
A. GOUILLY

RESUMÉS

SUR

ARCHITECTURE

1888
GOU
Res

The title is enclosed in a decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork. Above the frame, there is a central emblem featuring a vertical structure resembling a crane or a pulley system, flanked by two circular motifs containing crossed hammers. Below the frame, there is another central emblem featuring a wheel with spokes, flanked by two circular motifs containing crossed tools, possibly compasses or pencils. The entire design is embossed in a dark color on a reddish-brown leather background.

NOTES ET RÉSUMÉS
D'ARCHITECTURE
ET DE CONSTRUCTION

PARIS
E. BERNARD & C^{ie}

MILINAIRE FRÈRES

CONSTRUCTEURS BREVETÉS S. G. D. G. EN FRANCE ET À L'ÉTRANGER
BUREAUX & ATELIERS: 16 et 18, rue de la Goutte-d'Or, PARIS

Succursale: RUE DE RICHELIEU, 45
GRANDS ATELIERS DE CONSTRUCTIONS: BOULEVARD NEY & AVENUE DE ST-OUEN
5 DIPLOMES D'HONNEUR

Médailles d'Or, de Vermeil et d'argent à toutes les Expositions

SERRURERIE D'ART

GRILLE D'ENTRÉE
DE TOUS STYLES
depuis 400 fr.

TRAVÉES DE GRILLES

EN TOUS GENRES
depuis 10 fr. le m.

Jardins d'hiver
orangeries
serres
véranda's, etc.
Plans et devis
sur demande

CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

POUR
MAISONS DE CAMPAGNE
ET POUR
L'EXPORTATION

très solides
Avec ou sans
étage, démontables et remontables.

MAISONS
depuis 2500 fr.



INSTALLATIONS COMPLÈTES

D'ÉCURIES ET D'ÉTABLES MÉTALLIQUES

CHARPENTES EN FER

POUR COMBLES DE TOUTES PORTÉES

NOUVEAU MODE DE CONSTRUCTION SOLIDE ET ÉCONOMIQUE

par la suppression des pannes et des chevrons
remplacés par un Lattis spécial pouvant
recevoir un plafond à l'usage de grande remise
et d'écuries.

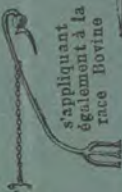


RATeliers

en fer de toutes formes et dimensions,
depuis 11 fr. le mètre.

GLISSOIRE

att.-cheval
br. s. g. d. g.



s'appliquant
également à la
face Bovine



STALLES métalliques, depuis..... 150 fr.

STALLES en bois, poteau et console

en fonte depuis..... 100 »

BAT-FLANCS en bois bl. ferrés dep. 6 »

MANGEOIRE en tôle sans solution
de continuité, depuis 12 fr. le mèt.
courant.

GLISSOIRES Attache-cheval, dep. 6 »

Nouv. genre de BOX métall. ou en bois, pr. à débattre

PLANS ET DEVIS SUR DEMANDE

MANGEOIRES
en fonte de toutes formes et dimensions depuis 12 fr.

AVIS

Une glissoire est adressée à tous les propriétaires désireux d'en faire l'essai. Le prix n'en sera réclamé qu'après adoption, dont le délai est fixé à un an. Le retour est à nos frais en cas de non adoption.

Demander le Catalogue illustré avec prix courants d'installations d'Écuries ou de Serrurerie l'un 45 cent. en timbres-poste.

Exposition internationale du Havre 1887: Diplôme d'honneur et Médaille d'or.

TÉLÉPHONE

TÉLÉPHONE

Exposition internationale de Toulouse, Neuve de 1888.

Exposition internationale du Havre 1887; Diplôme d'honneur et Médaille d'or
TÉLÉPHONE

MILINAIRE FRÈRES

CONSTRUCTEURS BREVETÉS S. G. D. G. EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER
BUREAUX & ATELIERS: 16 et 18, rue de la Goutte-d'Or, PARIS
Succursale: RUE DE RICHELIEU, 15

GRANDS ATELIERS DE CONSTRUCTIONS: BOULEVARD NEY & AVENUE DE SAINT-OUEN
5 DIPLOMES D'HONNEUR
Médailles d'Or, de Vermeil et d'Argent à toutes les Expositions

INSTALLATIONS DES NOUVELLES SÉCURITÉS
DU JARDIN ZOOLOGIQUE D'ACCLIMATATION
par M^{rs} MILINAIRE. — Paris 1887
SPECIALITÉ D'ARTICLES DE SELLERIE



FOURNISSEURS DE LA C^{ie} G^{ie} DES OMNIBUS
DE LA C^{ie} G^{ie} DES VOITURES
et de toutes les C^{ies} Parisiennes
BATAILLERS, MANOIRERS, BAT-FLANCS, STALLS
de toutes formes et grandeurs. — Prix modérés.

VUE INTÉRIEURE D'ECURIE

Bat-flanc à claire-voie. Modèle entièrement nouveau



VUE INTÉRIEURE D'ETABLE

Ecurie et étable métalliques évitant les maladies contagieuses par la facilité du nettoyage impossible à obtenir avec le bois à cause des joints qu'on ne peut éviter

PLANS & DEVIS SUR DEMANDE

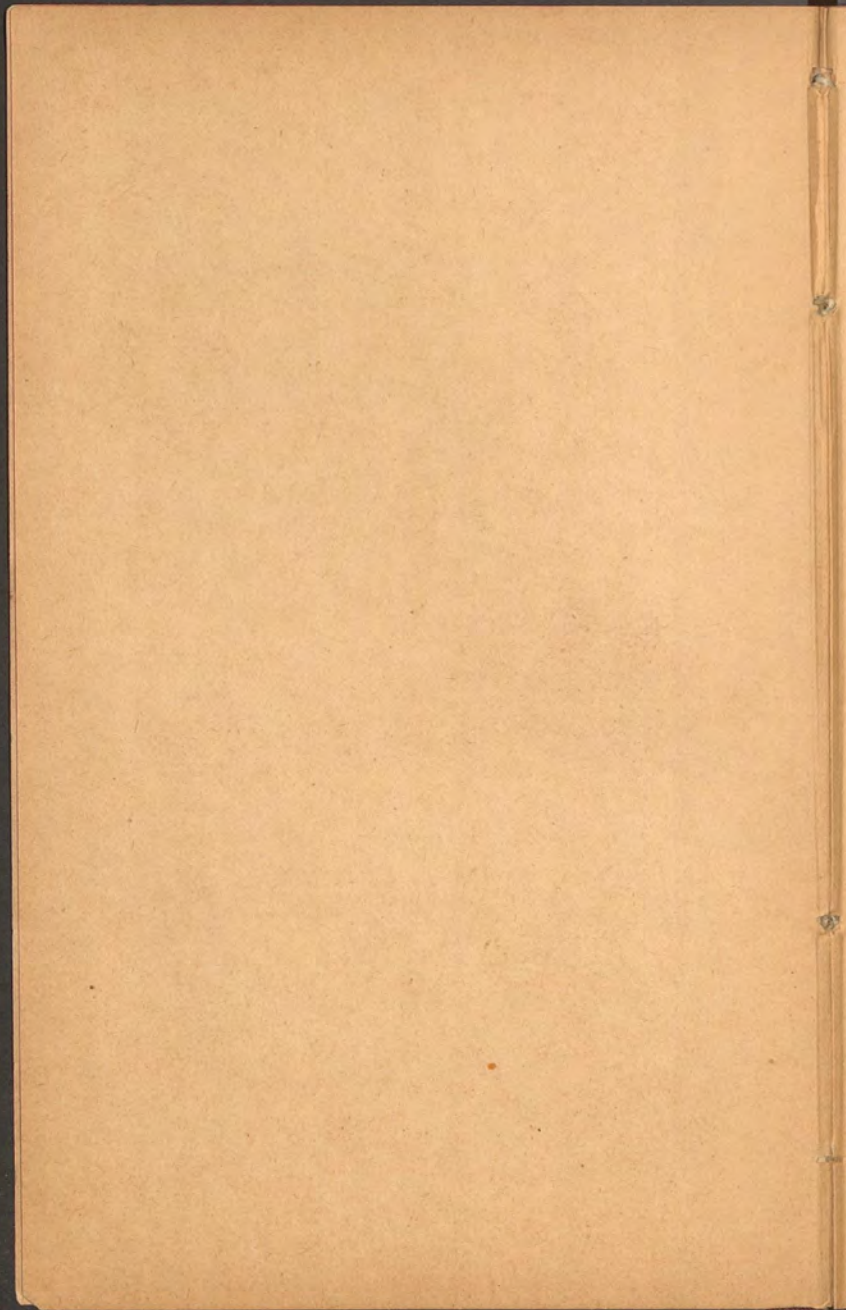
Demandez le Catalogue illustré avec prix courants d'installations d'Ecuries ou de Serrurerie l'un 45 cent. en timbres-poste.

Exposition internationale de l'omnibus; Médaille d'or

1888 GOU Res

59E





RÉSUMÉS
SUR
L'ARCHITECTURE
ET LES
SCIENCES QUI S'Y RATTACHENT

PARIS. — IMP. E. BERNARD & C^{ie}, 71, RUE LA CONDAMINE

FA-848

RÉSUMÉS

SUR

L'ARCHITECTURE

ET LES

SCIENCES QUI S'Y RATTACHENT

PAR

AL. GOUILLY

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

OFFICIER DE L'UNIVERSITÉ

RÉPÉTITEUR A L'ÉCOLE CENTRALE

Ouvrage contenant 590 figures.

J. Cacho
15-V-1967
Madrid

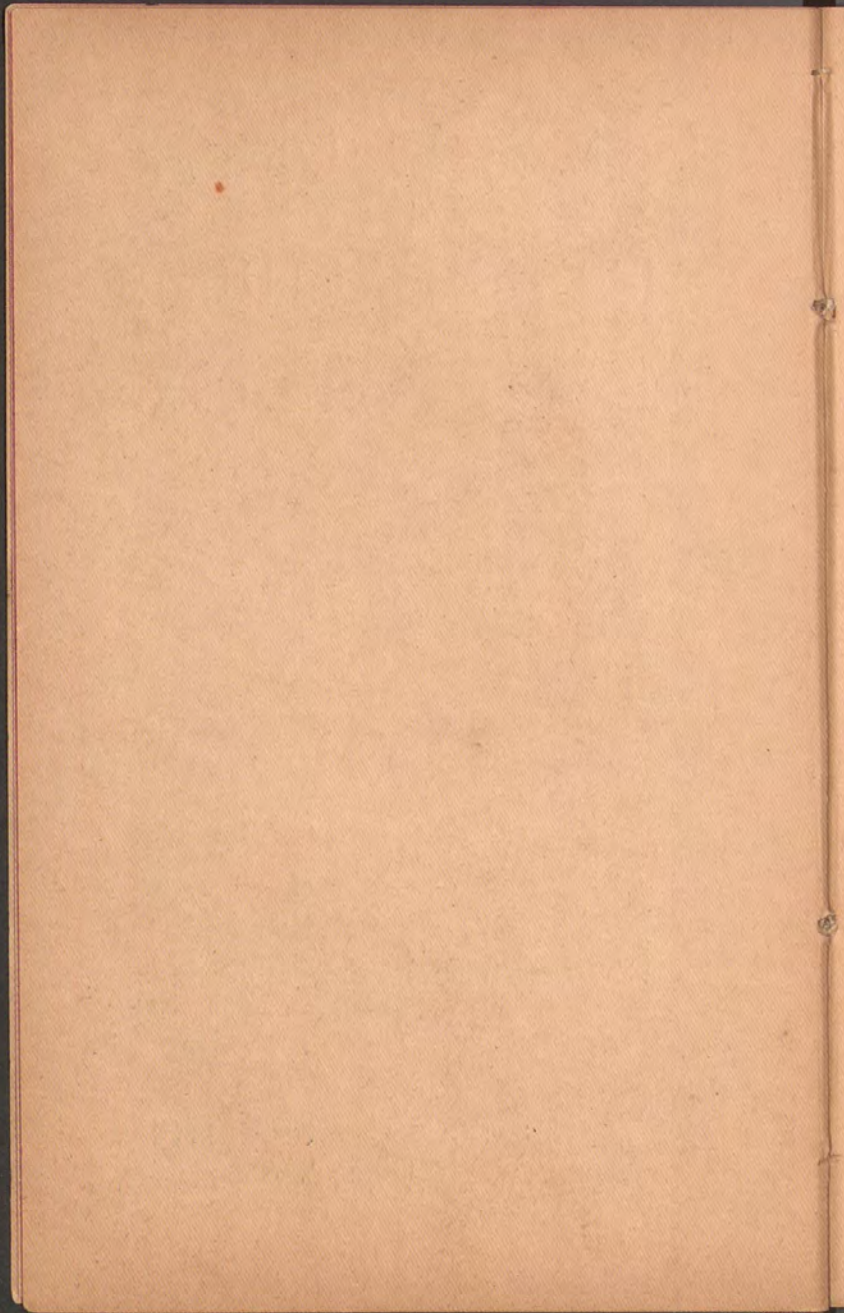


PARIS

E. BERNARD & C^{IE}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

71, RUE LA CONDAMINE, 71

—
1888



AVERTISSEMENT DES ÉDITEURS

L'Auteur de cet aide-mémoire s'est proposé de grouper dans un ordre technique des renseignements utiles à toutes les personnes qui s'occupent de construction.

La première partie est un résumé des connaissances mathématiques indispensables et de leurs applications, relatives principalement à la stabilité des constructions et à la résistance des matériaux.

La deuxième partie se rapporte à l'art de bâtir.

