

J. DROLET

C. LE HIR

AIDE-MÉMOIRE DU CHAUDRONNIER ET DU SOUDEUR



EDITIONS ANDRE CASTEILLA



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).

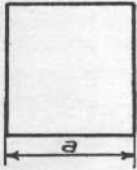
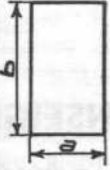
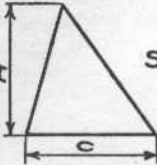
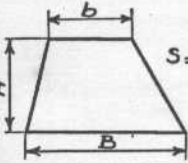
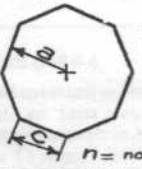
©ÉDITIONS ANDRE CASTEILLA - PARIS - OCTOBRE 1982

I^{re} PARTIE

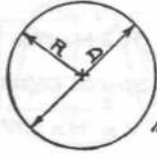
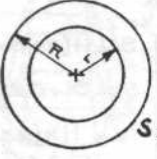
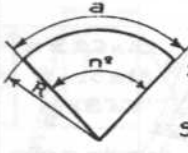
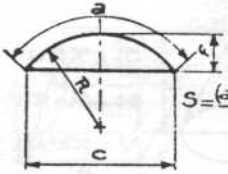
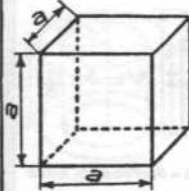
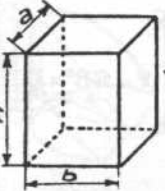
RENSEIGNEMENTS

GÉNÉRAUX

SURFACES ET VOLUMES

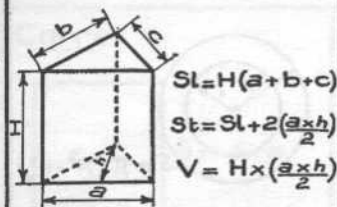
Légende { S = Surface St = Surface totale Sl = " latérale V = Volume	
Carré  $S = a \times a$	Rectangle  $S = a \times b$
Triangle  $S = c \times \frac{H}{2}$	Losange  $S = \frac{D \times d}{2}$
Trapèze  $S = H \left(\frac{B+b}{2} \right)$	Polygone régulier  $S = n \left(\frac{C \times a}{2} \right)$ n = nombre de côtés

SURFACES ET VOLUMES (suite)

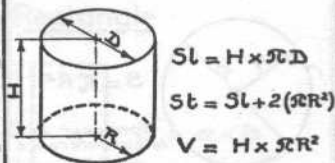
Cercle  $S = \pi R^2$ Longueur de la circonférence = πD	Couronne  $S = \pi (R^2 - r^2)$
Secteur  $S = a \frac{R}{2}$ ou $S = \frac{\pi R^2 n^\circ}{360}$	Segment  $S = \frac{(aR) - C(R-f)}{2}$
Cube  $Sl = a \times a \times 4$ $St = a \times a \times 6$ $V = a \times a \times a$	Parallélépipède  $Sl = (2a + 2b) H$ $St = Sl + 2(ab)$ $V = a \times b \times H$

SURFACES ET VOLUMES (suite)

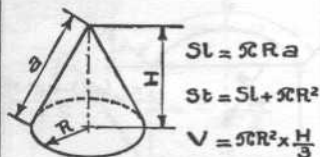
Prisme triangulaire



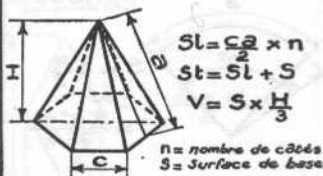
Cylindre droit



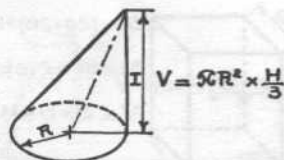
Cône droit



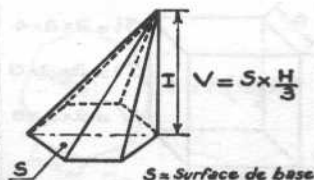
Pyramide droite



Cône oblique

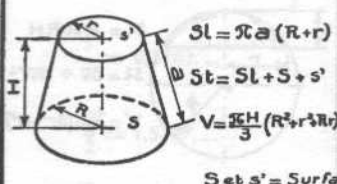


Pyramide oblique

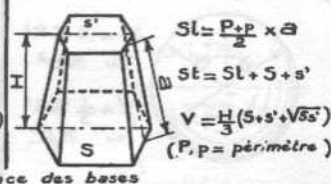


SURFACES ET VOLUMES (suite)

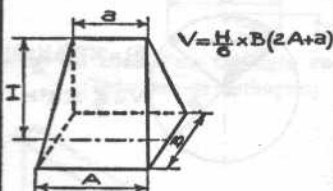
Tronc de cône



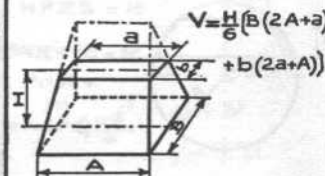
Tronc de pyramide



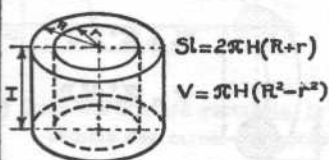
Coin



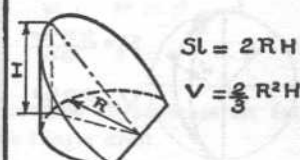
Ponton



Cylindre creux



Onglet cylindrique



SURFACES ET VOLUMES (suite)

Sphère



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

ou πD^2

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

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

Calotte sphérique

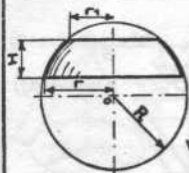


$$Sl = 2\pi RH$$

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

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

Zône sphérique



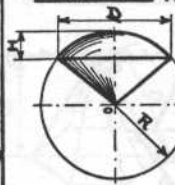
$$Sl = 2\pi RH$$

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

$$+ \pi R^2$$

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

Secteur sphérique



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

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

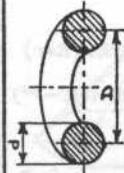
Onglet sphérique



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

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

Tore



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

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

NOMBRES CARACTÉRISTIQUES

π est égal à : 3,141592...

où à $\frac{22}{7} = 3,1428...$

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

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

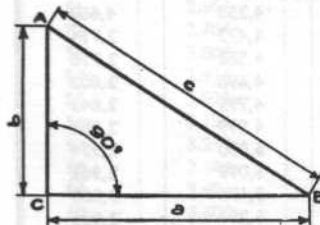
$$\sqrt{2} = 1,414...$$

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

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

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

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



$$1^\circ) c^2 = a^2 + b^2$$

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

$$2^\circ) a^2 = c^2 - b^2$$

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

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 ²	N ³	$\sqrt{N}$	$\sqrt[3]{N}$
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 ²	N ³	$\sqrt{N}$	$\sqrt[3]{N}$
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)

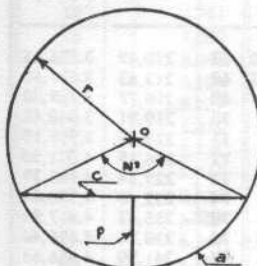
N	N ²	N ³	$\sqrt{N}$	$\sqrt[3]{N}$
67	4.489	300.763	8,185	4,061
68	4.624	314.432	8,246	4,081
69	4.761	328.509	8,306	4,101
70	4.900	343.000	8,366	4,121
71	5.041	357.911	8,426	4,140
72	5.184	373.248	8,485	4,160
73	5.329	389.017	8,544	4,179
74	5.476	405.224	8,602	4,198
75	5.625	421.875	8,660	4,217
76	5.776	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 πD	Surface $\left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi$	D	Circonférence πD	Surface $\left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi$	D	Circonférence πD	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° , le rayon r du cercle étant de 95 mm.



O : centre
r : rayon
c : corde
f : flèche
a : arc
N° : angle
intercepté

D'après la table nous trouvons pour un arc de 37° 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° , le rayon r du cercle étant de 55 mm.

D'après la table nous trouvons pour 56° 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° , le rayon r du cercle étant de 70 mm.

D'après la table nous trouvons pour 102° 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° A 60°

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	0,0087	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.

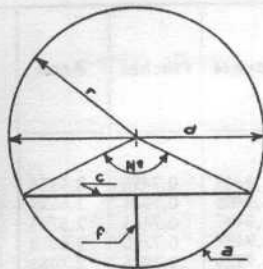
TABLE DES CORDES, FLÈCHES ET ARCS
POUR LES ANGLES DE 61° A 120°

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
P: flèche
c: corde
a: arc
N° angle
intercepté

FORMULES

$$1^0) r = \frac{f}{2} + \frac{c^2}{8f}$$

$$2^0) d = 2 \left(\frac{f}{2} + \frac{c^2}{8f} \right) = f + \frac{c^2}{4f}$$

$$3^0) a = 2\pi r \times \frac{N^0}{360} = \frac{\pi r N}{180}$$

$$4^0) c = 2 \sqrt{f(2r - f)}$$

$$5^0) f = r - \sqrt{r^2 - \frac{c^2}{4}}$$

APPLICATIONS

Dans le cercle représenté par la figure :

- 1⁰) On connaît $f = 14$ et $c = 50$, calculer son rayon r .
- 2⁰) On connaît $f = 14$ et $c = 50$, calculer son diamètre d .
- 3⁰) On connaît $r = 40$ et $N = 116^\circ$, calculer l'arc a intercepté.
- 4⁰) On connaît $f = 20$ et $r = 40$, calculer la corde c .
- 5⁰) On connaît $r = 40$ et $c = 70$, calculer la flèche f .

SOLUTIONS

1⁰) Appliquons la formule :

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

2⁰) Appliquons la formule :

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

3⁰) Appliquons la formule :

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

4⁰) Appliquons la formule :

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

5⁰) 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.

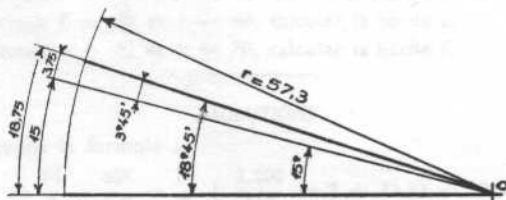
Soit à tracer un angle de 18°45'.

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
Unités mécaniques				
Vitesse	mètre p ^r seconde	m/s	kilomètre p ^r heure	km/h
Vitesse angul ^{re}	radian p ^r seconde	rd/s		
	tour p ^r seconde	tr/s	tour p ^r minute	tr/mn
Accélération	mètre p ^r seconde p ^r seconde	m/s ²		
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 ² hbar		
Masse	kilogramme	kg		
(1) L'unité SI de pression et de contrainte est le newton par mètre carré (N/m ²), appelé, en France, pascal (Pa).				
Unités calorifiques				
Température	degré Kelvin	°K		
	degré Celsius	°C		
Quantité de chaleur	(voir unités mé- niques)			

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:

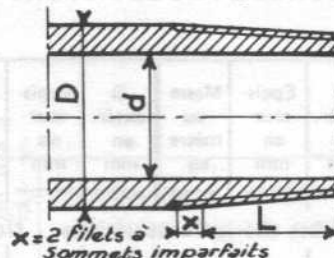
Filetage conique:

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
TARIF 1				TARIF 3		
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
TARIF 2						
*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	Epais- seur en mm	Masse au mètre kg	Ø extér. en mm	Epais- seur en mm	Masse au mètre kg	Ø extér. en mm	Epais- seur 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	à	800 à 900 °
Acier extra-dur		7,9	1 500 °	800 à 850 °
Antimoine	Sb	6,7	630 °	
Bismuth	Bi	9,8	270 °	
Chrome	Cr	7,1	1 615 °	
Cuivre	Cu	8,9	1 083 °	700 à 750 °
Étain	Sn	7,3	232 °	
Fer	Fe	7,9	1 527 °	850 °
Fonte grise		7,2	1 200 °	
Laiton		8,5	900 °	650 à 700 °
Maillechort		8,6	920 à 1 050 °	750 à 900 °
Manganèse	Mn	7,3	1 245 °	
Monel		8,82	1 360 °	750 à 900 °
Nickel	Ni	8,8	1 452 °	750 à 950 °
Plomb	Pb	11,4	327 °	150 à 200 °
Régul à l'étain		9,3	240 °	
Tungstène	Tu ou W	19,3	≈ 3 370 °	
Zinc	Zn	7,1	419 °	100 à 150 °

DÉSIGNATIONS COMMERCIALES DES TÔLES ACIER LAMINÉES A CHAUD POUR L'EMBOUITISSAGE

EXTRAIT DE LA NORME AFNOR A 36 - 301

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

1. Tôles commerciales 0C

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

Un bon aspect de surface ne peut être exigé.

Elles peuvent être livrées avec ou sans décapage.

2. Tôles à indices 1C, 2C, 3C.

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

Nota :

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

Une petite couche de calamine recouvre les tôles non décapées.

DÉSIGNATIONS COMMERCIALES DES TÔLES ACIER LAMINÉES A FROID POUR L'EMBOUITISSAGE

EXTRAIT DE LA NORME AFNOR A 36 - 401

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

1. Aspect des surfaces.

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

Aspect X :

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

Aspect Z :

La face la meilleure doit être sans défaut.

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

2. Finition de surface.

Aspect X : Possibilité de 2 finitions.

Aspect Z : Possibilité de 3 finitions.

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

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

SYMBOLISATION DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES

Extrait de la Norme AFNOR A 02-001

Deux groupes de lettres désignent la composition chimique.

