428	1,0821	92	1,4387	0,3053	1,6057
63	1,0450	0,1474	1,0996	93	1,4507	0,3116	1,6232
64	1,0598	0,1520	1,1170	94	1,4627	0,3180	1,6406
65	1,0746	0,1566	1,1345	95	1,4746	0,3244	1,6580
66	1,0893	0,1613	1,1519	96	1,4863	0,3309	1,6755
67	1,1039	0,1661	1,1694	97	1,4979	0,3374	1,6930
68	1,1184	0,1710	1,1868	98	1,5094	0,3439	1,7104
69	1,1328	0,1759	1,2043	99	1,5208	0,3506	1,7279
70	1,1472	0,1808	1,2217	100	1,5321	0,3572	1,7453
71	1,1614	0,1859	1,2392	101	1,5432	0,3639	1,7628
72	1,1756	0,1910	1,2566	102	1,5543	0,3707	1,7802
73	1,1896	0,1961	1,2741	103	1,5652	0,3775	1,7977
74	1,2036	0,2014	1,2915	104	1,5760	0,3843	1,8151
75	1,2175	0,2066	1,3090	105	1,5867	0,3912	1,8326
76	1,2313	0,2120	1,3265	106	1,5973	0,3982	1,8500
77	1,2450	0,2174	1,3439	107	1,6077	0,4052	1,8675
78	1,2586	0,2229	1,3614	108	1,6180	0,4122	1,8850
79	1,2722	0,2284	1,3788	109	1,6282	0,4193	1,9024
80	1,2856	0,2340	1,3963	110	1,6383	0,4264	1,9199
81	1,2989	0,2396	1,4137	111	1,6483	0,4336	1,9373
82	1,3121	0,2453	1,4312	112	1,6581	0,4408	1,9548
83	1,3252	0,2510	1,4486	113	1,6678	0,4481	1,9722
84	1,3383	0,2569	1,4661	114	1,6773	0,4554	1,9897
85	1,3512	0,2627	1,4835	115	1,6868	0,4627	2,0071
86	1,3640	0,2686	1,5010	116	1,6961	0,4701	2,0246
87	1,3767	0,2746	1,5184	117	1,7053	0,4775	2,0420
88	1,3893	0,2807	1,5359	118	1,7143	0,4850	2,0595
89	1,4018	0,2867	1,5533	119	1,7233	0,4925	2,0769
90	1,4142	0,2929	1,5708	120	1,7321	0,5000	2,0944

**TABLE DES CORDES, FLÈCHES ET ARCS  
POUR LES ANGLES DE 121° A 180°**

Degrés	Cordes	Flèches	Arcs	Degrés	Cordes	Flèches	Arcs
121	1,7407	0,5076	2,1118	151	1,9363	0,7496	2,6354
122	1,7492	0,5152	2,1293	152	1,9406	0,7581	2,6529
123	1,7576	0,5228	2,1458	153	1,9447	0,7666	2,6704
124	1,7659	0,5305	2,1642	154	1,9487	0,7750	2,6878
125	1,7740	0,5388	2,1817	155	1,9526	0,7836	2,7053
126	1,7820	0,5460	2,1991	156	1,9563	0,7921	2,7227
127	1,7899	0,5538	2,2166	157	1,9598	0,8006	2,7402
128	1,7976	0,5616	2,2340	158	1,9632	0,8092	2,7576
129	1,8052	0,5695	2,2515	159	1,9665	0,8178	2,7751
130	1,8126	0,5774	2,2689	160	1,9696	0,8264	2,7925
131	1,8199	0,5853	2,2864	161	1,9726	0,8350	2,8100
132	1,8271	0,5933	2,3038	162	1,9754	0,8436	2,8274
133	1,8341	0,6013	2,3213	163	1,9780	0,8522	2,8449
134	1,8410	0,6093	2,3387	164	1,9805	0,8608	2,8623
135	1,8478	0,6173	2,3562	165	1,9829	0,8695	2,8798
136	1,8544	0,6254	2,3736	166	1,9851	0,8781	2,8972
137	1,8608	0,6335	2,3911	167	1,9871	0,8868	2,9147
138	1,8672	0,6416	2,4086	168	1,9890	0,8955	2,9322
139	1,8733	0,6498	2,4260	169	1,9908	0,9042	2,9496
140	1,8794	0,6580	2,4435	170	1,9924	0,9128	2,9671
141	1,8853	0,6662	2,4609	171	1,9938	0,9215	2,9845
142	1,8910	0,6744	2,4784	172	1,9951	0,9302	3,0020
143	1,8966	0,6827	2,4958	173	1,9963	0,9390	3,0194
144	1,9021	0,6910	2,5133	174	1,9973	0,9477	3,0369
145	1,9074	0,6993	2,5307	175	1,9981	0,9564	3,0543
146	1,9126	0,7076	2,5482	176	1,9988	0,9651	3,0718
147	1,9176	0,7160	2,5656	177	1,9993	0,9738	3,0892
148	1,9225	0,7244	2,5831	178	1,9997	0,9825	3,1067
149	1,9273	0,7328	2,6005	179	1,9999	0,9913	3,1241
150	1,9319	0,7412	2,6180	180	2,0000	1,0000	3,1416

# RELATIONS ENTRE RAYON, DIAMÈTRE ARC, CORDE, FLÈCHE



o: centre  
r: rayon  
d: diamètre  
f: flèche  
c: corde  
a: arc  
N° angle  
intercepté

## FORMULES

$$1^{\circ}) r = \frac{f}{2} + \frac{c^2}{8f}$$

$$2^{\circ}) d = 2 \left( \frac{f}{2} + \frac{c^2}{8f} \right) = f + \frac{c^2}{4f}$$

$$3^{\circ}) a = 2\pi r \times \frac{N^{\circ}}{360} = \frac{\pi r N}{180}$$

$$4^{\circ}) c = 2 \sqrt{f(2r - f)}$$

$$5^{\circ}) f = r - \sqrt{r^2 - \frac{c^2}{4}}$$

## APPLICATIONS

Dans le cercle représenté par la figure :

- 1<sup>o</sup>) On connaît  $f = 14$  et  $c = 50$ , calculer son rayon  $r$ .
- 2<sup>o</sup>) On connaît  $f = 14$  et  $c = 50$ , calculer son diamètre  $d$ .
- 3<sup>o</sup>) On connaît  $r = 40$  et  $N = 116^{\circ}$ , calculer l'arc  $a$  intercepté.
- 4<sup>o</sup>) On connaît  $f = 20$  et  $r = 40$ , calculer la corde  $c$ .
- 5<sup>o</sup>) On connaît  $r = 40$  et  $c = 70$ , calculer la flèche  $f$ .

## SOLUTIONS

1<sup>o</sup>) Appliquons la formule :

$$r = \frac{14}{2} + \frac{50^2}{8 \times 14} = 7 + \frac{2.500}{112} = 7 + 22,32 = \underline{\underline{29,32}}$$

2<sup>o</sup>) Appliquons la formule :

$$d = 14 + \frac{50^2}{56} = 14 + \frac{2.500}{56} = 14 + 44,64 = \underline{\underline{58,64}}$$

3<sup>o</sup>) Appliquons la formule :

$$a = \frac{3,141 \times 40 \times 116}{180} = \underline{\underline{80,96}}$$

4<sup>o</sup>) Appliquons la formule :

$$c = 2 \sqrt{20(80 - 20)} = 2 \sqrt{20(60)} = 2 \sqrt{1.200} = 2 \times 34,64 = \underline{\underline{69,28}}$$

5<sup>o</sup>) Appliquons la formule :

$$f = 40 - \sqrt{40^2 - \frac{70^2}{4}} = 40 - \sqrt{1.600 - \frac{4.900}{4}} = 40 - \sqrt{1.600 - 1.225} = 40 - \sqrt{375} = 40 - 19,36 = \underline{\underline{21,64}}$$

## TRACÉ PRATIQUE D'UN ANGLE QUELCONQUE

Dans une circonférence de 360 mm de longueur, chaque arc de 1 mm a pour angle au centre la valeur de 1°.

Le diamètre de cette circonférence est de  $360 : \pi = 114,6$  mm.

Son rayon est  $114,6 : 2 = 57,3$  mm.

L'arc intercepté par un angle de 1° fait 1 mm.

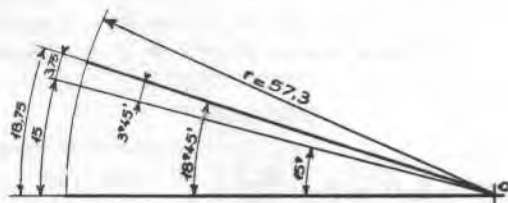
Soit à tracer un angle de 18°45'.

Du centre O déterminer un arc de 57,3 mm.

Par une construction usuelle, déterminer un angle de 15°.

Il suffit de porter 3°45' soit 3 mm 3/4 ou 3,75 mm.

**Autre méthode :** Porter sur le rayon de 57,3 mm directement 18,75 mm.



## UNITÉS USUELLES DE MESURES

Légales en France par Décret du 3 mai 1961 (J.O. du 20 mai 1961)

Grandeurs	UNITÉS SI			
	D'emploi général		D'emploi limité à certains domaines	
	Dénomination	Symbole	Dénomination	Symbole
	<b>Unités mécaniques</b>			
Vitesse	mètre p <sup>r</sup> seconde	m/s	kilomètre p <sup>r</sup> heure	km/h
Vitesse angul <sup>re</sup>	radian p <sup>r</sup> seconde	rd/s		
	tour p <sup>r</sup> seconde	tr/s	tour p <sup>r</sup> minute	tr/mn
Accélération	mètre p <sup>r</sup> seconde p <sup>r</sup> seconde	m/s <sup>2</sup>		
Force	newton	N		
Moment d'une force	mètre-newton	m∧N		
Énergie-Travail	joule	J	électron-volt	eV
			kilowatt-heure	kWh
Quantité de chaleur	joule	J	kilocalorie	kcal
			thermie	th
			frigorie	fg
Puissance	watt	W		
Pression (1)	bar	bar		
Contrainte (1)	décanewton par millimètre carré ou hectobar	daN/mm <sup>2</sup> hbar		
Masse	kilogramme	kg		
	(1) L'unité SI de pression et de contrainte est le newton par mètre carré (N/m <sup>2</sup> ), appelé, en France, pascal (Pa).			
	<b>Unités calorifiques</b>			
Température	degré Kelvin	°K		
	degré Celsius	°C		
Quantité de chaleur	(voir unités métriques)			

# NOUVELLES APPELLATIONS DES TUBES FILETABLES DITS «TUBES GAZ»

## I. GÉNÉRALITÉS

- Tubes de tolérances et d'épaisseurs suffisantes pour être filetés.
- Assemblages entre-eux par raccords, manchons, brides taraudées ou par soudage autogène ou soudo-brasage.
- Ils sont garantis étanches et livrés en différentes présentations : lisses, ou filetés aux extrémités, noirs ou galvanisés.
- Ils sont généralement utilisés comme canalisations d'eau, de gaz, ou en chauffage central.

\* Ils sont classés en 2 catégories :

1. Tubes soudés, finis à chaud :  
*ISO. Série légère. TARIF 1 et 2 (N-F-E- 29.027)*
2. Tubes sans soudure obtenus à chaud :  
*ISO. Série moyenne. TARIF 3 (N-F-E- 29.025)*

NOTA : Il existe une 3e catégorie dite «Série renforcée» :  
*ISO. Série forte. (N-F-E- 29.026)*

## II. JUSTIFICATION DES NOUVELLES APPELLATIONS

- Les tubes sont désormais désignés par leur diamètre extérieur suivi de leur épaisseur et éventuellement du repère de filetage.  
*Exemples : Tube Tarif 1 de 26,9-2,3 (3/4)  
Tube Tarif 3 de 26,9-2,6*
- Ces mêmes tubes étaient précédemment désignés par un numéro d'ordre qui correspondait à la désignation approximative du diamètre intérieur en pouces (*Exemple : Tube de 3/4*), ou encore par le diamètre intérieur suivi du diamètre extérieur (Øarrondis en mm). *Exemple : Tube de 20/27*.
- Il en résultait, de ce fait, des erreurs dans les calculs de débit des installations et de résistance.

*Exemple : Un tube dit 20-27 donnait une épaisseur de 3,5 mm.  
- Ce même tube, en TARIF 1, a une épaisseur de 2,3 mm, soit un diamètre intérieur de 22,3 mm et en TARIF 3, une épaisseur de 2,6 mm soit un diamètre intérieur de 21,7 mm.*

## TABLEAU DES CARACTERISTIQUES

Tube:

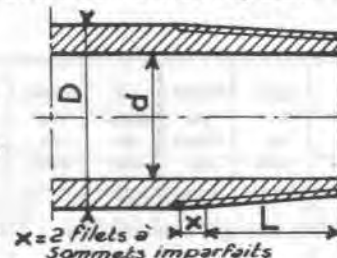
Filetage conique:

*Pente : 1/32 = 3,12%*

Conicité normale: 1/16 = 6,25%

Manchon:

Filetage cylindrique.



T.1.2.3.	TUBES SOUDÉS			TUBES SANS SOUDURE		
N.de réf. pour filetage	Diamètre extérieur en mm	Épaisseur en mm	Masse au mètre en kg	Diamètre extérieur en mm	Épaisseur en mm	Masse au mètre en kg
	<b>TARIF 1</b>			<b>TARIF 3</b>		
1/4	13,5	2,0	0,57	13,5	2,3	0,65
3/8	17,2	2,0	0,74	17,2	2,3	0,85
1/2	21,3	2,3	1,10	21,3	2,6	1,22
3/4	26,9	2,3	1,41	26,9	2,6	1,58
1 -	33,7	2,9	2,21	33,7	3,2	2,44
1 1/4	42,4	2,9	2,84	42,4	3,2	3,14
1 1/2	48,3	2,9	3,26	48,3	3,2	3,61
2 -	60,3	3,2	4,56	60,3	3,6	5,10
	<b>TARIF 2</b>					
*2 1/4	* 70,0	3,2	5,35	* 70,0	3,6	5,97
2 1/2	76,1	3,2	5,80	76,1	3,6	6,51
3 -	88,9	3,2	6,81	88,9	4,0	8,47
3 1/2	101,6	3,6	8,74	101,6	4,0	9,72
4 -	114,3	3,6	9,89	114,3	4,5	12,10
*5 -	* 139,7	4,5	15,00	* 139,7	4,5	15,00
*6 -	* 165,1	4,5	17,76	* 165,1	4,5	17,76

\* : Dimensions hors normes

Nota : Il est conseillé de ne pas employer les tubes de diamètre extérieur 13,5 et 17,2 des Tarifs 1 et 3 pour les installations d'eau, leur utilisation étant réservée aux conduites d'appareils à gaz de petit débit.

## AUTRES «TUBES ACIER» D'USAGE COURANT

Ø extér. en mm	Epaisseur en mm	Masse au mètre kg	Ø extér. en mm	Epaisseur en mm	Masse au mètre kg	Ø extér. en mm	Epaisseur en mm	Masse au mètre kg
Tubes «Série Construction» - Ne peuvent pas être filetés								
21,3	2	0,95	48,3	2,9	3,27	88,9	3,2	6,81
26,9	2,3	1,41	48,3	3,2	3,61	101,6	3,6	8,76
33,7	2,6	2,01	60,3	2,9	4,14	114,3	3,6	9,90
42,4	2,6	2,57	76,1	2,9	5,28	139,7	4,0	13,50
Tubes «Serruriers» - Tubes ronds soudés finis à froid								
QUALITE 102								
10	1,0	0,22	22	1,0	0,52	35	1,50	1,24
12	1,0	0,27	22	1,25	0,64	35	2,0	1,63
14	1,0	0,32	22	1,50	0,76	38	1,50	1,35
14	1,25	0,39	25	1,0	0,59	40	1,50	1,42
16	1,0	0,37	25	1,25	0,73	40	2,0	1,87
16	1,25	0,45	25	1,50	0,87	45	1,50	1,61
18	1,0	0,42	28	1,25	0,82	45	2,0	2,12
18	1,25	0,52	28	1,50	0,98	50	2,0	2,37
18	1,50	0,61	30	1,50	1,05	55	2,0	2,61
20	1,0	0,47	30	2,0	1,38	60	2,0	2,86
20	1,25	0,58	32	1,25	0,95	70	2,0	3,35
20	1,50	0,68	32	1,50	1,13	80	2,0	3,85

Nota : Pour les tubes de sections carrées ou rectangulaires, se référer auprès des fabricants ou négociants.

## 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	800 à 900 °
Acier extra-dur				7,9	1 500 °
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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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<sup>er</sup> groupe** : comporte la lettre du métal de base A.

**Le 2<sup>e</sup> groupe** : séparé du 1<sup>er</sup> 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, Q, 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/cm<sup>3</sup>) : 2,63 à 2,80  
Températures de fusion : 600 à 658 °C

Symbole	Températures de Recuit de Trempe		Applications principales
<b>Sans traitements thermiques</b>			
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.
<b>Avec traitements thermiques</b>			
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	Brasage (1)	Soudage électrique à l'arc		Soudage électrique par résistance (2)
				Électrode enrobée	En atmosphère d'argon	
<b>Légende :</b> R = Recommandé. U = Utilisable (3). P = Peut être utilisé à la rigueur. D = Déconseillé.						
<b>Alliages de forge et de laminage :</b>						
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	D	U	P	U	R
<b>Alliages de fonderie :</b>						
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-U8S	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 M<sup>2</sup> DE TOLES MÉTALLIQUES

Épaisseur en mm.	Acier D = 7,8	Aluminium D = 2,7	Cuivre D = 8,9	Laiton D = 8,5	Magnésium 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

2° PARTIE

---

**OPÉRATIONS  
DE  
CHAUDRONNERIE**

## 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

### TABLEAU 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 (795)
245	Orange	Alliage Plomb 65 Étain 35	850	Rouge cerise naissant avancé	Alliage Cuivre 81 Étain 19
265	Gorge de Pigeon	Alliage Cadmium 84 Plomb 16 (260)	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		1300	Blanc	Fonte grise environ 1275°
550	Rouge naissant	Alliage Cuivre 130 Aluminium 170	1350	Blanc vif	
600	Rouge très sombre	Alliage Cuivre 55 Aluminium 45	1400	Blanc éblouissant	Nickel 1450°
650	Rouge sombre	Aluminium 658	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 :		
	Mn :		
Inoxydable	Cr : 18%	900 à 1 175°	Jaune orangé
	Ni : 8%		

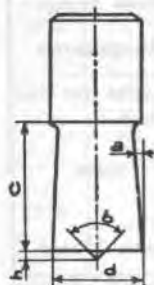
# ANGLES CARACTÉRISTIQUES DES OUTILS DE CISAILLAGE ET DE POINÇONNAGE

## CISAILLAGE



**a** : épaisseur des lames  $\approx$  épaisseur à couper + 5 mm.  
**b** : largeur des lames  $\approx$  épaisseur des lames  $\times$  6 ou 8.  
 $\hat{\alpha}$  = angle de coupe.

Types de cisailles	angle de coupe	Types de cisailles	angle de coupe	
Manuelles	à main	Mécaniques alternatives	circulaire	75 à 90°
	d'établi		guillotine	85 à 90°
	à balancier		lames courtes	85 à 90°
	à levier		lames très courtes	85 à 90°
	circulaire			



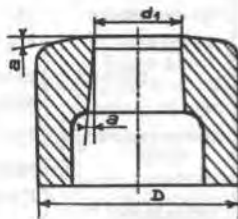
## POINÇONNAGE

**Poinçon**

- c** :  $\leq 1,5 d$
- a** : 2 à 3°
- h** : 0,5 à 3 mm.
- b** : 90°.