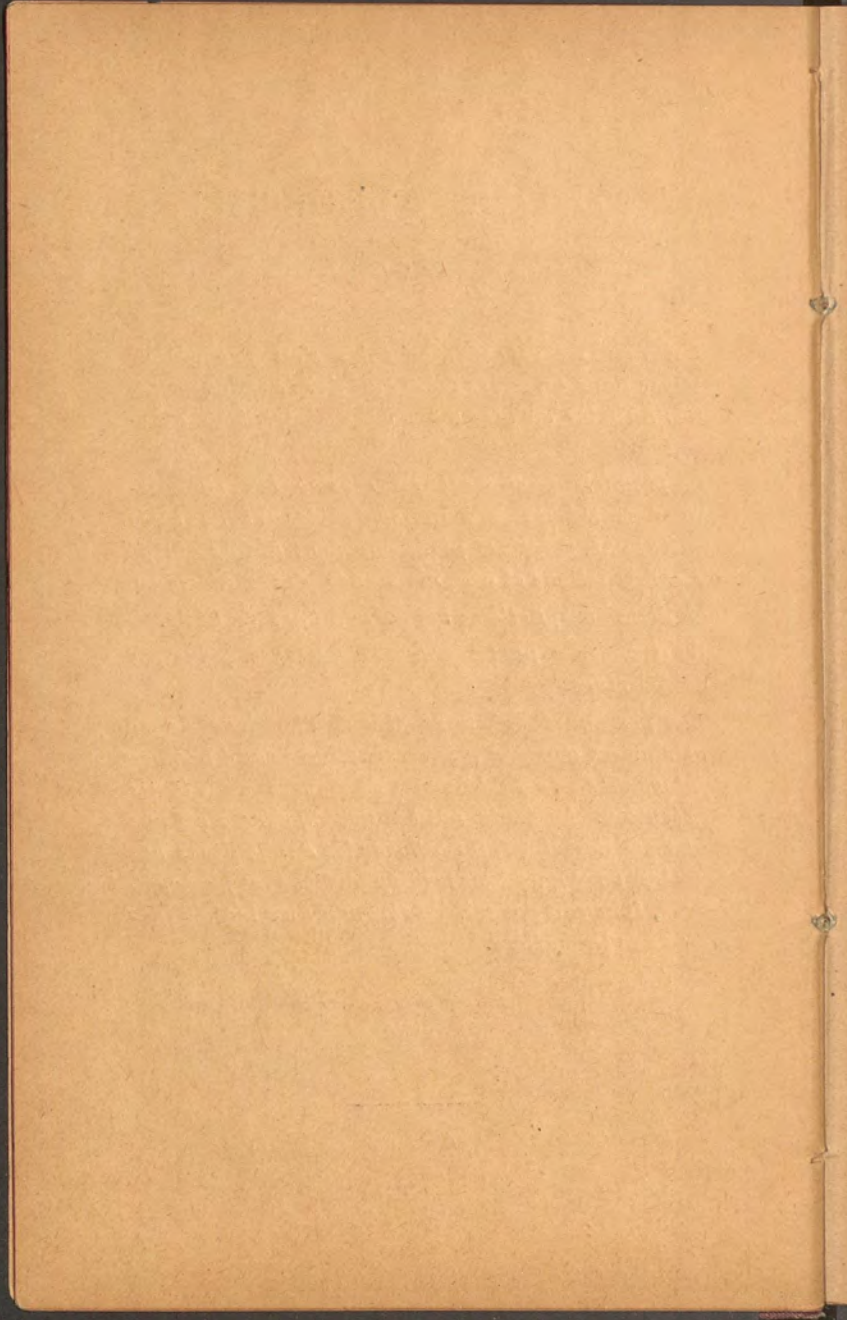
La troisième partie contient quelques principes d'architecture.

Les personnes qui nous feront l'honneur de se servir de cet ouvrage y trouveront un grand nombre de formules, de tableaux et de figures de détails d'exécution. Le texte qui les accompagne n'est pas seulement descriptif, il renferme les explications nécessaires pour que, dans les applications les plus ordinaires, il ne soit pas utile de recourir aux traités spéciaux sur la matière.

E. BERNARD et C^o



BIBLIOTECA



A. Table des carrés, cubes, racines carrées et cubiques, des inverses ou réciproques, des logarithmes, circonférences et surfaces des cercles, des nombres entiers de 1 à 1000.

(Le diamètre d des cercles est pris = $\frac{1}{10}$ des nombres n).

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
0	0	0	0,0000	0,0000	∞	$-\infty$	0,0	0,000	0,0000
1	1	1	1,0000	1,0000	1,00000	0,0000	0,1	0,314	0,0079
2	4	8	1,4142	1,2599	0,50000	0,3010	2	0,628	0,0314
3	9	27	1,7321	1,4422	0,33333	0,4771	3	0,942	0,0707
4	16	64	2,0000	1,5874	0,25000	0,6021	4	1,257	0,1257
5	25	125	2,2361	1,7100	0,20000	0,6989	5	1,571	0,1964
6	36	216	2,4495	1,8171	0,16667	0,7781	6	1,885	0,2827
7	49	343	2,6458	1,9129	0,14286	0,8451	7	2,199	0,3848
8	64	512	2,8284	2,0000	0,12500	0,9031	8	2,513	0,5026
9	81	729	3,0000	2,0801	0,11111	0,9542	9	2,827	0,6362
10	100	1000	3,1623	2,1544	0,10000	1,0000	1,0	3,142	0,7854
11	121	1331	3,3166	2,2240	0,09091	1,0414	1	3,456	0,9503
12	144	1728	3,4641	2,2894	0,08333	1,0792	2	3,770	1,1310
13	169	2197	3,6056	2,3513	0,07692	1,1139	3	4,084	1,3278
14	196	2744	3,7417	2,4101	0,07143	1,1461	4	4,398	1,5394
15	225	3375	3,8730	2,4662	0,06667	1,1761	5	4,712	1,7671
16	256	4096	4,0000	2,5198	0,06250	1,2041	6	5,027	2,0106
17	289	4913	4,1231	2,5713	0,05882	1,2304	7	5,341	2,2698
18	324	5832	4,2426	2,6207	0,05556	1,2553	8	5,655	2,5447
19	361	6859	4,3589	2,6684	0,05263	1,2788	9	5,969	2,8353
20	400	8000	4,4721	2,7144	0,05000	1,3010	2,0	6,283	3,1416
21	441	9261	4,5826	2,7589	0,04762	1,3222	1	6,597	3,4636
22	484	10648	4,6904	2,8020	0,04545	1,3424	2	6,912	3,8013
23	529	12167	4,7958	2,8439	0,04348	1,3617	3	7,226	4,1548
24	576	13824	4,8990	2,8845	0,04167	1,3802	4	7,540	4,5239
25	625	15625	5,0000	2,9240	0,04000	1,3979	5	7,854	4,9087
26	676	17576	5,0990	2,9625	0,03846	1,4149	6	8,168	5,3093
27	729	19683	5,1962	3,0000	0,03704	1,4314	7	8,482	5,7256
28	784	21952	5,2915	3,0366	0,03571	1,4472	8	8,796	6,1575
29	841	24389	5,3852	3,0723	0,03448	1,4624	9	9,111	6,6052
30	900	27000	5,4772	3,1072	0,03333	1,4771	3,0	9,425	7,0686
31	961	29791	5,5678	3,1414	0,03226	1,4914	1	9,739	7,5477
32	1024	32768	5,6569	3,1748	0,03125	1,5051	2	10,05	8,0425
33	1089	35937	5,7446	3,2075	0,03030	1,5185	3	10,37	8,5530
34	1156	39304	5,8310	3,2398	0,02941	1,5315	4	10,68	9,0792
35	1225	42875	5,9161	3,2711	0,02857	1,5441	5	11,00	9,6211
36	1296	46656	6,0000	3,3019	0,02778	1,5563	6	11,31	10,1790
37	1369	50653	6,0828	3,3322	0,02703	1,5682	7	11,62	10,752
38	1444	54872	6,144	3,3620	0,02632	1,5798	8	11,94	11,341
39	1521	59319	6,2450	3,3912	0,02564	1,5911	9	12,25	11,946
40	1600	64000	6,3246	3,4200	0,02500	1,6021	4,0	12,57	12,566
41	1681	68921	6,4031	3,4482	0,02439	1,6128	1	12,88	13,203
42	1764	74088	6,4807	3,4760	0,02381	1,6232	2	13,19	13,854
43	1849	79507	6,5574	3,5034	0,02326	1,6335	3	13,51	14,522
44	1936	85184	6,6332	3,5303	0,02273	1,6434	4	13,82	15,205
45	2025	91125	6,7082	3,5560	0,02222	1,6532	5	14,14	15,904

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
46	2116	97386	6,7823	3,5830	0,02174	1,6628	6	14,45	16,619
47	2209	103823	6,8557	3,6088	0,02128	1,6721	7	14,77	17,349
48	2304	110592	6,9282	3,6342	0,02083	1,6812	8	15,08	18,095
49	2401	117649	7,0000	3,6593	0,02041	1,6902	9	15,39	18,857
50	2500	125000	7,0711	3,6840	0,02000	1,6990	5,0	15,71	19,635
51	2601	132651	7,1414	3,7084	0,01961	1,7076	1	16,02	20,428
52	2704	140608	7,2111	3,7325	0,01923	1,7160	2	16,34	21,237
53	2809	148877	7,2801	3,7563	0,01887	1,7243	3	16,65	22,062
54	2916	157464	7,3485	3,7798	0,01852	1,7324	4	16,96	22,902
55	3025	166375	7,4162	3,8030	0,01818	1,7404	5	17,28	23,758
56	3136	175616	7,4833	3,8259	0,01786	1,7482	6	17,59	24,630
57	3249	185193	7,5498	3,8485	0,01754	1,7559	7	17,91	25,518
58	3364	195112	7,6158	3,8709	0,01724	1,7634	8	18,22	26,421
59	3481	205379	7,6811	3,8930	0,01695	1,7708	9	18,54	27,340
60	3600	216000	7,7460	3,9149	0,01667	1,7781	6,0	18,85	28,274
61	3721	226981	7,8102	3,9365	0,01639	1,7853	1	19,16	29,225
62	3844	238328	7,8740	3,9579	0,01613	1,7924	2	19,48	30,191
63	3969	250047	7,9373	3,9791	0,01587	1,7993	3	19,79	31,172
64	4096	262144	8,0000	4,0000	0,01563	1,8062	4	20,11	32,170
65	4225	274625	8,0623	4,0207	0,01538	1,8129	5	20,42	33,183
66	4356	287496	8,1240	4,0412	0,01515	1,8195	6	20,73	34,212
67	4489	300763	8,1854	4,0615	0,01493	1,8261	7	21,05	35,257
68	4624	314432	8,2462	4,0817	0,01471	1,8325	8	21,36	36,317
69	4761	328509	8,3056	4,1016	0,01449	1,8388	9	21,68	37,393
70	4900	343000	8,3666	4,1213	0,01429	1,8451	7,0	21,99	38,485
71	5041	357911	8,4261	4,1408	0,01408	1,8512	1	22,31	39,592
72	5184	373248	8,4853	4,1602	0,01389	1,8573	2	22,62	40,715
73	5329	389017	8,5440	4,1793	0,01370	1,8633	3	22,93	41,854
74	5476	405224	8,6023	4,1983	0,01351	1,8692	4	23,25	43,008
75	5625	421875	8,6603	4,2172	0,01333	1,8751	5	23,56	44,179
76	5776	438976	8,7178	4,2358	0,01316	1,8808	6	23,88	45,365
77	5929	456533	8,7750	4,2543	0,01299	1,8865	7	24,19	46,566
78	6084	474552	8,8318	4,2727	0,01282	1,8921	8	24,50	47,784
79	6241	493039	8,8882	4,2908	0,01266	1,8976	9	24,82	49,017
80	6400	512000	8,9443	4,3089	0,01250	1,9031	8,0	25,13	50,265
81	6561	531441	9,0000	4,3267	0,01235	1,9085	1	25,45	51,530
82	6724	551368	9,0554	4,3445	0,01220	1,9138	2	25,76	52,810
83	6889	571787	9,1104	4,3621	0,01205	1,9191	3	26,08	54,106
84	7056	592704	9,1652	4,3795	0,01190	1,9243	4	26,39	55,418
85	7225	614125	9,2195	4,3968	0,01176	1,9294	5	26,70	56,745
86	7396	636056	9,2736	4,4140	0,01163	1,9345	6	27,02	58,083
87	7569	658503	9,3274	4,4310	0,01149	1,9395	7	27,33	59,447
88	7744	681472	9,3808	4,4480	0,01136	1,9445	8	27,65	60,821
89	7921	704969	9,4340	4,4647	0,01124	1,9494	9	27,96	62,211
90	8100	729000	9,4868	4,4814	0,01111	1,9542	9,0	28,27	63,617
91	8281	753571	9,5394	4,4979	0,01099	1,9590	1	28,59	65,039
92	8464	778688	9,5917	4,5144	0,01087	1,9638	2	28,90	66,476
93	8649	804357	9,6437	4,5307	0,01075	1,9685	3	29,22	67,929
94	8836	830584	9,6954	4,5468	0,01064	1,9731	4	29,53	69,398
95	9025	857375	9,7468	4,5629	0,01053	1,9777	5	29,85	70,882
96	9216	884736	9,7980	4,5789	0,01042	1,9823	6	30,16	72,382
97	9409	912673	9,8489	4,5947	0,01031	1,9868	7	30,47	73,898
98	9604	941192	9,8995	4,6104	0,01020	1,9912	8	30,79	75,430
99	9801	970299	9,9499	4,6261	0,01010	1,9956	9	31,10	76,977
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	0,01000	2,0000	10,0	31,42	78,540

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	d = 0,1 n	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
101	10201	1080301	10,0499	4,6570	0,00990	2,0043	1	31,73	80,118
102	10404	1061208	10,0995	4,6723	0,00980	2,0086	2	32,04	81,713
103	10609	1092727	10,1489	4,6875	0,00971	2,0128	3	32,36	83,323
104	10816	1124864	10,1980	4,7027	0,00962	2,0170	4	32,67	84,949
105	11025	1157625	10,2470	4,7177	0,00952	2,0212	5	32,99	86,590
106	11236	1191016	10,2956	4,7326	0,00943	2,0253	6	33,30	88,247
107	11449	1225043	10,3441	4,7475	0,00935	2,0294	7	33,62	89,920
108	11664	1259712	10,3923	4,7622	0,00926	2,0334	8	33,93	91,609
109	11881	1295029	10,4403	4,7769	0,00917	2,0374	9	34,24	93,313
110	12100	1331000	10,4881	4,7914	0,00909	2,0414	11,0	34,56	95,033
111	12321	1367631	10,5357	4,8059	0,00901	2,0453	1	34,87	96,769
112	12544	1404928	10,5830	4,8203	0,00893	2,0492	2	35,19	98,520
113	12769	1442897	10,6301	4,8346	0,00885	2,0531	3	35,50	100,287
114	12996	1481544	10,6771	4,8488	0,00877	2,0569	4	35,81	102,070
115	13225	1520875	10,7238	4,8629	0,00870	2,0607	5	36,13	103,869
116	13456	1560896	10,7703	4,8770	0,00862	2,0645	6	36,44	105,683
117	13689	1601613	10,8167	4,8910	0,00855	2,0682	7	36,76	107,513
118	13924	1643032	10,8628	4,9049	0,00847	2,0719	8	37,07	109,359
119	14161	1685159	10,9087	4,9187	0,00840	2,0755	9	37,38	111,220
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	0,00833	2,0792	12,0	37,70	113,097
121	14641	1771561	11,0000	4,9461	0,00826	2,0828	1	38,01	114,990
122	14884	1815848	11,0454	4,9597	0,00820	2,0864	2	38,33	116,899
123	15129	1860867	11,0905	4,9732	0,00813	2,0899	3	38,64	118,823
124	15376	1906624	11,1355	4,9866	0,00806	2,0934	4	38,96	120,763
125	15625	1953125	11,1803	5,0000	0,00800	2,0969	5	39,27	122,719
126	15876	2000376	11,2250	5,0133	0,00794	2,1004	6	39,58	124,690
127	16129	2048383	11,2694	5,0265	0,00787	2,1038	7	39,90	126,677
128	16384	2097152	11,3137	5,0397	0,00781	2,1072	8	40,21	128,680
129	16641	2146689	11,3578	5,0528	0,00775	2,1106	9	40,53	130,698
130	16900	2197000	11,4018	5,0658	0,00769	2,1139	13,0	40,84	132,733
131	17161	2248091	11,4455	5,0788	0,00763	2,1173	1	41,15	134,782
132	17424	2299968	11,4891	5,0916	0,00758	2,1206	2	41,47	136,848
133	17689	2352637	11,5326	5,1045	0,00752	2,1238	3	41,78	138,929
134	17956	2406104	11,5758	5,1172	0,00746	2,1271	4	42,10	141,026
135	18225	2460375	11,6190	5,1299	0,00741	2,1303	5	42,41	143,139
136	18496	2515456	11,6619	5,1426	0,00735	2,1335	6	42,73	145,267
137	18769	2571353	11,7047	5,1551	0,00730	2,1367	7	43,04	147,412
138	19044	2628072	11,7473	5,1676	0,00725	2,1399	8	43,35	149,572
139	19321	2685619	11,7898	5,1801	0,00719	2,1430	9	43,67	151,747
140	19600	2744000	11,8322	5,1925	0,00714	2,1461	14,0	43,98	153,938
141	19881	2803221	11,8743	5,2048	0,00709	2,1492	1	44,30	156,145
142	20164	2863288	11,9164	5,2171	0,00704	2,1523	2	44,61	158,368
143	20449	2924207	11,9583	5,2293	0,00699	2,1553	3	44,92	160,606
144	20736	2985984	12,0000	5,2415	0,00694	2,1584	4	45,24	162,861
145	21025	3048625	12,0416	5,2536	0,00690	2,1614	5	45,55	165,130
146	21316	3112136	12,0830	5,2656	0,00685	2,1643	6	45,87	167,415
147	21609	3176523	12,1244	5,2776	0,00680	2,1673	7	46,18	169,717
148	21904	3241792	12,1655	5,2896	0,00676	2,1703	8	46,50	172,034
149	22201	3307949	12,2066	5,3015	0,00671	2,1732	9	46,81	174,367
150	22500	3375000	12,2474	5,3133	0,00667	2,1761	15,0	47,12	176,715
151	22801	3442951	12,2882	5,3251	0,00662	2,1790	1	47,44	179,079
152	23104	3511808	12,3288	5,3368	0,00658	2,1818	2	47,75	181,459
153	23409	3581577	12,3693	5,3485	0,00654	2,1847	3	48,07	183,854
154	23716	3652264	12,4097	5,3601	0,00649	2,1875	4	48,38	186,265
155	24025	3723875	12,4499	5,3717	0,00645	2,1903	5	48,69	188,692