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

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

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

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

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

Il existe 5 qualités d'aluminium non allié :

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

A8 correspond à une pureté de 99,8 %

A7 correspond à une pureté de 99,7 %

A5 correspond à une pureté de 99,5 %

A4 correspond à une pureté de 99 %

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

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

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

Le principe est de désigner par une lettre-symbole (F, 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/cm³) : 2,63 à 2,80
Températures de fusion : 600 à 658 °C

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

ALUMINIUM ET ALLIAGES LÉGERS

Aptitudes au soudage par les procédés usuels

Légende :

R = Recommandé.
U = Utilisable (3).
P = Peut être utilisé à la rigueur.
D = Déconseillé.

Légende : R = Recommandé. U = Utilisable (3). P = Peut être utilisé à la rigueur. D = Déconseillé.	Soudage oxy-acétylénique	Soudo-brasage	Brasage (1)	Soudage électrique à l'arc		Soudage électrique par résistance (2)
				Électrode enrobée	En atmo- sphère d'argon	
Alliages de forge et de laminage :						
A4, A5, A8, A9	R	R	R	P	R	R
A-M1, A-M1G	R	R	R	P	R	R
A-G1, A-G2	R	R	R	P	R	R
A-G3	R	U	U	P	R	R
A-G4MC, A-G5	R	D	U	P	R	R
A-SG, A-GS	R	R	U	P	R	R
A-U4G, A-U4G1	D	U	U	P	U	R
A-U4SG	D	U	U	P	U	R
A-Z3G2, A-Z5G	R	U	U	P	R	R
A-Z5GU, A-Z8GU	D	U	U	P	U	R
Alliages de fonderie :						
A-G3T	R	U	U	R	R	D
A-G6	R	D	U	R	R	D
A-G10	D	D	U	D	D	D
A-S13, A-S10G, A-S7G	R	U	U	R	R	D
A-U5GT	U	U	U	U	U	D
A-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 M² 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 16 795	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 30 Aluminium 70	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 instanta- nément 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

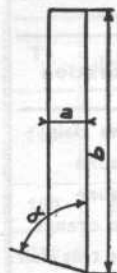
ACIERS AU CARBONE ORDINAIRES

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 : { variables	≈ 1 100°	Jaune
	Cr : {		
	Mn : {		
Inoxydable {	Cr : 18 %	900 à 1 175°	Jaune orangé
	Ni : 8 %		

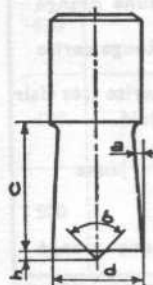
ANGLES CARACTÉRISTIQUES DES OUTILS DE CISAILLAGE ET DE POINÇONNAGE

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.

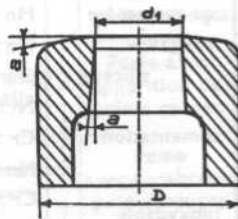
Types de cisailles		angle de coupe	Types de cisailles		angle de coupe
Manuelles	à main	70 à 80°	Mécaniques alternatives	circulaire	75 à 90°
	d'établi	70 à 80°		guillotine	85 à 90°
	à balancier	85 à 90°		lames courtes	85 à 90°
	à levier	85 à 90°		lames très courtes	85 à 90°
	circulaire	75 à 90°			



POINÇONNAGE

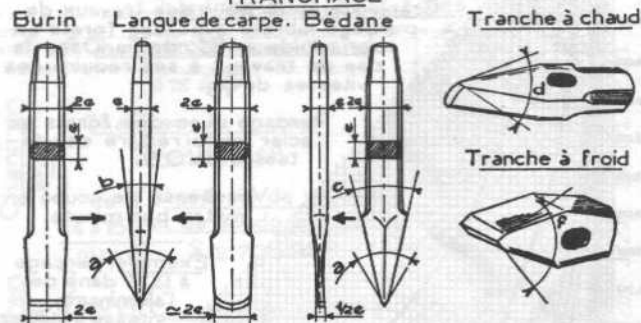
Poinçon
 $c \leq 1,5 d$
 $a : 2 \text{ à } 3^\circ$
 $h : 0,5 \text{ à } 3 \text{ mm.}$
 $b : 90^\circ$

matrice
 $D \geq 2,5 d_1$
 $a : 2 \text{ à } 3^\circ$



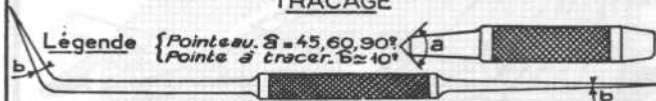
ANGLES CARACTÉRISTIQUES DES OUTILS

TRANCHAGE



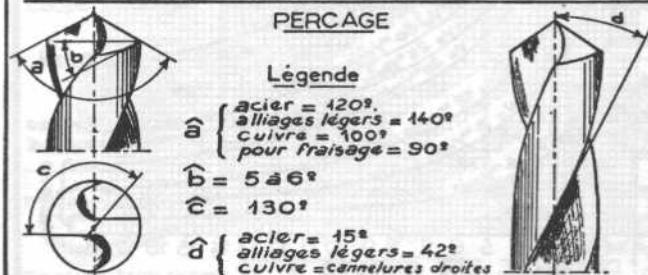
Légende : $\hat{a}$ { Acier doux = 60°; Cuivre = 50°; dur = 65°; Fonte, Bronze = 70° } / $\hat{c} = 30 \text{ à } 35^\circ$
 $\hat{b} = 8 \text{ à } 10^\circ$ / $\hat{d} \approx 30^\circ$, $\hat{f} \approx 60^\circ$.

TRACAGE



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

PERCAGE



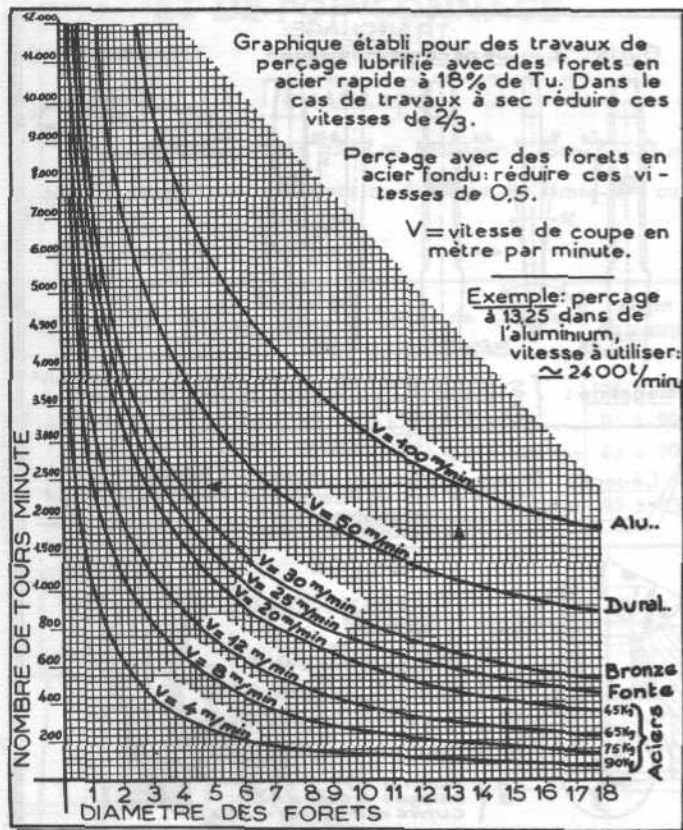
Légende

$\hat{a}$ { acier = 120°
 alliages légers = 140°
 cuivre = 100°
 pour fraisage = 90° }

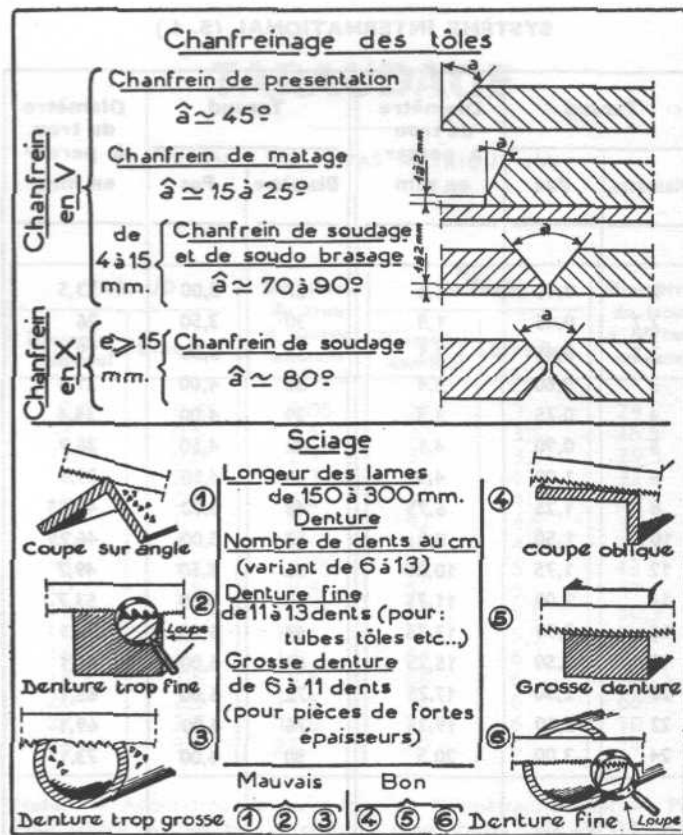
$\hat{b} = 5 \text{ à } 6^\circ$
 $\hat{c} = 130^\circ$

$\hat{d}$ { acier = 15°
 alliages légers = 42°
 cuivre = cannelures droites }

VITESSES DE PERÇAGE



CHANFREINAGE ET SCIAGE



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

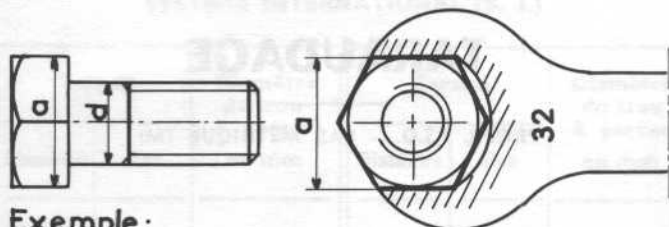
PROFIL I.S.O. - PAS METRIQUE (M)

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 :

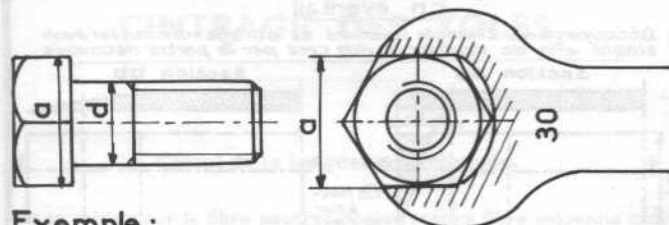
Pour un boulon $d = 20$: prendre une clé de 32

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



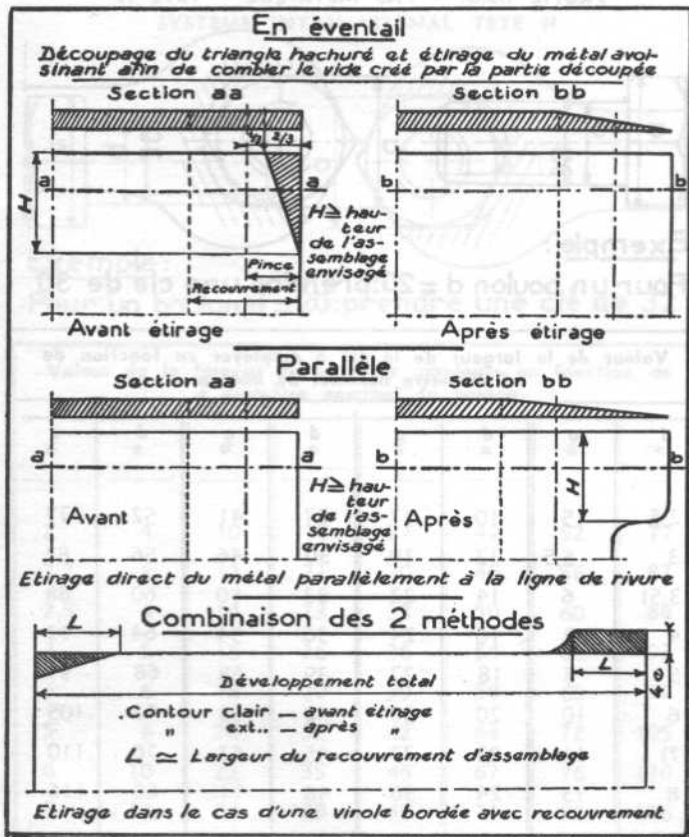
Exemple :

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 TOILES

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.

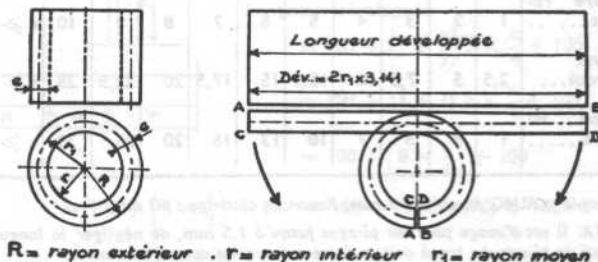
La fibre intérieure se resserre.

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

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

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

e étant l'épaisseur à cintrer.