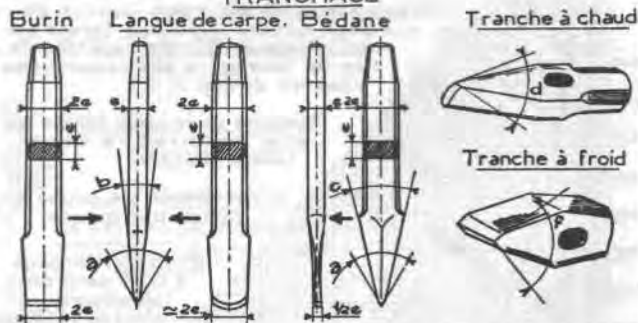
**matrice**

- D** :  $\geq 2,5 d_1$
- a** : 2 à 3°.



# ANGLES CARACTÉRISTIQUES DES OUTILS

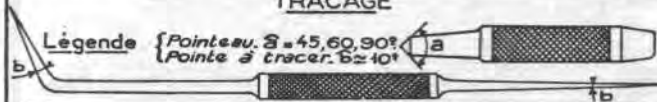
## TRANCHAGE



**Légende :**

- $\hat{a}$  : Acier doux = 60°; Cuivre = 50°; dur = 65°; Fonte, Bronze = 70°
- $\hat{b}$  : 8 à 10°.
- $\hat{c}$  : 30 à 35°.
- $\hat{d}$  :  $\approx 30^\circ$ .
- $\hat{f}$  :  $\approx 60^\circ$ .

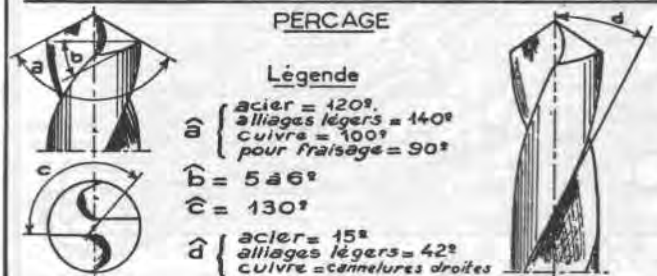
## TRACAGE



**Légende**

- Pointeau.  $\hat{a} = 45, 60, 90^\circ$
- Pointe à tracer.  $\hat{b} \approx 10^\circ$

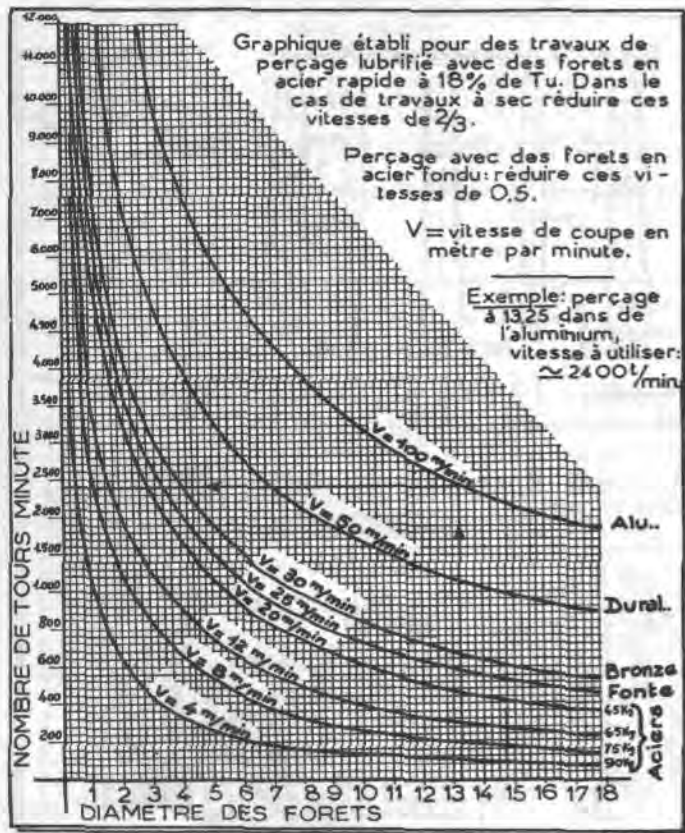
## PERÇAGE



### Légende

- $\hat{a}$  : acier = 120°; alliages légers = 140°; Cuivre = 100°; pour fraisage = 90°
- $\hat{b}$  = 5 à 6°
- $\hat{c}$  = 130°
- $\hat{d}$  : acier = 15°; alliages légers = 42°; Cuivre = cannelures droites

# VITESSES DE PERÇAGE



# CHANFREINAGE ET SCIAGE

## Chanfreinage des tôles

Chanfrein en Y	Chanfrein de présentation $\hat{\alpha} \approx 45^\circ$	
	Chanfrein de matage $\hat{\alpha} \approx 15 \text{ à } 25^\circ$	
Chanfrein en X	de 4 à 15 mm. Chanfrein de soudage et de soude brasage $\hat{\alpha} \approx 70 \text{ à } 90^\circ$	
	$e \geq 15$ mm. Chanfrein de soudage $\hat{\alpha} \approx 80^\circ$	

## Sciage

	① Longueur des lames de 150 à 300 mm. Denture Nombre de dents au cm (variant de 6 à 13)	④
	② Denture fine de 11 à 13 dents (pour: tubes tôles etc...) Grosse denture de 6 à 11 dents (pour pièces de fortes épaisseurs)	⑤
	③	⑥

Mauvais Bon

Denture trop grosse ① ② ③ | ④ ⑤ ⑥ Denture fine Loupe

# TARAUDAGE

## SYSTÈME INTERNATIONAL (S. I.)

Taraud		Diamètre du trou à percer en mm	Taraud		Diamètre du trou à percer en mm
Diamètre	Pas		Diamètre	Pas	
2	0,40	1,6	27	3,00	23,5
2,2	0,45	1,8	30	3,50	26
2,5	0,45	2,1	33	3,50	29
3	0,60	2,4	36	4,00	31,4
4	0,75	3,3	39	4,00	34,4
5	0,90	4,1	42	4,50	36,9
6	1,00	4,9	45	4,50	39,9
8	1,25	6,75	48	5,00	43,25
10	1,50	8,5	52	5,00	46,25
12	1,75	10,25	56	5,50	49,7
14	2,00	11,75	60	5,50	53,7
16	2,00	13,75	64	6,00	57,1
18	2,50	15,25	68	6,00	61,1
20	2,50	17,25	72	6,00	65,1
22	2,50	19,25	76	6,00	69,1
24	3,00	20,5	80	6,00	73,1

# TARAUDAGE

## PROFIL I.S.O. - PAS METRIQUE (M)

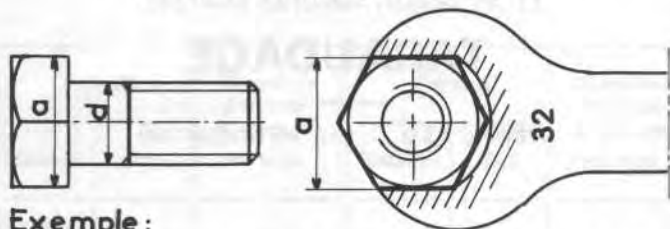
TARAUD		Diamètre du trou à percer en mm	TARAUD		Diamètre du trou à percer en mm
Diamètre nominal	Gros Pas		Diamètre nominal	Gros Pas	
2,5	0,45	2,05	27	3	24
3	0,5	2,5	30	3,5	26,5
(3,5)	0,6	2,9	33	3,5	29,5
4	0,7	3,3	36	4	32
5	0,8	4,2	39	4	35
6	1	5	42	4,5	37,5
(7)	1	6	45	4,5	40,5
8	1,25	6,75	48	5	43
10	1,5	8,5	52	5	47
12	1,75	10,25	56	5,5	50,5
14	2	12	60	5,5	54,5
16	2	14	64	6	58
18	2,5	15,5	68	6	62
20	2,5	17,5	72	6	66
22	2,5	19,5	76	6	70
24	3	21	80	6	74

**Nota.** — Avant-trou de taraudage = Diamètre nominal — Pas.  
Pour valeur du pas fin, se reporter à la norme : NF - E 03 - 001



# BOULONNERIE

SYSTEME INTERNATIONAL TETE H



Exemple :

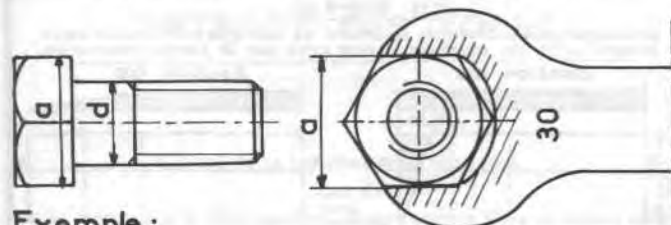
Pour un boulon  $d = 20$ : prendre une clé de 32

Valeur de la largeur de la clé à employer en fonction de  $d$  diamètre nominal du boulon

$d$	$a$	$d$	$a$	$d$	$a$	$d$	$a$
2	4	10	18	27	42	52	77
2,2	4	12	21	30	46	56	82
2,5	4	14	23	33	50	60	88
3	5	16	26	36	54	64	93
4	6	18	29	39	58	68	99
5	8	20	32	42	63	72	105
6	10	22	35	45	67	76	110
8	14	24	38	48	71	80	116

# BOULONNERIE

PROFIL I.S.O. - PAS METRIQUE - TETE H



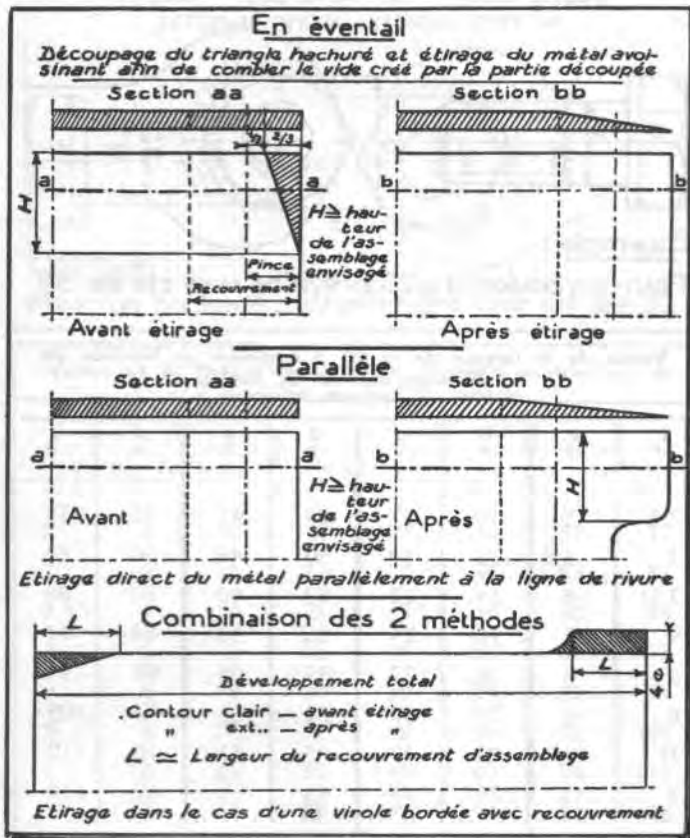
Exemple :

Pour un boulon  $d = 20$ : prendre une clé de 30

Valeur de la largeur de la clé à employer en fonction de  $d$  diamètre nominal du boulon

$d$	$a$	$d$	$a$	$d$	$a$	$d$	$a$
2,5	5	10	17	27	41	52	77
3	5,5	12	19	30	46	56	82
(3,5)	6	14	22	33	50	60	88
4	7	16	24	36	54	64	93
5	8	18	27	39	58	68	99
6	10	20	30	42	63	72	105
(7)	11	22	32	45	67	76	110
8	13	24	36	48	71	80	116

# ÉTIRAGE DES PINCES A FROID



# 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.

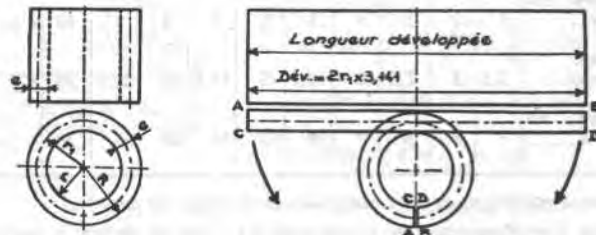
La fibre intérieure se resserre.

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

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

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

e étant l'épaisseur à cintrer.



R = rayon extérieur · r = rayon intérieur  $r_1$  = rayon moyen

# LE PLIAGE

## 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 <sup>er</sup> titre.....	1	3	5	7	10	13	16	20	25	30	$r \geq 3e$

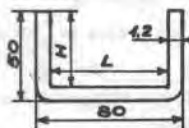
Exemple : AU4G écroui en 8 mm. Rayon de cintrage : 40 mm.

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

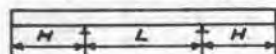
1<sup>er</sup>) sans arrondi  $e \leq 1,5$



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

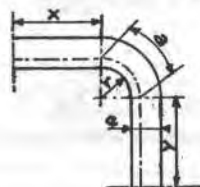
Mise aux cotes intérieures  
H = 48,8 , L = 77,6 e = 1,2

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



2<sup>e</sup>) 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 de l'intérieur.

Exemple : acier doux  $e = 3$  mm.

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

Longueur développée

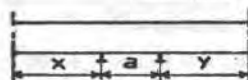
$$= 100 + \left(r + \frac{e}{3}\right) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

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

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

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

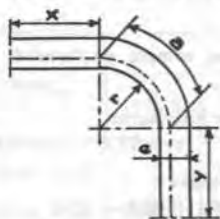
$$= 100 + 6,28 + 100 = \underline{\underline{206,28}}$$



## 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 :

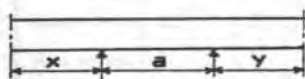
$$= 100 + \left(r + \frac{e}{3}\right) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

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

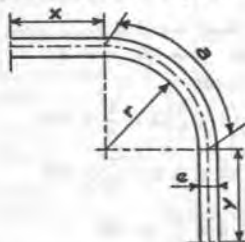
$$= 100 + \left(28 \times \frac{\pi}{4}\right) + 100$$

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

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



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 :

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

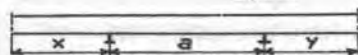
Longueur développée :

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

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

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

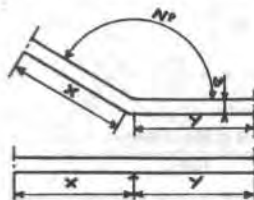
$$= 100 + \left(27,5 \times \frac{\pi}{2}\right) + 100 = 100 + 43,175 + 100 = \underline{\underline{243,175}}$$



## 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  $e = 1$

$x = 100, y = 100$

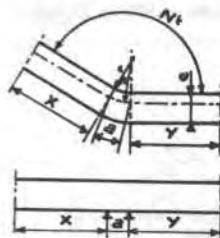
Longueur développée :

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

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  $N^\circ$ , soit :  $180^\circ - N^\circ$ .

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



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

ce qui donne la formule

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

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

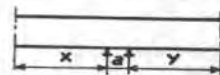
$r = 3, x = 100, y = 100$ .

Longueur développée :

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

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

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



## 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 :

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

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

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 :

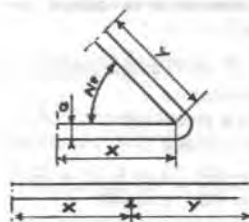
$$= 100 + \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180} + 100$$

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

## 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 :

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

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  $N^\circ$ , 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 :

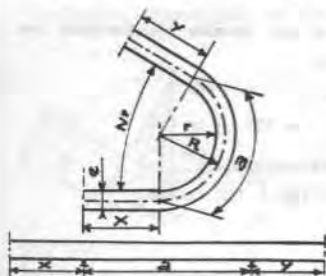
$$= 100 + \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180} + 100$$

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

## LE PLIAGE (suite)

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

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



La longueur développée se calcule sur la fibre moyenne.

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

ce qui donne la formule :

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

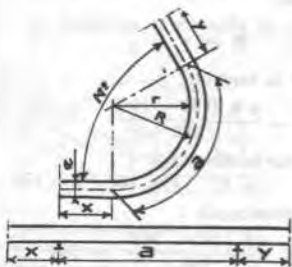
Exemple :  $N^\circ = 60^\circ$ ,  $e = 4$ ,  $r = 12$   
 $x = 100$ ,  $y = 100$

Longueur développée :

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

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

12°) Avec arrondi  $r > 4e$ .



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 :

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

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

## SURFACES ÉQUIVALENTES

### I. GÉNÉRALITÉS.

A. Pour fabriquer par rétreinte ou emboutissage une pièce développable ou non développable, il faut obligatoirement partir d'un flan.

B. Le flan est la surface de métal nécessaire à la réalisation de la pièce.

C. La surface du flan au départ doit être égale à la surface de la pièce terminée.

### II. CALCUL DU FLAN DES PRINCIPAUX VOLUMES USUELS.

#### Pièce $\frac{1}{2}$ sphérique

Méthode mathématique

Méthode graphique

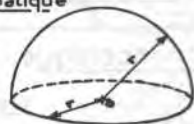
$$R^2 = r^2 + r^2$$

$$R = \sqrt{r^2 + r^2}$$

$$R = \sqrt{2} r^2$$

$$R = r\sqrt{2}$$

$$R = 1,414 r$$

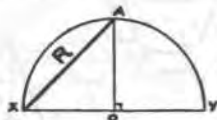


$XY = \text{diamètre}$

$\left. \begin{array}{l} XO \\ OY \\ AO \end{array} \right\} = \text{rayon}$

Corde  $Ax = R$

$R = \text{rayon du flan}$



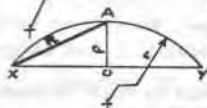
# SURFACES ÉQUIVALENTES (suite)

## Pièce en calotte sphérique

Méthode mathématique

$$R^2 = XO^2 + AO^2$$

$$R = \sqrt{XO^2 + AO^2}$$



Méthode graphique

$r$  = rayon de la sphère

$XO = OY$

$XY$  = corde

$OA$  = flèche

Corde  $Ax = R$

$R$  = rayon du flan

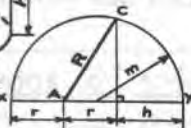
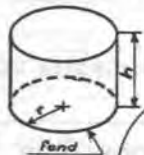
## Pièce cylindrique

Méthode mathématique

$$\pi R^2 = r^2 \pi + 2r \pi x h$$

$$R^2 = r^2 + (2rxh)$$

$$R = \sqrt{r^2 + (2rxh)}$$



Méthode graphique

$r$  = rayon du fond

$$m = \frac{r + r + h}{2}$$

$AC = R$

$R$  = rayon du flan

## Pièce tronconique

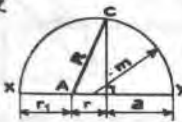
Méthode mathématique

$$\pi R^2 = r^2 \pi + a(\pi r + \pi R)$$

$$\pi R^2 = r^2 \pi + \pi a(r + R)$$

$$R^2 = r^2 + a(r + R)$$

$$R = \sqrt{r^2 + a(r + R)}$$



Méthode graphique

$r$  = rayon du fond

$r_1$  = rayon de l'ouverture

$$m = \frac{r_1 + r + a}{2}$$

$AC = R$

$R$  = rayon du flan

# SURFACES ÉQUIVALENTES (suite)

## Pièce tronconique

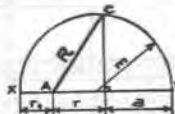
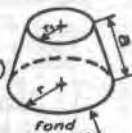
Méthode mathématique

$$\pi R^2 = r^2 \pi + a(\pi r + \pi R)$$

$$\pi R^2 = r^2 \pi + \pi a(r + R)$$

$$R^2 = r^2 + a(r + R)$$

$$R = \sqrt{r^2 + a(r + R)}$$



Méthode graphique

$r$  = rayon du fond

$r_1$  = rayon de l'ouverture

$$m = \frac{r_1 + r + a}{2}$$

$AC = R$

$R$  = rayon du flan

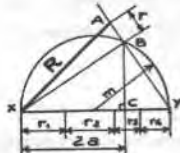
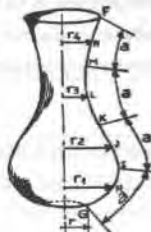
## Pièce de révolution quelconque

Méthode mathématique

$$\pi R^2 = r^2 \pi + 2\pi a(r_1 + r_2 + r_3 + r_4)$$

$$R^2 = r^2 + 2a(r_1 + r_2 + r_3 + r_4)$$

$$R = \sqrt{r^2 + 2a(r_1 + r_2 + r_3 + r_4)}$$



Méthode graphique

$$m = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4}{2}$$

$$m = \frac{xy}{2}$$

$Ax = R$

$R$  = rayon du flan

$FG$  = contour apparent de la pièce.