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
156	24336	3796416	12,4900	5,3832	0,00641	2,1931	6	49,01	191,13
157	24649	3869893	12,5300	5,3947	0,00637	2,1959	7	49,32	193,59
158	24964	3944312	12,5698	5,4061	0,00633	2,1987	8	49,64	196,07
159	25281	4019679	12,6095	5,4175	0,00629	2,2014	9	49,95	198,56
160	25600	4096000	12,6491	5,4288	0,00625	2,2041	16,0	50,27	201,06
161	25921	4173281	12,6886	5,4401	0,00621	2,2068	1	50,58	203,58
162	26244	4251528	12,7279	5,4514	0,00617	2,2095	2	50,89	206,12
163	26569	4330747	12,7671	5,4626	0,00613	2,2122	3	51,21	208,67
164	26896	4410944	12,8062	5,4737	0,00610	2,2148	4	51,52	211,24
165	27225	4492125	12,8452	5,4848	0,00606	2,2175	5	51,84	213,82
166	27556	4574296	12,8841	5,4959	0,00602	2,2201	6	52,15	216,42
167	27889	4657463	12,9228	5,5069	0,00599	2,2227	7	52,46	219,04
168	28224	4741632	12,9615	5,5178	0,00595	2,2253	8	52,78	221,67
169	28561	4826809	13,0000	5,5288	0,00592	2,2279	9	53,09	224,32
170	28900	4913000	13,0384	5,5397	0,00588	2,2304	17,0	53,41	226,98
171	29241	5000211	13,0767	5,5505	0,00585	2,2330	1	53,72	229,66
172	29584	5088448	13,1149	5,5613	0,00581	2,2355	2	54,04	232,35
173	29929	5177717	13,1529	5,5721	0,00578	2,2380	3	54,35	235,06
174	30276	5268024	13,1909	5,5828	0,00575	2,2405	4	54,66	237,79
175	30625	5359375	13,2288	5,5934	0,00571	2,2430	5	54,98	240,53
176	30976	5451776	13,2665	5,6041	0,00568	2,2455	6	55,29	243,28
177	31329	5545233	13,3041	5,6147	0,00565	2,2480	7	55,61	246,04
178	31684	5639752	13,3417	5,6252	0,00562	2,2504	8	55,92	248,81
179	32041	5735339	13,3791	5,6357	0,00559	2,2528	9	56,23	251,60
180	32400	5832000	13,4164	5,6462	0,00556	2,2553	18,0	56,55	254,47
181	32761	5929741	13,4536	5,6567	0,00552	2,2577	1	56,86	257,30
182	33124	6028568	13,4907	5,6671	0,00549	2,2601	2	57,18	260,16
183	33489	6128487	13,5277	5,6774	0,00546	2,2624	3	57,49	263,04
184	33856	6229504	13,5647	5,6877	0,00543	2,2648	4	57,81	265,94
185	34225	6331625	13,6015	5,6980	0,00541	2,2672	5	58,12	268,86
186	34596	6434856	13,6382	5,7083	0,00538	2,2695	6	58,43	271,80
187	34969	6539203	13,6748	5,7185	0,00535	2,2718	7	58,75	274,76
188	35344	6644672	13,7113	5,7287	0,00532	2,2742	8	59,06	277,75
189	35721	6751269	13,7477	5,7388	0,00529	2,2765	9	59,38	280,75
190	36100	6859000	13,7840	5,7489	0,00526	2,2787	19,0	59,69	283,78
191	36481	6967871	13,8203	5,7590	0,00524	2,2810	1	60,00	286,82
192	36864	7077888	13,8564	5,7690	0,00521	2,2833	2	60,32	289,88
193	37249	7189057	13,8924	5,7790	0,00518	2,2856	3	60,63	292,95
194	37636	7301384	13,9284	5,7890	0,00515	2,2878	4	60,95	295,99
195	38025	7414875	13,9642	5,7989	0,00513	2,2900	5	61,26	298,65
196	38416	7529536	14,0000	5,8088	0,00510	2,2923	6	61,58	301,72
197	38809	7645373	14,0357	5,8186	0,00508	2,2945	7	61,89	304,81
198	39204	7762392	14,0712	5,8285	0,00505	2,2967	8	62,20	307,91
199	39601	7880599	14,1067	5,8383	0,00503	2,2989	9	62,52	311,03
200	40000	8000000	14,1421	5,8480	0,00500	2,3010	20,0	62,83	314,16
201	40401	8120601	14,1774	5,8578	0,00498	2,3032	1	63,15	317,31
202	40804	8242408	14,2127	5,8675	0,00495	2,3053	2	63,46	320,47
203	41209	8365427	14,2478	5,8771	0,00493	2,3075	3	63,77	323,65
204	41616	8489664	14,2829	5,8868	0,00490	2,3096	4	64,09	326,85
205	42025	8615125	14,3178	5,8964	0,00488	2,3117	5	64,40	330,06
206	42436	8741816	14,3527	5,9059	0,00485	2,3139	6	64,72	333,29
207	42849	8869743	14,3875	5,9155	0,00483	2,3160	7	65,03	336,54
208	43264	8998912	14,4222	5,9250	0,00481	2,3181	8	65,35	339,79
209	43681	9129329	14,4568	5,9345	0,00478	2,3202	9	65,66	343,07
210	44100	9261000	14,4914	5,9439	0,00476	2,3222	21,0	65,97	346,36

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
211	44521	9393931	14,5258	5,9533	0,00474	2,3243	1	66,29	349,67
212	44944	9528128	14,5602	5,9627	0,00472	2,3263	2	66,60	352,99
213	45369	9663597	14,5945	5,9721	0,00469	2,3284	3	66,92	356,33
214	45796	9800344	14,6287	5,9814	0,00467	2,3304	4	67,23	359,68
215	46225	9938375	14,6629	5,9907	0,00465	2,3324	5	67,54	363,05
216	46656	10077696	14,6969	6,0000	0,00463	2,3344	6	67,86	366,44
217	47089	10218313	14,7309	6,0092	0,00461	2,3365	7	68,17	369,84
218	47524	10360232	14,7648	6,0185	0,00459	2,3385	8	68,49	373,25
219	47961	10503459	14,7986	6,0277	0,00457	2,3404	9	68,80	376,68
220	48400	10648000	14,8324	6,0368	0,00455	2,3424	22,0	69,12	380,13
221	48841	10793861	14,8661	6,0459	0,00452	2,3444	1	69,43	383,60
222	49284	10941048	14,8997	6,0550	0,00450	2,3464	2	69,74	387,08
223	49729	11089567	14,9332	6,0641	0,00448	2,3483	3	70,06	390,57
224	50176	11239424	14,9666	6,0732	0,00446	2,3502	4	70,37	394,08
225	50625	11390625	15,0000	6,0822	0,00444	2,3522	5	70,69	397,61
226	51076	11543176	15,0333	6,0912	0,00442	2,3541	6	71,00	401,15
227	51529	11697083	15,0665	6,1002	0,00441	2,3560	7	71,31	404,71
228	51984	11852352	15,0997	6,1091	0,00439	2,3579	8	71,63	408,28
229	52441	12008989	15,1327	6,1180	0,00437	2,3598	9	71,94	411,87
230	52900	12167000	15,1658	6,1269	0,00435	2,3617	23,0	72,26	415,48
231	53361	12326391	15,1987	6,1358	0,00433	2,3636	1	72,57	419,10
232	53824	12487168	15,2315	6,1446	0,00431	2,3655	2	72,88	422,73
233	54289	12649337	15,2643	6,1534	0,00429	2,3674	3	73,20	426,38
234	54756	12812904	15,2971	6,1622	0,00427	2,3692	4	73,51	430,05
235	55225	12977875	15,3297	6,1710	0,00426	2,3711	5	73,83	433,74
236	55696	13144256	15,3623	6,1797	0,00424	2,3729	6	74,14	437,44
237	56169	13312053	15,3948	6,1885	0,00422	2,3748	7	74,46	441,15
238	56644	13481272	15,4272	6,1972	0,00420	2,3766	8	74,77	444,88
239	57121	13651919	15,4596	6,2058	0,00418	2,3784	9	75,08	448,63
240	57600	13824000	15,4919	6,2145	0,00417	2,3802	24,0	75,40	452,39
241	58081	13997521	15,5242	6,2231	0,00415	2,3820	1	75,71	456,17
242	58564	14172488	15,5563	6,2317	0,00413	2,3838	2	76,03	459,96
243	59049	14348907	15,5885	6,2403	0,00412	2,3856	3	76,34	463,77
244	59536	14526784	15,6205	6,2488	0,00410	2,3874	4	76,65	467,59
245	60025	14706125	15,6525	6,2573	0,00408	2,3892	5	76,97	471,44
246	60516	14886936	15,6844	6,2658	0,00407	2,3909	6	77,28	475,29
247	61009	15069223	15,7162	6,2743	0,00405	2,3927	7	77,60	479,16
248	61504	15252992	15,7480	6,2828	0,00403	2,3945	8	77,91	483,05
249	62001	15438249	15,7797	6,2912	0,00402	2,3962	9	78,23	486,95
250	62500	15625000	15,8114	6,2996	0,00400	2,3979	25,0	78,54	490,87
251	63001	15813251	15,8430	6,3080	0,00398	2,3997	1	78,85	494,81
252	63504	16003008	15,8745	6,3164	0,00397	2,4014	2	79,17	498,76
253	64009	16194277	15,9060	6,3247	0,00395	2,4031	3	79,48	502,73
254	64516	16387064	15,9374	6,3330	0,00394	2,4048	4	79,80	506,71
255	65025	16581375	15,9687	6,3413	0,00392	2,4065	5	80,11	510,71
256	65536	16777216	16,0000	6,3496	0,00391	2,4082	6	80,42	514,72
257	66049	16974593	16,0312	6,3579	0,00389	2,4099	7	80,74	518,75
258	66564	17173512	16,0624	6,3661	0,00388	2,4116	8	81,05	522,79
259	67081	17373979	16,0935	6,3743	0,00386	2,4133	9	81,37	526,85
260	67600	17576000	16,1245	6,3825	0,00385	2,4150	26,0	81,68	530,93
261	68121	17779581	16,1555	6,3907	0,00383	2,4166	1	82,00	535,02
262	68644	17984728	16,1864	6,3988	0,00382	2,4183	2	82,31	539,13
263	69169	18191447	16,2173	6,4070	0,00380	2,4200	3	82,62	543,25
264	69696	18399744	16,2481	6,4151	0,00379	2,4216	4	82,94	547,39
265	70225	18609625	16,2788	6,4232	0,00377	2,4233	5	83,25	551,55