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 re- cuit.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$r \geq e$
Cuivre écroui....	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	$r \geq 2,5e$
Laiton 1 ^{er} titre.....	1	3	5	7	10	13	16	20	25	30	$r \geq 3e$

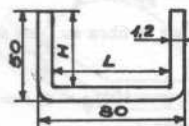
Exemple : AU4G écroui en 8 mm. Rayon de cintrage : 40 mm.

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

LE PLIAGE (suite)

PLIAGE A ANGLE DROIT

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



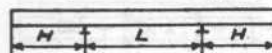
On ne tient pas compte de l'arrondi de pliage.

Mise aux cotes intérieures

$$H = 48,8 \quad , \quad L = 77,6 \quad e = 1,2$$

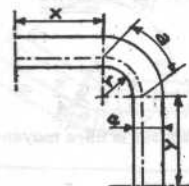
Longueur développée :

$$48,8 + 77,6 + 48,8 = 175,2$$



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

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



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

Exemple : acier doux $e = 3$ mm.

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

Longueur développée

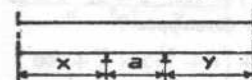
$$= 100 + \left(r + \frac{e}{3}\right) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

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

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

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

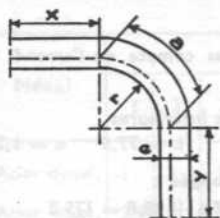
$$= 100 + 6,28 + 100 = 206,28$$



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 :

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

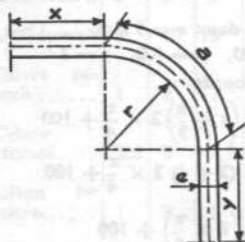
$$= 100 + (12 + 2) 2 \times \frac{\pi}{4} + 100$$

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

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

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

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 :

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

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

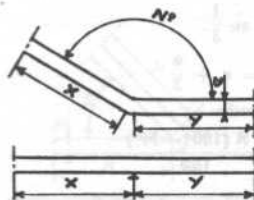
$$= 100 + \left(55 \times \frac{\pi}{4}\right) + 100$$

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

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 $e = 1$
 $x = 100, y = 100$

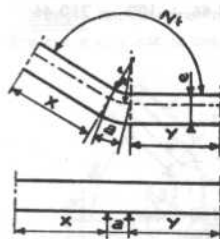
Longueur développée :

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

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° , 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 :

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

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

8°) Avec arrondi $r > 4e$.

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

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

ce qui donne la formule

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

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

Longueur développée :

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

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

LE PLIAGE (suite)

PLIAGE A UN ANGLE $< 90^\circ$

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

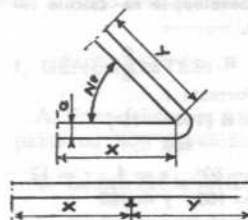
On ne tient pas compte de l'arrondi de pliage.

Exemple :

$$x = 100, y = 100$$

Longueur développée :

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



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

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

La longueur développée se calcule sur la fibre moyenne.

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

ce qui donne la formule :

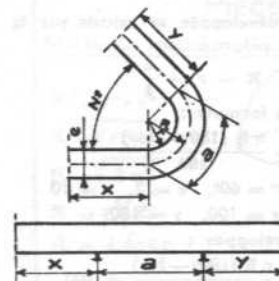
$$a = \frac{\pi R (180^\circ - N^\circ)}{180}$$

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

Longueur développée :

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

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



LE PLIAGE (suite)

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

$$R = 1,414r$$

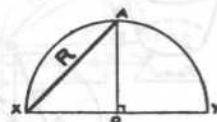


XY = diamètre

XO
OY
AO } = rayon

Corde Ax = R

R = rayon du flan



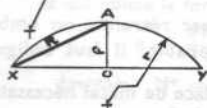
SURFACES ÉQUIVALENTES (suite)

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

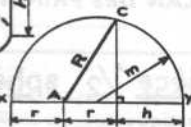
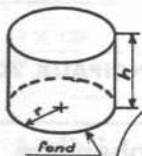
Pièce cylindrique

Méthode
mathématique

$$XR^2 = r^2x + 2rx \times h$$

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

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



Méthode graphique

r = rayon du fond

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

$AC = R$

R = rayon du flan

Pièce tronconique

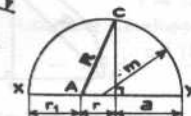
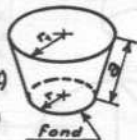
Méthode
mathématique

$$XR^2 = r^2x + a(r_1x + r_2x)$$

$$XR^2 = r^2x + a(r_1 + r_2)$$

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

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



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

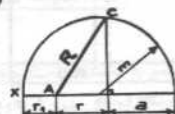
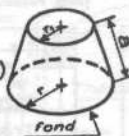
Méthode
mathématique

$$XR^2 = r^2x + a(r_1x + r_2x)$$

$$XR^2 = r^2x + a(r_1 + r_2)$$

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

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



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

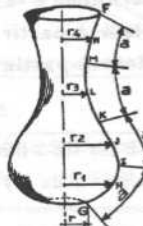
Pièce de révolution quelconque

Méthode mathématique

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

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

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



Méthode graphique

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

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

$Ax = R$

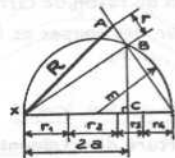
R = rayon du flan

FG = contour apparent
de la pièce.

H : milieu de GI

J : milieu de IK , etc..

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



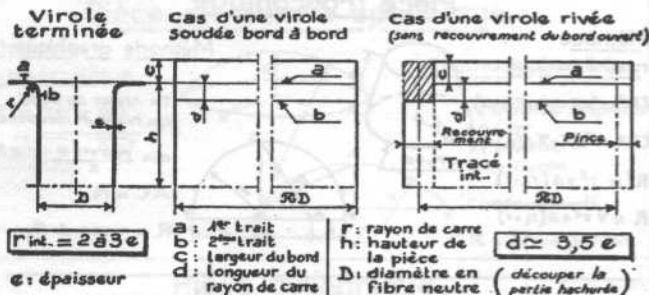
a : divisions égales
sur le contour FG

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^o Ouverture de l'extérieur à partir de b.

2^o 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.

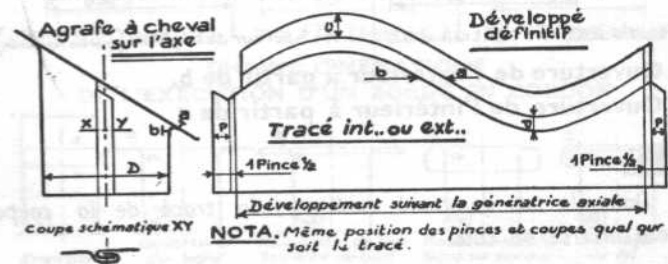
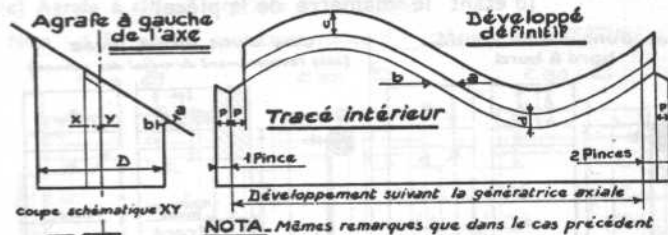
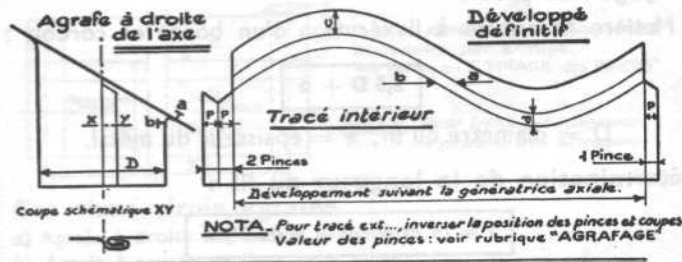
Remarque.

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 :

$$2,5 D + e$$

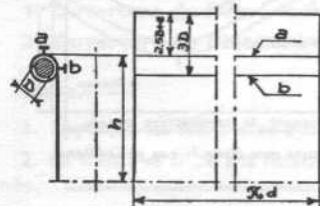
D = diamètre du fil ; e = épaisseur du métal.

Détermination de la longueur du fil :

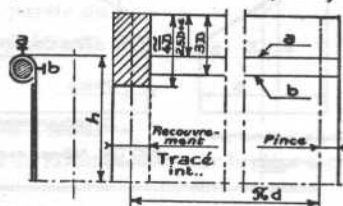
$$L = (d. \text{extérieur} + \varnothing \text{ du fil}) \pi$$

(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° Ouverture de l'extérieur à partir de b.

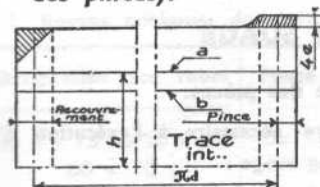
2° Ouverture de l'intérieur à partir de a

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"

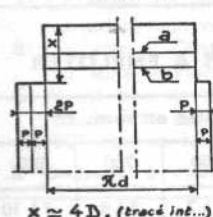
NOTA. Pour tracé ext., inverser la position des étirages.

Cas d'une virole agrafée.

- Agrafe à droite de l'axe de la pièce.
- Agrafe à gauche de l'axe de la pièce.
- Agrafe à cheval sur l'axe de la pièce.

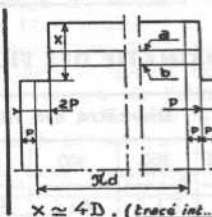
Nota. — Se reporter pour comparaison à la rubrique « OUVERTURE ».

cas a



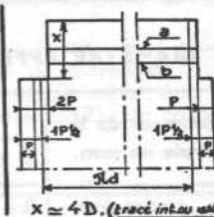
$x \approx 4D$. (tracé int...)

cas b



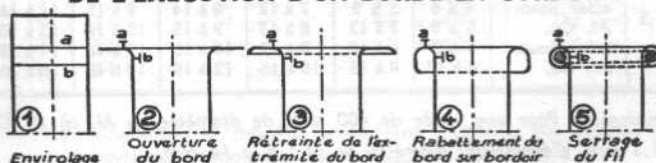
$x \approx 4D$. (tracé int...)

cas c



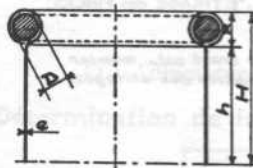
$x \approx 4D$. (tracé int... ext.)

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



LE BORDAGE (suite)

BORDÉ EN SUAGE



H = Hauteur de la pièce

$x = \phi \text{ du fil} + 2e$

$h = H - x$

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 1/4 au 2	3 à 3 1/4 D
60 x 70	2 1/4	3 3/4 D
66 x 76	2 1/2	4 1/2 D
80 x 90	3	6 D
90 x 102	3 1/2	7 1/2 D
102 x 114	4	8 1/2 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.		

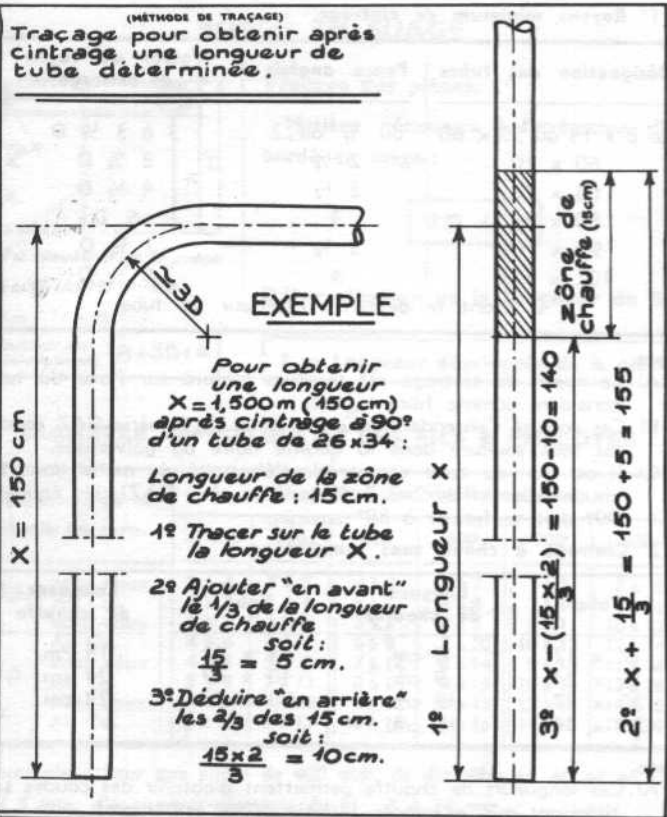
Nota.