$H$ : milieu de  $GI$

$J$ :  $n$  de  $IK$ , etc..

$GH = HI = IJ = \dots$  etc..

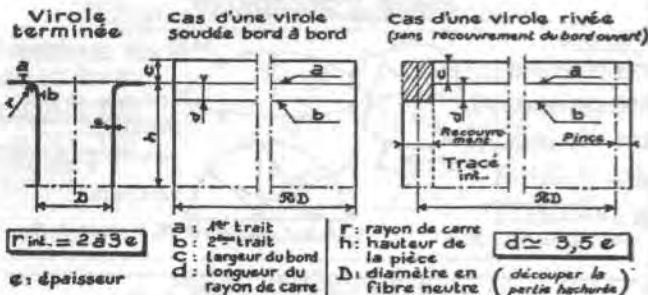
$a$ : divisions égales sur le contour  $FG$

$r$  = rayon du fond.

$r_1, r_2, r_3, r_4$  = rayons intermédiaires

# L'OUVERTURE

## TRAÇAGE DES PIÈCES



Obtention d'une pièce terminée à la hauteur voulue.

- 1<sup>o</sup> Ouverture de l'extérieur à partir de b.
- 2<sup>o</sup> Ouverture de l'intérieur à partir de a.

Nota.

1. Reporter les traits a et b sur les 2 faces.
2. Le trait b se situe à la naissance du rayon de carre sur la pièce terminée.
3. Le trait a se situe à la fin du rayon de carre sur la pièce terminée.
4. En cas de tracé extérieur, les coupes et les pincés seront inversés de côté.

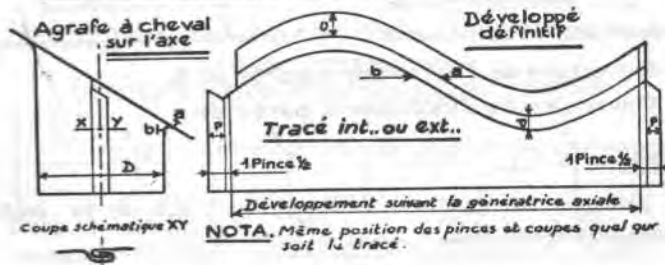
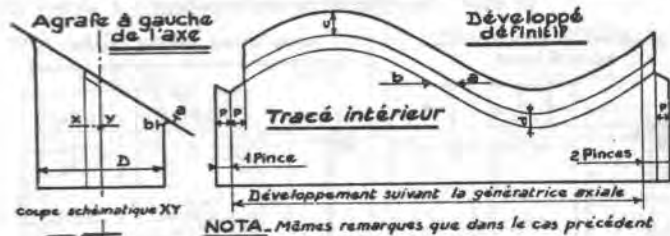
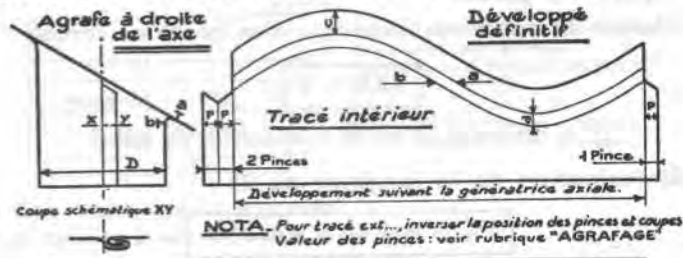
Remarque.

Si l'on commence l'ouverture directement de l'extérieur à partir du trait a, la pièce terminée sera trop haute et le bord trop court (le rayon de carre étant dans ce cas pris sur la largeur du bord).

Veiller à bien commencer l'ouverture à partir du trait b.

# L'OUVERTURE (suite)

## DIVERSES CONCEPTIONS DE VIROLES AGRAFÉES





# LE BORDAGE

## BORDÉ EN CORDON

### Traçage des pièces

Matière nécessaire à l'exécution d'un bordé en cordon :

$$2,5 D + e$$

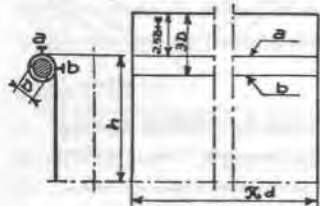
D = diamètre du fil ; e = épaisseur du métal.

### Détermination de la longueur du fil :

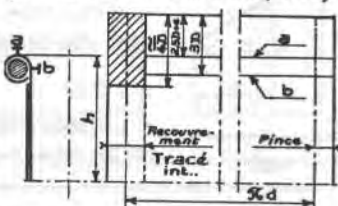
$$L = (d. \text{extérieur} + \varnothing \text{ du fil}) \pi$$

(d étant le diamètre de la pièce)

Cas d'une virole soudée  
bord à bord



Cas d'une virole rivée  
(sans recouvrement du métal des pinces)



a : trait à  $2,5D + e$  . b : trait à  $3D$  . h : hauteur de la pièce (découper la partie hachurée)

1<sup>o</sup> Ouverture de l'extérieur à partir de b.

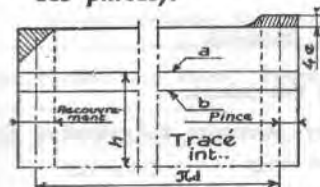
2<sup>o</sup> Ouverture de l'intérieur à partir de a

### Nota

Dans le cas de tracé extérieur, le tracé de la coupe sera inversé de côté.

# LE BORDAGE (suite)

## Cas d'une virole rivée (avec recouvrement du métal des pinces).



Les parties hachurées seront obtenues par étirage.  
voir rubrique: "ETIRAGE des PINCES"

**NOTA.** Pour tracé ext., inverser la position des étirages.

## Cas d'une virole agrafée.

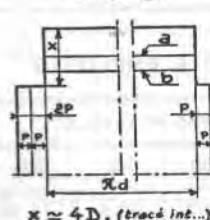
a) Agrafe à droite de l'axe de la pièce.

b) Agrafe à gauche de l'axe de la pièce.

c) Agrafe à cheval sur l'axe de la pièce.

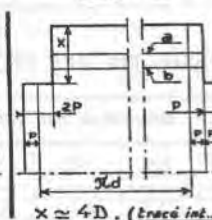
Nota. — Se reporter pour comparaison à la rubrique « OUVERTURE ».

cas a



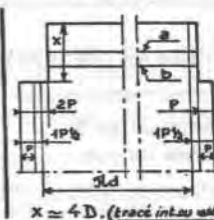
$x \approx 4D$ . (tracé int...)

cas b



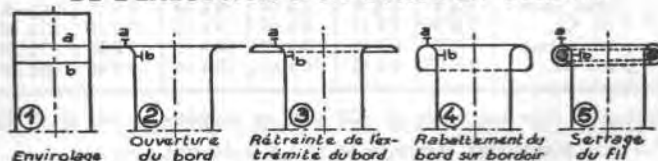
$x \approx 4D$ . (tracé int...)

cas c



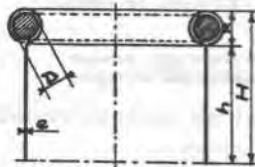
$x \approx 4D$ . (tracé int...)

## CHAÎNE CINÉMATIQUE DE L'EXÉCUTION D'UN BORDÉ EN CORDON



## LE BORDAGE (suite)

### BORDÉ EN SUAGE



$H =$  Hauteur de la pièce

$x = \phi$  du fil +  $2e$

$h = H - x$

Hauteur du développement  $\{ h + 3D + e$

#### Traçage des pièces.

Matière nécessaire à l'exécution d'un bordé en suage :

$$3D + e$$

#### Détermination de la longueur du fil.

$L =$  Longueur développée de la pièce

### DIAMÈTRE APPROXIMATIF DES FILS A EMPLOYER

Épaisseur de la virole en mm.	Diamètre des viroles en mm.						
	≤ 250	300	400	500	700	800	
0,5	acier doux	2 à 4	3 à 5	4 à 6	5 à 7	7 à 9	7 à 10
	Al. Cu.	3 à 5	4 à 6	5 à 7	6 à 8	7 à 10	8 à 12
1	acier doux	3 à 5	4 à 6	5 à 7	6 à 9	9 à 11	10 à 12
	Al. Cu.	4 à 6	5 à 7	6 à 8	7 à 10	10 à 12	12 à 14
1,5	acier doux	4 à 6	5 à 9	7 à 12	8 à 14	9 à 15	11 à 16
	Al. Cu.	5 à 9	7 à 12	8 à 14	9 à 15	10 à 16	12 à 18
2	acier doux	5 à 7	6 à 10	8 à 12	10 à 15	12 à 16	14 à 18
	Al. Cu.	6 à 10	8 à 13	10 à 15	12 à 16	14 à 18	16 à 20

Exemple : Pour une virole de 400 mm. de diamètre en Al. ou en Cu. de 1,5 mm. d'épaisseur; diamètre du fil : 8 à 14 mm.

## 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 ¼ au 2	3 à 3 ¼ D
60 x 70	2 ¼	3 ¾ D
66 x 76	2 ½	4 ½ D
80 x 90	3	6 D
90 x 102	3 ½	7 ½ D
102 x 114	4	8 ½ D

D étant le diamètre extérieur du tube

#### Nota.

- Le rayon de cintrage est toujours mesuré sur l'axe du tube considéré comme fibre neutre.
- Ces valeurs s'entendent pour les tubes de la série GAZ soudés ou sans soudure dans la qualité noire ou galvanisée.
- 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.

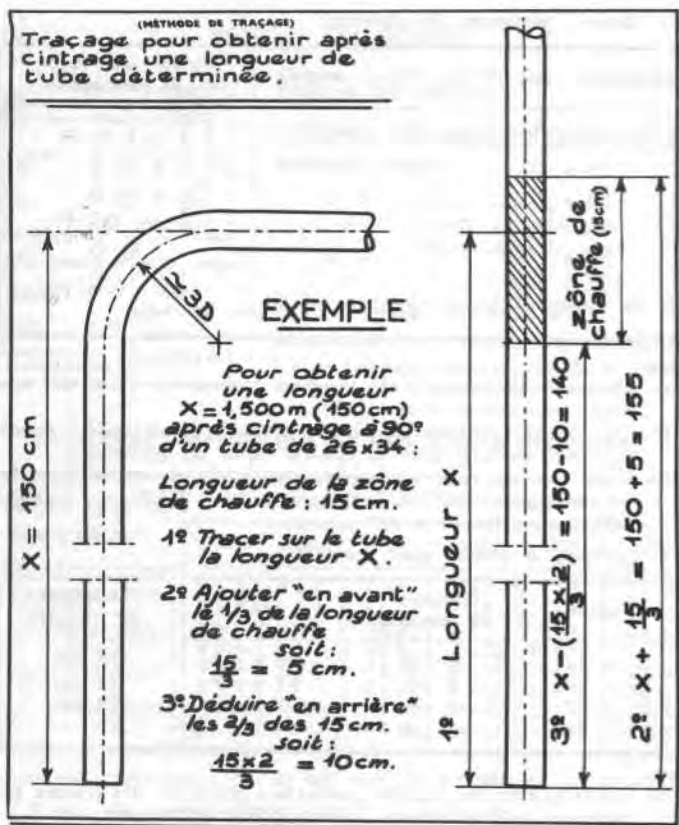
#### 2° Cintrage à chaud sans remplissage.

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.		

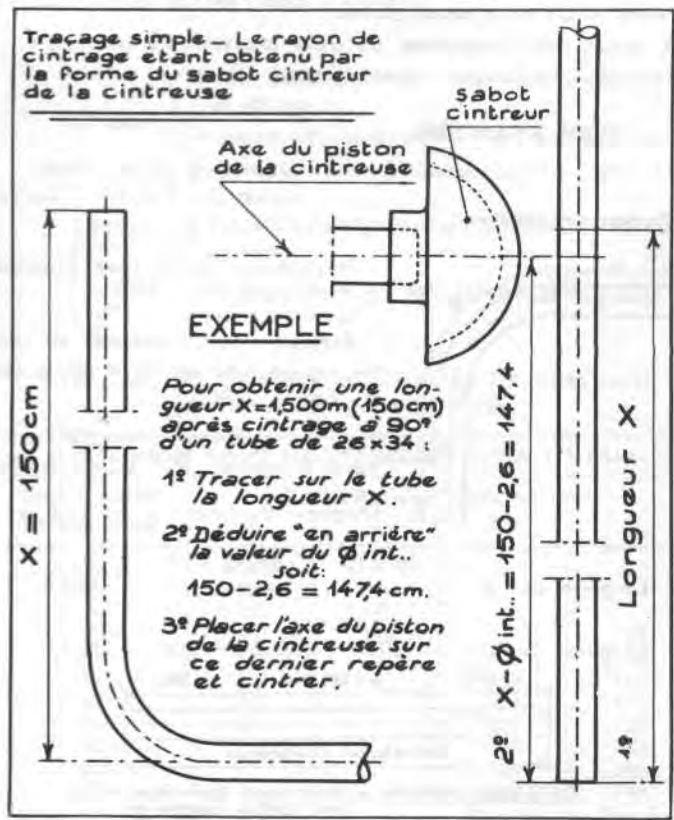
#### Nota.

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

# CINTRAGE A CHAUD SANS REMPLISSAGE



# CINTRAGE A FROID A LA CINTREUSE (MÉTHODE DE TRAÇAGE)



## 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)

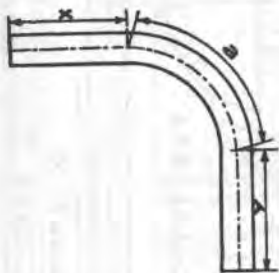
A chaud, avec remplissage au sable fin.

Au ressort (recuit de la partie cintrée).

### III. — TUBES EN LAITON.

1<sup>er</sup> titre : Cintrage exclusif à froid (recuit de la partie cintrée).

#### Traçage 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°).

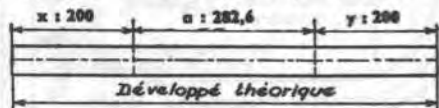
$$x = 200, \quad y = 200$$

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

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

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

$$\text{Longueur du tube} = 200 + 282,6 + 200 = 632,6.$$



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

## CINTRAGE DES TUBES (suite)

### IV. — TUBES EN MÉTAUX LÉGERS.

#### 1<sup>o</sup> Modes de cintrage.

}	A froid	Tube rempli	{	Sur des galets (méthode valable pour les diamètres $\leq 40$ 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 x 5	D x 3		
16	150	75		
20	250	125		
25	350	170		
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 x 12	D x 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.

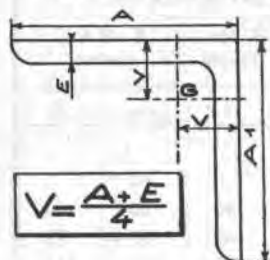
Exemple : Un coude de 90° doit se fermer à 83°.

## CENTRE DE GRAVITÉ DES PROFILÉS

Pour cintrer un profilé, il est nécessaire de calculer sa longueur sur sa fibre neutre, en l'occurrence son centre de gravité ( C. d. G.).

### RECHERCHE DU CENTRE DE GRAVITÉ DES PRINCIPAUX PROFILÉS.

#### I. CENTRE DE GRAVITÉ DES CORNIÈRES ÉGALES.

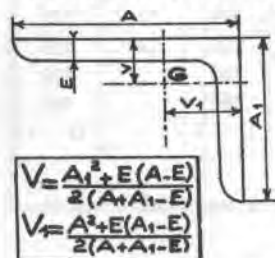


A = A<sub>1</sub> = Largeur de l'aile de la cornière  
E = Epaisseur de la cornière.  
G = Centre de gravité.  
V = Distance d'une aile au centre de gravité.

Exemple : Cornière 50 × 50 × 5

$$V = \frac{50 + 5}{4} = \underline{13,7.}$$

#### II. CENTRE DE GRAVITÉ DES CORNIÈRES INÉGALES.



A = Largeur de la grande aile.  
A<sub>1</sub> = Largeur de la petite aile.  
E = Épaisseur de la cornière.  
G = Centre de gravité.  
V = Distance de la grande aile au centre de gravité.  
V<sub>1</sub> = Distance de la petite aile au centre de gravité.

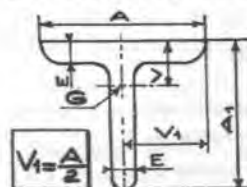
Exemple : Cornière 60 × 40 × 5

$$V_1 = \frac{60^2 + 5(40-5)}{2(60+40-5)} = \frac{3600 + 175}{190} = \frac{3775}{190} = \underline{19,8.}$$

$$V = \frac{40^2 + 5(60-5)}{2(60+40-5)} = \frac{1600 + 275}{190} = \frac{1875}{190} = \underline{9,9.}$$

## CENTRE DE GRAVITÉ DES PROFILÉS (suite)

### III. CENTRE DE GRAVITÉ DES FERS EN T.



A = Largeur du T.  
A<sub>1</sub> = Hauteur du T.  
E = Épaisseur du T.  
G = Centre de gravité.  
V = Distance du plat du T au centre de gravité.  
V<sub>1</sub> = Distance d'une extrémité de la largeur du T au centre de gravité.

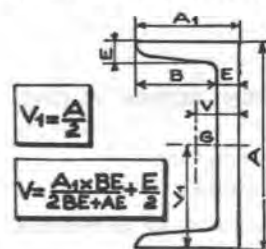
$$V = \frac{A_1^2 + EA - E^2}{2(A_1 + A - E)}$$

Exemple : Fer en T 30 × 35 × 4

$$V = \frac{35^2 + 4 \times 30 - 4^2}{2(35 + 40 - 4)} = \frac{1225 + 120 - 16}{142} = \frac{1329}{142} = \underline{9,3.}$$

$$V = \frac{30}{2} = \underline{15.}$$

### IV. CENTRE DE GRAVITÉ DES FERS EN U.



A = Largeur du fer en U.  
A<sub>1</sub> = Hauteur du fer en U.  
E = Épaisseur du fer en U.  
G = Centre de gravité.  
V = Distance du plat du fer en U au centre de gravité.  
V<sub>1</sub> = Distance d'une extrémité de la largeur du fer en U au centre de gravité.