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	d = 0,1 n	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
266	70756	18821096	16,8095	6,4312	0,00376	2,4249	6	83,57	555,72
267	71289	19034163	16,3401	6,4393	0,00375	2,4265	7	83,88	559,90
268	71824	19248832	16,3707	6,4473	0,00373	2,4281	8	84,19	564,10
269	72361	19465109	16,4012	6,4553	0,00372	2,4298	9	84,51	568,32
270	72900	19683000	16,4317	6,4633	0,00370	2,4314	27,0	84,82	572,56
271	73441	19902511	16,4621	6,4713	0,00369	2,4330	1	85,14	576,80
272	73984	20123648	16,4924	6,4792	0,00368	2,4346	2	85,45	581,07
273	74529	20346417	16,5227	6,4872	0,00366	2,4362	3	85,77	585,35
274	75076	20570824	16,5529	6,4951	0,00365	2,4378	4	86,08	589,65
275	75625	20796875	16,5831	6,5030	0,00364	2,4393	5	86,39	593,96
276	76176	21024576	16,6132	6,5108	0,00362	2,4409	6	86,71	598,28
277	76729	21253933	16,6433	6,5187	0,00361	2,4425	7	87,02	602,63
278	77284	21484952	16,6733	6,5265	0,00360	2,4440	8	87,34	606,99
279	77841	21717639	16,7033	6,5343	0,00358	2,4456	9	87,65	611,36
280	78400	21952000	16,7332	6,5421	0,00357	2,4472	28,0	87,96	615,75
281	78961	22188041	16,7631	6,5499	0,00356	2,4487	1	88,28	620,16
282	79524	22425768	16,7929	6,5577	0,00355	2,4503	2	88,59	624,58
283	80089	22665187	16,8226	6,5654	0,00353	2,4518	3	88,91	629,02
284	80656	22906304	16,8523	6,5731	0,00352	2,4533	4	89,22	633,47
285	81225	23149125	16,8819	6,5808	0,00351	2,4548	5	89,54	637,94
286	81796	23393656	16,9115	6,5885	0,00350	2,4564	6	89,85	642,42
287	82369	23639903	16,9411	6,5962	0,00348	2,4579	7	90,16	646,91
288	82944	23887872	16,9706	6,6039	0,00347	2,4594	8	90,48	651,44
289	83521	24137569	17,0000	6,6115	0,00346	2,4609	9	90,79	655,97
290	84100	24389000	17,0294	6,6191	0,00345	2,4624	29,0	91,11	660,52
291	84681	24642171	17,0587	6,6267	0,00344	2,4639	1	91,42	665,08
292	85264	24897088	17,0880	6,6343	0,00342	2,4654	2	91,73	669,66
293	85849	25153757	17,1172	6,6419	0,00341	2,4669	3	92,05	674,25
294	86436	25412184	17,1464	6,6494	0,00340	2,4684	4	92,36	678,87
295	87025	25672375	17,1756	6,6569	0,00339	2,4698	5	92,68	683,49
296	87616	25934336	17,2047	6,6644	0,00338	2,4713	6	92,99	688,13
297	88209	26198073	17,2337	6,6719	0,00337	2,4728	7	93,31	692,79
298	88804	26463592	17,2627	6,6794	0,00336	2,4742	8	93,62	697,46
299	89401	26730899	17,2916	6,6869	0,00334	2,4757	9	93,93	702,15
300	90000	27000000	17,3205	6,6943	0,00333	2,4771	30,0	94,25	706,86
301	90601	27270901	17,3494	6,7018	0,00332	2,4786	1	94,56	711,58
302	91204	27543608	17,3781	6,7092	0,00331	2,4800	2	94,88	716,31
303	91809	27818127	17,4069	6,7166	0,00330	2,4814	3	95,19	721,07
304	92416	28094464	17,4356	6,7240	0,00329	2,4829	4	95,50	725,83
305	93025	28372625	17,4642	6,7313	0,00328	2,4843	5	95,82	730,62
306	93636	28652616	17,4929	6,7387	0,00327	2,4857	6	96,13	735,42
307	94249	28934443	17,5214	6,7460	0,00326	2,4871	7	96,45	740,23
308	94864	29218112	17,5499	6,7533	0,00325	2,4886	8	96,76	745,06
309	95481	29503629	17,5784	6,7606	0,00324	2,4900	9	97,08	749,91
310	96100	29791000	17,6068	6,7679	0,00323	2,4914	31,0	97,39	754,77
311	96721	30080231	17,6352	6,7752	0,00322	2,4928	1	97,70	759,64
312	97344	30371328	17,6635	6,7824	0,00321	2,4942	2	98,02	764,54
313	97969	30664297	17,6918	6,7897	0,00319	2,4955	3	98,33	769,45
314	98596	30959144	17,7200	6,7969	0,00318	2,4969	4	98,65	774,37
315	99225	31255875	17,7482	6,8041	0,00317	2,4983	5	98,96	779,31
316	99856	31554496	17,7764	6,8113	0,00316	2,4997	6	99,27	784,27
317	100489	31855013	17,8045	6,8185	0,00315	2,5011	7	99,59	789,24
318	101124	32157432	17,8326	6,8256	0,00314	2,5024	8	99,90	794,23
319	101761	32461759	17,8606	6,8328	0,00313	2,5038	9	100,22	799,23
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	0,00313	2,5052	32,0	100,53	804,25

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
321	103041	33076161	17,9165	6,8470	0,00312	2,5065	1	100,8	809,28
322	103684	33386248	17,9444	6,8541	0,00311	2,5079	2	101,2	814,33
323	104329	33698267	17,9722	6,8612	0,00310	2,5092	3	101,5	819,40
324	104976	34012224	18,0000	6,8683	0,00309	2,5106	4	101,8	824,48
325	105625	34328125	18,0278	6,8753	0,00308	2,5119	5	102,1	829,58
326	106276	34645976	18,0555	6,8824	0,00307	2,5132	6	102,4	834,69
327	106929	34965783	18,0831	6,8894	0,00306	2,5145	7	102,7	839,82
328	107584	35287552	18,1108	6,8964	0,00305	2,5159	8	103,0	844,96
329	108241	35611289	18,1384	6,9034	0,00304	2,5172	9	103,4	850,12
330	108900	35937000	18,1659	6,9104	0,00303	2,5185	33,0	103,7	855,30
331	109561	36264691	18,1934	6,9174	0,00302	2,5198	1	104,0	860,49
332	110224	36594368	18,2209	6,9244	0,00301	2,5211	2	104,3	865,70
333	110889	36926037	18,2483	6,9313	0,00300	2,5224	3	104,6	870,92
334	111556	37259704	18,2757	6,9382	0,00299	2,5238	4	104,9	876,16
335	112225	37595375	18,3030	6,9451	0,00299	2,5250	5	105,2	881,41
336	112896	37933056	18,3303	6,9521	0,00298	2,5263	6	105,6	886,68
337	113569	38272753	18,3576	6,9589	0,00297	2,5276	7	105,9	891,97
338	114244	38614472	18,3848	6,9658	0,00296	2,5289	8	106,2	897,27
339	114921	38958219	18,4120	6,9727	0,00295	2,5302	9	106,5	902,59
340	115600	39304000	18,4391	6,9795	0,00294	2,5315	34,0	106,8	907,92
341	116281	39651821	18,4662	6,9864	0,00293	2,5328	1	107,1	913,27
342	116964	40001688	18,4932	6,9932	0,00292	2,5340	2	107,4	918,63
343	117649	40353607	18,5203	7,0000	0,00292	2,5353	3	107,8	924,01
344	118336	40707584	18,5472	7,0068	0,00291	2,5366	4	108,1	929,41
345	119025	41063625	18,5742	7,0136	0,00290	2,5378	5	108,4	934,82
346	119716	41421736	18,6011	7,0203	0,00289	2,5391	6	108,7	940,25
347	120409	41781923	18,6279	7,0271	0,00288	2,5403	7	109,0	945,69
348	121104	42144192	18,6548	7,0338	0,00287	2,5416	8	109,3	951,15
349	121801	42508549	18,6815	7,0406	0,00287	2,5428	9	109,6	956,62
350	122500	42875000	18,7083	7,0473	0,00286	2,5441	35,0	110,0	962,11
351	123201	43243551	18,7350	7,0540	0,00285	2,5453	1	110,3	967,62
352	123904	43614208	18,7617	7,0607	0,00284	2,5465	2	110,6	973,14
353	124609	43986977	18,7883	7,0674	0,00283	2,5478	3	110,9	978,68
354	125316	44361864	18,8149	7,0740	0,00282	2,5490	4	111,2	984,23
355	126025	44738875	18,8414	7,0807	0,00282	2,5502	5	111,5	989,80
356	126736	45118016	18,8680	7,0873	0,00281	2,5515	6	111,8	995,38
357	127449	45499293	18,8944	7,0940	0,00280	2,5527	7	112,2	1000,98
358	128164	45882712	18,9209	7,1006	0,00279	2,5539	8	112,5	1006,60
359	128881	46268279	18,9473	7,1072	0,00279	2,5551	9	112,8	1012,23
360	129600	46656000	18,9737	7,1138	0,00278	2,5563	36,0	113,1	1017,87
361	130321	47045881	19,0000	7,1204	0,00277	2,5575	1	113,4	1023,54
362	131044	47437928	19,0263	7,1269	0,00276	2,5587	2	113,7	1029,21
363	131769	47832147	19,0526	7,1335	0,00275	2,5599	3	114,0	1034,91
364	132496	48228544	19,0788	7,1400	0,00275	2,5611	4	114,4	1040,62
365	133225	48627125	19,1050	7,1466	0,00274	2,5623	5	114,7	1046,35
366	133956	49027896	19,1311	7,1531	0,00273	2,5635	6	115,0	1052,09
367	134689	49430863	19,1572	7,1596	0,00272	2,5647	7	115,3	1057,84
368	135424	49836032	19,1833	7,1661	0,00272	2,5659	8	115,6	1063,62
369	136161	50243409	19,2094	7,1726	0,00271	2,5670	9	115,9	1069,40
370	136900	50653000	19,2354	7,1791	0,00270	2,5682	37,0	116,2	1075,21
371	137641	51064811	19,2614	7,1855	0,00270	2,5694	1	116,6	1081,03
372	138384	51478848	19,2873	7,1920	0,00269	2,5705	2	116,9	1086,87
373	139129	51895117	19,3132	7,1984	0,00268	2,5717	3	117,2	1092,71
374	139876	52313624	19,3391	7,2048	0,00267	2,5729	4	117,5	1098,58
375	140625	52734375	19,3649	7,2112	0,00267	2,5740	5	117,8	1104,46

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
376	141376	53157376	19,3907	7,2177	0,00266	2,5752	6	118,1	1110,4
377	142129	53582633	19,4165	7,2240	0,00265	2,5763	7	118,4	1116,3
378	142884	54010152	19,4422	7,2304	0,00265	2,5775	8	118,8	1122,2
379	143641	54439933	19,4679	7,2368	0,00264	2,5786	9	119,1	1128,1
380	144400	54872000	19,4936	7,2432	0,00263	2,5798	38,0	119,4	1134,1
381	145161	55306341	19,5192	7,2495	0,00262	2,5809	1	119,7	1140,1
382	145924	55742968	19,5448	7,2558	0,00262	2,5821	2	120,0	1146,1
383	146689	56181887	19,5704	7,2622	0,00261	2,5832	3	120,3	1152,1
384	147456	56623104	19,5959	7,2685	0,00260	2,5843	4	120,6	1158,1
385	148225	57066625	19,6214	7,2748	0,00260	2,5855	5	121,0	1164,2
386	148996	57512456	19,6469	7,2811	0,00259	2,5866	6	121,3	1170,2
387	149769	57960603	19,6723	7,2874	0,00258	2,5877	7	121,6	1176,3
388	150544	58411072	19,6977	7,2936	0,00258	2,5888	8	121,9	1182,4
389	151321	58863869	19,7231	7,2999	0,00257	2,5899	9	122,2	1188,5
390	152100	59319000	19,7484	7,3061	0,00256	2,5911	39,0	122,5	1194,6
391	152881	59776471	19,7737	7,3124	0,00256	2,5922	1	122,8	1200,7
392	153664	60236288	19,7990	7,3186	0,00255	2,5933	2	123,2	1206,9
393	154449	60698457	19,8242	7,3248	0,00254	2,5944	3	123,5	1213,0
394	155236	61162984	19,8494	7,3310	0,00254	2,5955	4	123,8	1219,3
395	156025	61629875	19,8746	7,3372	0,00253	2,5966	5	124,1	1225,4
396	156816	62099136	19,8997	7,3434	0,00253	2,5977	6	124,4	1231,6
397	157609	62570773	19,9249	7,3496	0,00252	2,5988	7	124,7	1237,9
398	158404	63044792	19,9499	7,3558	0,00251	2,5999	8	125,0	1244,1
399	159201	63521199	19,9750	7,3619	0,00251	2,6010	9	125,3	1250,4
400	160000	64000000	20,0000	7,3681	0,00250	2,6021	40,0	125,7	1256,6
401	160801	64481201	20,0250	7,3742	0,00249	2,6031	1	126,0	1262,9
402	161604	64964808	20,0499	7,3803	0,00249	2,6042	2	126,3	1269,2
403	162409	65450827	20,0749	7,3864	0,00248	2,6053	3	126,6	1275,6
404	163216	65939264	20,0998	7,3925	0,00248	2,6064	4	126,9	1281,9
405	164025	66430125	20,1246	7,3986	0,00247	2,6075	5	127,2	1288,2
406	164836	66923416	20,1494	7,4047	0,00246	2,6085	6	127,5	1294,6
407	165649	67419143	20,1742	7,4108	0,00246	2,6096	7	127,9	1301,0
408	166464	67917312	20,1990	7,4169	0,00245	2,6107	8	128,2	1307,4
409	167281	68417929	20,2237	7,4229	0,00244	2,6117	9	128,5	1313,8
410	168100	68921000	20,2485	7,4290	0,00244	2,6128	41,0	128,8	1320,3
411	168921	69426531	20,2731	7,4350	0,00243	2,6138	1	129,1	1326,7
412	169744	69934528	20,2978	7,4410	0,00243	2,6149	2	129,4	1333,2
413	170569	70444997	20,3224	7,4470	0,00242	2,6160	3	129,7	1339,6
414	171396	70957944	20,3470	7,4530	0,00242	2,6170	4	130,1	1346,1
415	172225	71473375	20,3715	7,4590	0,00241	2,6181	5	130,4	1352,7
416	173056	71991296	20,3961	7,4650	0,00240	2,6191	6	130,7	1359,2
417	173889	72511713	20,4206	7,4710	0,00240	2,6201	7	131,0	1365,7
418	174724	73034632	20,4450	7,4770	0,00239	2,6212	8	131,3	1372,3
419	175561	73560059	20,4695	7,4829	0,00239	2,6222	9	131,6	1378,9
420	176400	74088000	20,4939	7,4889	0,00238	2,6233	42,0	131,9	1385,4
421	177241	74618461	20,5183	7,4948	0,00238	2,6243	1	132,3	1392,0
422	178084	75151448	20,5426	7,5007	0,00237	2,6253	2	132,6	1398,7
423	178929	75686967	20,5670	7,5066	0,00236	2,6263	3	132,9	1405,3
424	179776	76225024	20,5913	7,5126	0,00236	2,6274	4	133,2	1412,0
425	180625	76765625	20,6155	7,5185	0,00235	2,6284	5	133,5	1418,6
426	181476	77308776	20,6398	7,5244	0,00235	2,6294	6	133,8	1425,3
427	182329	77854483	20,6640	7,5302	0,00234	2,6304	7	134,1	1432,0
428	183184	78402752	20,6882	7,5361	0,00234	2,6314	8	134,5	1438,7
429	184041	78953589	20,7123	7,5420	0,00233	2,6325	9	134,8	1445,5
430	184900	79507000	20,7364	7,5478	0,00233	2,6335	43,0	135,1	1452,2