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

CINTRAGE A CHAUD SANS REMPLISSAGE

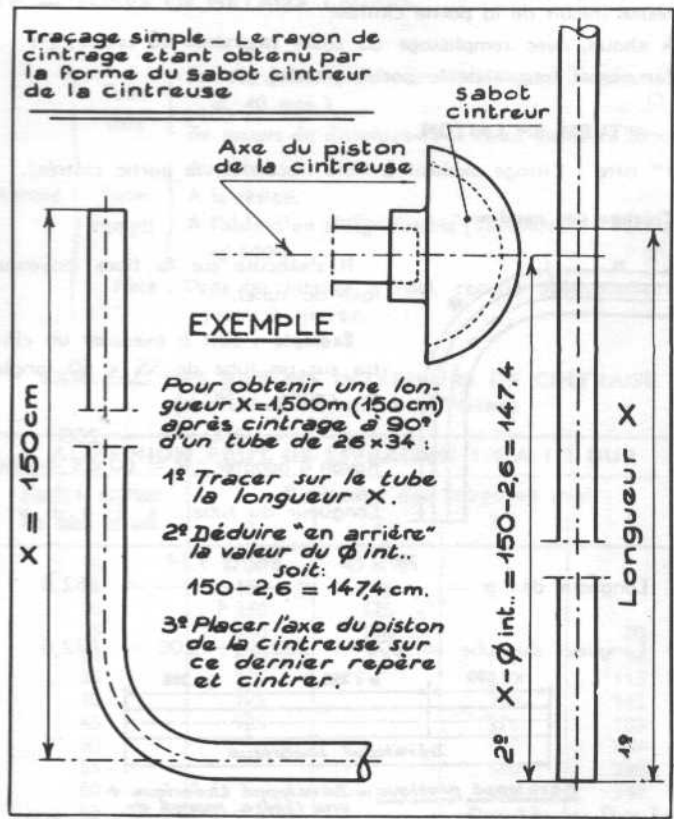
(MÉTHODE DE TRAÇAGE)

Tracé pour obtenir après cintrage une longueur de tube déterminée.



CINTRAGE A FROID A LA CINTREUSE (MÉTHODE DE TRAÇAGE)

Tracé simple - Le rayon de cintrage étant obtenu par la forme du sabot cintreur de la cintrouse



CINTRAGE DES TUBES (suite)

II. — TUBES EN CUIVRE.

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

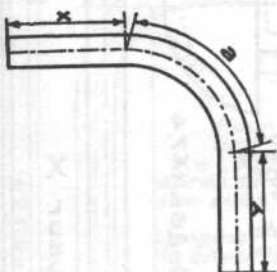
A chaud, avec remplissage au sable fin.

Au ressort (recuit de la partie cintrée).

III. — TUBES EN LAITON.

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

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°).

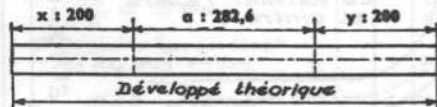
$$x = 200, \quad y = 200$$

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

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

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

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



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

CINTRAGE DES TUBES (suite)

IV. — TUBES EN MÉTAUX LÉGERS.

1^o) Modes de cintrage.

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

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

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

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

CINTRAGE DES TUBES (suite)

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.

CINTRAGE DES TUBES (suite)

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 - U4 G sur trempe fraîche		A - U4 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.

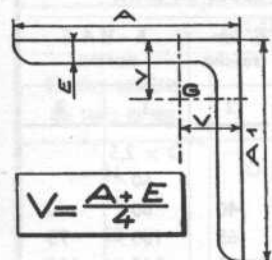
Exemple : Un coude de 90° doit se fermer à 83°.

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.

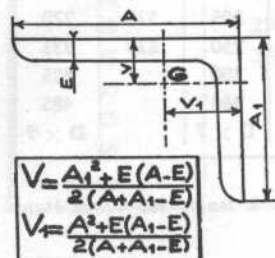


$A = A_1$ = Largeur de l'aile de la cornière
 E = Épaisseur de la cornière.
 G = Centre de gravité.
 V = Distance d'une aile au centre de gravité.

Exemple : Cornière $50 \times 50 \times 5$

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

II. CENTRE DE GRAVITÉ DES CORNIÈRES INÉGALES.



A = Largeur de la grande aile.
 A_1 = 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_1 = Distance de la petite aile au centre de gravité.

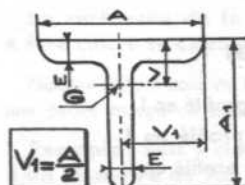
Exemple : Cornière $60 \times 40 \times 5$

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

$$V_1 = \frac{40^2 + 5(60-5)}{2(60+40-5)} = \frac{1600 + 275}{190} = \frac{1875}{190} = \underline{\underline{9,9.}}$$

CENTRE DE GRAVITÉ DES PROFILÉS (suite)

III. CENTRE DE GRAVITÉ DES FERS EN T.



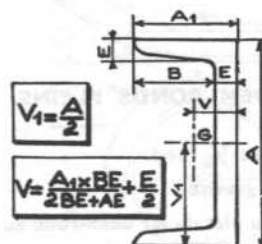
A = Largeur du T.
 A_1 = Hauteur du T.
 E = Épaisseur du T.
 G = Centre de gravité.
 V = Distance du plat du T au centre de gravité.
 V_1 = Distance d'une extrémité de la largeur du T au centre de gravité.

Exemple : Fer en T $30 \times 35 \times 4$

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

$$V_1 = \frac{30}{2} = \underline{\underline{15.}}$$

IV. CENTRE DE GRAVITÉ DES FERS EN U.



A = Largeur du fer en U.
 A_1 = 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_1 = Distance d'une extrémité de la largeur du fer en U au centre de gravité.

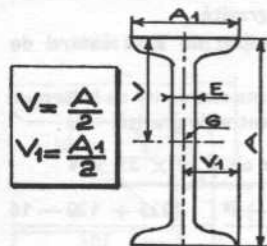
Exemple : Fer U $60 \times 30 \times 6$

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

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

CENTRE DE GRAVITÉ DES PROFILÉS (suite)

V. CENTRE DE GRAVITÉ DES FERS EN I.



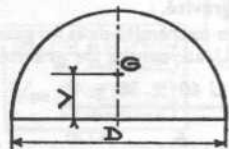
- A = Hauteur du profilé en I.
 A_1 = Largeur du profilé en I.
 E = Épaisseur du profilé en I.
 V = Distance du plat du fer en I au centre de gravité.
 V_1 = Distance d'une extrémité de la largeur du fer en I au centre de gravité

Exemple : Fer en I $100 \times 50 \times 4,5$

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

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

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



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

- D = Diamètre du $\frac{1}{2}$ rond.
 G = Centre de gravité.
 V = Distance du plat du fer demi-rond au centre de gravité.

Exemple : Fer $\frac{1}{2}$ rond 40×20

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

CINTRAGE DES PROFILÉS

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

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

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

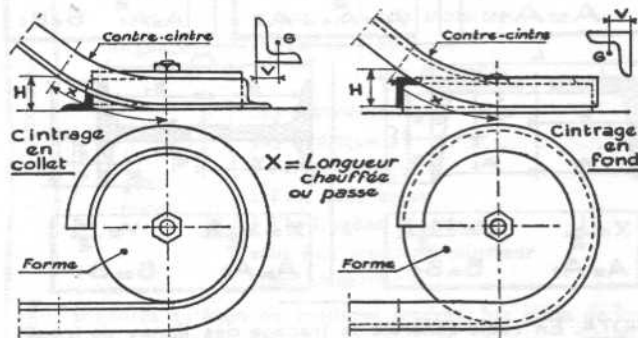
Longueur théorique de la cornière : $\pi (D + 2V)$

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

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

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

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



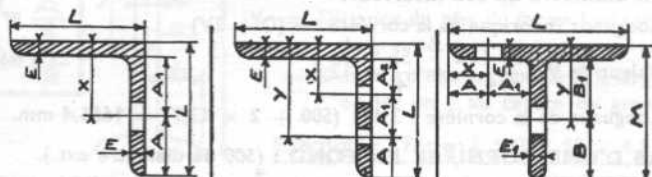
Valeur du contre-cintre : $H \approx \frac{1}{3}$ du rayon de cintrage à chaque passe.

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



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

$$A = A_1$$

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

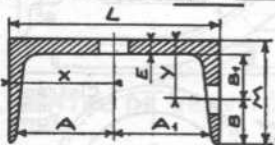
$$Y = \frac{L+4E}{2}$$

$$A = A_1 = A_2$$

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

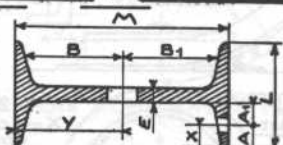
$$Y = \frac{M+E}{2}$$

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



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

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



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

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

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

1. ASSEMBLAGES MÉCANIQUES.

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

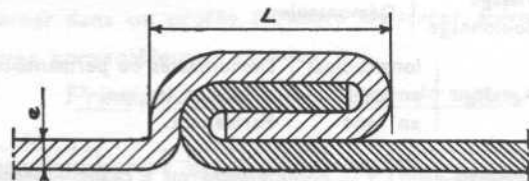
2. ASSEMBLAGES THERMIQUES. — (toujours permanents).

SOUDURES	AUTOGÈNE	Par ramollissement et forgeage	}	à la forge où à chaude portée au gaz à l'eau.
		par résistance	}	par points
				à la molette
	HÉTÉROGÈNE	Par fusion	}	en bout
				par étincelles
				oxy-acétylénique
				oxy-hydrique
				à l'arc électrique
				à l'arc sous argon
				à l'hydrogène atomique
				sous flux électro-conducteur
				aluminothermique
	HÉTÉROGÈNE	}		Soudures à l'étain ou soudures tendres; bas point de fusion, en dessous de 400°.
				Brasures ou soudures fortes T° fusion > 400°.
				Soudo-brasures.

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.

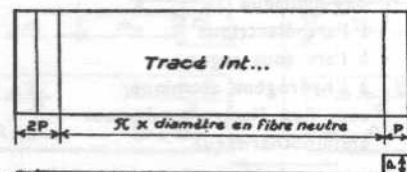
A) Matière nécessaire à l'exécution de l'agrafe.

Formule $3L - 6e$

B) Traçage de la pièce.

Exemple : virole simple

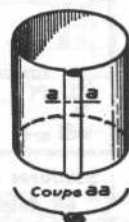
Il faut porter { sur un côté $2L - 4e$
 sur l'autre côté $L - 2e$



Orientation des plis

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

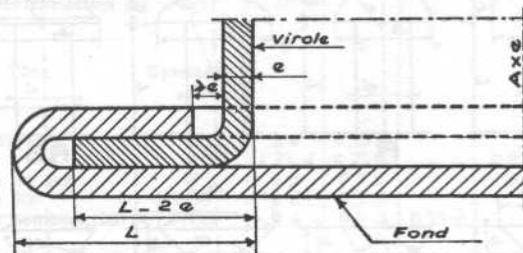
$2P = 2L - 4e$



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

L'AGRAFAGE (suite)

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

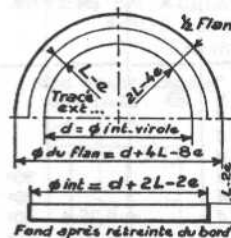


A) Matière nécessaire à l'exécution de l'agrafe.

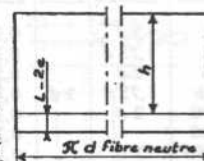
Formule pour le fond $4L - 8e$

Formule pour la virole $L - 2e$

B) Traçage des pièces.



Fond



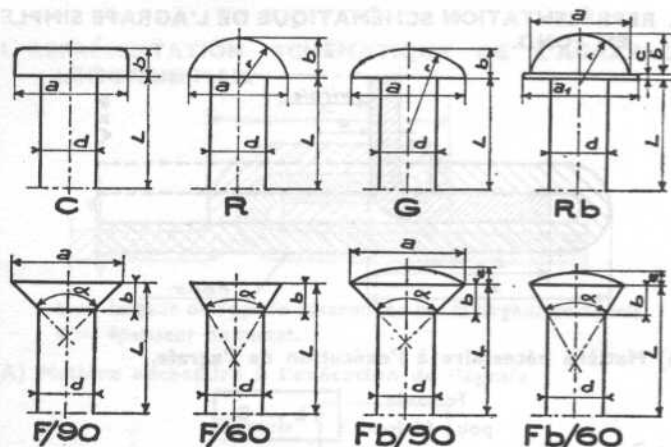
Virole



Pièce

LE RIVETAGE

I. NORMALISATION. — SYMBOLES.



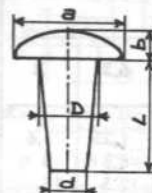
RAPPORT ENTRE LES DIFFÉRENTES COTES DES RIVETS EN ACIER DOUX

Détermination du rivet		a	a ₁	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			90°
Fraisée bombée 120°	F/120	2 d	0,5 d	0,25 d		120°



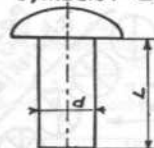
Tête goutte de suif. Cuivre fondu

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

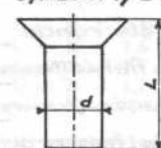
RIVETS EN ALLIAGES DE DENSITÉ INFÉRIEURE A 3 POUR LE RIVETAGE DU MAGNÉSIMUM

Extrait de la Norme Air 4002-1/B

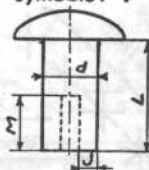
Tête goutte de suif
Symbole: G



Tête fraisée
Symbole: F/90



Tige percée
Symbole: P



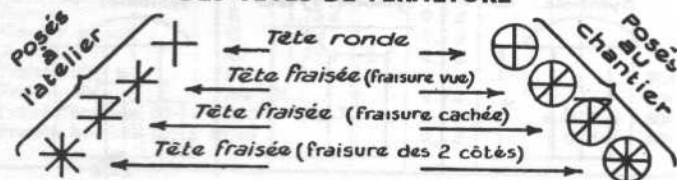
LE RIVETAGE (suite)

DIMENSIONS DES PRINCIPAUX RIVETS POUR LE RIVETAGE DU MAGNÉSIUM

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
		5	6,3	8	10	12,5	16
		6,3	8	10	12,5	16	20
Longueur L		8	10	12,5	16	20	25
		10	12,5	16	20	25	31,5
		12,5	16	20	25	31,5	

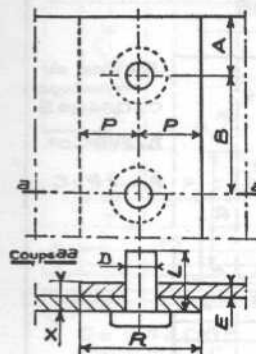
REPRÉSENTATION NORMALISÉE SUR PLAN DES TÊTES DE FERMETURE



LE RIVETAGE (suite)

II. — RIVETAGE DE L'ACIER

I. DÉTERMINATION D'UNE LIGNE DE RIVURE



E = épaisseur de la tôle

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

B pas du rivetage

- sans fatigue $\leq 20 D$
- non étanche 4 à 10 D
- étanche à l'eau 3,5 à 4 D
- étanche à l'huile 2,5 à 3 D
- étanche au pétrole 2,5 D
- appareil sous pression 2,5 D
- exceptionnellement 2,25 D

X = Épaisseur totale de l'assemblage.