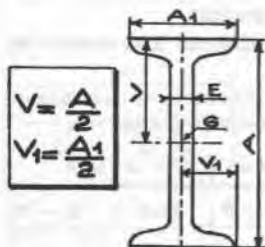
Exemple : Fer U 60 × 30 × 6

$$V = \frac{30(24 \times 6)}{2(24 \times 6) + 60 \times 6} + \frac{6}{2} = \frac{4320}{288 + 360} + 3 = \frac{4320}{648} + 3 = 6,5 + 3 = \underline{9,5.}$$

$$V_1 = \frac{60}{2} = \underline{30.}$$

## CENTRE DE GRAVITÉ DES PROFILÉS (suite)

### V. CENTRE DE GRAVITÉ DES FERS EN I.



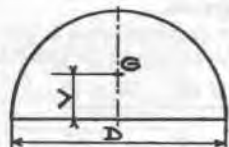
- A** = Hauteur du profilé en I.  
**A<sub>1</sub>** = Largeur du profilé en I.  
**E** = Épaisseur du profilé en I.  
**V** = Distance du plat du fer en I au centre de gravité.  
**V<sub>1</sub>** = Distance d'une extrémité de la largeur du fer en I au centre de gravité

**Exemple :** Fer en I 100 × 50 × 4,5

$$V = \frac{100}{2} = \underline{\underline{50.}}$$

$$V_1 = \frac{50}{2} = \underline{\underline{25.}}$$

### VI. CENTRE DE GRAVITÉ DES FERS DEMI-RONDS PLEINS.



- D** = Diamètre du 1/2 rond.  
**G** = Centre de gravité.  
**V** = Distance du plat du fer demi-rond au centre de gravité.

**Exemple :** Fer 1/2 rond 40 × 20

$$V = 0,212 \times 40 = \underline{\underline{8,48.}}$$

$$V = \frac{2D}{3\pi} \text{ ou } 0,212 D.$$

## 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 × 50 × 5 à un diamètre de 500 intérieur.

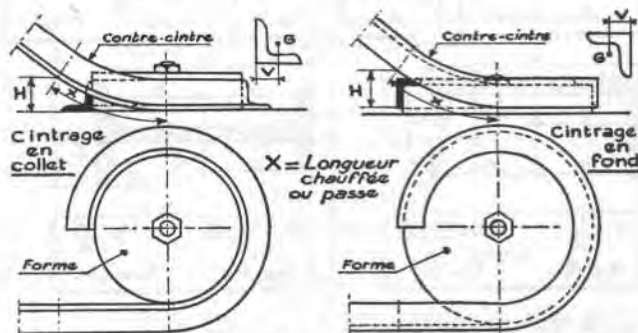
Longueur théorique de la cornière :  $\pi (D + 2V)$

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

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

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

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



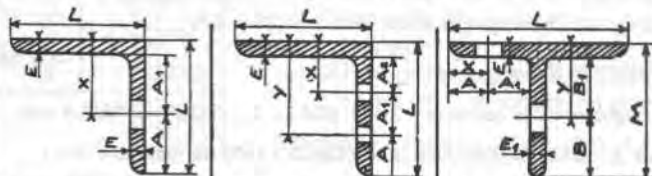
**Valeur du contre-cintre :**  $H \approx \frac{1}{3}$  du rayon de cintrage à chaque passe.

**But du contre-cintre :** Éviter les déformations qui se produisent dans le plan de symétrie de la cornière.

# TRUSQUINAGE DES PROFILÉS

Toutes les fois que l'on aura des trous (rivets, boulons) à percer dans un profilé il faudra les tracer suivant des cotes convenablement choisies.

## Principaux cas de traçage de trous



$$X = \frac{L+E}{2}$$

$$A = A_1$$

$$X = \frac{L+2E}{3}$$

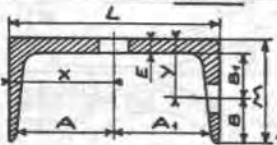
$$Y = \frac{L+4E}{3}$$

$$A = A_1 = A_2$$

$$X = \frac{L-E_1}{4}$$

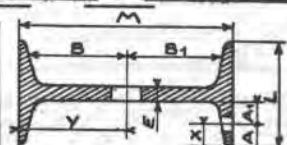
$$Y = \frac{M+E}{2}$$

$$A = A_1 \quad B = B_1$$



$$X = \frac{L}{2} \quad Y = \frac{M+E}{2}$$

$$A = A_1 \quad B = B_1$$



$$X = \frac{L-E}{4} \quad Y = \frac{M}{2}$$

$$A = A_1 \quad B = B_1$$

NOTA. En règle générale le traçage des lignes de trous se fait en tablant sur la largeur intérieure de l'aile des profilés.

# TABLEAU SYNOPTIQUE DES PROCÉDÉS D'ASSEMBLAGES

## I. ASSEMBLAGES MÉCANIQUES.

Vissage	}	Démontables.	
Boullonnage			
Agrafage	}	Démontables ou permanents suivant les cas. Permanent.	
			longitudinal
			en angle en fond
Rivetage	}	à froid ou à chaud : permanents.	
			étanche non étanche

## 2. ASSEMBLAGES THERMIQUES. — (toujours permanents).

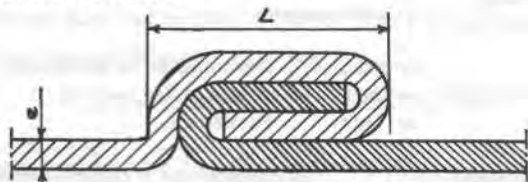
SOUDES	}	AUTOGÈNE	}	à la forge où à chaude portée au gaz à l'eau.
				Par ramollissement et forgeage
SOUDES	}	HÉTÉROGÈNE	}	oxy-acétylénique oxy-hydrique à l'arc électrique à l'arc sous argon à l'hydrogène atomique sous flux électro-conducteur aluminothermique
				Par fusion



# L'AGRAFAGE

## PRINCIPAUX CAS D'AGRAFAGE

### I. REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DE L'AGRAFAGE LONGITUDINAL.



$L$  = largeur de l'agrafe déterminée par la largeur de l'outil.  
 $e$  = épaisseur du métal.

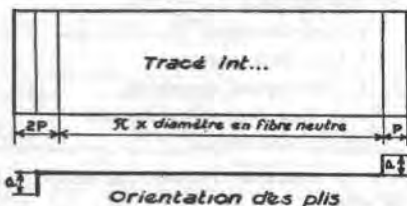
#### A) Matière nécessaire à l'exécution de l'agrafe.

Formule  $3L - 6e$

#### B) Traçage de la pièce.

Exemple : virole simple

Il faut porter  $\left\{ \begin{array}{l} \text{sur un côté } 2L - 4e \\ \text{sur l'autre côté } L - 2e \end{array} \right.$



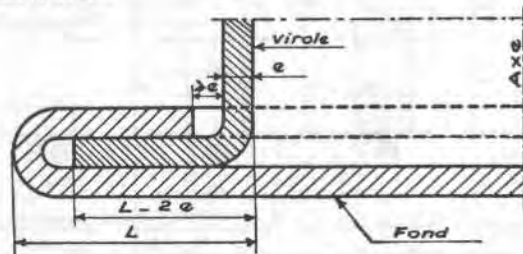
$P = \text{Pince} = L - 2e$

$2P = 2L - 4e$

Nota. — Attention au pliage des pinces pour l'orientation de l'agrafe.

# L'AGRAFAGE (suite)

### 2. REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DE L'AGRAFE SIMPLE EN FOND.

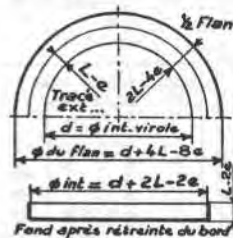


#### A) Matière nécessaire à l'exécution de l'agrafe.

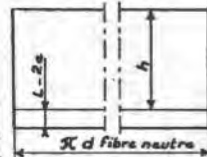
Formule pour le fond  $4L - 8e$

Formule pour la virole  $L - 2e$

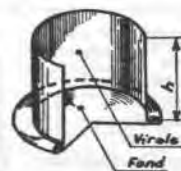
#### B) Traçage des pièces.



Fond après réstraints du bord



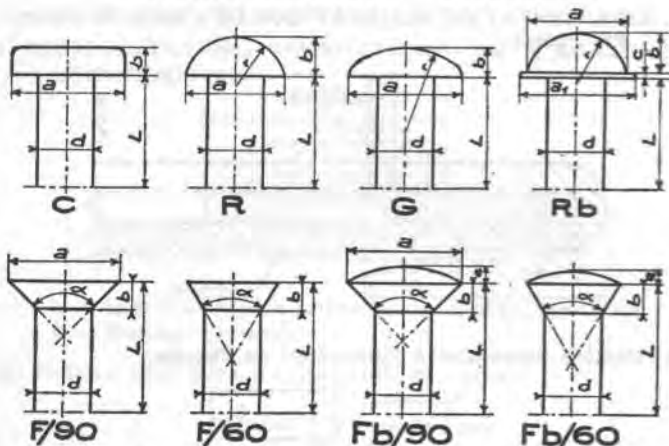
Virole



Pièce

# LE RIVETAGE

## I. NORMALISATION. — SYMBOLES.



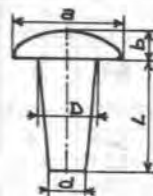
### RAPPORT ENTRE LES DIFFÉRENTES COTES DES RIVETS EN ACIER DOUX

Détermination du rivet		a	a <sub>1</sub>	b	c	e	α
Tête	Symb.						
Cylindrique	C	2 d		0,5 d			
Ronde	R	1,75 d		0,7 d			
Goutte de suif	G	2 d		0,5 d			
A bavure	Rb	1,75 d	2 d	0,7 d	0,1 d		
Fraisée 90°	F/90	2 d		0,5 d			90°
Fraisée 60°	F/60			0,5 d			90°
Fraisée bombée 90°	Fb/90	2 d		0,5 d		0,25 d	60°
Fraisée bombée 60°	Fb/60			0,5 d		0,25 d	60°

# LE RIVETAGE (suite)

## RAPPORT ENTRE LES DIFFÉRENTES COTES DES RIVETS EN ALUMINIUM ET EN CUIVRE

Détermination du rivet		a	b	e	R	α
Tête	Symbole					
Cylindrique	C	2 d	0,25 d			
Ronde	R	1,75 d	0,75 d			0,9 d
Goutte de suif	G	2 d	0,5 d			1,5 d
Fraisée 90°	F/90	2 d	0,5 d			
Fraisée bombée 120°	F/120	2 d	0,5 d	0,25 d		90° 120°



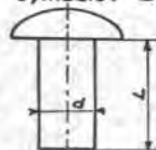
Tête goutte de suif. Cuivre fondu

a	b	D	d	L	a	b	D	d	L
8	2	3,1	2,9	8	16,5	3,5	8	6,3	16,5
9,5	2	3,7	3	8	19	3,5	8,8	7,7	19
12	2,3	5	4	11	20	3,7	9	8	22
12,5	2,5	5	4	13	22	5	10	8,8	23
14	2,6	6	5	13,8	24	5	11	9,5	26
15	3	6,8	5,7	14	26,5	6	11,5	10,5	27

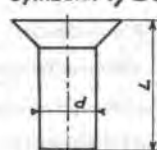
### RIVETS EN ALLIAGES DE DENSITÉ INFÉRIEURE A 3 POUR LE RIVETAGE DU MAGNÉSIUM

Extrait de la Norme Air 4002-1/B

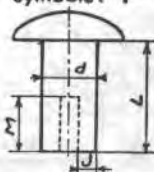
Tête goutte de suif  
Symbole: G



Tête fraisée  
Symbole: F/90



Tige percée  
Symbole: P



## LE RIVETAGE (suite)

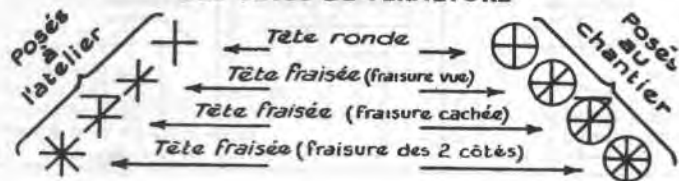
### DIMENSIONS DES PRINCIPAUX RIVETS POUR LE RIVETAGE DU MAGNÉSIIUM

Rivets à tige pleine G ou F/90							
Diamètre d	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8
Longueur L	4	5	6,3	8	10	12,5	16
	5	6,3	8	10	12,5	16	20
	6,3	8	10	12,5	16	20	25
	8	10	12,5	16	20	25	31,5
	10	12,5	16	20	25	31,5	

Rivets à tige percée P							
Diamètre d	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8
J		0,5	0,63	0,8	1	1,25	1,6
	M	2,5	3,15	4	5	6,3	8
Longueur L		5	6,3	8	10	12,5	16
		6,3	8	10	12,5	16	20
		8	10	12,5	16	20	25
		10	12,5	16	20	25	31,5
		12,5	16	20	25	31,5	

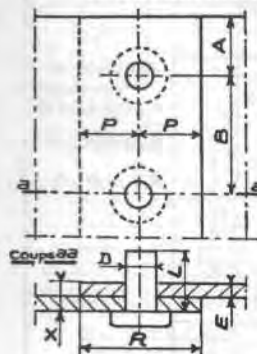
### REPRÉSENTATION NORMALISÉE SUR PLAN DES TÊTES DE FERMETURE



## LE RIVETAGE (suite)

### II. — RIVETAGE DE L'ACIER

#### I. DÉTERMINATION D'UNE LIGNE DE RIVURE



E = épaisseur de la tôle

Diamètre du rivet  $\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ mm} + 2 E \quad (\text{formule pratique}) \\ \sqrt{50 E} - 4 \quad (\text{formule de Brailles}) \\ \frac{45 E}{15 + E} \quad (\text{formule de Hambourg}) \end{array} \right.$

pas du rivetage  $\left\{ \begin{array}{l} \text{sans fatigue} \leq 20 D \\ \text{non étanche} 4 \text{ à } 10 D \\ \text{étanche à l'eau} 3,5 \text{ à } 4 D \\ \text{étanche à l'huile} 2,5 \text{ à } 3 D \\ \text{étanche au pétrole} 2,5 D \\ \text{appareil sous pression} 2,5 D \\ \text{exceptionnellement} 2,25 D \end{array} \right.$

X = Épaisseur totale de l'assemblage.

P  $\left\{ \begin{array}{l} 1,5 D + 3 \text{ mm} \\ \text{sans être inférieure à } 10 \text{ mm} \end{array} \right.$

A  $\left\{ \begin{array}{l} P \text{ ou } \frac{B}{2} \text{ sans être inférieure à } P \\ R = 2 P \end{array} \right.$

#### Détermination approximative de la longueur du rivet L

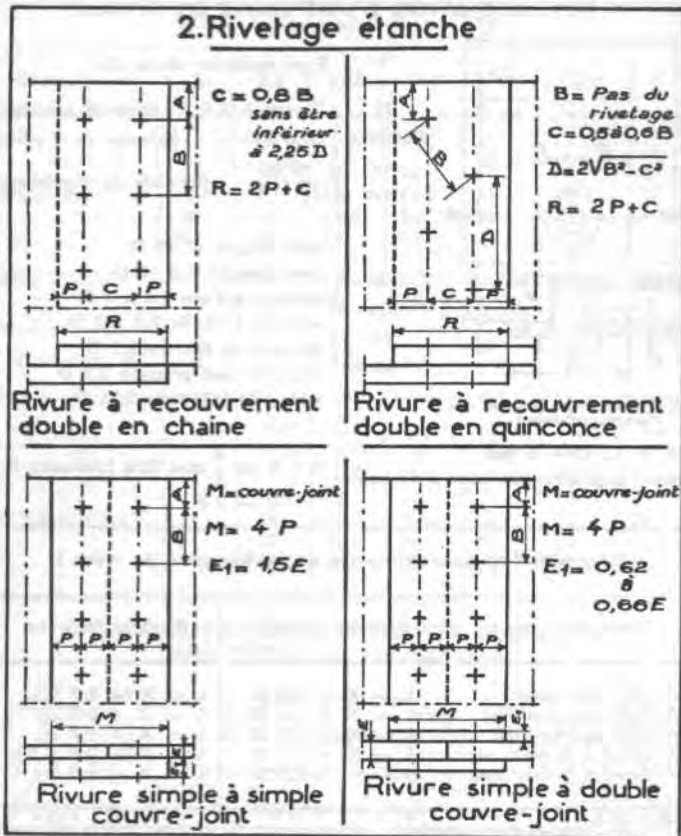
Pose des rivets	Rivures rondes	Rivures fraisées
A froid à la main	$L = X + 1,5 D$	$L = X + 0,7 D$
A froid pneumatique	$L = X + 1,6 D$	$L = X + 0,8 D$
A froid hydraulique	$L = X + 1,7 D$	$L = X + 0,8 D$
A chaud à la main	$L = X + 1,7 D$	$L = X + 0,8 \text{ à } 1 D$
A chaud à la machine	$L = X + 1,7 D$	$L = X + 0,8 \text{ à } 1 D$

NOTA. — Quelques essais préalables détermineront la longueur exacte nécessaire.

# LE RIVETAGE (suite)

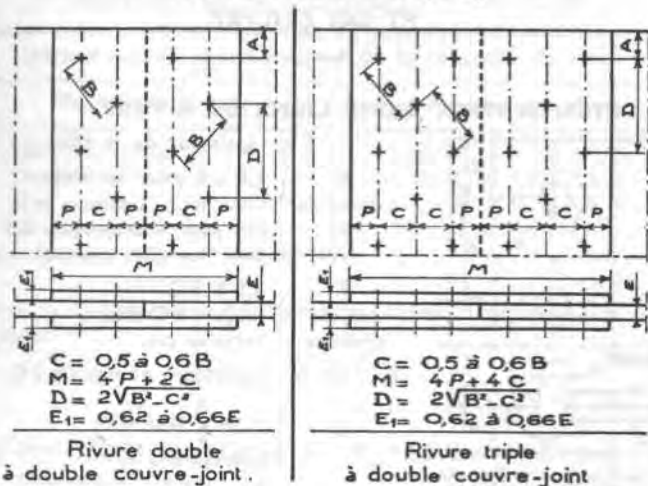
RIVETAGE DE L'ACIER (suite)

## 2. Rivetage étanche



# LE RIVETAGE (suite)

RIVETAGE DE L'ACIER (suite)



## 3. PROCÉDÉS EMPLOYÉS POUR RENDRE ÉTANCHE UNE RIVURE

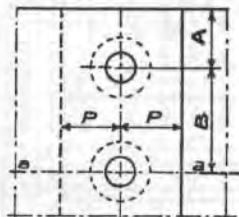
- |                        |  |
|------------------------|--|
| Sur tôles dont         | } papier d'amiante.<br>papier goudronné.<br>toile imprégnée de mastic.<br>toile imprégnée de minium.                         |
| $E \leq 4 \text{ mm.}$ |  |
| Sur tôles dont         | } joints métalliques,<br>(fils ou plaques minces de plomb,<br>de cuivre, etc...)<br>matage des pinces.<br>matage des rivets. |
| $E > 4 \text{ mm.}$    |  |

## 4. POSE DES RIVETS

- à froid jusqu'à 8 mm. de diamètre.
- à chaud au-dessus de 8 mm.

### III. — RIVETAGE DES MÉTAUX LÉGERS ET DU CUIVRE

#### I. DÉTERMINATION D'UNE LIGNE DE RIVURE



*X = Épaisseur totale de l'assemblage.*

$E$  = épaisseur de la tôle.

Diamètre du rivet  $\left\{ \begin{array}{l} 1,8 \times E \text{ pour les tôles} \\ \text{dont } E \geq 2 \text{ mm.} \\ \text{(on peut aller jusqu'à } 2,5 E \\ \text{pour les tôles minces).} \end{array} \right.$

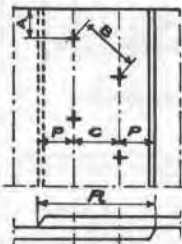
B pas du rivet  $\left\{ \begin{array}{l} 3,5 \text{ à } 5 D. \\ \text{jusqu'à } 8 D \text{ dans} \\ \text{certains cas.} \end{array} \right.$

P = pince : supérieure ou égale à  $2 D$ .

A  $\left\{ \begin{array}{l} P \text{ ou } \frac{B}{2} \text{ sans être} \\ \text{inférieure à } P. \end{array} \right.$

$R = 2 P$ .

#### 2. RIVETAGE ÉTANCHE



Rivetage en vue de matage.