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$d = \frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
431	185761	80062991	20,7605	7,5537	0,00232	2,6345	1	135,4	1459,0
432	186624	80621568	20,7846	7,5595	0,00231	2,6355	2	135,7	1465,7
433	187489	81182737	20,8087	7,5654	0,00231	2,6365	3	136,0	1472,5
434	188356	81746504	20,8327	7,5712	0,00230	2,6375	4	136,3	1479,3
435	189225	82312875	20,8567	7,5770	0,00230	2,6385	5	136,7	1486,2
436	190096	82881856	20,8806	7,5828	0,00229	2,6395	6	137,0	1493,0
437	190969	83453453	20,9045	7,5886	0,00229	2,6405	7	137,3	1499,9
438	191844	84027672	20,9284	7,5944	0,00228	2,6415	8	137,6	1506,7
439	192721	84604519	20,9523	7,6001	0,00228	2,6425	9	137,9	1513,6
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	0,00227	2,6435	44,0	138,2	1520,5
441	194481	85766121	21,0000	7,6117	0,00227	2,6444	1	138,5	1527,5
442	195364	86350838	21,0238	7,6174	0,00226	2,6454	2	138,9	1534,4
443	196249	86938307	21,0476	7,6232	0,00226	2,6464	3	139,2	1541,3
444	197136	87528834	21,0713	7,6289	0,00225	2,6474	4	139,5	1548,3
445	198025	88121125	21,0950	7,6346	0,00225	2,6484	5	139,8	1555,3
446	198916	88716536	21,1187	7,6403	0,00224	2,6493	6	140,1	1562,3
447	199809	89314623	21,1424	7,6460	0,00224	2,6503	7	140,4	1569,3
448	200704	89915392	21,1660	7,6517	0,00223	2,6513	8	140,7	1576,3
449	201601	90518849	21,1896	7,6574	0,00223	2,6523	9	141,1	1583,4
450	202500	91125000	21,2132	7,6631	0,00222	2,6532	45,0	141,4	1590,4
451	203401	91733851	21,2368	7,6688	0,00222	2,6542	1	141,7	1597,5
452	204304	92345408	21,2603	7,6744	0,00221	2,6551	2	142,0	1604,6
453	205209	92959677	21,2838	7,6801	0,00221	2,6561	3	142,3	1611,7
454	206116	93576664	21,3073	7,6857	0,00220	2,6571	4	142,6	1618,8
455	207025	94196375	21,3307	7,6914	0,00220	2,6580	5	142,9	1626,0
456	207936	94818816	21,3542	7,6970	0,00219	2,6590	6	143,3	1633,1
457	208849	95443993	21,3776	7,7026	0,00219	2,6599	7	143,6	1640,3
458	209764	96071912	21,4009	7,7082	0,00218	2,6609	8	143,9	1647,5
459	210681	96702579	21,4243	7,7138	0,00218	2,6618	9	144,2	1654,7
460	211600	97336000	21,4476	7,7194	0,00217	2,6628	46,0	144,5	1661,9
461	212521	97972181	21,4709	7,7250	0,00217	2,6637	1	144,8	1669,1
462	213444	98611128	21,4942	7,7306	0,00216	2,6646	2	145,1	1676,4
463	214369	99252847	21,5174	7,7362	0,00216	2,6656	3	145,5	1683,7
464	215296	99897344	21,5407	7,7418	0,00216	2,6665	4	145,8	1690,9
465	216225	100544625	21,5639	7,7473	0,00215	2,6675	5	146,1	1698,2
466	217156	101194696	21,5870	7,7529	0,00215	2,6684	6	146,4	1705,5
467	218089	101847563	21,6102	7,7584	0,00214	2,6693	7	146,7	1712,9
468	219024	102503232	21,6333	7,7639	0,00214	2,6703	8	147,0	1720,2
469	219961	103161709	21,6564	7,7695	0,00213	2,6712	9	147,3	1727,6
470	220900	103823000	21,6795	7,7750	0,00213	2,6721	47,0	147,7	1734,9
471	221841	104487111	21,7025	7,7805	0,00212	2,6730	1	148,0	1742,3
472	222784	105154048	21,7256	7,7860	0,00212	2,6739	2	148,3	1749,7
473	223729	105823817	21,7486	7,7915	0,00211	2,6749	3	148,6	1757,2
474	224676	106496424	21,7715	7,7970	0,00211	2,6758	4	148,9	1764,6
475	225625	107171875	21,7945	7,8025	0,00211	2,6767	5	149,2	1772,1
476	226576	107850176	21,8174	7,8079	0,00210	2,6776	6	149,5	1779,5
477	227529	108531333	21,8403	7,8134	0,00210	2,6785	7	149,9	1787,0
478	228484	109216352	21,8632	7,8188	0,00209	2,6794	8	150,2	1794,5
479	229441	109902239	21,8861	7,8243	0,00209	2,6803	9	150,5	1802,0
480	230400	110592000	21,9089	7,8297	0,00208	2,6812	48,0	150,8	1809,6
481	231361	111284641	21,9317	7,8352	0,00208	2,6822	1	151,1	1817,1
482	232324	111980168	21,9545	7,8406	0,00207	2,6831	2	151,4	1824,7
483	233289	112678587	21,9773	7,8460	0,00207	2,6840	3	151,7	1832,2
484	234256	113379904	22,0000	7,8514	0,00207	2,6849	4	152,1	1839,8
485	235225	114084125	22,0227	7,8568	0,00206	2,6857	5	152,4	1847,5

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\log n$	$d = 0,1n$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
486	235196	114791256	22,0454	7,8622	0,00206	2,6866	6	152,7	1855,1
487	237169	115501303	22,0681	7,8676	0,00205	2,6875	7	153,0	1862,7
488	238144	116214274	22,0907	7,8730	0,00205	2,6884	8	153,3	1870,4
489	239121	116930169	22,1133	7,8784	0,00204	2,6893	9	153,6	1878,1
490	240100	117649000	22,1359	7,8837	0,00204	2,6902	49,0	153,9	1885,7
491	241081	118370771	22,1585	7,8891	0,00204	2,6911	1	154,3	1893,4
492	242064	119095488	22,1811	7,8944	0,00203	2,6920	2	154,6	1901,2
493	243049	119823157	22,2036	7,8998	0,00203	2,6929	3	154,9	1908,9
494	244036	120553784	22,2261	7,9051	0,00202	2,6937	4	155,2	1916,7
495	245025	121287375	22,2486	7,9105	0,00202	2,6946	5	155,5	1924,4
496	246016	122023936	22,2711	7,9158	0,00202	2,6955	6	155,8	1932,2
497	247009	122763473	22,2935	7,9211	0,00201	2,6964	7	156,1	1940,0
498	248004	123505992	22,3159	7,9264	0,00201	2,6972	8	156,5	1947,8
499	249001	124251499	22,3383	7,9317	0,00200	2,6981	9	156,8	1955,6
500	250000	125000000	22,3607	7,9370	0,00200	2,6990	50,0	157,1	1963,5
501	251001	125751501	22,3830	7,9423	0,00200	2,6998	1	157,4	1971,4
502	252004	126506008	22,4054	7,9476	0,00199	2,7007	2	157,7	1979,2
503	253009	127263527	22,4277	7,9528	0,00199	2,7016	3	158,0	1987,1
504	254016	128024064	22,4499	7,9581	0,00198	2,7024	4	158,3	1995,0
505	255025	128787625	22,4722	7,9634	0,00198	2,7033	5	158,7	2003,0
506	256036	129554216	22,4944	7,9686	0,00198	2,7042	6	159,0	2010,9
507	257049	130323843	22,5167	7,9739	0,00197	2,7050	7	159,3	2018,9
508	258064	131096512	22,5389	7,9791	0,00197	2,7059	8	159,6	2026,8
509	259081	131872229	22,5610	7,9843	0,00196	2,7067	9	159,9	2034,8
510	260100	132651000	22,5832	7,9896	0,00196	2,7076	51,0	160,2	2042,8
511	261121	133432831	22,6053	7,9948	0,00196	2,7084	1	160,5	2050,8
512	262144	134217728	22,6274	8,0000	0,00195	2,7093	2	160,8	2058,9
513	263169	135005697	22,6495	8,0052	0,00195	2,7101	3	161,2	2066,9
514	264196	135796744	22,6716	8,0104	0,00195	2,7110	4	161,5	2075,0
515	265225	136590875	22,6936	8,0156	0,00194	2,7118	5	161,8	2083,1
516	266256	137388096	22,7156	8,0208	0,00194	2,7127	6	162,1	2091,2
517	267289	138188413	22,7376	8,0260	0,00193	2,7135	7	162,4	2099,3
518	268324	138991832	22,7596	8,0311	0,00193	2,7143	8	162,7	2107,4
519	269361	139798359	22,7816	8,0363	0,00193	2,7152	9	163,0	2115,6
520	270400	140608000	22,8035	8,0415	0,00192	2,7160	52,0	163,4	2123,7
521	271441	141420761	22,8254	8,0466	0,00192	2,7168	1	163,7	2131,9
522	272484	142236648	22,8473	8,0517	0,00192	2,7177	2	164,0	2140,1
523	273529	143055667	22,8692	8,0569	0,00191	2,7185	3	164,3	2148,3
524	274576	143877824	22,8910	8,0620	0,00191	2,7193	4	164,6	2156,5
525	275625	144703125	22,9129	8,0671	0,00190	2,7202	5	164,9	2164,8
526	276676	145531576	22,9347	8,0723	0,00190	2,7210	6	165,2	2173,0
527	277729	146363183	22,9565	8,0774	0,00190	2,7218	7	165,6	2181,3
528	278784	147197952	22,9783	8,0825	0,00189	2,7226	8	165,9	2189,6
529	279841	148035889	23,0000	8,0876	0,00189	2,7235	9	166,2	2197,9
530	280900	148877000	23,0217	8,0927	0,00189	2,7243	53,0	166,5	2206,2
531	281961	149721291	23,0434	8,0978	0,00188	2,7251	1	166,8	2214,5
532	283024	150568768	23,0651	8,1028	0,00188	2,7259	2	167,1	2222,9
533	284089	151419437	23,0868	8,1079	0,00188	2,7267	3	167,4	2231,2
534	285156	152273304	23,1084	8,1130	0,00187	2,7275	4	167,8	2239,6
535	286225	153130375	23,1301	8,1180	0,00187	2,7284	5	168,1	2248,0
536	287296	153990656	23,1517	8,1231	0,00187	2,7292	6	168,4	2256,4
537	288369	154854153	23,1733	8,1281	0,00186	2,7300	7	168,7	2264,8
538	289444	155720872	23,1948	8,1332	0,00186	2,7308	8	169,0	2273,3
539	290521	156590819	23,2164	8,1382	0,00186	2,7316	9	169,3	2281,7
540	291600	157464000	23,2379	8,1433	0,00185	2,7324	54,0	169,6	2290,2

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{\pi} \pi d^2$
541	292681	158340421	23,2594	8,1483	0,00185	2,7332	1	70,0	2298,7
542	293764	159220088	23,2809	8,1533	0,00185	2,7340	2	170,3	2307,2
543	294849	160103007	23,3024	8,1583	0,00184	2,7348	3	170,6	2315,7
544	295936	160989184	23,3238	8,1633	0,00184	2,7356	4	170,9	2324,3
545	297025	161878625	23,3452	8,1683	0,00183	2,7364	5	171,2	2332,8
546	298116	162771336	23,3666	8,1733	0,00183	2,7372	6	171,5	2341,4
547	299209	163667323	23,3880	8,1783	0,00183	2,7380	7	171,8	2350,0
548	300304	164566592	23,4094	8,1833	0,00182	2,7388	8	172,2	2358,6
549	301401	165469149	23,4307	8,1882	0,00182	2,7396	9	172,5	2367,2
550	302500	166375000	23,4521	8,1932	0,00182	2,7404	55,0	172,8	2375,8
551	303601	167284151	23,4734	8,1982	0,00181	2,7412	1	173,1	2384,5
552	304704	168196608	23,4947	8,2031	0,00181	2,7419	2	173,4	2393,1
553	305809	169112377	23,5160	8,2081	0,00181	2,7427	3	173,7	2401,8
554	306916	170031464	23,5372	8,2130	0,00181	2,7435	4	174,0	2410,5
555	308025	170953875	23,5584	8,2180	0,00180	2,7443	5	174,4	2419,2
556	309136	171879616	23,5797	8,2229	0,00180	2,7451	6	174,7	2427,9
557	310249	172808693	23,6008	8,2278	0,00180	2,7459	7	175,0	2436,7
558	311364	173741112	23,6220	8,2327	0,00179	2,7466	8	175,3	2445,4
559	312481	174676879	23,6432	8,2377	0,00179	2,7474	9	175,6	2454,2
560	313600	175616000	23,6643	8,2426	0,00179	2,7482	56,0	175,9	2463,0
561	314721	176558481	23,6854	8,2475	0,00178	2,7490	1	176,2	2471,8
562	315844	177504328	23,7065	8,2524	0,00178	2,7497	2	176,6	2480,6
563	316969	178453547	23,7276	8,2573	0,00178	2,7505	3	176,9	2489,5
564	318096	179406144	23,7487	8,2621	0,00177	2,7513	4	177,2	2498,3
565	319225	180362125	23,7697	8,2670	0,00177	2,7521	5	177,5	2507,2
566	320356	181321496	23,7908	8,2719	0,00177	2,7528	6	177,8	2516,1
567	321489	182284263	23,8118	8,2768	0,00176	2,7536	7	178,1	2525,0
568	322624	183250432	23,8328	8,2816	0,00176	2,7544	8	178,4	2533,9
569	323761	184220009	23,8537	8,2865	0,00176	2,7551	9	178,8	2542,8
570	324900	185193000	23,8747	8,2913	0,00175	2,7559	57,0	179,1	2551,8
571	326041	186169411	23,8956	8,2962	0,00175	2,7566	1	179,4	2560,7
572	327184	187149248	23,9165	8,3010	0,00175	2,7574	2	179,7	2569,7
573	328329	188132517	23,9374	8,3059	0,00175	2,7582	3	180,0	2578,7
574	329476	189119224	23,9583	8,3107	0,00174	2,7589	4	180,3	2587,7
575	330625	190109375	23,9792	8,3155	0,00174	2,7597	5	180,6	2596,7
576	331776	191102976	24,0000	8,3203	0,00174	2,7604	6	181,0	2605,8
577	332929	192100033	24,0208	8,3251	0,00173	2,7612	7	181,3	2614,8
578	334084	193100552	24,0416	8,3300	0,00173	2,7619	8	181,6	2623,9
579	335241	194104539	24,0624	8,3348	0,00173	2,7627	9	181,9	2633,0
580	336400	195112000	24,0832	8,3396	0,00172	2,7634	58,0	182,2	2642,1
581	337561	196122941	24,1039	8,3444	0,00172	2,7641	1	182,5	2651,2
582	338724	197137368	24,1247	8,3491	0,00172	2,7649	2	182,8	2660,3
583	339889	198155287	24,1454	8,3539	0,00172	2,7657	3	183,2	2669,5
584	341056	199176704	24,1661	8,3587	0,00171	2,7664	4	183,5	2678,6
585	342225	200201625	24,1868	8,3634	0,00171	2,7672	5	183,8	2687,8
586	343396	201230056	24,2074	8,3682	0,00171	2,7679	6	184,1	2697,0
587	344569	202262003	24,2281	8,3730	0,00170	2,7686	7	184,4	2706,2
588	345744	203297472	24,2487	8,3777	0,00170	2,7694	8	184,7	2715,5
589	346921	204336469	24,2693	8,3825	0,00170	2,7701	9	185,0	2724,7
590	348100	205379000	24,2899	8,3872	0,00169	2,7709	59,0	185,4	2734,0
591	349281	206425071	24,3105	8,3919	0,00169	2,7716	1	185,7	2743,2
592	350464	207474688	24,3311	8,3967	0,00169	2,7723	2	186,0	2752,5
593	351649	208527857	24,3516	8,4014	0,00169	2,7731	3	186,3	2761,8
594	352836	209584584	24,3721	8,4061	0,00168	2,7738	4	186,6	2771,2
595	354025	210644876	24,3926	8,4108	0,00168	2,7745	5	186,9	2780,5