P { 1,5 D + 3 mm
pince { sans être inférieure à 10 mm

A { P ou $\frac{B}{2}$ sans être inférieure à P
R = 2 P

Détermination approximative de la longueur du rivet L

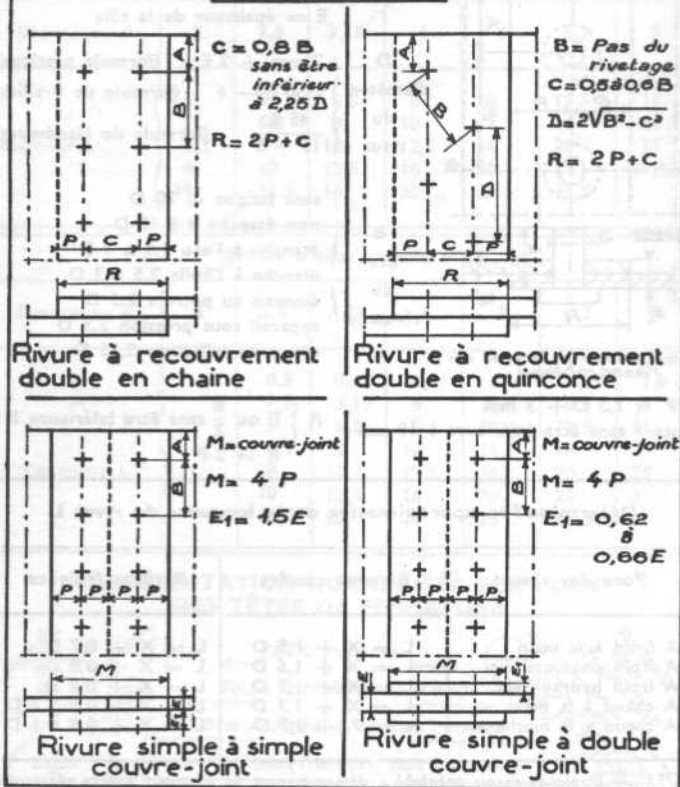
Pose des rivets	Rivures rondes	Rivures fraisées
A froid à la main	$L = X + 1,5 D$	$L = X + 0,7 D$
A froid pneumatique	$L = X + 1,6 D$	$L = X + 0,8 D$
A froid hydraulique	$L = X + 1,7 D$	$L = X + 0,8 D$
A chaud à la main	$L = X + 1,7 D$	$L = X + 0,8 \text{ à } 1 D$
A chaud à la machine	$L = X + 1,7 D$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

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

LE RIVETAGE (suite)

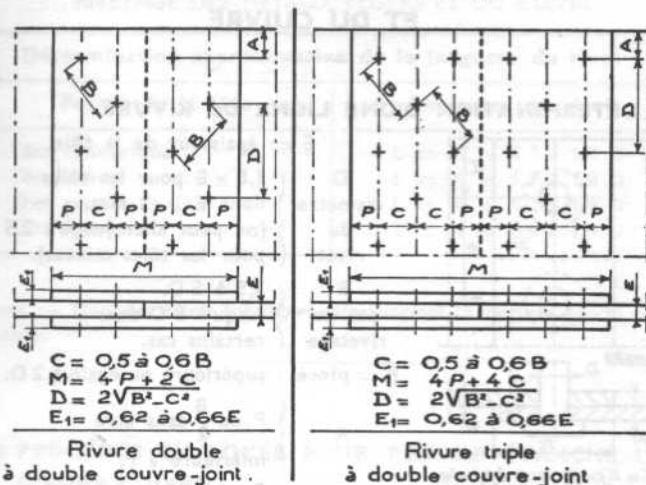
RIVETAGE DE L'ACIER (suite)

2. Rivetage étanche



LE RIVETAGE (suite)

RIVETAGE DE L'ACIER (suite)



3. PROCÉDÉS EMPLOYÉS POUR RENDRE ÉTANCHE UNE RIVURE

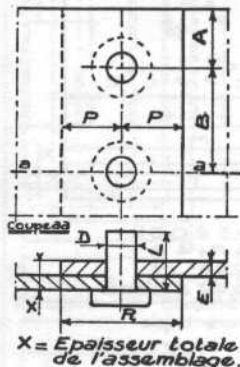
- Sur tôles dont $E \leq 4 \text{ mm.}$
- papier d'amiante.
 - papier goudronné.
 - toile imprégnée de mastic.
 - toile imprégnée de minium.
- Sur tôles dont $E > 4 \text{ mm.}$
- joints métalliques, (fils ou plaques minces de plomb, de cuivre, etc...).
 - matage des pincés.
 - matage des rivets.

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



$E = \text{épaisseur de la tôle.}$

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

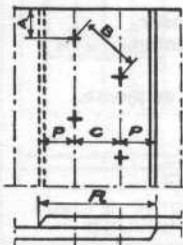
$B = \text{pas du rivetage}$ $\left\{ \begin{array}{l} 3,5 \text{ à } 5 D. \\ \text{jusqu'à } 8 D \text{ dans} \\ \text{certains cas.} \end{array} \right.$

$P = \text{pince : supérieure ou égale à } 2 D.$

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

$R = 2 P.$

2. RIVETAGE ÉTANCHE



Rivetage en vue de matage.

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

$C = 0,75 B \text{ sans être inférieur à } 2,25 D.$

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

$R = 2 P + c.$

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 :

- Étagage des pincés 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 pincés 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).

LE RIVETAGE (suite)

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,

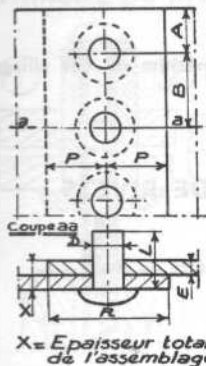
- à froid : après trempe et maturation jusqu'à un diamètre de 3 mm.
- sur trempe fraîche : pour les diamètres plus grands que 4 mm. (Ils peuvent être posés pendant les 2 heures (au plus) qui suivent le traitement thermique).
- à chaud : entre 480 et 500° pour les très gros diamètres.

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

LE RIVETAGE (suite)

IV. — RIVETAGE DU MAGNÉSIUM

I. DÉTERMINATION D'UNE LIGNE DE RIVURE



a) CAS GÉNÉRAL

E = épaisseur de la tôle.

D 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.

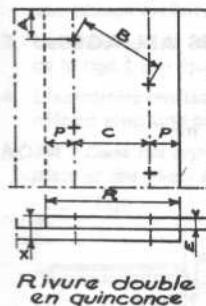
B pas du rivetage } $2,5$ à $3 D$.

P = au moins $2 D$.

A = $1,8$ à $2 D$.

R = $2 P$.

b) CAS D'UNE RIVURE DOUBLE EN QUINCONCE



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

$B \approx 3 D$.

$C = 2,6 D$.

P = au moins $2 D$.

$R = 2 P + C$.

Longueur du rivet.

$L = X + 2 D$
 (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 ≤ 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 :

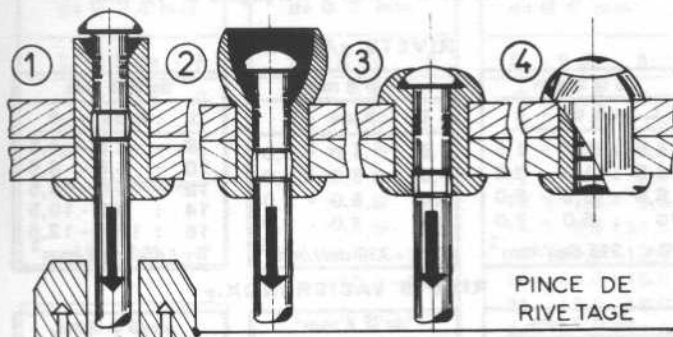
0,1 à 0,2 mm pour les diamètres de rivet ≤ 10 mm.

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

RIVETS SPÉCIAUX POUR ASSEMBLAGES ACCESSIBLES D'UN SEUL CÔTÉ

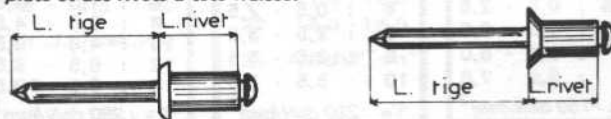
Il en existe de nombreux types basés sur le même principe. Citons — pour mémoire — les rivets «Boucard-Bouverat», «Cherry», «Huck», «Gesipa» ... etc.

PRINCIPE DU RIVETAGE .



1. Le rivet est introduit à fond dans le trou, puis tiré axialement en arrière par la pince à rivet.
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
$\sigma_r : 215 \text{ daN/mm}^2$	

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
$\sigma_r : 330 \text{ daN/mm}^2$	

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
$\sigma_r : 450 \text{ daN/mm}^2$	

RIVETS «ACIER INOX.»

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

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

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

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
$\sigma_r : 150 \text{ daN/mm}^2$	

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
$\sigma_r : 220 \text{ daN/mm}^2$	

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
$\sigma_r : 280 \text{ daN/mm}^2$	

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
$\sigma_r : 70 \text{ daN/mm}^2$	

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
$\sigma_r : 130 \text{ daN/mm}^2$	

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
$\sigma_r : 310 \text{ daN/mm}^2$	

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
$\sigma_r : 190 \text{ daN/mm}^2$	

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
$\sigma_r : 420 \text{ daN/mm}^2$	

3° PARTIE

SOUDAGE

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 %
≠ Bronze, laitons	Fusible	grains	800°	33	67	
Laitons	blanche ou romaine		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 66	33 24	17 10

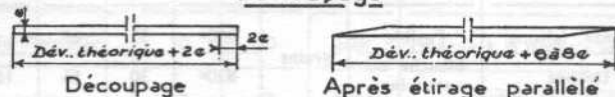
Nota. — Ce sont parfois des alliages au laiton + 5 à 15 % d'argent.

TABLEAU DES PRINCIPALES BRASURES " d'Aluminium "

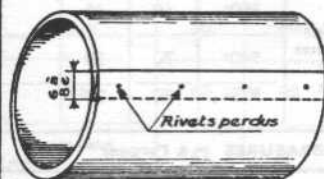
Utilisations	Forme marchande	T° de fusion	Composition			
			Zn %	Al %	Cu %	Cd %
Se montrer prudent dans l'application (risques de corrosion)	Fils	380° à 430°	50 à 80 85 25	12 à 30 15	8 à 20	75

BRASAGE A LA FORGE

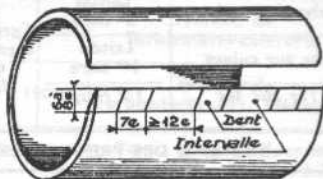
Le traçage



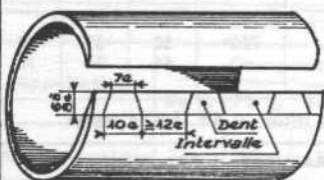
Les assemblages



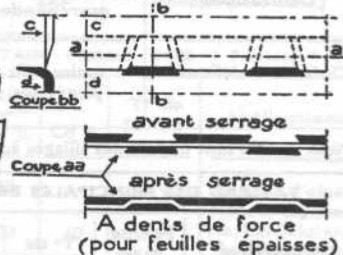
A simple recouvrement



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-hydrique.
39	— Soudage aux gaz avec pression.
4	— SOUDAGE A L'ÉTAT SOLIDE
41	— Soudage par ultrasons.
42	— Soudage par friction.
43	— Soudage à la forge.

TABLEAU DES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE SOUDAGE (SUITE)

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

REPRÉSENTATION SYMBOLIQUE DES SOUDURES AUTOGÈNES

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

I - TABLEAU DES SYMBOLES

SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION					
Schéma	Symbole	Définition	Schéma	Symbole	Définition
		Soudure sur bords relevés			Soudure 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)	AUTRES SYMBOLES Petit drapeau sur la ligne de référence : Soudure exécutée au chantier.		
Soudure plate Soudure convexe Soudure concave					
Nota : Tous ces symboles peuvent être combinés entre eux si le dessin ou la compréhension s'en font sentir.					

II - RÈGLES GÉNÉRALES

COTATION DES SOUDURES

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

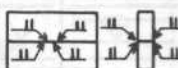


2. Représentation d'une cotation.

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



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

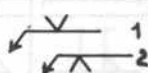


4. Orientation. Si le bord doit subir une préparation préalable, la ligne de repère sera orientée du côté de la tôle usinée.