$A = \frac{B}{2} \quad B = 3 D$

$C = 0,75 B$  sans être inférieur à  $2,25 D$ .

$P = 1,5 d + 10 \text{ mm.}$

$R = 2 P + c$ .

#### RIVETAGE DES MÉTAUX LÉGERS ET DU CUIVRE

##### Détermination approximative de la longueur du rivet L

Forme de la tête	Longueur du rivet
Tête cylindrique	$L = X + 1,3 \text{ à } 1,9 D$
Tête ronde	$L = X + 1,1 \text{ à } 1,8 D$
Tête goutte de suif	$L = X + 1,2 \text{ à } 1,9 D$
Tête fraisée	$L = X + 0,8 \text{ à } 1,4 D$

Nota. — Quelques essais préalables détermineront la longueur exacte nécessaire.

#### 9) PROCÉDÉS EMPLOYÉS POUR RENDRE ÉTANCHE UNE RIVURE CUIVRE :

- Étamage des pinces et des rivets, puis soudage à l'étain de l'ensemble après rivetage.
- Matage des tôles épaisses.

#### MÉTAUX LÉGERS :

- Peinture à base de goudron.
- Joint en papier.
- Joint en bande ou rondelles d'aluminium.
- Matage des pinces et des rivets pour les tôles épaisses.

Nota. — Il convient de prohiber les joints en plomb ou les peintures à base de minium (risques de corrosion sur les métaux légers).

## RIVETAGE DES MÉTAUX LÉGERS ET DU CUIVRE (SUITE)

### 4. POSE DES RIVETS

en cuivre,

- à froid : jusqu'au diamètre 14.
- à chaud : au-dessus du diamètre 14.

en aluminium,

- à froid.
- après recuit : à 400° pour les très gros rivets.

en duralinox,

- à froid : jusqu'à un diamètre de 8 à 10 mm.
- à chaud : au-dessus de 10 mm. à une température de 400 à 500°.

en almasilium,

- à froid.
- à chaud : pour les gros diamètres à une température de 520°.

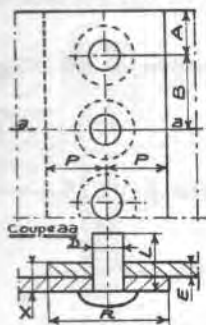
en duralumin,

- à froid : après trempe et maturation jusqu'à un diamètre de 3 mm.
- sur trempe fraîche : pour les diamètres plus grands que 4 mm. (Ils peuvent être posés pendant les 2 heures (au plus) qui suivent le traitement thermique).
- à chaud : entre 480 et 500° pour les très gros diamètres.

Nota. — Pour conserver les rivets en duralumin préalablement trempés, il est recommandé de les placer dans un frigidaire à  $-10^{\circ}$ . Le phénomène de maturation n'a pas lieu, et les rivets peuvent être employés plusieurs jours après.

## IV. — RIVETAGE DU MAGNÉSIUM

### I. DÉTERMINATION D'UNE LIGNE DE RIVURE



X = Épaisseur totale de l'assemblage.

#### a) CAS GÉNÉRAL

E = épaisseur de la tôle.

Diamètre du rivet } On peut tabler sur une valeur de  $2 \times E$   
 $2,5 \times E$  pour les tôles en dessous de 1 mm.

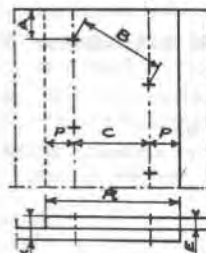
B pas du rivetage } 2,5 à 3 D.

P = au moins 2 D.

A = 1,8 à 2 D.

R = 2 P.

#### b) CAS D'UNE RIVURE DOUBLE EN QUINCONCE



Rivure double en quinconce

$$A = \frac{B}{2}$$

$$B \approx 3 D.$$

$$C = 2,6 D.$$

P = au moins 2 D.

$$R = 2 P + C.$$

Longueur du rivet.

$$L = X + 2 D \text{ (approximativement).}$$

## LE RIVETAGE (suite)

### RIVETAGE DU MAGNÉSIUM (suite)

#### 2. POSE DES RIVETS.

Les rivets employés pour le rivetage du magnésium ou des alliages de magnésium sont en A-G5.

Pose à froid.

### V. — PERÇAGE DES TROUS DE RIVETS

En principe percer un trou plus grand que le diamètre du rivet.

#### 1. RIVETAGE DE L'ACIER DOUX.

Diamètre du trou = Diamètre du rivet  $\times$  1,1.

#### 2. RIVETAGE DU CUIVRE ET SES ALLIAGES.

Diamètre du trou = Diamètre du rivet  $\times$  1,1.

#### 3. RIVETAGE DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES.

Le jeu adopté est de l'ordre de :

0,1 mm pour les diamètres de rivet  $\leq$  4 mm.

0,2 mm pour les diamètres de rivet de 5 à 10 mm.

0,3 mm pour les diamètres de rivet  $>$  10 mm.

#### 4. RIVETAGE DU MAGNÉSIUM.

Le jeu adopté est de l'ordre de :

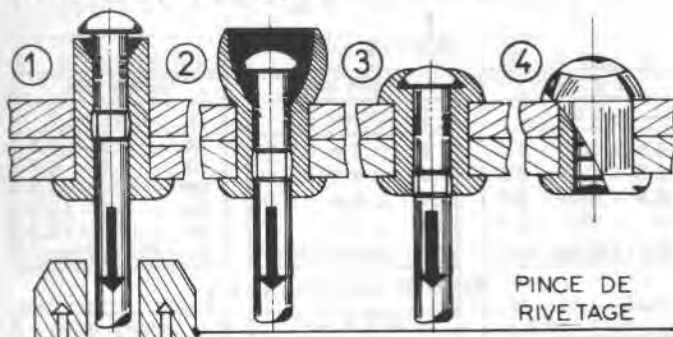
0,1 à 0,2 mm pour les diamètres de rivet  $\leq$  10 mm.

0,2 à 0,3 mm pour les diamètres de rivet  $>$  10 mm.

## RIVETS SPÉCIAUX POUR ASSEMBLAGES ACCESSIBLES D'UN SEUL CÔTÉ

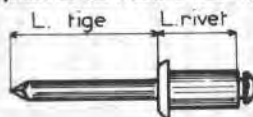
Il en existe de nombreux types basés sur le même principe. Citons — pour mémoire — les rivets «Boucard-Bouverat», «Cherry», «Huck», «Gesipa» ... etc.

### PRINCIPE DU RIVETAGE .



1. Le rivet est introduit à fond dans le trou, puis tiré axialement en arrière par la pince à riveter.
2. L'augmentation de l'effort de traction dilate le rivet et donne un assemblage parfait.
3. Le sertissage de la tête de fermeture se produit, suivi de la rupture de la tige à son épaulement.
4. L'extrémité renflée de la tige reste comme élément plein dans le rivet offrant ainsi une grande résistance au cisaillement.

NOTA : Dans ces types de rivets, il existe généralement des rivets à tête plate et des rivets à tête fraisée.



## RIVETS SPECIAUX (SUITE)

### RÈGLE DE BASE

Ø de perçage : Ø du rivet + 0,1 mm

Exemple : Rivet de Ø 4 mm → Perçage à Ø 4,1 mm

### RIVETS «ACIER»

de Ø 3 mm	
L	E de - à
4,5	: 0,5 - 1,5
6,5	: 1,5 - 3,5
8,5	: 3,5 - 5,0
10	: 5,0 - 7,0
$\sigma_c : 215 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 4 mm	
L	E de - à
6	: 1,0 - 3,0
8	: 3,0 - 5,0
10	: 5,0 - 7,0
12	: 7,0 - 9,0
$\sigma_c : 330 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 5 mm	
L	E de - à
8	: 2,5 - 4,5
10	: 4,5 - 6,5
12	: 6,5 - 8,5
14	: 8,5 - 10,5
16	: 10,5 - 12,5
$\sigma_c : 450 \text{ daN/mm}^2$	

### RIVETS «ACIER INOX.»

de Ø 3 mm	
L	E de - à
6	: 1 - 3,5
9	: 3,5 - 6,5
$\sigma_c : 260 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 4 mm	
L	E de - à
6	: 1,5 - 3,0
9	: 3,0 - 6,0
12	: 6,0 - 9,0
$\sigma_c : 390 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 5 mm	
L	E de - à
7	: 1,5 - 3,0
10	: 3,0 - 6,0
13	: 6,0 - 9,0
$\sigma_c : 540 \text{ daN/mm}^2$	

### RIVETS «CUIVRE»

de Ø 3 mm	
L	E de - à
4,5	: 0,5 - 2,5
5,5	: 2,5 - 3,5
7	: 3,5 - 5,0
9	: 5,0 - 7,0
$\sigma_c : 150 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 4 mm	
L	E de - à
5	: 0,5 - 2,5
6	: 2,5 - 3,5
8	: 3,5 - 5,5
10	: 5,5 - 7,5
$\sigma_c : 220 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 5 mm	
L	E de - à
6	: 1,0 - 2,5
8	: 2,5 - 4,5
10	: 4,5 - 6,5
12	: 6,5 - 8,5
14	: 8,5 - 10,5
$\sigma_c : 290 \text{ daN/mm}^2$	

## RIVETS SPECIAUX (SUITE)

### RIVETS «A.G.» «DURALINOX»

de Ø 2,4 mm	
L	E de - à
4	: 0,5 - 2
6	: 2 - 4
8	: 4 - 6
$\sigma_c : 70 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 3 mm	
L	E de - à
3,5	: 0,5 - 1,5
4,5	: 1,5 - 2,5
5,5	: 2,5 - 3,5
6,5	: 3,5 - 4,5
8	: 4,5 - 6,5
10	: 6,5 - 8,0
12	: 8,0 - 10,0
15	: 10,0 - 12,5
$\sigma_c : 130 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 5 mm	
L	E de - à
5	: 0,5 - 2,5
6	: 2,5 - 3,5
8	: 3,5 - 5,0
10	: 5,0 - 7,0
12	: 7,0 - 9,5
14	: 9,5 - 11,5
16	: 11,5 - 13,0
18	: 13,0 - 15,0
21	: 15,0 - 18,0
24	: 18,0 - 21,0
27	: 21,0 - 24,0
30	: 24,0 - 26,0
35	: 26,0 - 31,0
40	: 31,0 - 36,0
50	: 36,0 - 45,0
$\sigma_c : 310 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 4 mm	
L	E de - à
4	: 0,5 - 1,5
5	: 1,5 - 2,5
6	: 2,5 - 3,5
7	: 3,5 - 4,5
8	: 4,5 - 6,0
10	: 6,0 - 7,5
12	: 7,5 - 10,0
15	: 10,0 - 12,5
18	: 12,5 - 15,0
$\sigma_c : 190 \text{ daN/mm}^2$	

de Ø 6 mm	
L	E de - à
8	: 1,0 - 4,0
10	: 4,0 - 6,0
12	: 6,0 - 8,0
16	: 8,0 - 11,0
18	: 11,0 - 14,0
22	: 14,0 - 18,0
$\sigma_c : 420 \text{ daN/mm}^2$	



TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DE LA LIQUEUR

LIQUEUR DE CHERRY DE FRANCE A 40% V/V

Paramètre	Unité	Valeur
Densité à 20°C	g/cm³	0,985
Indice de réfraction à 20°C	n <sub>D</sub> 20	1,415
Viscosité cinématique à 20°C	mm²/s	1,2
Point de congélation	°C	-10
Point d'ébullition	°C	78
Alcool pur (g/100g)	%	40
Cherry (g/100g)	%	60

3° PARTIE

SOUUDAGE

Paramètre	Unité	Valeur
Densité à 20°C	g/cm³	0,985
Indice de réfraction à 20°C	n <sub>D</sub> 20	1,415
Viscosité cinématique à 20°C	mm²/s	1,2
Point de congélation	°C	-10
Point d'ébullition	°C	78
Alcool pur (g/100g)	%	40
Cherry (g/100g)	%	60

## SOUDEGE 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.
extra-fine	95	5	225°	(conserverie, etc...)

TABLEAU DES ALLIAGES ÉTAIN - PLOMB DITS " Fusibles "

Appellation	Composition				T° de fusion	Utilisations
	Sn %	Pb %	Bi %	Cd %		
Alliage Homberg	33	33	33		61°	Soudage d'objets délicats (bijouterie, bimbeloterie) Remplissage des tubes Alu. pour cintrage. Soupapes 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°	
» Darcet	25	25	50		94°	

## BRASURES

TABLEAU DES BRASURES COURANTES DITES " au laiton ".

Utilisations	Appellation	Forme marchande	T° de fusion ≈	Composition		
				Cu %	Zn %	Sn %
F 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

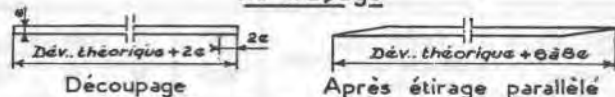
Nota. — Ce sont parfois des alliages au laiton + 5 à 15 % d'argent.

TABLEAU DES PRINCIPALES BRASURES " d'Aluminium "

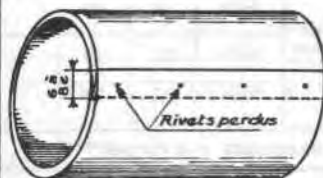
Utilisations	Forme marchande	T° de fusion	Composition			
			Zn %	Al %	Cu %	Cd %
Se montrer prudent dans l'application (risques de corrosion)	Fils	380°	50 à 80	12 à 30	8 à 20	
		à 430°				

## BRASAGE A LA FORGE

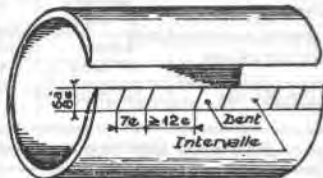
### Le traçage



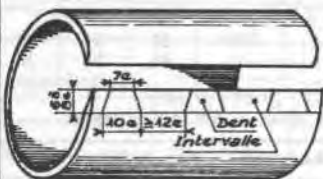
### Les assemblages



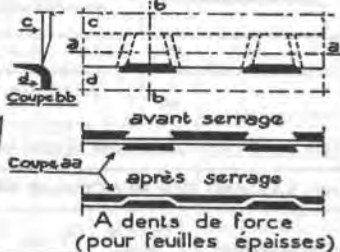
A simple recouvrement



A dents inclinées



A dents trapézoïdales



A dents de force  
(pour feuilles épaisses)

### 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-hydrrique.
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.







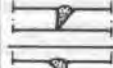







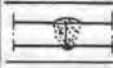

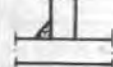



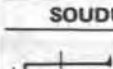

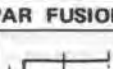

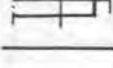

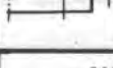

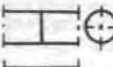




## TABLEAU DES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE SOUDAGE (SUITE)

No	Procédés
44	— Soudage par explosion.
45	— Soudage par diffusion.
46	— Soudage à froid.
<b>8</b>	<b>— AUTRES PROCÉDÉS DE SOUDAGE</b>
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.
<b>9</b>	<b>— BRASAGE</b>
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 sur bords droits
		Soudure en V			Soudure en 1/2 V
		Soudure en Y			Soudure en 1/2 Y
		Soudure en X ou en double V			Soudure en U ou en tulipe
		Soudure en 1/2 U			Soudure reprise à l'envers
		Soudure en angle ou à clin			Soudure en bouchon ou en entaille
SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION ET PRESSION					
		Soudure par points simples			Soudure continue par recouvrement
		Soudure par étincelage ou par résistance pure (préciser le procédé)	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">▶</div> <div> <p><b>AUTRES SYMBOLES</b></p> <p>Petit drapeau sur la ligne de référence : Soudure exécutée au chantier.</p> </div> </div>		
					
Soudure plate		Soudure convexe		Soudure concave	
<p><b>Nota :</b> Tous ces symboles peuvent être combinés entre eux si le dessin ou la compréhension s'en font sentir.</p>					

## II - RÈGLES GÉNÉRALES

### COTATION DES SOUDURES

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

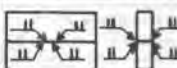


**2. Représentation d'une cotation.**

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.

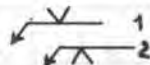


**4. Orientation.** Si le bord doit subir une préparation préalable, la ligne de repère sera orientée du côté de la tôle usinée.

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.

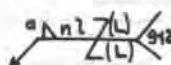
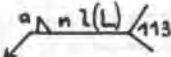
**n** : Nombre d'éléments.

**L** : Longueur d'un élément.

**L** : Espace entre les éléments.

**Z** : Discontinue alternée.

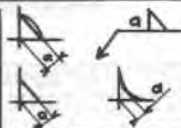
113 - 912 : Procédés de soudage.



## 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.

**X<sub>1</sub>** = 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)

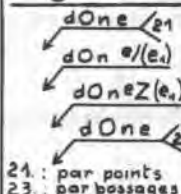
**n** : nombre de points ou de bossages

**e** : écartement entre les points.

**/** : signifie que la ligne est double en chaîne.

**Z** : signifie que la ligne est double en quinconce.

**e<sub>1</sub>** écartement entre les lignes de points.



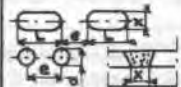
**12. Soudures en bouchons et en entailles.**

**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.



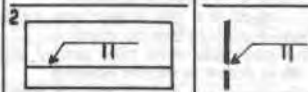
## APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION

### A. SOUDURES SUR BORDS DROITS

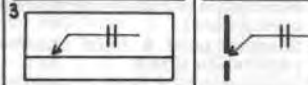
1. Normale côté vu



2. Normale côté caché

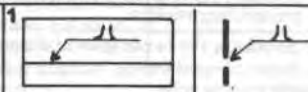


3. Soudure des deux côtés



### B. SOUDURES SUR BORDS RELEVÉS

1. Normale côté vu



2. Normale côté caché



3. Reprise à l'envers côté vu



4. Plate avec reprise à l'envers



#### Note importante :

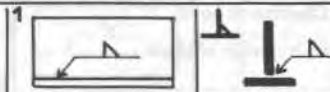
Une soudure est dite cachée lorsque la surface extérieure de la soudure est à l'opposé de la ligne de repère du joint.

## APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION

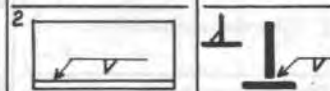
### C. SOUDURE D'ANGLES

Assemblages en T :

1. Normale côté vu



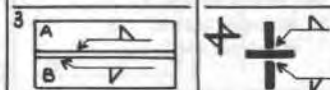
2. Normale côté caché



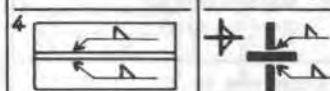
3. Normale

A : côté vu

B : côté caché



4. Normale côté vu



5. Normale :

côté vu

côté caché



Assemblages à clin :

6. Normale :

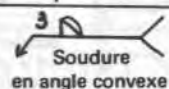
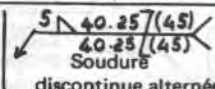
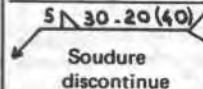
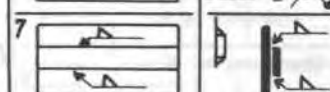
1. côté vu

2. côté caché (incorrecte)

3. côté vu (correcte)



7. Normale côté vu



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

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

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

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

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

**F. SOUDURES ÉLECTRIQUES PAR RÉSTANCE**

**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

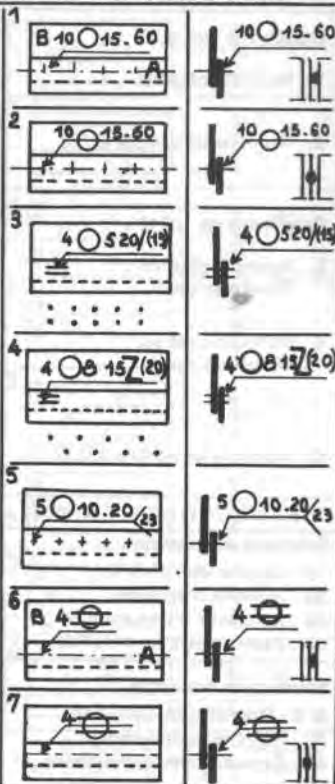
**5. Par points avec bossages.**

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.**



**F. SOUDURES ÉLECTRIQUES PAR RÉSTANCE (SUITE)**

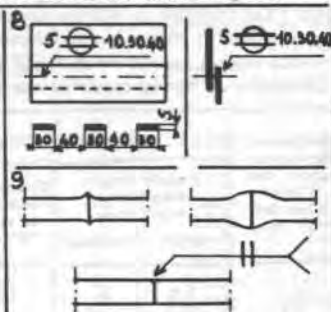
Soudures discontinues :

**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 RÉSISTANCE DE LA TOLE D'ACIER DOUX

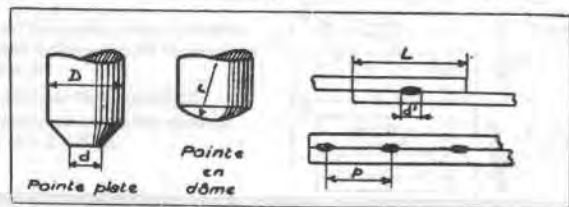
## RÈGLES TYPES DE SOUDAGE PAR POINT (1)

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

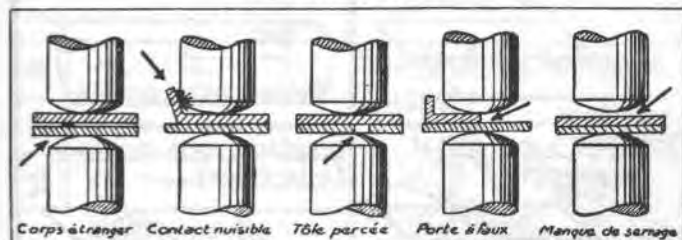


## RÈGLES TYPES DE SOUDAGE PAR POINT (1)

(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 au 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 A ÉVITER



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

# SOUDAGE OXY-ACÉTYLÉNIQUE

## Caractéristiques d'exécution








### LEGENDE

Signes et termes utilisés dans les différents tableaux de méthode

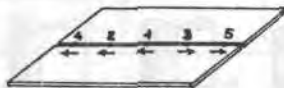
### Abréviations

- e : Epaisseur moyenne limite à souder en mm.  
 b : Débit des buses à utiliser  
 $\phi$  : 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.



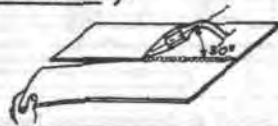
### Exécution d'un talon



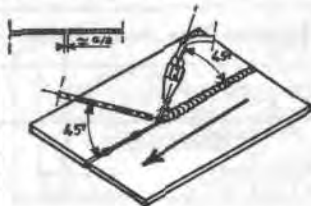

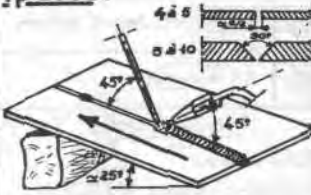

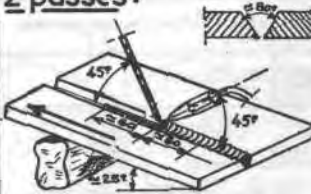


### Soudage sans métal d'apport.



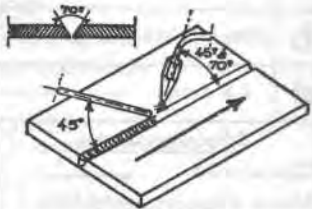
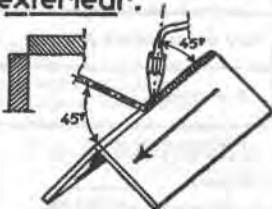
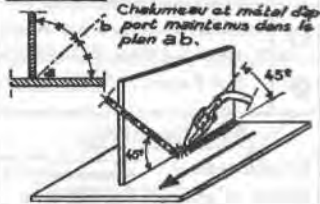
### Soudage sans pointage (à la volée).



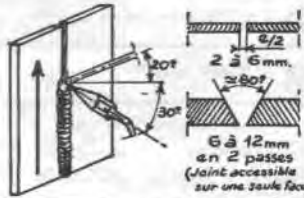
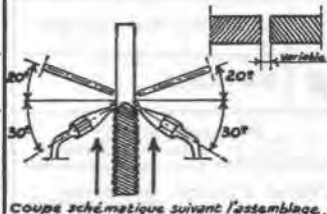
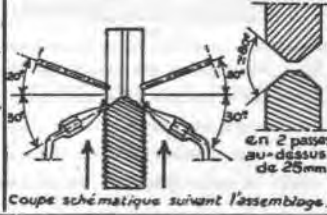
# S. O. A. DE L'ACIER

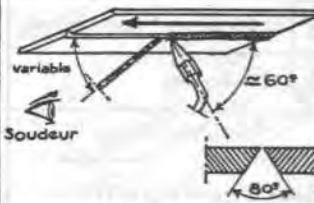
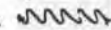
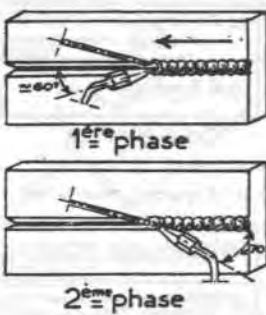


e	jusqu'à 3 mm.	<h3>Soudage à gauche.</h3> 
b	100 litres-heure par mm.	
$\phi$	1 à 3 mm.	
<h3>Mouvements</h3> <p>Chalumeau ←                      Métal d'apport </p>		
e	4 à 10 mm.	<h3>Soudage 1/2 montant 1 passe.</h3> 
b	100 litres-heure par mm.	
$\phi$	3 à 6 mm.	
<h3>Mouvements</h3> <p>Chalumeau ←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

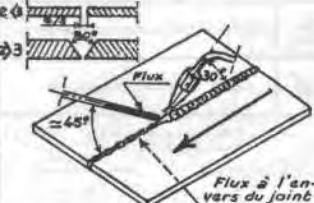
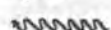
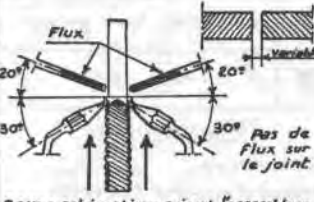

# S. O. A. DE L'ACIER (suite)

<b>e</b>	5 à 15 mm.	<b>Soudage à droite</b> 
<b>b</b>	100 litres-heure par mm.	
<b>φ</b>	3 à 6 mm.	
<b>Mouvements</b>		
Chalumeau	→	
Métal d'apport	~~~~~	
<b>e</b>	1 à 40 mm.	<b>Soudage en angle extérieur.</b> 
<b>b</b>	≈ 75 litres-heure par mm	
<b>φ</b>	1,5 à 5 mm.	
<b>Mouvements</b>		
Chalumeau	←	
Métal d'apport	~~~~~	
<b>e</b>	1 à 8 mm.	<b>Soudage en angle intérieur.</b> 
<b>b</b>	≥ 100 litres-heure par mm.	
<b>φ</b>	2 à 5 mm.	
<b>Mouvements</b>		
Chalumeau	←	
Métal d'apport	~~~~~	


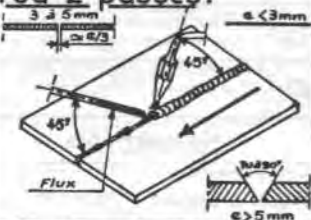

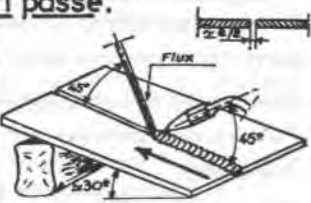

# S. O. A. DE L'ACIER (suite)

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

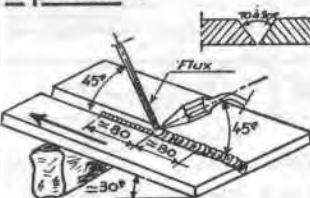

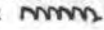
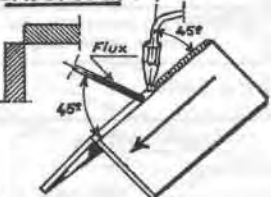
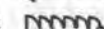
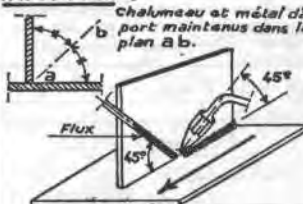

e	5 à 10 mm.	<b>Soudage au plafond (1)</b> 
b	≈ 75 litres-heure par mm.	
∅	3 à 4 mm.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ← Métal d'apport 		
e	5 à 12 mm.	<b>Soudage en corniche (1)</b> 
b	≈ 75 litres-heure par mm.	
∅	3 à 4 mm.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau { obtenir par le dard un trou allongé de forme ovale 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.	<b>Soudage à gauche.</b> 
b	75 litres-heure par mm.	
∅	$\frac{e}{2} + 1 \text{ mm.}$	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ← Métal d'apport 		
e	3 à 12 mm.	<b>Soudage montant "B"</b> 
b	≈ 25 litres-heure par mm. (à chaque chalumeau)	
∅	2 à 3 mm.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ← Métal d'apport 		
<b>Recommandations</b> — 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.		

## SOUWAGE ALUMINIUM

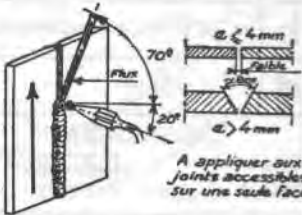
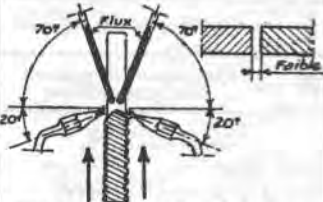
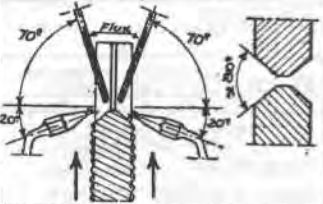
e	0,5 à 1 mm.	<b>Soudage sur bords relevés.</b> 
b	≈ 50 litres-heure par mm.	
∅	sans métal d'apport.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ←		
e	1 à 4 mm. (en une passe). 5 à 10 mm. (en deux passes).	<b>Soudage à gauche 1 ou 2 passes.</b> 
b	≈ 75 litres-heure par mm.	
∅	2 à 5 mm.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau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

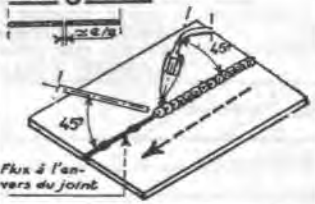
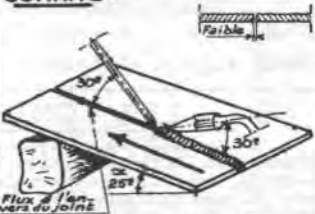
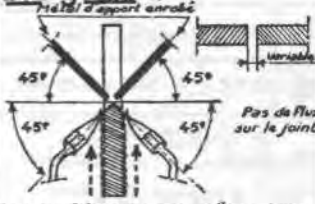
## S. O. A. DE L'ALUMINIUM

e	au-dessus de 5 mm.	<b>Soudage 1/2 montant 2 passes.</b> 
b	≈ 75 litres-heure par mm.	
∅	4 à 6 mm.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau {  1 <sup>re</sup> passe Métal d'apport  2 <sup>de</sup>		
e	variable.	<b>Soudage en angle extérieur.</b> 
b	≈ 50 litres-heure par mm.	
∅	≈ épaisseur moyenne de l'assemblage.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ← Métal d'apport 		
e	variable.	<b>Soudage en angle intérieur.</b> Chalumeau et métal d'apport maintenus dans le plan a b. 
b	75 à 100 litres-heure par mm.	
∅	≈ épaisseur moyenne de l'assemblage.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ← Métal d'apport 		

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

# S. O. A. DU CUIVRE

e	Inférieure à 6 mm.	<b>Soudage montant "A"</b>  <p>A appliquer aux joints accessibles sur une seule face</p>
b	≈ 50 litres-heure par mm.	
∅	2 à 4 mm.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ← Métal d'apport ↗↘↗↘↗↘		
e	3 à 12 mm.	<b>Soudage montant "B"</b>  <p>Coupe schématique suivant l'assemblage.</p>
b	≈ 25 litres-heure par mm. (à chaque chalumeau)	
∅	2 à 3 mm.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ← Métal d'apport ↗↘↗↘↗↘		
e	au-dessus de 12 mm.	<b>Soudage montant "C"</b>  <p>Coupe schématique suivant l'assemblage.</p>
b	≈ 25 litres-heure par mm. (à chaque chalumeau)	
∅	3 à 6 mm.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ← Métal d'apport ↗↘↗↘↗↘		

e	0,8 à 1,5 mm	<b>Soudage à gauche "à la goutte"</b>  <p>Flux à l'avant vers du joint</p>
b	≈ 150 litres-heure par mm.	
∅	2 mm dans chaque cas.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ↘↘↘↘↘ Métal d'apport ↘↘↘↘↘		
e	2 à 5 mm.	<b>Soudage 1/2 montant "continu"</b>  <p>Flux à l'avant vers du joint</p>
b	≈ 300 litres-heure par mm.	
∅	3 à 5 mm.	
<b>Mouvements</b> Chalumeau ← Métal d'apport ↗↘↗↘↗↘		
e	5 à 12 mm. (au-dessus de 12 mm : Méthode "C")	<b>Soudage montant "B" "à la goutte"</b> Métal d'apport enrobé  <p>Pas de flux sur le joint</p>
b	≈ 125 litres-heure par mm (à chaque chalumeau)	
∅	3 à 5 mm.	
<b>Mouvements</b> 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.

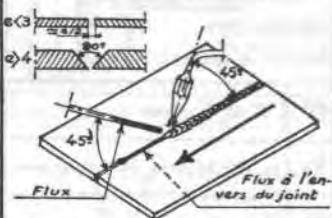
**b** 100 litres-heure par mm.

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

#### 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  $\approx 5$  mm. du bain de fusion. Métal d'apport maintenu dans le bain de fusion.

**e** variable.

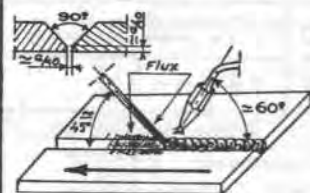
**b**  $\approx 150$  litres-heure par mm.

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

**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.

**e** variable.

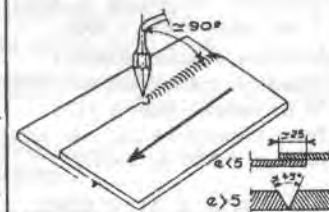
**b**  $\approx 15$  litres-heure par mm

$\varnothing$  en principe "sans"

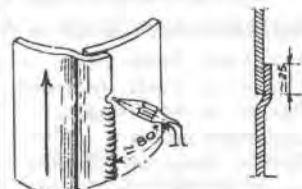
#### Mouvement

Chalumeau Fusion du godet par mouvements demi-circulaires successifs.

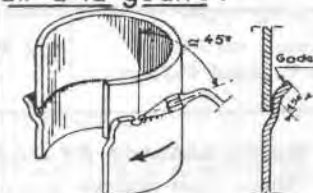
#### Soudage à plat.



#### Soudage vertical.



#### 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 alliages, le métal d'apport utilisé est l'Alliage A-S10 ou A-S5.

## 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.	$\approx 50$ l/h 2	$> 50$ l/h 3 à 8	$\approx 75$ 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  $\approx 100$  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°.

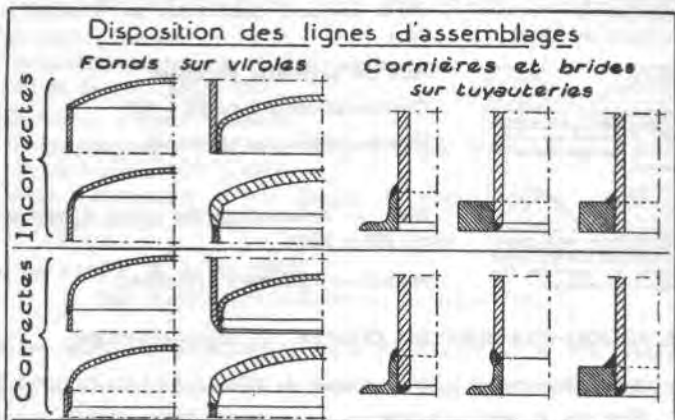
Flamme douce avec léger excès d'Acétylène.

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

Pointage très rapproché des bords.

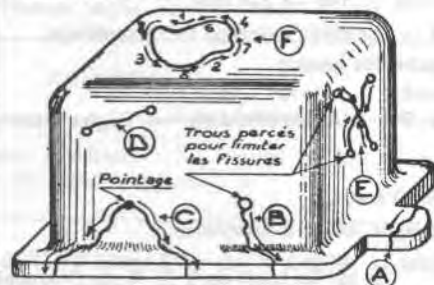


## SOUDEGE : PARTICULARITÉS



### Réparation par soudage des pièces moulées

Cas typiques de réparation. —



- (A) Cassure non bridée
- (B) Fissure allant au bord de la pièce
- (C) Cassure située sur le bord de la pièce
- (D) Fissure simple en pleine pièce
- (E) Fissures dites "en étoile"
- (F) Cassure située en pleine pièce

← 1 = Sens et Ordre de soudage préconisés

## 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.....	Néant
Acier inoxydable.....	Flux spécial délayé dans une solution de silicate de soude.
Fonte.....	Fontoflux (Sté des plaques et poudres à braser).
Cuivre désoxydulé.....	Borax
Laitons.....	Borax et acide borique.
Bronze.....	Flux spécial.
Aluminium.....	Déoxydal étiquette bleue (OTALU). Neutralu non corrosif (OTALU).
A 4.....	Hara Kiri étiquette rose (ODAM).
A 5.....	Alugène non corrosif (ODAM).
A 8.....	Rex (Sté Française des métaux et alliages blancs).
A 99.....	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.....	Borax et acide borique.
Acier dur.....	Flux spécial délayé dans l'eau.
Tôle galvanisée.....	Même flux que pour l'acier.
Fonte.....	Fontoflux (Sté des Plaques et poudres à souder).
Acier inoxydable.....	Borax et acide borique.
Cuivre.....	Borax et acide borique.
Laiton - Bronze.....	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	
<b>Épais :</b>								
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
<b>Semi-épais :</b>								
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
<b>Mince :</b>								
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.