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1 n}$	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
595	355216	211708736	24,4131	8,4155	0,00168	2,7753	6	187,2	2789,9
597	356409	212776173	24,4336	8,4202	0,00168	2,7760	7	187,6	2799,2
598	357604	213847192	24,4540	8,4249	0,00167	2,7767	8	187,9	2808,6
599	358801	214921799	24,4745	8,4296	0,00167	2,7774	9	188,2	2818,0
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	0,00167	2,7782	60,0	188,5	2827,4
601	361201	217081801	24,5153	8,4390	0,00166	2,7789	1	188,8	2836,9
602	362404	218167208	24,5357	8,4437	0,00166	2,7796	2	189,1	2846,3
603	363609	219256227	24,5561	8,4484	0,00166	2,7803	3	189,4	2855,9
604	364816	220348864	24,5764	8,4530	0,00166	2,7810	4	189,8	2865,3
605	366025	221445125	24,5967	8,4577	0,00165	2,7818	5	190,1	2874,8
606	367236	222545016	24,6171	8,4623	0,00165	2,7825	6	190,4	2884,3
607	368449	223648543	24,6374	8,4670	0,00165	2,7832	7	190,7	2893,8
608	369664	224755712	24,6577	8,4716	0,00164	2,7839	8	191,0	2903,3
609	370881	225866529	24,6779	8,4763	0,00164	2,7846	9	191,3	2912,9
610	372100	226981000	24,6982	8,4809	0,00164	2,7853	61,0	191,6	2922,5
611	373321	228099131	24,7184	8,4856	0,00164	2,7860	1	192,0	2932,1
612	374544	229220928	24,7386	8,4902	0,00163	2,7868	2	192,3	2941,7
613	375769	230346397	24,7588	8,4948	0,00163	2,7875	3	192,6	2951,3
614	376996	231475544	24,7790	8,4994	0,00163	2,7882	4	192,9	2960,9
615	378225	232608375	24,7992	8,5040	0,00163	2,7889	5	193,2	2970,6
616	379456	233744896	24,8193	8,5086	0,00162	2,7896	6	193,5	2980,2
617	380689	234885113	24,8395	8,5132	0,00162	2,7903	7	193,8	2989,9
618	381924	236029032	24,8596	8,5178	0,00162	2,7910	8	194,2	2999,6
619	383161	237176659	24,8797	8,5224	0,00162	2,7917	9	194,5	3009,3
620	384400	238328000	24,8998	8,5270	0,00161	2,7924	62,0	194,8	3019,1
621	385641	239483061	24,9199	8,5316	0,00161	2,7931	1	195,1	3028,8
622	386884	240641848	24,9399	8,5362	0,00161	2,7938	2	195,4	3038,6
623	388129	241804367	24,9600	8,5408	0,00161	2,7945	3	195,7	3048,4
624	389376	242970624	24,9800	8,5453	0,00160	2,7952	4	196,0	3058,2
625	390625	244140625	25,0000	8,5499	0,00160	2,7959	5	196,3	3068,0
626	391876	245314376	25,0200	8,5544	0,00160	2,7966	6	196,7	3077,8
627	393129	246491883	25,0400	8,5590	0,00159	2,7973	7	197,0	3087,6
628	394384	247673152	25,0599	8,5635	0,00159	2,7980	8	197,3	3097,5
629	395641	248858189	25,0799	8,5681	0,00159	2,7987	9	197,6	3107,4
630	396900	250047000	25,0998	8,5726	0,00159	2,7993	63,0	197,9	3117,2
631	398161	251239591	25,1197	8,5772	0,00158	2,8000	1	198,2	3127,1
632	399424	252435968	25,1396	8,5817	0,00158	2,8007	2	198,5	3137,1
633	400689	253636137	25,1595	8,5862	0,00158	2,8014	3	198,9	3147,0
634	401956	254840104	25,1794	8,5907	0,00158	2,8021	4	199,2	3157,0
635	403225	256048785	25,1992	8,5952	0,00157	2,8028	5	199,5	3166,9
636	404496	257259456	25,2190	8,5997	0,00157	2,8035	6	199,8	3176,9
637	405769	258474853	25,2388	8,6043	0,00157	2,8041	7	200,1	3186,9
638	407044	259694072	25,2587	8,6088	0,00157	2,8048	8	200,4	3196,9
639	408321	260917119	25,2784	8,6132	0,00156	2,8055	9	200,7	3206,9
640	409600	262144000	25,2982	8,6177	0,00156	2,8062	64,0	201,1	3217,0
641	410881	263374721	25,3180	8,6222	0,00156	2,8069	1	201,4	3227,1
642	412164	264609288	25,3377	8,6267	0,00156	2,8075	2	201,7	3237,2
643	413449	265847707	25,3574	8,6312	0,00156	2,8082	3	202,0	3247,2
644	414736	267089984	25,3772	8,6357	0,00155	2,8089	4	202,3	3257,3
645	416025	268336125	25,3969	8,6401	0,00155	2,8096	5	202,6	3267,5
646	417316	269586136	25,4165	8,6446	0,00155	2,8102	6	202,9	3277,6
647	418609	270840023	25,4362	8,6490	0,00155	2,8109	7	203,3	3287,7
648	419904	272097792	25,4558	8,6535	0,00154	2,8116	8	203,6	3297,9
649	421201	273359449	25,4755	8,6579	0,00154	2,8122	9	203,9	3308,1
650	422500	274625000	25,4951	8,6624	0,00154	2,8129	65,0	204,2	3318,3

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	d = 0, 1, n	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
651	423801	275894451	25,5147	8,6668	0,00154	2,8136	1	204,5	3328,5
652	425104	277167808	25,5343	8,6713	0,00153	2,8143	2	204,8	3338,3
653	426409	278445077	25,5539	8,6757	0,00153	2,8149	3	205,1	3349,0
654	427716	279726264	25,5734	8,6801	0,00153	2,8156	4	205,5	3359,3
655	429025	281011375	25,5930	8,6845	0,00153	2,8162	5	205,8	3369,6
656	430336	282300416	25,6125	8,6890	0,00152	2,8169	6	206,1	3379,9
657	431649	283593393	25,6320	8,6934	0,00152	2,8176	7	206,4	3390,2
658	432964	284890312	25,6515	8,6978	0,00152	2,8182	8	206,7	3400,5
659	434281	286191179	25,6710	8,7022	0,00152	2,8189	9	207,0	3410,8
660	435600	287496000	25,6905	8,7066	0,00152	2,8195	66,0	207,3	3421,2
661	436921	288804781	25,7099	8,7110	0,00151	2,8202	1	207,7	3431,6
662	438244	290117528	25,7294	8,7154	0,00151	2,8209	2	208,0	3442,0
663	439569	291434247	25,7488	8,7198	0,00151	2,8215	3	208,3	3452,4
664	440896	292754934	25,7682	8,7241	0,00151	2,8222	4	208,6	3462,8
665	442225	294079625	25,7876	8,7285	0,00150	2,8228	5	208,9	3473,2
666	443556	295408296	25,8070	8,7329	0,00150	2,8235	6	209,2	3483,7
667	444889	296740963	25,8263	8,7373	0,00150	2,8241	7	209,5	3494,2
668	446224	298077632	25,8457	8,7416	0,00150	2,8248	8	209,9	3504,6
669	447561	299418309	25,8650	8,7460	0,00149	2,8254	9	210,2	3515,1
670	448900	300763000	25,8844	8,7503	0,00149	2,8261	67,0	210,5	3525,7
671	450241	302111711	25,9037	8,7547	0,00149	2,8267	1	210,8	3536,2
672	451584	303464448	25,9230	8,7590	0,00149	2,8274	2	211,1	3546,7
673	452929	304821217	25,9422	8,7634	0,00149	2,8280	3	211,4	3557,3
674	454276	306182024	25,9615	8,7677	0,00148	2,8287	4	211,7	3567,9
675	455625	307546875	25,9808	8,7721	0,00148	2,8293	5	212,1	3578,5
676	456976	308915776	26,0000	8,7764	0,00148	2,8299	6	212,4	3589,1
677	458329	310288733	26,0192	8,7807	0,00148	2,8306	7	212,7	3599,7
678	459684	311665752	26,0384	8,7850	0,00147	2,8312	8	213,0	3610,3
679	461041	313046839	26,0576	8,7893	0,00147	2,8319	9	213,4	3621,0
680	462400	314432000	26,0768	8,7937	0,00147	2,8325	68,0	213,6	3631,7
681	463761	315821241	26,0960	8,7980	0,00147	2,8332	1	213,9	3642,4
682	465124	317214568	26,1151	8,8023	0,00147	2,8338	2	214,3	3653,1
683	466489	318611987	26,1343	8,8066	0,00146	2,8344	3	214,6	3663,8
684	467856	320013504	26,1534	8,8109	0,00146	2,8351	4	214,9	3674,5
685	469225	321419125	26,1725	8,8152	0,00146	2,8357	5	215,2	3685,3
686	470596	322828856	26,1916	8,8194	0,00146	2,8363	6	215,5	3696,1
687	471969	324242703	26,2107	8,8237	0,00146	2,8370	7	215,8	3706,8
688	473344	325660672	26,2298	8,8280	0,00145	2,8376	8	216,1	3717,6
689	474721	327082769	26,2488	8,8323	0,00145	2,8382	9	216,5	3728,5
690	476100	328509000	26,2679	8,8366	0,00145	2,8389	69,0	216,8	3739,3
691	477481	329939371	26,2869	8,8408	0,00145	2,8395	1	217,1	3750,1
692	478864	331373888	26,3059	8,8451	0,00145	2,8401	2	217,4	3761,0
693	480249	332812557	26,3249	8,8493	0,00144	2,8407	3	217,7	3771,9
694	481636	334255384	26,3439	8,8536	0,00144	2,8414	4	218,0	3782,8
695	483025	335702375	26,3629	8,8578	0,00144	2,8420	5	218,3	3793,7
696	484416	337153536	26,3818	8,8621	0,00144	2,8426	6	218,7	3804,6
697	485809	338608873	26,4008	8,8663	0,00143	2,8432	7	219,0	3815,5
698	487204	340068392	26,4197	8,8706	0,00143	2,8439	8	219,3	3826,5
699	488601	341532099	26,4386	8,8748	0,00143	2,8445	9	219,6	3837,5
700	490000	343000000	26,4575	8,8790	0,00143	2,8451	70,0	219,9	3848,5
701	491401	344472101	26,4764	8,8833	0,00143	2,8457	1	220,2	3859,5
702	492804	345948408	26,4953	8,8875	0,00142	2,8463	2	220,5	3870,5
703	494209	347428927	26,5141	8,8917	0,00142	2,8470	3	220,9	3881,5
704	495616	348913664	26,5330	8,8959	0,00142	2,8476	4	221,2	3892,6
705	497025	350402625	26,5518	8,9001	0,00142	2,8482	5	221,5	3903,6

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
706	498436	351895816	26,5707	8,9043	0,00142	2,8488	6	221,8	3914,7
707	499849	353393243	26,5895	8,9085	0,00141	2,8494	7	222,1	3925,8
708	501264	354894912	26,6083	8,9127	0,00141	2,8500	8	222,4	3936,9
709	502681	356400829	26,6271	8,9169	0,00141	2,8506	9	222,7	3948,0
710	504100	357911000	26,6458	8,9211	0,00141	2,8513	71,0	223,1	3959,2
711	505521	359425431	26,6646	8,9253	0,00141	2,8519	1	223,4	3970,4
712	506944	360944128	26,6833	8,9295	0,00140	2,8525	2	223,7	3981,5
713	508369	362467097	26,7021	8,9337	0,00140	2,8531	3	224,0	3992,7
714	509796	363994344	26,7208	8,9378	0,00140	2,8537	4	224,3	4003,9
715	511225	365525875	26,7395	8,9420	0,00140	2,8543	5	224,6	4015,2
716	512656	367061696	26,7582	8,9462	0,00140	2,8549	6	224,9	4026,4
717	514089	368601813	26,7769	8,9503	0,00139	2,8555	7	225,3	4037,6
718	515524	370146232	26,7955	8,9545	0,00139	2,8561	8	225,6	4048,9
719	516961	371694959	26,8142	8,9587	0,00139	2,8567	9	225,9	4060,2
720	518400	373248000	26,8328	8,9628	0,00139	2,8573	72,0	226,2	4071,5
721	519841	374805361	26,8514	8,9670	0,00139	2,8579	1	226,5	4082,8
722	521284	376367048	26,8701	8,9711	0,00139	2,8585	2	226,8	4094,2
723	522729	377933067	26,8887	8,9752	0,00138	2,8591	3	227,1	4105,5
724	524176	379503424	26,9072	8,9794	0,00138	2,8597	4	227,5	4116,9
725	525625	381078125	26,9258	8,9835	0,00138	2,8603	5	227,8	4128,2
726	527076	382657176	26,9444	8,9876	0,00138	2,8609	6	228,1	4139,6
727	528529	384240583	26,9629	8,9918	0,00138	2,8615	7	228,4	4151,1
728	529984	385828352	26,9815	8,9959	0,00137	2,8621	8	228,7	4162,5
729	531441	387420499	27,0000	9,0000	0,00137	2,8627	9	229,0	4173,9
730	532900	389017000	27,0185	9,0041	0,00137	2,8633	73,0	229,3	4185,4
731	534361	390617891	27,0370	9,0082	0,00137	2,8639	1	229,7	4196,9
732	535824	392223168	27,0555	9,0123	0,00137	2,8645	2	230,0	4208,4
733	537289	393832837	27,0740	9,0164	0,00136	2,8651	3	230,3	4219,9
734	538756	395446904	27,0924	9,0205	0,00136	2,8657	4	230,6	4231,4
735	540225	397065475	27,1109	9,0246	0,00136	2,8663	5	230,9	4242,9
736	541696	398688256	27,1293	9,0287	0,00136	2,8669	6	231,2	4254,5
737	543169	400315553	27,1477	9,0328	0,00136	2,8675	7	231,5	4266,0
738	544644	401947272	27,1662	9,0369	0,00136	2,8681	8	231,8	4277,6
739	546121	403583419	27,1846	9,0410	0,00135	2,8686	9	232,2	4289,2
740	547600	405224000	27,2029	9,0450	0,00135	2,8692	74,0	232,5	4300,8
741	549081	406869021	27,2213	9,0491	0,00135	2,8698	1	232,8	4312,5
742	550564	408518488	27,2397	9,0532	0,00135	2,8704	2	233,1	4324,1
743	552049	410172407	27,2580	9,0572	0,00135	2,8710	3	233,4	4335,8
744	553536	411830784	27,2764	9,0613	0,00134	2,8716	4	233,7	4347,5
745	555025	413493625	27,2947	9,0654	0,00134	2,8722	5	234,0	4359,2
746	556516	415160936	27,3130	9,0694	0,00134	2,8727	6	234,4	4370,9
747	558009	416832723	27,3313	9,0735	0,00134	2,8733	7	234,7	4382,6
748	559504	418508992	27,3496	9,0775	0,00134	2,8739	8	235,0	4394,3
749	561001	420189749	27,3679	9,0816	0,00134	2,8745	9	235,3	4406,1
750	562500	421875000	27,3861	9,0856	0,00133	2,8751	75,0	235,6	4417,9
751	564001	423564751	27,4044	9,0896	0,00133	2,8756	1	235,9	4429,7
752	565504	425259008	27,4226	9,0937	0,00133	2,8762	2	236,2	4441,5
753	567009	426957777	27,4408	9,0977	0,00133	2,8768	3	236,6	4453,3
754	568516	428661064	27,4591	9,1017	0,00133	2,8774	4	236,9	4465,1
755	570025	430368875	27,4773	9,1057	0,00132	2,8780	5	237,2	4477,0
756	571536	432081216	27,4955	9,1098	0,00132	2,8785	6	237,5	4488,8
757	573049	433798093	27,5136	9,1138	0,00132	2,8791	7	237,8	4500,7
758	574564	435519512	27,5318	9,1178	0,00132	2,8797	8	238,1	4512,6
759	576081	437245479	27,5500	9,1218	0,00132	2,8802	9	238,4	4524,4
760	577600	438976000	27,5681	9,1258	0,00132	2,8808	76,0	238,8	4536,3