1. Bonne orientation. — 2 : Mauvaise.



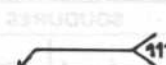
5. Soudures et vues cachées. En 1 : symbole au-dessus de la ligne de référence : soudure côté vu du dessin. — En 2 : symbole au-dessous : soudure côté caché du dessin.



6. Indications du procédé de soudage.

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

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



7. Soudures non continues.

Elles peuvent être discontinues ou discontinues alternées :

a : Valeur du congé (voir paragraphe 8)

b : Soudure en angle.

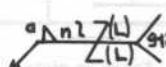
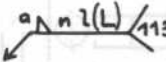
n : Nombre d'éléments.

l : Longueur d'un élément.

L : Espace entre les éléments.

Z : Discontinue alternée.

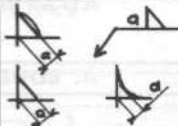
113 - 912 : Procédés de soudage.



II - RÈGLES GÉNÉRALES (SUITE)

COTATION DES SOUDURES (SUITE)

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



9. Soudures incomplètement pénétrées.

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

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

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

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

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

C : Soudure bord à bord incomplètement pénétrée.

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



10. Soudures sur la périphérie d'une pièce.

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



11. Cotation des soudures par résistance.

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

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

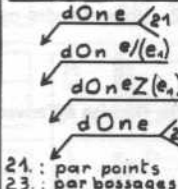
n : nombre de points ou de bossages

e : écartement entre les points.

/ : signifie que la ligne est double en chaîne.

Z : signifie que la ligne est double en quinconce.

e₁ : écartement entre les lignes de points.



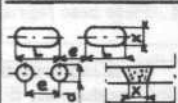
12. Soudures en bouchons et en entailles.

n : nombre de points ou d'entailles.

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

e : écartement entre entailles ou bouchons.

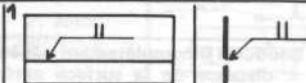
X : largeur de l'entaille; pour entaille chanfreinée, X est pris à fond de chanfrein.



APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION

A. SOUDURES SUR BORDS DROITS

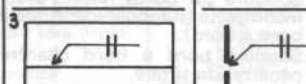
1. Normale côté vu



2. Normale côté caché



3. Soudure des deux côtés

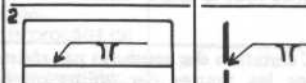


B. SOUDURES SUR BORDS RELEVÉS

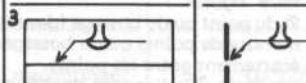
1. Normale côté vu



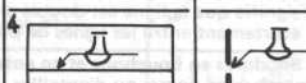
2. Normale côté caché



3. Reprise à l'envers côté vu



4. Plate avec reprise à l'envers



Note importante :

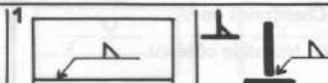
Une soudure est dite cachée lorsque la surface extérieure de la soudure est à l'opposé de la ligne de repère du joint.

APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION

C. SOUDURE D'ANGLES

Assemblages en T :

1. Normale côté vu



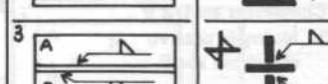
2. Normale côté caché



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



5 30.20(40)
Soudure
discontinue

5 40.257(45)
40.257(45)
Soudure
discontinue alternée

3 30
Soudure
en angle convexe

APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGENES PAR FUSION

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

APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGENES PAR FUSION

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

APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION ET PRESSION

F. SOUDURES ÉLECTRIQUES PAR 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

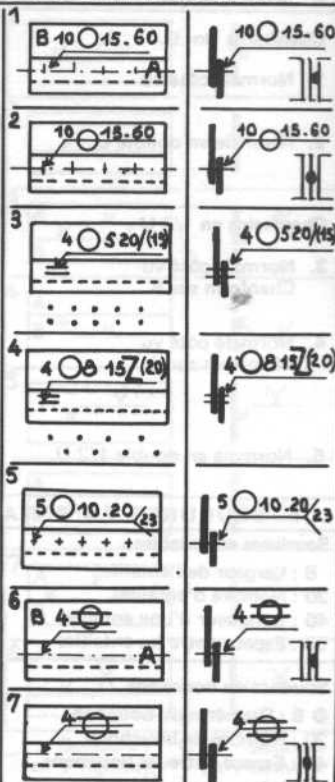
5. Par points avec bossages.

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.



APPLICATION DES SYMBOLES AUX SOUDURES AUTOGÈNES PAR FUSION ET PRESSION

F. SOUDURES ÉLECTRIQUES PAR RÉSTANCE (SUITE)

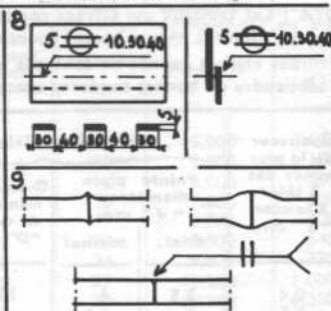
Soudures discontinues :

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.



SOUDEGE PAR RÉSISTANCE DE LA TOLE D'ACIER DOUX

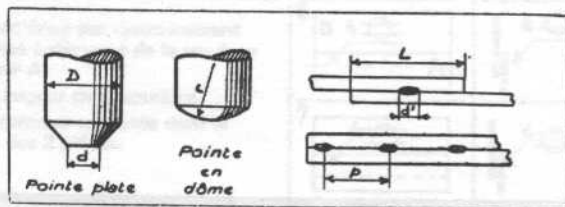
RÈGLES TYPES DE SOUDAGE PAR POINT (1)

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 approximi- matif du point soudé "d" mm	Effort entre élec- trodes Kg
	Pointe plate diamètre : " d " mm		Diamètre minium 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

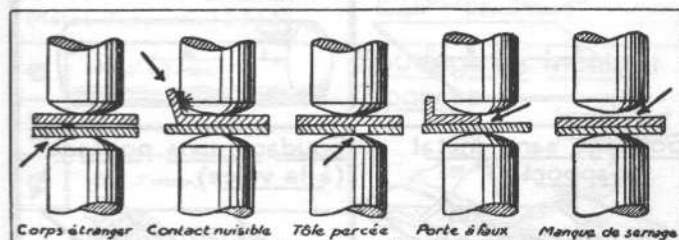


RÈGLES TYPES DE SOUDAGE PAR POINT (1)

(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

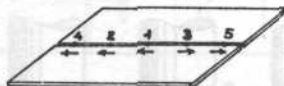
Abréviations

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

Mouvements

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

Ordre de pointage.



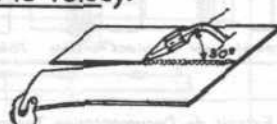
Exécution d'un talon



Soudage sans métal d'apport.



Soudage sans pointage (à la volée).



S. O. A. DE L'ACIER

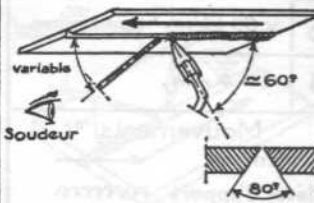
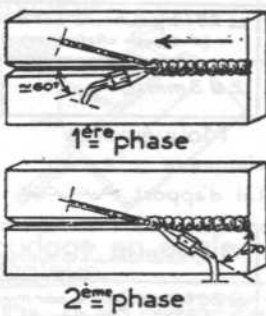
| | | |
|---|--------------------------|--|
| e | jusqu'à 3 mm. | Soudage à gauche.
 |
| b | 100 litres-heure par mm. | |
| φ | 1 à 3 mm. | |
| Mouvements
Chalumeau ←
Métal d'apport ~~~~~ | | |
| e | 4 à 10 mm. | Soudage 1/2 montant 1 passe.
 |
| b | 100 litres-heure par mm. | |
| φ | 3 à 6 mm. | |
|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

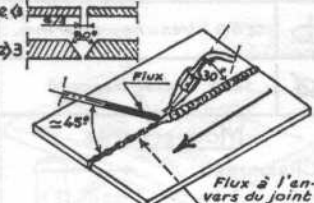
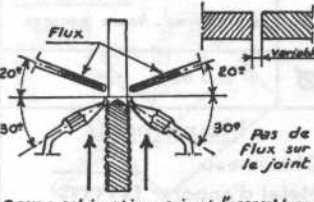
| | | |
|--|----------------------------|--|
| e | 5 à 15 mm. | Soudage à droite
 |
| b | 100 litres-heure par mm. | |
| ϕ | 3 à 6 mm. | |
| Mouvements
Chalumeau →
Métal d'apport | | |
| e | 1 à 40 mm. | Soudage en angle extérieur.
 |
| b | ≈ 75 litres-heure par mm. | |
| ϕ | 1,5 à 5 mm. | |
| Mouvements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

| | | |
|--|---------------------------|--------------------------------|
| e | 2 à 12 mm. | Soudage montant "A"
 |
| b | ≈ 50 litres-heure par mm. | |
| ∅ | 2 à 4 mm. | |
| Mouvements
Chalumeau ←
Métal d'apport ~~~~~ | | |

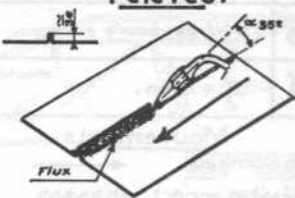
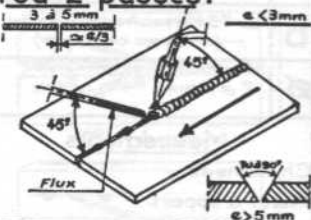
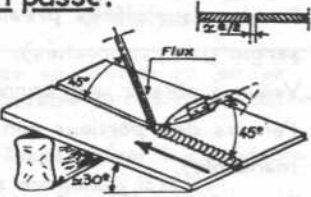
| | | |
|---|---|--------------------------------|
| e | 3 à 12 mm. | Soudage montant "B"
 |
| b | ≈ 25 litres-heure par mm.
(à chaque chalumeau) | |
| ∅ | 2 à 3 mm. | |
| Mouvements
Chalumeaux ←
Métal d'apport ~~~~~ | | |

| | | |
|---|---|--------------------------------|
| e | 13 à 30 mm. | Soudage montant "C"
 |
| b | ≈ 25 litres-heure par mm.
(à chaque chalumeau) | |
| ∅ | 4 à 5 mm. | |
| Mouvements
Chalumeaux ←
Métal d'apport ~~~~~ | | |

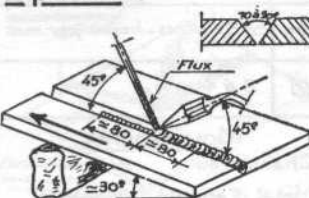
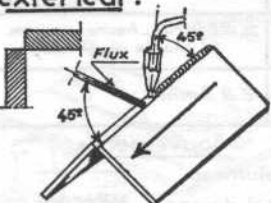
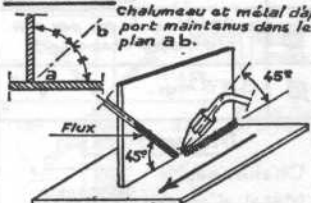
| | | |
|---|---------------------------|---|
| e | 5 à 10 mm. | Soudage au plafond (1)
 |
| b | ≈ 75 litres-heure par mm. | |
| φ | 3 à 4 mm. | |
| Mouvements
Chalumeau ←
Métal d'apport  | | |
| e | 5 à 12 mm. | Soudage en corniche (1)
 |
| b | ≈ 75 litres-heure par mm. | |
| φ | 3 à 4 mm. | |
| Mouvements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

| | | |
|---|--|---|
| e | jusqu'à 6 mm. | Soudage à gauche.
 |
| b | 75 litres-heure par mm. | |
| φ | $\frac{e}{2} + 1 \text{ mm.}$ | |
| Mouvements
Chalumeau ←
Métal d'apport  | | |
| e | 3 à 12 mm. | Soudage montant "B"
 |
| b | ≈ 25 litres-heure par mm. (à chaque chalumeau) | |
| φ | 2 à 3 mm. | |
| Mouvements
Chalumeau ←
Métal d'apport  | | |
| Coupe schématisque suivant l'assemblage | | |
| Recommandations
— 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. | | |

SOUDAGE ALUMINIUM

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

S. O. A. DE L'ALUMINIUM

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

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

S. O. A. DU CUIVRE

| | | |
|-------------------|---|----------------------------|
| e | Inférieure à 6 mm. | Soudage montant "A" |
| b | ≈ 50 litres-heure par mm. | |
| Ø | 2 à 4 mm. | |
| Mouvements | | |
| Chalumeau ← | | |
| Métal d'apport → | | |
| e | 3 à 12 mm. | Soudage montant "B" |
| b | ≈ 25 litres-heure par mm.
(à chaque chalumeau) | |
| Ø | 2 à 3 mm. | |
| Mouvements | | |
| Chalumeau ← | | |
| Métal d'apport → | | |
| e | au-dessus de 12 mm. | Soudage montant "C" |
| b | ≈ 25 litres-heure par mm.
(à chaque chalumeau) | |
| Ø | 3 à 6 mm. | |
| Mouvements | | |
| Chalumeau ← | | |
| Métal d'apport → | | |

| | | |
|-------------------|---|---|
| e | 0,8 à 1,5 mm | Soudage à gauche
"à la goutte". |
| b | ≈ 150 litres-heure par mm. | |
| Ø | 2 mm dans chaque cas. | |
| Mouvements | | |
| Chalumeau → | | |
| Métal d'apport → | | |
| e | 2 à 5 mm. | Soudage 1/2 montant
"continu". |
| b | ≈ 300 litres-heure par mm. | |
| Ø | 3 à 5 mm. | |
| Mouvements | | |
| Chalumeau ← | | |
| Métal d'apport → | | |
| e | 5 à 12 mm.
(au-dessus de 12 mm : Méthode "C") | Soudage montant "B"
"à la goutte". |
| b | ≈ 125 litres-heure par mm
(à chaque chalumeau) | |
| Ø | 3 à 5 mm. | |
| Mouvements | | |
| Chalumeau → | | |
| Métal d'apport → | | |

S. O. A. LAITONS ET FONTES

LES LAITONS

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

FLAMME TOUJOURS OXYDANTE

e variable.