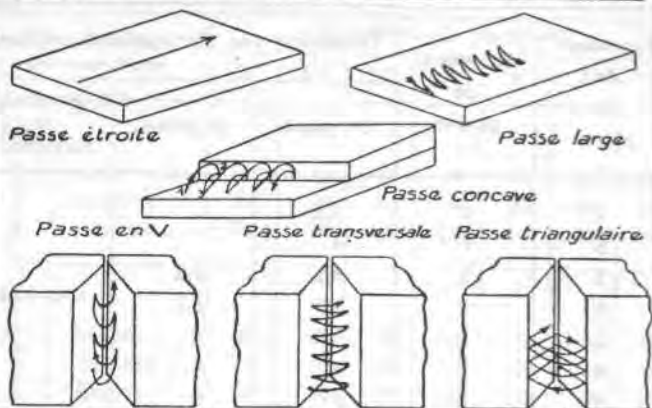
# SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

Caractéristiques d'exécution des Soudures

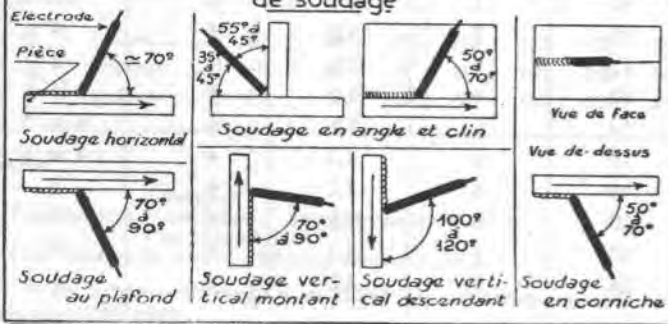
Épaisseur de la pièce	Nombre de passes	Diamètre des électrodes à utiliser		
		1 <sup>re</sup> passe	2 <sup>e</sup> passe	3 <sup>e</sup> passe et suivantes
4	1	3,2		
5	1	4		
5	2	3,2	3,2	
6	2	3,2	3,2	
7	2	3,2	4	
8	2	3,2	4	
9	2	4	4	
9	3	3,2	4	4
10	2	4	5	
10	3	3,2	4	4
12	3	3,2	4	5
12	4	3,2	4	4
14	5	3,2	4	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

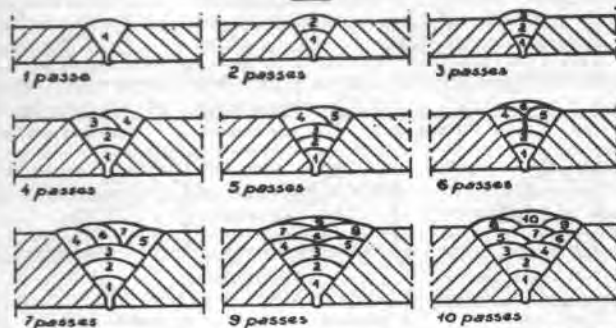


### Inclinaisons de l'électrode dans les principaux cas de soudage

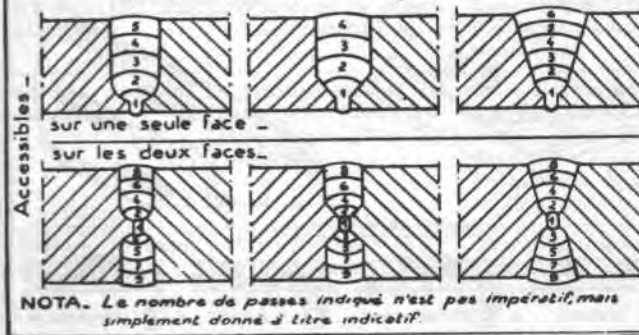


## SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

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

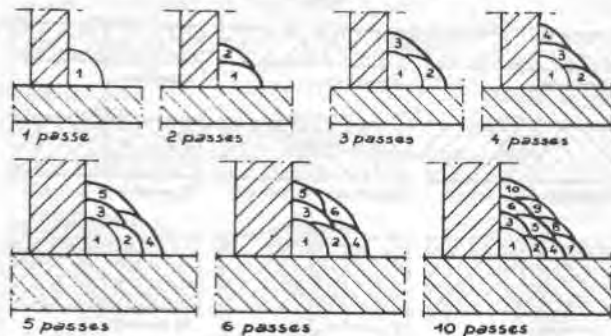


### Préparations particulières pour assemblage de tôles épaisses ( $e > 25\text{mm}$ .)

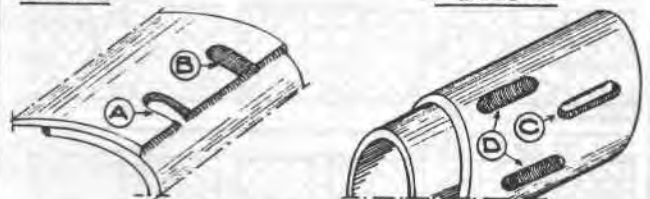


## SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

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



Procédés de renforcement des assemblages à entaille en bouchon



Coupes schématiques



## PRINCIPAUX DÉFAUTS DU SOUDAGE

### 1°) 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. Dérèglement continu.	Mano-détendeur d'oxygène givré.	Utiliser un réchauffeur (et non la flamme).
Dérèglement 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 recharger 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 reprise.	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)

DÉFAUT 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. Électrodes 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) Rayures sur les empreintes	Nettoyage grossier à la lime ou à la toile émerle des pointes d'électrodes.	Utiliser les rodoirs 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. Électrodes déformées. Mauvais accostage. Crasse entre pièces. Déréglage 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 rodoir à éliminer
h) Traces de corrosion sur points soudés	Pointes d'électrodes salies. Mauvais refroidissement des électrodes.	Nettoyer au rodoir. Assurer un parfait refroidissement.

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

## PRINCIPAUX DEFAUTS DU SOUDAGE (SUITE)

### 4° SOUDAGE ELECTRIQUE SOUS ARGON ( TIG )

- \* **Effondrement des bords et de la soudure :**
  - Intensité trop élevée. → *La réduire pour rester maitre 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 retraites ». → *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 <sup>2</sup> )	Épaisseur à oxy-couper	Têtes de coupe	Pression d'alimentation en Oxygène (Kg/cm <sup>2</sup> )
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 <sup>2</sup> )	
		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 CHOIX D'UNE MEULE

4° PARTIE

DIVERS

## 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 <sup>3</sup>	Bac en lave ou en bois doublé de feuilles en plomb soudé.  <b>ATTENTION :</b> verser lentement l'acide dans l'eau	Cuivre
Acide chlorhydrique. 22 à 26° Baumé		Métaux léger
Acide azotique ou nitrique		Aciers - Récirage de pièces étamées.  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 conviennent 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.U4G.</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.
Grenailage	Grenailles métalliques, le plus souvent grenaille 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 celluloseux	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 celluloseux 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	Taroudage 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

## LES JOINTS

Pour rendre un joint étanche, il faut interposer entre les pièces une matière bien adaptée à leur usage. Selon que les joints seront en contact avec tel ou tel fluide, à telle ou telle température, la matière devant réaliser l'étanchéité sera différente.

### PRINCIPAUX JOINTS UTILISÉS

JOINTS POUR BASSES TEMPÉRATURES		
Destination	Matière	Température maximum d'utilisation
Canalisations d'eau et de gaz.	Cuir suifé	30°
Joints pour robinets et brides pour canalisation d'eau froide,	Caoutchouc ordinaire	30°
Joints sur canalisations en fonte emboutées.	Corde goudronnée	30°
Joints pour conduites d'acides.	Gomme pure (lastex)	80°
Presse-étoupe pour robinets-vannes etc...	Tresse de coton	90°
Joints pour conduites d'eau chaude et de vapeur.	Caoutchouc traité	100°
Joints pour conduites d'eau en fonte.	Plomb coulé	100°
Serrage de surfaces préalablement usinées.	Papier carton (possibilité de les imprégner d'huile de lin).	100°

## LES JOINTS (suite)

JOINTS POUR TEMPÉRATURES MOYENNES		
Destination	Matière	Température maximum d'utilisation
Joint d'eau chaude et de vapeur.	Fibre	120°
Joint pour filetage (chauffage central).	Filasse de chanvre	120°
Joint de vapeur.	Klingérite	150°
Pièces devant tourner, coulisser ou être démontées aisément.	Graisses graphitées	150°
Canalisations en cuivre.	Bagues de cuivre recuit	200°
JOINTS POUR HAUTES TEMPÉRATURES		
Presse-étoupe pour canalisations de vapeur.	Tresses d'amiante enduites de plombagine	225°
Joint pour filetage.	Céruse ou blanc de zinc	250°
Joint pour chaudières vapeur surchauffées.	Corde d'amiante imprégnée de minium	300°
Raccords bien usinés.	Aluminium recuit	300°
Raccords bien usinés.	Rondelles de cuivre recuit	400°
Joint pour très hautes températures vapeur surpressée.	Amiante (possibilité d'être armée)	1500°
JOINTS SPÉCIAUX		
Destination	Matière	
Réparation de toitures. Assemblages sur fonte emboîtée.	Brai	
Joint de canalisations d'eau froide.	Chatterton	
Joint pour filetage.	Pâtes diverses	

## RÉSERVOIRS SOUMIS A DES PRESSIONS INTÉRIEURES

### CALCUL DE L'ÉPAISSEUR DES VIROLES

Formule générale

$$e = \frac{PDs}{200 Ra} + c$$

e = épaisseur du métal.

P = pression de service correspondant au timbre en kg/cm<sup>2</sup>.

D = diamètre intérieur en mm.

s = coefficient de sécurité (voir tableau).

R = charge unitaire de rupture adoptée comme base des calculs de résistance en kg/mm<sup>2</sup>.

a = coefficient de résistance relative (c'est le rapport entre la résistance de la partie affaiblie où intéressée par les assemblages et la résistance de la même partie supposée intacte (1)).

c = surépaisseur (en général 1 à 2 mm) afin de tenir compte des défauts de laminage et des possibilités de corrosion.

Nota. —

$$1 \text{ kgf/cm}^2 \left\{ \begin{array}{l} 0,98 \text{ hpz (hectopièze)} \\ 10^5 \text{ P (pascal)} \\ 1 \text{ MP (mégapascal)} \\ 1 \text{ N/mm}^2 \text{ (newton)} \end{array} \right.$$

(1) Selon le type d'assemblage : rivetage simple en chêne, en quinconce, à couvres joint simple ou double, soudure, etc... on prendra une valeur de a : variable entre 0,5 et 0,9 depuis les rivures simples jusqu'aux assemblages soudés et contrôlés.

## RÉSERVOIRS SOUMIS A DES PRESSIONS INTÉRIEURES (suite)

Tableau des coefficients de sécurité minimum pour les métaux  
les plus couramment employés

Matériaux	Coefficient
Acier laminé ou forgé.....	4
Acier moulé.....	5
Aciers inoxydables.....	5
Nickel.....	4
Alliages à base de nickel laminés.....	4
Alliages à base de nickel moulés.....	5
Fonte.....	6
Cuivre laminé.....	4
Alliages à base de cuivre laminés.....	4
Alliages à base de cuivre moulés.....	5
Aluminium.....	4
Alliages à base d'aluminium laminés.....	4
Alliages à base d'aluminium moulés.....	5

Minimum d'épaisseur en dessous duquel on ne peut descendre

Matériaux	Épaisseur en mm.
Acier laminé construction rivée.....	5
Acier laminé construction soudée.....	2
Acier moulé.....	8
Fonte.....	10
Aciers inoxydables.....	1
Cuivre construction soudée.....	2
Cuivre construction rivée.....	4
Aluminium construction soudée.....	2
Aluminium construction rivée.....	4

## COULEURS CONVENTIONNELLES DES CANALISATIONS TRANSPORTANT DES FLUIDES

(Extrait de la Norme X08-100. Février 1968)

Familles de fluides	Teintes de fond	Nature du fluide	Anneau ou Bande
EAU	BLEU FONCÉ	- distillée, épurée ou déminéralisée. - potable - non potable	ROSE GRIS CLAIR NOIR
VAPEUR D'EAU	ROUGE	- voir qualité des fluides	
HYDROCARBURES LIQUIDES (y compris LUBRIFIANTS)	VIOLET	1 - de point d'éclair < 55 °C - de point d'éclair ≥ 55 °C mais dont la température est égale ou supérieure à leur point d'éclair. 2 - de point d'éclair ≥ 55 °C, mais dont la température est inférieure à leur point d'éclair. Lubrifiants	VERT CLAIR  BLEU FONCÉ  JAUNE
GAZ	GRIS CLAIR (non métallisé)	Gaz utilisés comme COMBUSTIBLES INDUSTRIELS et DOMESTIQUES. - Autres gaz	ROSE voir ogive des bouteilles
ACIDES et BASES	LILAS		voir NF x 08 - 102 et 103
AIR	VERT CLAIR		
AUTRES LIQUIDES	NOIR	Suivant le cas, l'EAU DE MER pourra être repérée par la teinte de fond « NOIR » ou par la teinte « BLEU » de l'eau avec un anneau d'identification particulier.	
CANALISATIONS ÉLECTRIQUES	BLANC		



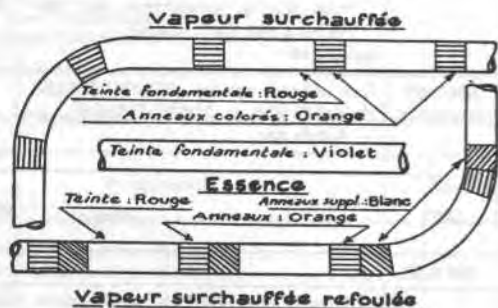
# COULEURS CONVENTIONNELLES (suite)

Extrait de la Norme N.F.E. 0-4055,0-4054

## QUALITÉ DES FLUIDES

Fluides	Anneau supplémentaire
Fluide chaud ou surchauffé .....	Orange
Fluide évacué ou refoulé .....	Blanc
Fluide froid ou refroidi .....	Violet
Fluide pollué ou vicié .....	Brun
Fluide sous pression .....	Rouge
Gaz liquéfié .....	Rose
Gaz raréfié .....	Bleu clair

### Exemple



### Nota

Il est recommandé de laisser entre chaque anneau ou groupe d'anneaux une longueur de teinte fondamentale égale à trois fois la longueur des anneaux.

# COULEURS CONVENTIONNELLES (suite)

(Extrait de la Norme N. F. E. O. 0-4055, 0-4054)

## SOUĐAGE AUTOGÈNE

### COULEUR SUR L'OGIVE DES BOUTEILLES

Gaz	Teinte
Acétylène .....	Havane
Air comprimé .....	Noir et blanc
Argon .....	Jaune
Azote .....	Noir
Hydrogène .....	Rouge
Oxygène .....	Blanc

### Catégories et dénominations particulières à la Marine Nationale et à la Marine de Commerce

Fluide	Teinte
Alcool .....	Violet anneaux bleu clair
Carburant aviation .....	Violet anneaux jaune
Carburants poids lourds .....	Violet anneaux rouge
Dalots de pont et d'eménagement .....	Bleu anneaux brun
Eau douce de boisson .....	Bleu
Eau douce de lavage .....	Bleu anneaux gris
Eau industrielle .....	Bleu anneaux vert
Épuisements, éjecteurs .....	Noir anneaux brun
Eau de cale, assèchement .....	Bleu anneaux brun
Essence tourisme .....	Violet anneaux discontinus rouge
Hygiène (carneaux, W.C.) .....	Brun
Indicateur de niveau à distance .....	Teinte du fluide considéré
Porte-voix .....	Blanc anneaux vert clair
Essence poids lourds .....	Violet

# FUMISTERIE

# TABLEAU DE CORRESPONDANCE APPROXIMATIVE ENTRE LES DURETÉS BRINELL, ROCKWELL ET LA RÉSISTANCE A LA TRACTION

**Normalisation des tuyaux de poêle. —**

**Anciennes normes**  
 $\phi$  = diamètre nominal  
 $\phi$  { 76, 90, 104, 118, 132, 146, 160, 174, 188.  
 ( $\phi$  allant de 16 en 16 mm).

**Nouvelles normes**  
 $\phi$  = diamètre nominal  
 $\phi$  { 69, 83, 97, 111, 125, 139, 153, 167, 180, 190, 200.  
 ( $\phi$  allant de 16 en 16 mm, jusqu'à  $\phi$  167).

**Tuyau** (cônicité volontairement exagérée)

**Raccordement vertical d'un poêle**

**Montage non étanche** (Défectueux): *Percours horizontal tel trop long, Coudes gênant le tirage.*

**Montage étanche** (Correct): *Manchon de centrage, Rosace étanche, Colliers de fixation, Tampon.*

**Correspondance entre la puissance calorifique d'un poêle et le volume chauffé**

Puissance calorifique nominale en calorias	Volume chauffé en m <sup>3</sup>
2.400	80
2.800	90
3.200	100
3.600	120
4.000	140
4.400	160
4.800	180
5.200	200
5.600	220
6.000	240
6.400	260
6.800	280
7.200	300
7.600	320
8.000	360
8.800	400
9.600	440

**Raccordement horizontal d'un poêle**

**Montage non étanche** (Défectueux): *Tuyau trop enfoncé, Tuyau inutile, Partie inutilisée non isolée.*

**Montage étanche** (Correct): *Tuyau correctement enfoncé et lailié en sifflet, Manchon de centrage, Rosace étanche, Tampon de ramonage étanche, Plancher en mosaïque, Partie non utilisée isolée.*

**Tableau établi pour une pièce moyenne au point de vue de l'isolation des parois et de l'aspiration, en supposant un écart de 25° avec le température extérieure.**

Dureté Brinell		Dureté Rockwell		Résistance approximative	
d en mm	H. B.	Diamant	Bille	Acier recuit	Acier trempé et revenu
2,25	745	67,3			265
2,30	712	63,2			253
2,35	682	61,7			243
2,40	653	60			232,5
2,45	627	58,7			223
2,50	601	57,3			214
2,55	578	56			206
2,60	555	54,7			197,5
2,65	534	53,5			190
2,70	514	52,1			183
2,75	495	51			176
2,80	477	49,6			170
2,85	461	48,5			164
2,90	444	47,1			158
2,95	429	45,7			152,5
3,00	415	44,5			147,5
3,05	401	43,1			142,5
3,10	388	41,8			138
3,15	375	40,4			133,5
3,20	363	39,1			129
3,25	352	37,9			125,5
3,30	341	36,6			121,5
3,35	331	35,5			117,5
3,40	321	34,3			114
3,45	311	33,1		110	110,5
3,50	302	32,1		103	107
3,55	293	30,9		100	104,5
3,60	285	29,9		97,5	101,5

TABLEAU DE CORRESPONDANCE APPROXIMATIVE  
ENTRE LES DURETÉS BRINELL, ROCKWELL  
ET LA RÉSISTANCE A LA TRACTION

Dureté Brinell		Dureté Rockwell		Résistance approximative	
d en mm	H. B.	Diamant	Bille	Acier recuit	Acier trempé et revenu
3,65	277	28,8		94,7	98,6
3,70	269	27,6		92	95,5
3,75	262	26,6		89,5	93,3
3,80	255	25,4		87	90,7
3,85	248	24,2		84,8	88,3
3,90	241	22,8	100	82,3	85,7
3,95	235	21,7	99	80,3	83,7
4,00	229	20,5	98,2	78,3	81,5
4,05	223		97,3	76,3	79,3
4,10	217		96,4	74,3	77,3
4,15	212		95,5	72,5	75,5
4,20	207		94,6	70,8	73,7
4,25	201		93,8	68,8	71,5
4,30	197		92,8	67,4	70,1
4,35	192		91,9	65,7	68,3
4,40	187		90,7	64	66,5
4,45	183		90	62,6	65,1
4,50	179		89	61,2	63,7
4,55	174		87,8	59,5	62
4,60	170		86,8	58,1	60,5
4,65	167		86	57,1	59,4
4,70	163		85	55,7	58
4,75	159		84	54,3	56,6
4,80	156		82,9	53,4	55,5
4,85	152		81,8	51,9	54
4,90	149		80,8	50,9	53
4,95	146		79,7	49,9	52
5,00	143		78,7	48,8	50,8

TABLEAU DE CORRESPONDANCE APPROXIMATIVE  
ENTRE LES DURETÉS BRINELL, ROCKWELL  
ET LA RÉSISTANCE A LA TRACTION

Dureté Brinell		Dureté Rockwell		Résistance approximative	
d en mm	H. B.	Diamant	Bille	Acier recuit	Acier trempé et revenu
5 05	140		77,5	47,8	49,9
5,10	137		76,4	46,8	48,7
5,15	134		75,2	45,8	47,7
5,20	131		74	44,8	46,6
5,25	128		73	43,8	45,6
5,30	126		72	43,1	44,7
5,35	122		70,9	41,9	43,6
5,40	121		69,8	41,4	43,1
5,45	118		68,7	40,3	42
5,50	116		67,6	39,7	41,3
5,55	114		66	39	40,6
5,60	112		65,7	38,3	39,9
5,65	110		63	37,6	39,5
5,70	108		60	36,9	39
5,75	106		58,5	36,2	38,7
5,80	104		57	35,4	38
5,85	102		56	34,9	36,9
5,90	100		55	34,2	36,2
5,95	98		53,5	33,5	35,5
6,00	96		52	32,8	34,8

Nota. — 1. Dureté Brinell. — L'essai est effectué avec une bille de 10 mm de diamètre sous une charge de 3.000 kg.

d = diamètre de l'empreinte en mm

HB = nombre de dureté Brinell

2. Dureté Rockwell. — Pénétrateur en diamant sous une charge de 150 kg.

Bille de 1,59 mm. de diamètre sous une charge de 100 kg.