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1 n}$	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
761	579121	440711081	27,5862	9,1298	0,00131	2,8814	1	239,1	4548,4
762	580644	442450728	27,6043	9,1338	0,00131	2,8820	2	239,4	4560,4
763	582169	444194947	27,6223	9,1378	0,00131	2,8825	3	239,7	4572,3
764	583696	445943744	27,6405	9,1418	0,00131	2,8831	4	240,0	4584,3
765	585225	447697125	27,6586	9,1458	0,00131	2,8837	5	240,3	4596,3
766	586756	449455096	27,6767	9,1498	0,00131	2,8842	6	240,6	4608,4
767	588289	451217663	27,6948	9,1537	0,00130	2,8848	7	241,0	4620,4
768	589824	452984832	27,7128	9,1577	0,00130	2,8854	8	241,3	4632,5
769	591361	454756609	27,7308	9,1617	0,00130	2,8859	9	241,6	4644,5
770	592900	456533000	27,7489	9,1657	0,00130	2,8865	77,0	241,9	4656,6
771	594441	458314011	27,7669	9,1696	0,00130	2,8870	1	242,2	4668,7
772	595984	460099648	27,7849	9,1736	0,00130	2,8876	2	242,5	4680,8
773	597529	461889917	27,8029	9,1775	0,00129	2,8882	3	242,8	4693,0
774	599076	463684824	27,8209	9,1815	0,00129	2,8887	4	243,2	4705,1
775	600625	465484375	27,8388	9,1855	0,00129	2,8893	5	243,5	4717,3
776	602176	467288576	27,8568	9,1894	0,00129	2,8899	6	243,8	4729,5
777	603729	469097433	27,8747	9,1933	0,00129	2,8904	7	244,1	4741,7
778	605284	470910952	27,8927	9,1973	0,00129	2,8910	8	244,4	4753,9
779	606841	472729189	27,9106	9,2012	0,00128	2,8915	9	244,7	4766,1
780	608400	474552000	27,9285	9,2052	0,00128	2,8921	78,0	245,0	4778,4
781	609961	476379541	27,9464	9,2091	0,00128	2,8926	1	245,4	4790,6
782	611524	478211768	27,9643	9,2130	0,00128	2,8932	2	245,7	4802,9
783	613089	480049687	27,9821	9,2170	0,00128	2,8938	3	246,0	4815,2
784	614656	481893004	28,0000	9,2209	0,00128	2,8943	4	246,3	4827,5
785	616225	483742625	28,0179	9,2248	0,00127	2,8949	5	246,6	4839,8
786	617796	485587656	28,0357	9,2287	0,00127	2,8954	6	246,9	4852,2
787	619369	487443403	28,0535	9,2326	0,00127	2,8960	7	247,2	4864,5
788	620944	489303872	28,0713	9,2365	0,00127	2,8965	8	247,6	4876,9
789	622521	491169069	28,0891	9,2404	0,00127	2,8971	9	247,9	4889,3
790	624100	493039000	28,1069	9,2443	0,00127	2,8976	79,0	248,2	4901,7
791	625681	494913571	28,1247	9,2482	0,00126	2,8982	1	248,5	4914,1
792	627264	496793088	28,1425	9,2521	0,00126	2,8987	2	248,8	4926,5
793	628849	498677257	28,1603	9,2560	0,00126	2,8993	3	249,1	4939,0
794	630436	500566184	28,1780	9,2599	0,00126	2,8998	4	249,4	4951,4
795	632025	502459875	28,1957	9,2638	0,00126	2,9004	5	249,8	4963,9
796	633616	504358336	28,2135	9,2677	0,00126	2,9009	6	250,1	4976,4
797	635209	506261573	28,2312	9,2716	0,00125	2,9015	7	250,4	4988,9
798	636804	508169592	28,2489	9,2755	0,00125	2,9020	8	250,7	5001,4
799	638401	510082399	28,2666	9,2793	0,00125	2,9026	9	251,0	5014,0
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	0,00125	2,9031	80,0	251,3	5026,5
801	641601	513922401	28,3019	9,2870	0,00125	2,9036	1	251,6	5039,1
802	643204	515849608	28,3196	9,29,9	0,00125	2,9042	2	252,0	5051,7
803	644809	517781627	28,3373	9,2948	0,00125	2,9047	3	252,3	5064,3
804	646416	519718464	28,3549	9,2986	0,00124	2,9053	4	252,6	5076,9
805	648025	521660125	28,3725	9,3025	0,00124	2,9058	5	252,9	5089,6
806	649636	523606616	28,3901	9,3063	0,00124	2,9063	6	253,2	5102,2
807	651249	525557943	28,4077	9,3102	0,00124	2,9069	7	253,5	5114,9
808	652864	527514112	28,4253	9,3140	0,00124	2,9074	8	253,8	5127,6
809	654481	529475129	28,4429	9,3179	0,00124	2,9080	9	254,2	5140,3
810	656100	531441000	28,4605	9,3217	0,00123	2,9085	81,0	254,5	5153,0
811	657721	533411731	28,4781	9,3255	0,00123	2,9090	1	254,8	5165,7
812	659344	535387328	28,4956	9,3294	0,00123	2,9095	2	255,1	5178,5
813	660969	537367797	28,5132	9,3332	0,00123	2,9101	3	255,4	5191,2
814	662596	539353144	28,5307	9,3370	0,00123	2,9106	4	255,7	5204,0
815	664225	541343375	28,5482	9,3408	0,00123	2,9112	5	256,0	5216,8

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1 n}$	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
816	665856	543338496	28,5657	9,3447	0,00123	2,9117	6	256,4	5229,6
817	667489	545338513	28,5892	9,3485	0,00122	2,9122	7	256,7	5242,4
818	669124	547343432	28,6007	9,3523	0,00122	2,9128	8	257,0	5255,3
819	670761	549353259	28,6182	9,3561	0,00122	2,9133	9	257,3	5268,1
820	672400	551368000	28,6356	9,3599	0,00122	2,9138	82,0	257,6	5281,0
821	674041	553387661	28,6531	9,3637	0,00122	2,9143	1	257,9	5293,9
822	675684	555412248	28,6705	9,3675	0,00122	2,9149	2	258,2	5306,8
823	677329	557441767	28,6880	9,3713	0,00122	2,9154	3	258,6	5319,7
824	678976	559476224	28,7054	9,3751	0,00121	2,9159	4	258,9	5332,7
825	680625	561515625	28,7228	9,3789	0,00121	2,9164	5	259,2	5345,6
826	682276	563559976	28,7402	9,3827	0,00121	2,9170	6	259,5	5358,6
827	683929	565609283	28,7576	9,3865	0,00121	2,9175	7	259,8	5371,6
828	685584	567663552	28,7750	9,3902	0,00121	2,9180	8	260,1	5384,6
829	687241	569722789	28,7924	9,3940	0,00121	2,9186	9	260,4	5397,6
830	688900	571787000	28,8097	9,3978	0,00120	2,9191	83,0	260,8	5410,6
831	690561	573856191	28,8271	9,4016	0,00120	2,9196	1	261,1	5423,7
832	692224	575930368	28,8444	9,4053	0,00120	2,9201	2	261,4	5436,7
833	693889	578009537	28,8617	9,4091	0,00120	2,9206	3	261,7	5449,8
834	695556	580093704	28,8791	9,4129	0,00120	2,9212	4	262,0	5462,9
835	697225	582182875	28,8964	9,4166	0,00120	2,9217	5	262,3	5476,0
836	698896	584277056	28,9137	9,4204	0,00120	2,9222	6	262,6	5489,1
837	700569	586376253	28,9310	9,4241	0,00119	2,9228	7	263,0	5502,3
838	702244	588480472	28,9482	9,4279	0,00119	2,9232	8	263,3	5515,4
839	703921	590589719	28,9655	9,4316	0,00119	2,9238	9	263,6	5528,6
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	0,00119	2,9243	84,0	263,9	5541,8
841	707281	594823321	29,0000	9,4391	0,00119	2,9248	1	264,2	5555,0
842	708964	596947688	29,0172	9,4429	0,00119	2,9253	2	264,5	5568,2
843	710649	599077107	29,0345	9,4466	0,00119	2,9258	3	264,8	5581,4
844	712336	601211584	29,0517	9,4503	0,00118	2,9263	4	265,2	5594,7
845	714025	603351125	29,0689	9,4541	0,00118	2,9269	5	265,5	5607,9
846	715716	605495736	29,0861	9,4578	0,00118	2,9274	6	265,8	5621,2
847	717409	607645423	29,1033	9,4615	0,00118	2,9279	7	266,1	5634,5
848	719104	609801192	29,1204	9,4652	0,00118	2,9284	8	266,4	5647,8
849	720801	611960049	29,1376	9,4690	0,00118	2,9289	9	266,7	5661,2
850	722500	614125000	29,1548	9,4727	0,00118	2,9294	85,0	267,0	5674,5
851	724201	616295051	29,1719	9,4764	0,00118	2,9299	1	267,3	5687,9
852	725904	618470208	29,1890	9,4801	0,00117	2,9304	2	267,7	5701,2
853	727609	620650477	29,2062	9,4838	0,00117	2,9309	3	268,0	5714,6
854	729316	622835864	29,2233	9,4875	0,00117	2,9315	4	268,3	5728,0
855	731025	625026375	29,2404	9,4912	0,00117	2,9320	5	268,6	5741,5
856	732736	627222016	29,2575	9,4949	0,00117	2,9325	6	268,9	5754,9
857	734449	629422793	29,2746	9,4986	0,00117	2,9330	7	269,2	5768,3
858	736164	631628712	29,2916	9,5023	0,00117	2,9335	8	269,5	5781,8
859	737881	633839779	29,3087	9,5060	0,00116	2,9340	9	269,9	5795,3
860	739600	636056000	29,3258	9,5097	0,00116	2,9345	86,0	270,2	5808,8
861	741321	638277381	29,3428	9,5134	0,00116	2,9350	1	270,5	5822,3
862	743044	640503928	29,3598	9,5171	0,00116	2,9355	2	270,8	5835,9
863	744769	642735647	29,3769	9,5207	0,00116	2,9360	3	271,1	5849,4
864	746496	644972544	29,3939	9,5244	0,00116	2,9365	4	271,4	5863,0
865	748225	647214625	29,4109	9,5281	0,00116	2,9370	5	271,7	5876,5
866	749956	649461896	29,4279	9,5317	0,00115	2,9375	6	272,1	5890,1
867	751689	651714363	29,4449	9,5354	0,00115	2,9380	7	272,4	5903,8
868	753424	653972032	29,4618	9,5391	0,00115	2,9385	8	272,7	5917,4
869	755161	656234909	29,4788	9,5427	0,00115	2,9390	9	273,0	5931,0
870	756900	658503000	29,4958	9,5464	0,00115	2,9395	87,0	273,3	5944,7

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log n	$d = \frac{1}{n}$	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
871	758641	660776311	29,5127	9,5501	0,00115	2,9400	1	273,6	5958,4
872	760384	663054848	29,5296	9,5537	0,00115	2,9405	2	273,9	5972,0
873	762129	665338617	29,5466	9,5574	0,00115	2,9410	3	274,3	5985,7
874	763876	667627624	29,5635	9,5610	0,00114	2,9415	4	274,6	5999,5
875	765625	669921875	29,5804	9,5647	0,00114	2,9420	5	274,9	6013,2
876	767376	672221376	29,5973	9,5683	0,00114	2,9425	6	275,2	6027,0
877	769129	674526133	29,6142	9,5719	0,00114	2,9430	7	275,5	6040,7
878	770884	676836152	29,6311	9,5756	0,00114	2,9435	8	275,8	6054,5
879	772641	679151439	29,6479	9,5792	0,00114	2,9440	9	276,1	6068,3
880	774400	681472000	29,6648	9,5828	0,00114	2,9445	88,0	276,5	6082,1
881	776161	683797841	29,6816	9,5865	0,00114	2,9450	1	276,8	6096,0
882	777924	686128968	29,6985	9,5901	0,00113	2,9455	2	277,1	6109,8
883	779689	688465287	29,7153	9,5937	0,00113	2,9460	3	277,4	6123,7
884	781456	690807104	29,7321	9,5973	0,00113	2,9465	4	277,7	6137,5
885	783225	693154125	29,7489	9,6010	0,00113	2,9469	5	278,0	6151,4
886	784996	695506456	29,7658	9,6046	0,00113	2,9474	6	278,3	6165,3
887	786769	697864103	29,7825	9,6082	0,00113	2,9479	7	278,7	6179,3
888	788544	700227072	29,7993	9,6118	0,00113	2,9484	8	279,0	6193,2
889	790321	702595369	29,8161	9,6154	0,00112	2,9489	9	279,3	6207,2
890	792100	704969000	29,8329	9,6190	0,00112	2,9494	89,0	279,6	6221,1
891	793881	707347971	29,8496	9,6226	0,00112	2,9499	1	279,9	6235,1
892	795664	709732288	29,8664	9,6262	0,00112	2,9504	2	280,2	6249,1
893	797449	712121957	29,8831	9,6298	0,00112	2,9509	3	280,5	6263,1
894	799236	714516984	29,8998	9,6334	0,00112	2,9513	4	280,9	6277,2
895	801025	716917375	29,9166	9,6370	0,00112	2,9518	5	281,2	6291,2
896	802816	719323136	29,9333	9,6406	0,00112	2,9523	6	281,5	6305,3
897	804609	721734273	29,9500	9,6442	0,00111	2,9528	7	281,8	6319,4
898	806404	724150792	29,9666	9,6477	0,00111	2,9533	8	282,1	6333,5
899	808201	726572699	29,9833	9,6513	0,00111	2,9538	9	282,4	6347,6
900	810000	729000000	30,0000	9,6549	0,00111	2,9542	90,0	282,7	6361,7
901	811801	731432701	30,0167	9,6585	0,00111	2,9547	1	283,1	6375,9
902	813604	733870808	30,0333	9,6620	0,00111	2,9552	2	283,4	6390,0
903	815409	736314327	30,0500	9,6656	0,00111	2,9557	3	283,7	6404,2
904	817216	738763264	30,0666	9,6692	0,00111	2,9562	4	284,0	6418,4
905	819025	741217625	30,0832	9,6727	0,00110	2,9567	5	284,3	6432,6
906	820836	743677416	30,0998	9,6763	0,00110	2,9571	6	284,6	6446,8
907	822649	746142643	30,1164	9,6799	0,00110	2,9576	7	284,9	6461,1
908	824464	748613312	30,1330	9,6834	0,00110	2,9581	8	285,3	6475,3
909	826281	751089429	30,1496	9,6870	0,00110	2,9586	9	285,6	6489,6
910	828100	753571000	30,1662	9,6905	0,00110	2,9590	91,0	285,9	6503,9
911	829921	756058031	30,1828	9,6941	0,00110	2,9595	1	286,2	6518,2
912	831744	758550528	30,1993	9,6976	0,00110	2,9599	2	286,5	6532,5
913	833569	761048497	30,2159	9,7012	0,00110	2,9605	3	286,8	6546,8
914	835396	763551944	30,2324	9,7047	0,00109	2,9609	4	287,1	6561,2
915	837225	766060875	30,2490	9,7082	0,00109	2,9614	5	287,5	6575,5
916	839056	768575296	30,2655	9,7118	0,00109	2,9619	6	287,8	6589,9
917	840889	771095213	30,2820	9,7153	0,00109	2,9624	7	288,1	6604,3
918	842724	773620632	30,2985	9,7188	0,00109	2,9628	8	288,4	6618,7
919	844561	776151559	30,3150	9,7224	0,00109	2,9633	9	288,7	6633,2
920	846400	778688000	30,3315	9,7259	0,00109	2,9638	92,0	289,0	6647,6
921	848241	781229961	30,3480	9,7294	0,00109	2,9643	1	289,3	6662,1
922	850084	783777448	30,3645	9,7329	0,00108	2,9647	2	289,7	6676,5
923	851929	786330467	30,3809	9,7364	0,00108	2,9652	3	290,0	6691,0
924	853776	788889024	30,3974	9,7400	0,00108	2,9657	4	290,3	6705,5
925	855625	791453125	30,4138	9,7435	0,00108	2,9661	5	290,6	6720,1