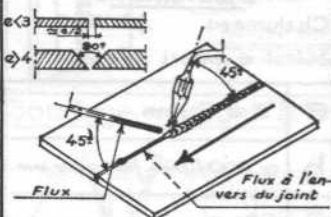
b 100 litres-heure par mm.

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

Mouvements

Chalumeau ←
Métal d'apport ~~~~~

Soudage à gauche.



LES FONTES GRISES

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

e variable.

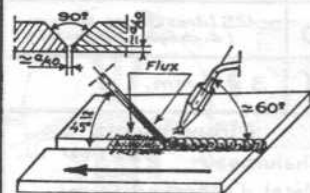
b ≈ 150 litres-heure par mm.

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

Mouvements

Chalumeau ~~~~~
Métal d'apport ~~~~~

Soudage à gauche.



S. O. A. DU PLOMB

e 0,4 à 25 mm.

b 15 à 20 litres-heure par mm

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

Mouvement

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

e variable.

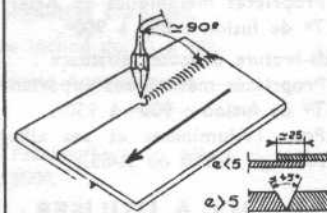
b 7 à 10 litres-heure par mm

$\varnothing$ en principe "sans"

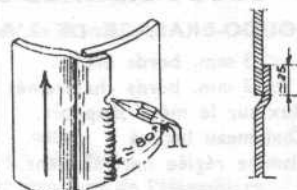
Mouvement

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

Soudage à plat.



Soudage vertical.



e variable.

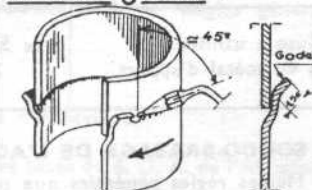
b ≈ 15 litres-heure par mm

$\varnothing$ en principe "sans"

Mouvement

Chalumeau Fusion du godet par mouvements demi-circulaires successifs

Soudage horizontal dit "à la goutte".



SOUDO-BRASAGE

I. — CLASSIFICATION DES MÉTAUX D'APPORTS

Soudo-brasure courante :

Propriétés mécaniques = Acier extra-doux.

T° de fusion : 850 à 900°.

Soudo-brasure à haute résistance :

Propriétés mécaniques supérieures à l'Acier doux.

T° de fusion : 900° à 950°.

Pour l'Aluminium et ses 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. | ≈ 50 l/h
2 | > 50 l/h
3 à 8 | ≈ 75 l/h
2 à 4 |

B) SOUDO-BRASAGE DE L'ACIER — GALVANISÉ

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

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

SOUDO-BRASAGE (Suite)

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

Préparations particulières des bords

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



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



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

Flux ou baguettes enrobées.

Chalumeau incliné de 30 à 40°.

Flamme réglée normalement.

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

Méthode « à gauche » préconisée.

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

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

Flux sur le métal d'apport.

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

Flamme réglée normalement.

Puissance du chalumeau ≈ 100 l/h par mm.

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

Pointage très rapproché des bords.

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

Bords droits.

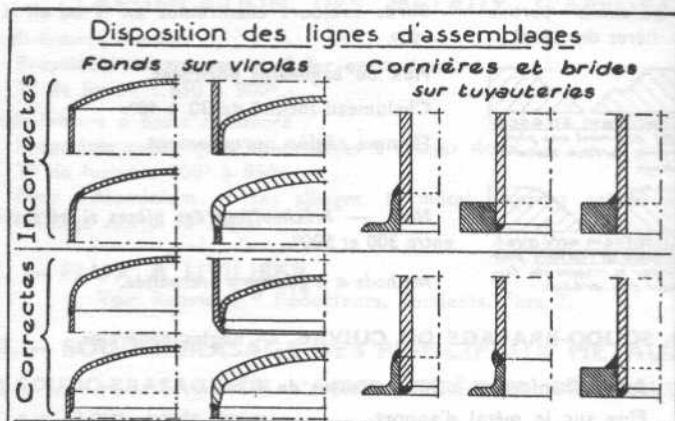
Chalumeau incliné de 30 à 40°.

Flamme douce avec léger excès d'Acétylène.

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

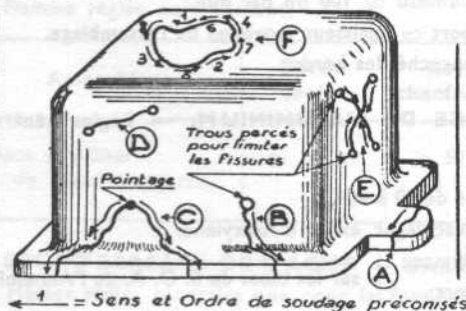
Pointage très rapproché des bords.

SOUDAGE : 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

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). |
| A 4..... | Neutralu non corrosif (OTALU) |
| A 5..... | Hara Kiri étiquette rose (ODAM). |
| A 8..... | Alugène non corrosif (ODAM). |
| A 99..... | Rex (Sté Française des métaux et alliages blancs). |
| | Sofal (S.A.F.). |
| Aluminium-manganèse A-M.. | Les mêmes que ci-dessus. |
| Almasilium
A-SG | Déoxydal étiquette bleue (OTALU). |
| | Neutralinox non corrosif (OTALU). |
| | Malg-Hara (ODAM). |
| Duralinox
A-G 1, A-G 3, A-G 5 | Déoxydal étiquette bleue (OTALU). |
| | Neutralinox non corrosif (OTALU). |
| | Malg-Hara (ODAM). |
| | Malg-Odal (ODAM). |
| Duralumin
A-U4G
A-U4G 1 | 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, ODOM, SAF, Société française des métaux et alliages blancs, Société des Plaques et Poudres à souder.

SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC

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

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

NOTA.

Pour Soudage { montant
descendant } Intensité maxima : 180 A.
horizontal

Pour Soudage au plafond : Intensité maxima : 160 A.

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

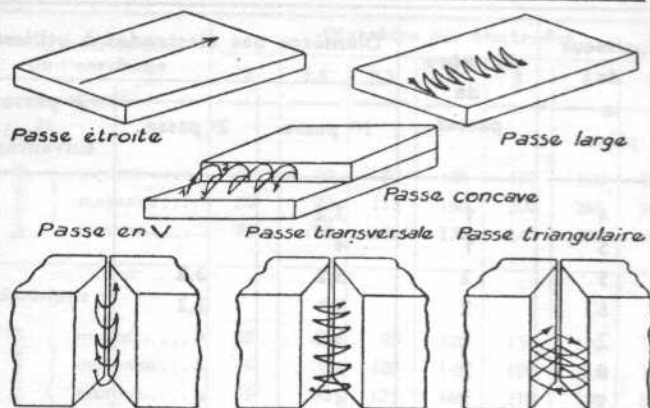
SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

Caractéristiques d'exécution des Soudures

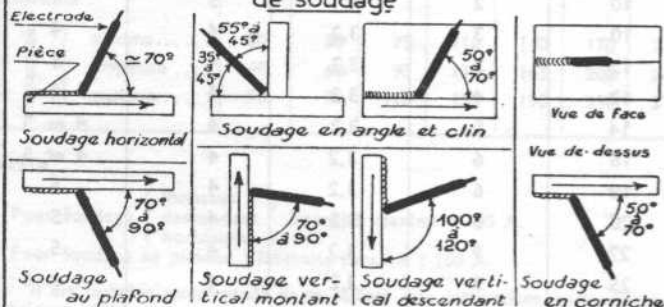
| Épaisseur de la pièce | Nombre de passes | Diamètre des électrodes à utiliser | | |
|-----------------------|------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| | | 1 ^{re} passe | 2 ^e passe | 3 ^e passe et suivantes |
| 4 | 1 | 3,2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

SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

Principales formes des mouvements de l'électrode

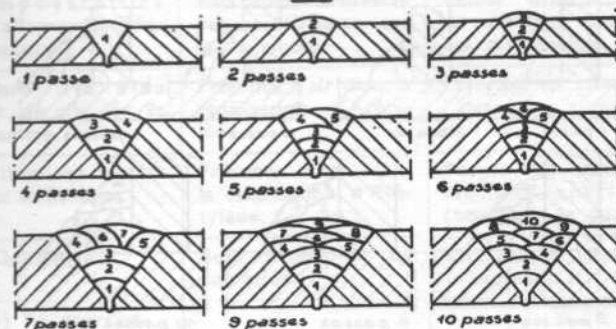


Inclinaisons de l'électrode dans les principaux cas de soudage

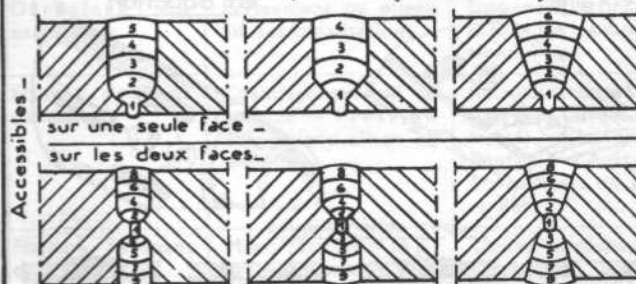


SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

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



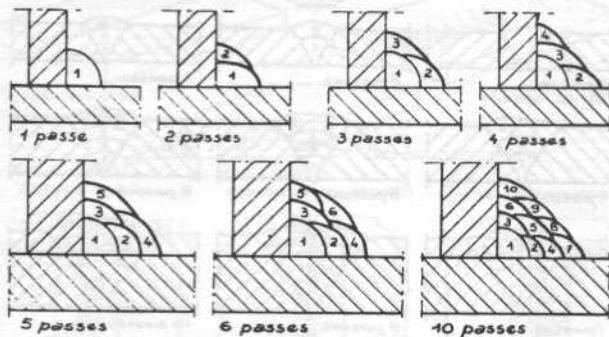
Préparations particulières pour assemblage de tôles épaisses ($e > 25\text{mm}$)



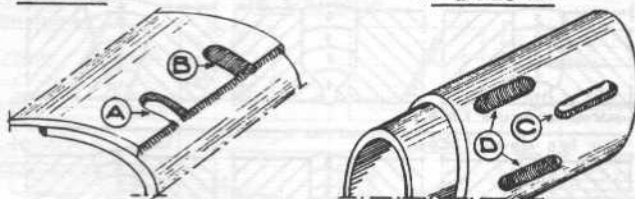
NOTA. Le nombre de passes indiqué n'est pas impératif, mais simplement donné à titre indicatif.

SOUDAGE ÉLECTRIQUE A L'ARC (suite)

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



Procédés de renforcement des assemblages à entaille en bouchon



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.
Déréglage continu. | Mano-détendeur d'oxygène givré. | Utiliser un réchauffeur (et non la flamme). |
| Déréglage ou extinction. | Écrasement ou pliage vif des canalisations | Suspendre ou protéger si possible les canalisations. |
| Flamme devenant oxydante. | Chauffage excessif de la buse — Pression d'Acétylène allant en diminuant. | Refroidir la buse à l'eau (oxygène ouvert. Acé. fermé). Changer la bouteille d'Acétylène ou 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. Soudage 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 électro-
des et pièces ou entre pièces.

Mauvais contact des pointes
d'électrodes.
Matériaux de qualité mé-
diocre. | Réduire l'intensité.
Augmenter l'effort de
pression.

S'en assurer avant
soudage

Réglage avant sou-
dage.
A éliminer. |
| b) Crachements
entre
pointes | Excès d'intensité de courant.
Pression insuffisante. Mau-
vais accostage. Crasse entre
pièces.

Refroidissement insuffisant
des électrodes. | Voir ci-dessus.

Surveiller périodique-
ment les canalisations
d'eau. |
| c) Empreintes
excessives | Pression excessive.
Excès d'intensité de courant.
Électrodes déformées ou de
diamètre insuffisant.
Mauvais alignement des élec-
trodes. | Réduire l'effort de
pression.
Réduire l'intensité.
Rectifier ou changer
les électrodes.
Réglage avant sou-
dage. |
| d) Rayures
sur les
empreintes | Nettoyage grossier à la lime
ou à la toile émerle des
pointes d'électrodes. | Utiliser les rodoirs
pour électrodes. Evi-
ter 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 respon-
sable. |
| f) Points
craqués | Excès d'intensité de courant.
Pression insuffisante.

Mauvais alignement des élec-
trodes.

Électrodes déformées.

Mauvais accostage.
Crasse entre pièces.

Déréglage de la machine. | Réduire l'intensité.
Augmenter l'effort de
pression.

Réglage avant sou-
dage.

Les rectifier ou chan-
ger.