5° PARTIE

**COLLAGE  
DES MATÉRIAUX**

## COLLAGE DES MATÉRIAUX

Procédé d'assemblage qui prend de plus en plus une place importante dans l'Industrie et les Techniques.

Toutefois, si ce procédé présente de nombreux avantages, il a aussi ses inconvénients.

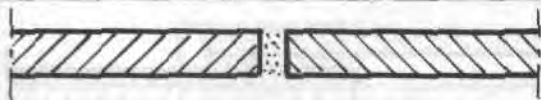
### ■ AVANTAGES :

- Assemblage de matériaux de même nature ou de nature pouvant être très différente.
- Pas de limitation d'épaisseur des matériaux.
- Assemblage se réalisant à basse température.
- Aucune altération des métaux au niveau de l'assemblage.
- Répartition régulière des contraintes.
- Corrosion entre divers matériaux inexistante ou très fortement réduite.
- Pas d'affaiblissement des pièces par trous comme dans les assemblages rivés ou boulonnés.
- Surfaces lisses. Pas de pièces en saillies (rivets, boulons, etc...).
- Joints élastiques amortissant les vibrations.
- Joints étanches et de plus mauvais conducteurs de la chaleur et de l'électricité.
- Pas ou peu de travaux de nettoyage.
- Résistance mécanique élevée.
- Économie de poids.
- Moins onéreux que les assemblages les plus courants.

### ■ INCONVÉNIENTS

- Températures d'utilisation limitées.
- Faible résistance à l'écaillage.
- Tendance au cheminement.
- Durées de durcissement relativement longues.
- Prétraitement indispensable des surfaces à assembler.
- Des couches épaisses d'adhésif constituent un inconvénient dans le cas de joints soumis à des contraintes alternées.
- Pas de possibilité de rectifier un ajustage incorrect après prise de l'adhésif.
- Essais non destructifs onéreux.

## PRINCIPAUX TYPES D'ASSEMBLAGE



ASSEMBLAGE BOUT A BOUT

- *Avantages :*

- *Inconvénients :*

Résistance insuffisante.

Surface de collage trop restreinte.



ASSEMBLAGE EN BISEAU

- *Avantages :*

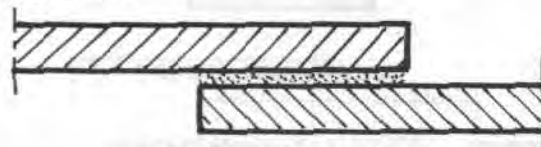
Le biseautage assure une résistance mécanique très élevée.

Assemblage recommandé pour charge dynamique.

- *Inconvénients :*

Réalisable que sur tôles relativement épaisses.

Préparation assez onéreuse.



RECouvreMENT SIMPLE

- *Avantages :*

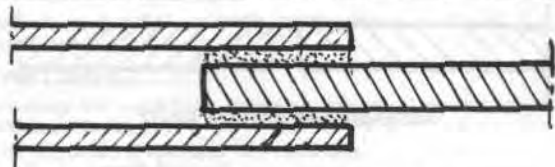
Couramment utilisé pour des pièces de faible section.

Bonne répartition des charges.

- *Inconvénients :*

La répartition des charges engendre un moment de flexion supplémentaire.

## PRINCIPAUX TYPES D'ASSEMBLAGE



**RECOUVREMENT DOUBLE**

— *Avantages :*

Répartition symétrique des sollicitations d'où résistance mécanique très élevée.

— *Inconvénients :*



**COUVRE-JOINT SIMPLE**

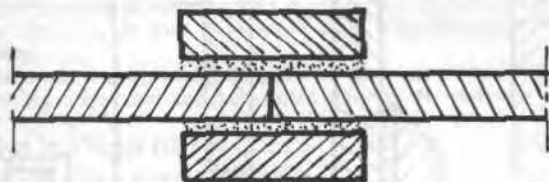
— *Avantages :*

Joint recommandé lorsqu'une face de l'assemblage doit être lisse sans préparation particulière.

— *Inconvénients :*

Répartition excentrique des charges.  
Déformation en charge avec apparition de contraintes d'écaillage.

## PRINCIPAUX TYPES D'ASSEMBLAGE



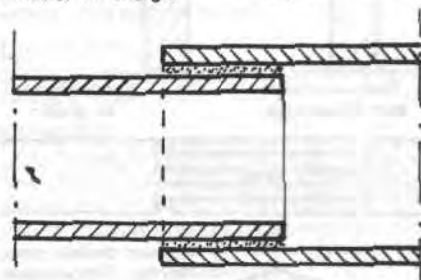
**COUVRE-JOINT DOUBLE**

— *Avantages :*

Répartition symétrique des sollicitations.  
Pas de déformation en charge.

— *Inconvénients :*

Les couvre-joints forment une saillie de chaque côté de l'assemblage.



**EMBOITEMENT POUR TUBES**

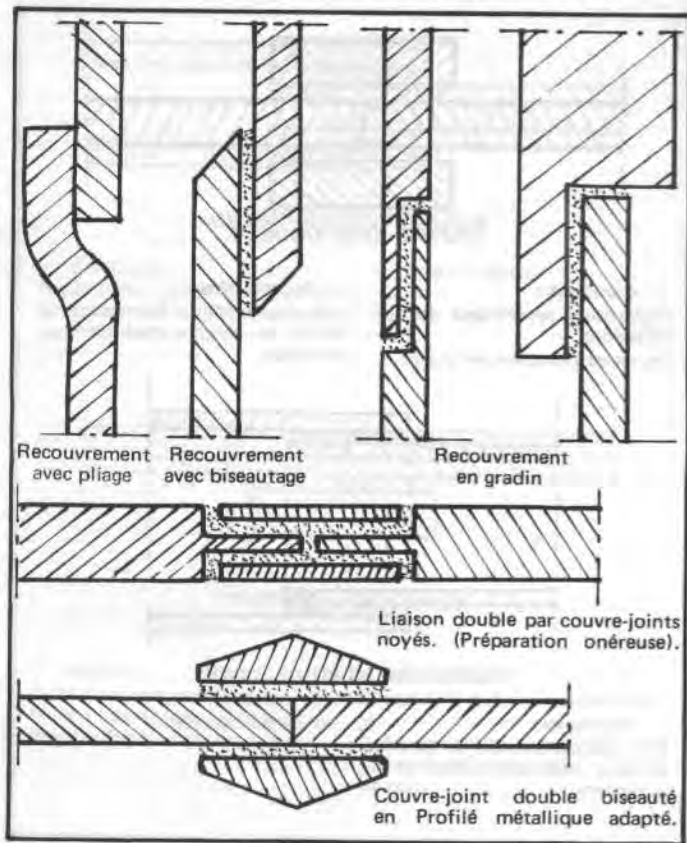
— *Avantages :*

En traction comme en torsion, le joint n'est sollicité qu'en cisaillement.

— *Inconvénients :*

## PRINCIPAUX TYPES D'ASSEMBLAGE

Variantes dérivées nécessitant une préparation spéciale



## GÉNÉRALITÉS - MODE OPÉRATOIRE

### I. NETTOYAGE DES SURFACES

Selon nature du ou des matériaux, se référer aux instructions données par les fabricants de colle pour savoir si un traitement particulier est nécessaire.

Couramment «*dégraissage soigné*» à l'aide de trichloréthane ou acétone, ou immersion des pièces dans un bain de vapeur de trichloréthane.

### II. APPLICATION DE LA COLLE

Joint de colle *le plus mince* possible.

- **Surfaces polies et planes** : de 0,05 à 0,1 mm d'épaisseur.
- **Surfaces rugueuses** : de 0,1 à 0,5 mm d'épaisseur.

Étendre la colle sur les deux surfaces à assembler, à l'aide d'un pinceau, d'une brosse, d'un rouleau ou d'une spatule.

### III. ASSEMBLAGE

Ne pas faire travailler le joint de colle à la traction, à la flexion ou à l'arrachement, mais au cisaillement.

### IV. MAINTIEN DES PIÈCES

Une simple pression d'accostage suffit, elle peut être obtenue à l'aide de poids, de pinces à ressort, etc...

### V. DURCISSEMENT

Selon la colle utilisée, le durcissement peut être obtenu à la température ambiante (20° C) ; certaines à partir de 5° C. Pour d'autres types de colle, le durcissement ne se fait qu'à chaud, de 120° C à 200° C.

Le temps de durcissement peut s'échelonner de 5 minutes à 5 jours, aussi est-il prudent et important de se référer, pour chaque type de colle, aux instructions données par les fabricants.

### VI. BAVURES

Après durcissement, les colles ne peuvent être supprimées que par grattage, limage ou meulage ; aussi est-il préférable de les éliminer immédiatement au moment de l'assemblage, à l'aide d'un chiffon imbibé de trichloréthane ou d'acétone.

### VII. DÉMONTAGE DES PIÈCES COLLÉES

1. Ramollissement de la colle par chauffage du joint entre 150 et 200° C. Le soumettre ensuite à un effort tendant à dissocier les pièces.

2. Possibilité de tremper les pièces dans des bains d'acétone, de trichloréthane, ou encore dans une solution contenant 89 % de chlorure de méthylène et 11 % d'alcool méthylique.

### VIII. TEMPÉRATURE DE DURCISSEMENT DES COLLES

1. Employer de préférence des colles durcissant à chaud. Il est à noter que le durcissement ne s'opère qu'au-dessus de 130° C, et que les joints obtenus par ce procédé sont rigides.
2. S'assurer au préalable que les matériaux à coller subiront sans dommage la température de durcissement de la colle.
3. Les matériaux, tels le carton, le bois et les matières plastiques sont assemblés par des colles à durcissement à froid.

### IX. COMPORTEMENT DU JOINT DE COLLE

En fonction du matériau que l'on a à coller, on choisira :

1. **des joints rigides :**
  - A. Pour avoir des joints résistants aux agents atmosphériques et à l'attaque des produits chimiques courants ;
  - B. Pour avoir une meilleure tenue du joint de colle à la chaleur.
2. **des joints souples :**
  - A. Pour les collages soumis à des chocs ou des vibrations ;
  - B. Pour le verre, les therm durcissables ;
  - C. Les matériaux ayant des coefficients de dilatation différents

### X. ÉTAT DE SURFACE DU MATÉRIAU A COLLER

1. Surfaces planes ou usinées : employer des colles fluides.
2. Surfaces rugueuses : employer des colles visqueuses ou pâteuses afin que les aspérités se trouvent bouchées.

### XI. PRÉCAUTIONS DANS L'EMPLOI DES COLLES

1. Bonne aération des lieux de travail pour l'évacuation des vapeurs produites par certains durcisseurs.
2. Éviter tout contact des produits avec la peau. Emploi de gants. Un savon légèrement acide est préconisé pour le lavage des mains.  
En aucun cas ne se nettoyer les mains avec un solvant.

Devant les nombreux types de colle qui se présentent sur le marché, nous ne pouvons fixer dans cet ouvrage le choix de tel ou tel produit ; nous nous limiterons, à titre d'exemple, à donner succinctement les caractéristiques de deux produits adhésifs de la marque «ARALDITE», distribuée en France par la Société PROCHAL, 5 rue Bellini, 92806 PUTEAUX.

### 1) ADHÉSIF DURCISSANT A TEMPÉRATURE AMBIANTE

(Possibilité d'accélérer le durcissement à températures plus élevées)

- ADHÉSIF A W 134 B, aspect : pâte blanche.
- DURCISSEUR H Y 994, aspect : liquide jaune à brun jaunâtre.
- APPLICATION : au pinceau, au rouleau, à la spatule.
- DURCISSEMENT : 24 heures à 23° C.  
15 minutes à 100° C.
- RÉSISTANCE A LA TEMPÉRATURE : de - 60° C à + 100° C.
- COULEUR DU JOINT : blanche.
- PRINCIPALES PROPRIÉTÉS :  
Assemblage de tous métaux (Acier galvanisé, Acier inoxydable, Aluminium et Alliages, Cuivre et Alliages, P V C rigide, Polyéthylène, Caoutchouc vulcanisé, Céramique, Cuir, Bois, Plâtre).

### 2) ADHÉSIF DURCISSANT A CHAUD

- ADHÉSIF A Z 15, aspect : liquide à basse viscosité contenant des solvants.
- DURCISSEUR H Z 15, aspect : liquide limpide contenant des solvants.
- APPLICATION : à la brosse, au pistolet, au trempé, au rouleau.
- DURCISSEMENT : après préséchage : 4 heures,  
ou 30 minutes à 200° C.
- RÉSISTANCE A LA TEMPÉRATURE : de - 60° C à + 120° C.
- COULEUR DU JOINT : brun jaunâtre.
- PRINCIPALES PROPRIÉTÉS :  
Assemblage de grandes surfaces métalliques. Imprégnation de matériaux de support, lesquels servent au collage ou à la fabrication de stratifiés.  
Déconseillé pour Polyesters, P V C, Plexiglas.

*Extrait de Documentation Technique de la Sté PROCHAL (Ciba-Geigy).*



# TABLE DES MATIÈRES

## 1ère partie : RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Surfaces et volumes	4
Nombres caractéristiques	9
Table des puissances et des racines	10
Table des circonférences et surfaces des cercles	13
Utilisation de la table des cordes, flèches et arcs	14
Table des cordes, flèches et arcs pour les angles de 1 à 180°	15
Relations entre rayon, diamètre, arc, corde, flèche	18
Tracé pratique d'un angle quelconque	20
Unités de mesure	21
Nouvelles appellations des tubes filetables dits « tubes gaz »	22
Tableau des caractéristiques	23
Autres tubes acier d'usage courant	24
Métaux et alliages usuels	25
Désignations commerciales des tôles acier pour l'emboutissage	26
Symbolisation de l'aluminium et ses alliages	28
Métaux et alliages légers de forge et de laminage	30
Masse en kg par mètre carré de tôles métalliques	32
Table de la jauge de Paris	33
Désignation courante des feuilles de zinc	33

## 2ème partie : OPÉRATIONS DE CHAUDRONNERIE

Tempre et revenu des aciers	36
Contrôle visuel des températures (acier)	37
Contrôle visuel des températures (métaux légers)	38
Températures de forgeage	39
Angles caract. des outils de cisailage et de poinçonnage	40
Angles caract. des outils de tranchage, de perçage, de traçage.	41
Vitesses de perçage	42
Chanfreinage des tôles. Sciage	43
Taraudage	44
Boulonnerie	46
Étirage des pinces à froid	48
Cintrage des tôles	49
Le pliage : rayons intérieurs minimum de pliage	50
Le pliage : à angle droit sans arrondi	51
Le pliage : à angle droit avec arrondi	52
Le pliage à un angle $> 90^\circ$ sans arrondi	53
Le pliage à un angle $> 90^\circ$ avec arrondi	54
Le pliage à un angle $< 90^\circ$ sans arrondi	55
Le pliage à un angle $< 90^\circ$ avec arrondi	56

Surfaces équivalentes	57
L'ouverture	60
Le bordage	62
Cintrage des tubes (acier)	65
Cintrage des tubes (cuivre, laiton)	68
Cintrage des tubes (métaux légers)	69
Centre de gravité des profilés	72
Cintrage des profilés	75
Trusquinage des profilés	76
Tableau synoptique des procédés d'assemblage	77
L'agrafage	78
Le rivetage (normalisation, symbole)	80
Le rivetage de l'acier	83
Le rivetage étanche de l'acier	84
Le rivetage des métaux légers et du cuivre	86
Le rivetage étanche des métaux légers et du cuivre	87
Le rivetage du magnésium	89
Le rivetage : perçage des trous de rivets	90
Rivets spéciaux pour assemblages accessibles d'un seul côté	91

## 3ème partie : SOUDAGE

Soudage à l'étain : composition des alliages	96
Brasures : composition des brasures	97
Brasage à la forge : préparation des pièces	98
Tableau des différents procédés de soudage	99
Tableau des symboles des soudures autogènes	101
Cotation des soudures	102
Application des symboles aux soudures autogènes par fusion :	
— soudures sur bords droits	104
— soudures sur bords relevés	104
— soudures d'angles	105
— soudures sur bords chanfreinés	106
— soudures en entailles et bouchons	107
— soudures électriques par résistance	108
Soudage par résistance de l'acier doux	110
Soudage oxy-acétylénique : caractéristiques d'exécution	112
S.O.A. de l'acier : à gauche, 1/2 montant, 1 passe, 2 passes	113
— à droite, en angle extérieur et intérieur	114
— montant, A. B. C.	115
S.O.A. de l'acier : au plafond, en corniche	116
S.O.A. de l'acier inoxydable 18-8	117
S.O.A. de l'aluminium :	
— sur bords relevés, à gauche 1 passe, 2 passes, 1/2 montant	118
— 1 passe	118
— 1/2 montant 2 passes, en angle extérieur et intérieur	119
— montant A.B.C.	120

S.O.A. du cuivre : à gauche à la goutte, 1/2 montant continu, m. B à la goutte . . . . .	121
S.O.A. des laitons et des fontes . . . . .	122
S.O.A. du plomb . . . . .	123
Soudo-brasage . . . . .	124
Soudage : particularités (disposition des lignes d'assemblage, rép. des pièces moulées) . . . . .	126
Réducteurs - fondants - flux (soudures hétérogènes) . . . . .	127
Réducteurs - fondants - flux (soudures autogènes) . . . . .	128
Soudage électrique à l'arc : Généralités . . . . .	130
— Mouvements, inclinaisons de l'électrode . . . . .	132
— Disposition des passes, préparation des pièces . . . . .	133
— En angle et à clin, procédés de renforcement . . . . .	134
Défauts, incidents de marche dans la soudure oxy-acétylén. . . . .	135
— dans la soudure électrique à l'arc . . . . .	136
— dans la soudure électrique par résistance . . . . .	138
— dans la soudure électrique sous argon . . . . .	140
Oxy-coupage manuel . . . . .	142
Oxy-coupage mécanique . . . . .	143

#### 4ème partie : DIVERS

Le meulage : généralités . . . . .	146
Le meulage : vitesse de rotation . . . . .	147
Le décapage : traitements chimiques . . . . .	148
Le décapage : traitements mécaniques . . . . .	149
Protection des surfaces par dépôts métalliques . . . . .	150
Protection des surfaces par dépôts métal., par action chimique . . . . .	151
Protection des surfaces p. dépôts mét., par action chimique . . . . .	151
Lubrification . . . . .	152
Les joints . . . . .	153
Réservoirs soumis à des pressions intérieures . . . . .	155
Couleurs convent. des canalisations transportant les fluides . . . . .	157
Normalisation des tuyaux de poêle . . . . .	160
Tableau de correspondance approximative entre les duretés Brinell, Rockwell et la résistance à la traction . . . . .	161

#### 5ème partie : COLLAGE DES MATÉRIAUX

Collage des matériaux . . . . .	166
Principaux types d'assemblage . . . . .	167
Généralités - Mode opératoire . . . . .	171
Caractéristiques des colles . . . . .	173