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 qua-
lité. | 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 re-
froidissement. |

(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 maître du bain de fusion.*
- Vitesse d'avance trop faible. → *L'augmenter en contrôlant l'amélioration.*

* Mauvaise fusion ou fusion irrégulière des bords :

- Intensité trop faible ou vitesse trop grande. → *Y remédier en faisant des essais sur éprouvettes.*
- Tôles à assembler d'épaisseurs différentes. → *Equilibrer le bain en dirigeant la torche vers la tôle la plus épaisse.*

* Manque de pénétration de la soudure :

- Intensité trop faible ou vitesse trop grande. → *Y remédier comme indiqué ci-dessus.*
- Mauvaise préparation de l'assemblage. → *Consulter les notices des fabricants du matériel.*
- Métal d'apport introduit trop tôt dans le bain de fusion. → *Observer les mêmes règles de travail qu'en S.O.A.*

* Crique dans l'axe du cordon de soudure :

- Régime de soudage trop froid, surtout en fortes épaisseurs. → *Envisager le préchauffage des pièces.*
- Manque d'exécution d'un talon avant soudage. → *Faire un talon d'environ 30 e.*

* La soudure présente des soufflures :

- Pièces insuffisamment nettoyées. → *Envisager un décapage et dégraissage préalable.*
- Apport irrégulier du métal dans le bain de fusion. → *Le soudage doit se faire le plus régulièrement possible, sans à-coups.*
- Métal d'apport de nature différente du métal de base. → *Doit être de même nuance que les pièces à assembler.*

PRINCIPAUX DEFAUTS DU SOUDAGE (SUITE)

* Dépôts noirâtres, sales ou non brillants : (surtout sur métaux légers)

- Manque total ou partiel d'Argon. → *Vérifier au débitmètre.*
- Interruption trop rapide de l'arrivée du gaz. → *Régler la minuterie au coffret de commande.*
- Electrode mise en contact avec la pièce ou le métal d'apport. → *Point important auquel il faut veiller (rectifier par meulage la pointe de l'électrode avant reprise du travail).*

* Déformations exagérées :

- Pièces mal positionnées. → *Veiller à la préparation de l'assemblage.*
- Inobservation des règles de « dilatations et retraits ». → *Etude préalable de ces règles.*

* Electrode détériorée par contact avec la pièce :

- Le dépassement de la buse est trop important. → *Dépassement léger en « bord à bord ».*
→ *Dépassement de 5 mm maximum en « soudure d'angle ».*

* Usure rapide de l'électrode :

- Intensité de courant trop élevée. → *La réduire.*

* Amorçage difficile :

- Tension à vide du poste trop basse. → *Utiliser une électrode plus petite.*
- Mauvais contacts. → *Les resserrer.*

* L'arc ne se forme pas :

- Le courant n'arrive pas à la torche. → *Vérifier l'ensemble de l'installation électrique.*

OXY-COUPAGE

Règles de base d'Application

A. — Oxy-coupage manuel.

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

| Épaisseur à oxy-couper | Têtes de coupe | Pression d'alimentation en Oxygène (Kg/cm²) | Épaisseur à oxy-couper | Têtes de coupe | Pression d'alimentation en Oxygène (Kg/cm²) |
|------------------------|----------------|---|------------------------|----------------|---|
| 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/cm²) | |
|------------------------|--|----------------------------------|------------------|
| | | 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

$$V = \frac{V_0}{D} \times 100$$

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 circonférencielle 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 circonférencielle.

| 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 cm³ | Bac en lave ou en bois doublé de feuilles en plomb soudé. | Cuivre
Métaux léger |
| Acide chlorhydrique.
22 à 26° Baumé | ATTENTION :
verser lentement l'acide dans l'eau | Aciers - Récupage de pièces étamées. |
| Acide azotique ou nitrique | | Laiton
Métaux légers. |

B. — SOLUTIONS ALCALINES

| | | |
|--|--|---|
| <p>Soude caustique</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.U 4 G.</p> |
| <p>Soude et Chromate</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 emboîtées. | Corde goudronnée | 30° |
| Joints pour conduites d'acides. | Gomme pure (Iastex) | 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 |
| Joints d'eau chaude et de vapeur. | Fibre | 120° |
| Joints pour filetage (chauffage central). | Filasse de chanvre | 120° |
| Joints 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° |
| Joints pour filetage. | Céruse ou blanc de zinc | 250° |
| Joints pour chaudières vapeur surchauffée. | Corde d'amiante imprégnée de minium | 300° |
| Raccords bien usinés. | Aluminium recuit | 300° |
| Raccords bien usinés. | Rondelles de cuivre recuit | 400° |
| Joints pour très hautes températures vapeur surpressée. | Amiante (possibilité d'être armée) | 1500° |
| JOINTS SPÉCIAUX | | |
| Destination | Matière | |
| Réparation de toitures. Assemblages sur fonte emboîtée. | Braï | |
| Joints de canalisations d'eau froide. | Chatterton | |
| Joints 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/cm².

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/mm².

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 chène, 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 | | |

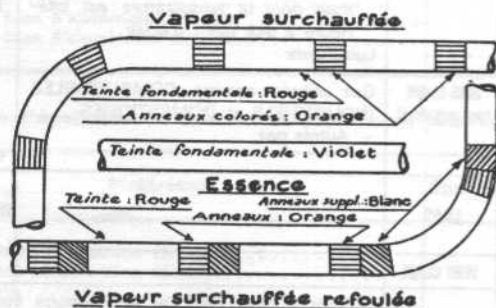
COULEURS CONVENTIONNELLES (suite)

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)

SOUDAGE 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'emménagement | 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 (carreaux, W.C.) | Brun |
| Indicateur de niveau à distance | Teinte du fluide considéré |
| Porte-voix | Blanc anneaux vert clair |
| Essence poids lourds | Violet |

FUMISTERIE

Normalisation des tuyaux de poêle. —

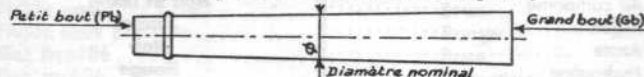
Anciennes normes

ϕ = diamètre nominal
 $\phi \begin{cases} 76, 90, 104, 118, 132, \\ 146, 160, 174, 188. \end{cases}$
 (ϕ allant de 16 en 16 mm).

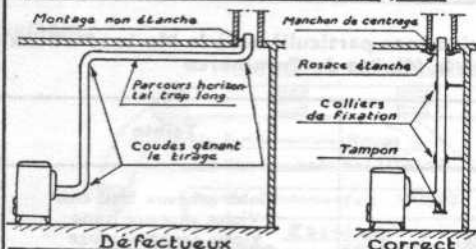
Nouvelles normes

ϕ = diamètre nominal
 $\phi \begin{cases} 69, 83, 97, 111, 125, 139, \\ 153, 167, 180, 190, 200. \end{cases}$
 (ϕ allant de 16 en 16 mm, jusqu'à ϕ 167).

Tuyau (conicité volontairement exagérée)



Raccordement vertical d'un poêle



Correspondance
entre la puissance ca-
lorifique d'un poêle
et le volume chauffé

Puissance ca-
lorifique nominale
en calories

Volume
chauffé
en m³

| | |
|-------|-----|
| 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 |

Tableau établi pour une
pièce moyenne du point
de vue de l'isolation des
parois et de l'exposition,
en supposant un d'art
de 25° avec le tem-
pérature extérieure.

Raccordement horizontal d'un poêle

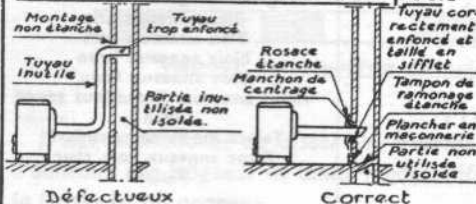


TABLEAU DE CORRESPONDANCE APPROXIMATIVE ENTRE LES DURETÉS BRINELL, ROCKWELL ET LA RÉSISTANCE A LA TRACTION

| Dureté Brinell | | Dureté Rockwell | | Résistance approximative | |
|----------------|-------|-----------------|-------|--------------------------|------------------------|
| d en mm | H. B. | Diamant | Bille | Acier recuit | Acier trempé et revenu |
| 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 | | 110 | 114 |
| 3,45 | 311 | 33,1 | | 106,5 | 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 | | 80,3 | 83,7 |
| 4,00 | 229 | 20,5 | | 78,3 | 81,5 |
| 4,05 | 223 | | | 76,3 | 79,3 |
| 4,10 | 217 | | | 74,3 | 77,3 |
| 4,15 | 212 | | | 72,5 | 75,5 |
| 4,20 | 207 | | | 70,8 | 73,7 |
| 4,25 | 201 | | | 68,8 | 71,5 |
| 4,30 | 197 | | | 67,4 | 70,1 |
| 4,35 | 192 | | | 65,7 | 68,3 |
| 4,40 | 187 | | | 64 | 66,5 |
| 4,45 | 183 | | | 62,6 | 65,1 |
| 4,50 | 179 | | | 61,2 | 63,7 |
| 4,55 | 174 | | | 59,5 | 62 |
| 4,60 | 170 | | | 58,1 | 60,5 |
| 4,65 | 167 | | | 57,1 | 59,4 |
| 4,70 | 163 | | | 55,7 | 58 |
| 4,75 | 159 | | | 54,3 | 56,6 |
| 4,80 | 156 | | | 53,4 | 55,5 |
| 4,85 | 152 | | | 51,9 | 54 |
| 4,90 | 149 | | | 50,9 | 53 |
| 4,95 | 146 | | | 49,9 | 52 |
| 5,00 | 143 | | | 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^e 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.

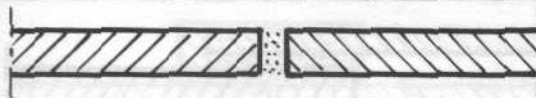
■ AVANTAGES :

- 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 :*

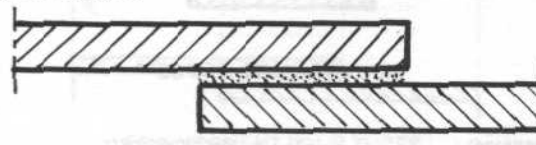
- *Inconvénients :*

Le biseautage assure une résistance mécanique très élevée.

Réalisable que sur tôles relativement épaisses.

Assemblage recommandé pour charge dynamique.

Préparation assez onéreuse.



RECouvrement SIMPLE

- *Avantages :*

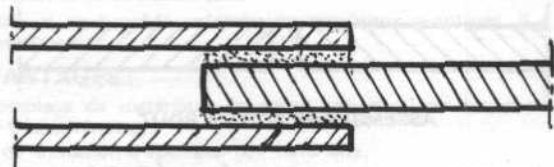
- *Inconvénients :*

Couramment utilisé pour des pièces de faible section.

La répartition des charges engendre un moment de flexion supplémentaire.

Bonne répartition des charges.

PRINCIPAUX TYPES D'ASSEMBLAGE



RECROUVREMENT DOUBLE

— *Avantages :*

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

— *Inconvénients :*



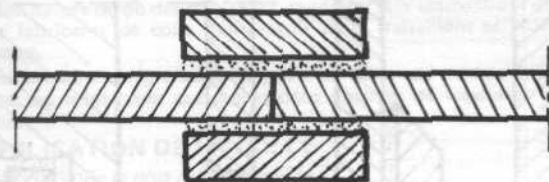
COUVRE-JOINT SIMPLE

— *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.



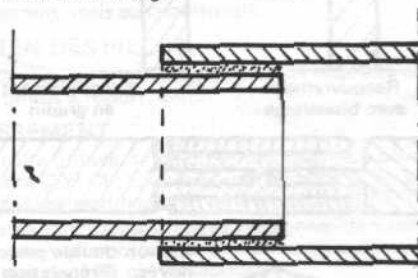
COUVRE-JOINT DOUBLE

— *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

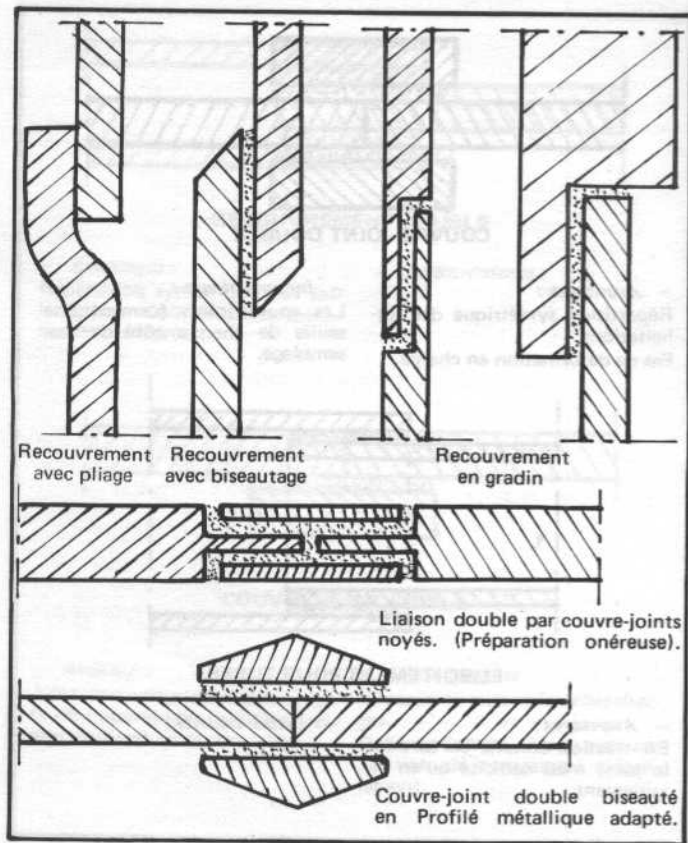
— *Avantages :*

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

| | |
|--|----|
| Trémie 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 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 conv. 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 |