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
926	857476	794022776	30,4302	9,7470	0,00108	2,9666	6	290,9	6734,6
927	859329	796597983	30,4467	9,7505	0,00108	2,9671	7	291,2	6749,2
928	861184	799178752	30,4631	9,7540	0,00108	2,9675	8	291,5	6763,7
929	863041	801765089	30,4795	9,7575	0,00108	2,9680	9	291,9	6778,3
930	864900	804357000	30,4959	9,7610	0,00108	2,9685	93,0	292,2	6792,9
931	866761	806954491	30,5123	9,7645	0,00107	2,9689	1	292,5	6807,5
932	868624	809557568	30,5287	9,7680	0,00107	2,9694	2	292,8	6822,2
933	870489	812166237	30,5450	9,7715	0,00107	2,9699	3	293,1	6836,8
934	872356	814780504	30,5614	9,7750	0,00107	2,9704	4	293,4	6851,5
935	874225	817400375	30,5778	9,7785	0,00107	2,9708	5	293,7	6866,1
936	876096	820025856	30,5941	9,7819	0,00107	2,9713	6	294,1	6880,8
937	877969	822656953	30,6105	9,7854	0,00107	2,9717	7	294,4	6895,6
938	879844	825293672	30,6268	9,7889	0,00107	2,9722	8	294,7	6910,3
939	881721	827936019	30,6431	9,7924	0,00106	2,9727	9	295,0	6925,0
940	883600	830584000	30,6594	9,7959	0,00106	2,9731	94,0	295,3	6939,8
941	885481	833237621	30,6757	9,7993	0,00106	2,9736	1	295,6	6954,6
942	887364	835896888	30,6920	9,8028	0,00106	2,9740	2	295,9	6969,3
943	889249	838561807	30,7083	9,8063	0,00106	2,9745	3	296,3	6984,1
944	891136	841232384	30,7246	9,8097	0,00106	2,9750	4	296,6	6999,0
945	893025	843908625	30,7409	9,8132	0,00106	2,9754	5	296,9	7013,8
946	894916	846590536	30,7571	9,8167	0,00106	2,9759	6	297,2	7028,7
947	896809	849278123	30,7734	9,8201	0,00106	2,9763	7	297,5	7043,5
948	898704	851971392	30,7896	9,8236	0,00105	2,9768	8	297,8	7058,4
949	900601	854670349	30,8058	9,8270	0,00105	2,9773	9	298,1	7073,3
950	902500	857375000	30,8221	9,8305	0,00105	2,9777	95,0	298,5	7088,2
951	904401	860085351	30,8383	9,8339	0,00105	2,9782	1	298,8	7103,1
952	906304	862801408	30,8545	9,8374	0,00105	2,9786	2	299,1	7118,1
953	908209	865523177	30,8707	9,8408	0,00105	2,9791	3	299,4	7133,1
954	910116	868250664	30,8869	9,8443	0,00105	2,9796	4	299,7	7148,0
955	912025	870983875	30,9031	9,8477	0,00105	2,9800	5	300,0	7163,0
956	913936	873722816	30,9192	9,8511	0,00105	2,9805	6	300,3	7178,0
957	915849	876467493	30,9354	9,8546	0,00104	2,9809	7	300,7	7193,1
958	917764	879217912	30,9516	9,8580	0,00104	2,9814	8	301,0	7208,1
959	919681	881974079	30,9677	9,8614	0,00104	2,9818	9	301,3	7223,2
960	921600	884736000	30,9839	9,8648	0,00104	2,9823	96,0	301,6	7238,2
961	923521	887503681	31,0000	9,8683	0,00104	2,9827	1	301,9	7253,3
962	925444	890277128	31,0161	9,8717	0,00104	2,9832	2	302,2	7268,4
963	927369	893056347	31,0322	9,8751	0,00104	2,9836	3	302,5	7283,5
964	929296	895841844	31,0483	9,8785	0,00104	2,9841	4	302,8	7298,7
965	931225	898632125	31,0644	9,8819	0,00104	2,9845	5	303,2	7313,8
966	933156	901428696	31,0805	9,8854	0,00104	2,9850	6	303,5	7329,0
967	935089	904231063	31,0966	9,8888	0,00103	2,9854	7	303,8	7344,1
968	937024	907039232	31,1127	9,8922	0,00103	2,9859	8	304,1	7359,4
969	938961	909853209	31,1288	9,8956	0,00103	2,9863	9	304,4	7374,6
970	940900	912673000	31,1448	9,8990	0,00103	2,9868	97,0	304,7	7389,8
971	942841	915498611	31,1609	9,9024	0,00103	2,9872	1	305,0	7405,1
972	944784	918330048	31,1769	9,9058	0,00103	2,9877	2	305,4	7420,3
973	946729	921167317	31,1929	9,9092	0,00103	2,9881	3	305,7	7435,6
974	948676	924010424	31,2090	9,9126	0,00103	2,9886	4	306,0	7450,9
975	950625	926859375	31,2250	9,9160	0,00103	2,9890	5	306,3	7466,2
976	952576	929714176	31,2410	9,9194	0,00102	2,9895	6	306,6	7481,5
977	954529	932574833	31,2570	9,9227	0,00102	2,9900	7	306,9	7496,9
978	956484	935441352	31,2730	9,9261	0,00102	2,9905	8	307,2	7512,2
979	958441	938313739	31,2890	9,9295	0,00102	2,9910	9	307,5	7527,6
980	960400	941192000	31,3050	9,9329	0,00102	2,9915	98,0	307,9	7543,0

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{n}$	log n	$\frac{d}{0,1n}$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
981	962361	944076141	31,3209	9,9363	0,00102	2,9917		1 308,2	7558,4
982	964324	946966168	31,3369	9,9396	0,00102	2,9921		2 308,5	7573,8
983	966289	949862087	31,3528	9,9430	0,00102	2,9925		3 308,8	7589,2
984	968256	952763904	31,3688	9,9464	0,00102	2,9930		4 309,1	7604,7
985	970225	955671625	31,3847	9,9497	0,00102	2,9934		5 309,4	7620,1
986	972196	958585256	31,4006	9,9531	0,00101	2,9939		6 309,8	7635,6
987	974169	961504803	31,4166	9,9565	0,00101	2,9943		7 310,1	7651,1
988	976144	964430272	31,4325	9,9598	0,00101	2,9948		8 310,4	7666,6
989	978121	967361669	31,4484	9,9632	0,00101	2,9952		9 310,7	7682,1
990	980100	970299000	31,4643	9,9666	0,00101	2,9956	99,0	311,0	7697,7
991	982081	973242271	31,4802	9,9699	0,00101	2,9961		1 311,3	7713,2
992	984064	976191488	31,4960	9,9733	0,00101	2,9965		2 311,6	7728,8
993	986049	979146657	31,5119	9,9766	0,00101	2,9969		3 312,0	7744,4
994	988036	982107784	31,5278	9,9800	0,00101	2,9974		4 312,3	7760,0
995	990025	985074875	31,5436	9,9833	0,00101	2,9978		5 312,6	7775,6
996	992016	988047936	31,5595	9,9866	0,00100	2,9983		6 312,9	7791,3
997	994009	991026973	31,5753	9,9900	0,00100	2,9987		7 313,2	7806,9
998	996004	994011992	31,5911	9,9933	0,00100	2,9991		8 313,5	7822,6
999	998001	997002999	31,6070	9,9967	0,00100	2,9996		9 313,8	7838,3
1000	1000000	1000000000	31,6228	10,0000	0,00100	3,0000	100,0	314,2	7854,0

Tables des logarithmes naturels de 1,00 à 10.

N	log nat.	N	log nat.	N	log nat.	N	log nat.	N	log nat.
1,00	0,0000	2,25	0,8109	3,50	1,2528	4,75	1,5581	6,00	1,7918
1,05	0,0488	2,30	0,8329	3,55	1,2669	4,80	1,5686	6,10	1,8033
1,10	0,0953	2,35	0,8544	3,60	1,28 9	4,85	1,5790	6,20	1,8245
1,15	0,1398	2,40	0,8755	3,65	1,2947	4,90	1,5892	6,30	1,8405
1,20	0,1823	2,45	0,8961	3,70	1,3083	4,95	1,5994	6,40	1,8563
1,25	0,2231	2,50	0,9163	3,75	1,3218	5,00	1,6094	6,50	1,8718
1,30	0,2624	2,55	0,9361	3,80	1,3350	5,05	1,6194	6,60	1,8871
1,35	0,3001	2,60	0,9555	3,85	1,3481	5,10	1,6292	6,70	1,9021
1,40	0,3365	2,65	0,9746	3,90	1,3610	5,15	1,6390	6,80	1,9169
1,45	0,3716	2,70	0,9933	3,95	1,3737	5,20	1,6487	6,90	1,9315
1,50	0,4055	2,75	1,0116	4,00	1,3863	5,25	1,6582	7,00	1,9459
1,55	0,4383	2,80	1,0296	4,05	1,3987	5,30	1,6677	7,20	1,9741
1,60	0,4700	2,85	1,0473	4,10	1,4110	5,35	1,6771	7,40	2,0015
1,65	0,5008	2,90	1,0647	4,15	1,4231	5,40	1,6864	7,60	2,0281
1,70	0,5306	2,95	1,0818	4,20	1,4351	5,45	1,6956	7,80	2,0541
1,75	0,5596	3,00	1,0986	4,25	1,4469	5,50	1,7047	8,00	2,0794
1,80	0,5878	3,05	1,1154	4,30	1,4586	5,55	1,7138	8,20	2,1041
1,85	0,6152	3,10	1,1314	4,35	1,4701	5,60	1,7228	8,40	2,1282
1,90	0,6419	3,15	1,1474	4,40	1,4816	5,65	1,7317	8,60	2,1518
1,95	0,6678	3,20	1,1632	4,45	1,4929	5,70	1,7405	8,80	2,1748
2,00	0,6931	3,25	1,1187	4,50	1,5041	5,75	1,7492	9,00	2,1972
2,05	0,7178	3,30	1,1939	4,55	1,5151	5,80	1,7579	9,25	2,2246
2,10	0,7419	3,35	1,2090	4,60	1,5261	5,85	1,7664	9,50	2,2513
2,15	0,7655	3,40	1,2238	4,65	1,5369	5,90	1,7750	9,75	2,2773
2,20	0,7885	3,45	1,2384	4,70	1,5476	5,95	1,7834	10,00	2,3026

On désigne le plus souvent, dans les calculs, le logarithme naturel, ou népérien, ou hyperbolique, par *L* ou par log. nat., et le logarithme vulgaire, par log.

Entre ces deux espèces de logarithmes, on a la relation :

$$L = \frac{1}{M} \log = 2,302585010 \log;$$

$$\log = ML = 0,434294819 L$$

Usages de la table A

Soit à calculer $\sqrt{0,053}$. Lire dans la table en regard de 530, sa racine carrée 23,0217; d'où il résulte :

$$\sqrt{0,053} = 0,230\ 217.$$

Soit à calculer $\sqrt[3]{0,0715}$. Lire dans la table, à la colonne des cubes, les nombres 71 473 375 et 71 991 296, lesquels comprennent 71 500 000. En regard de ces nombres, on trouve 415 et 416; d'où il résulte que $\sqrt[3]{0,0715}$ est comprise entre 0,415 et 0,416.

Soit à calculer le diamètre d'un cercle de 0^m2,000 2156 de superficie. Je multiplie cette surface par 10⁶ et je cherche à lire dans les colonnes des surfaces le nombre 215,60; je trouve que le diamètre correspondant est compris entre 16,5 et 16,6. Le diamètre cherché est donc compris entre 0^m,0165 et 0^m,0166.

Approximations. — Quand on connaît une valeur approchée du résultat d'une opération, il est toujours possible d'obtenir une nouvelle valeur plus approchée que la première.

La règle générale de variation des grandeurs est celle-ci : si deux grandeurs sont fonctions l'une de l'autre, les petites variations de l'une sont proportionnelles aux petites variations correspondantes de l'autre. Ceci est rigoureusement vrai si ces variations sont infiniment petites. Appelons $y_1, y_2, y_3, y_4, \dots$ des valeurs d'une fonction correspondant respectivement aux valeurs $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots$ de la variable, on aura

$$y_2 - y_1 = k(x_2 - x_1)$$

$$y_3 - y_2 = k(x_3 - x_2)$$

et par la division

$$\frac{y_2 - y_1}{y_3 - y_2} = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_2}$$

Cette formule algébrique est celle qui donne la solution du problème de l'approximation.

Soit à trouver $\sqrt[3]{0,0715}$ déjà calculée précédemment

Je lis dans la table $\sqrt[3]{71} = 4,1408$; $\sqrt[3]{72} = 4,1602$.

Pour une différence de une unité dans les nombres, il y a une différence de 0,0194 dans les racines cubiques pour une différence de 5 dixièmes d'unité la différence serait

$$\frac{0,0194 \cdot 5}{10} = 0,0097;$$

d'où il suit que $\sqrt[3]{71,5} = 4,1408 + 0,0097 = 4,1505$ et que $\sqrt[3]{0,0715} = 0,41505$.

Le résultat que nous avons obtenu précédemment d'une manière plus rapide peut souvent suffire.

D. Table de quelques facteurs usuels.

π rapport de la circonférence au diamètre; g = accélération due à la pesanteur = $9^m81 = 32,18$ pieds anglais.

QUANTITÉ.	VALEUR numérique.	QUANTITÉ.	VALEUR numérique.	QUANTITÉ.	VALEUR numérique.
π	3,141592653589	$\sqrt[3]{\pi^2}$	2,145029	$\log \pi$	0,497149872694
$\pi \sqrt{2}$	4,44288	$\pi \sqrt[3]{\pi}$	4,601149	$\log \pi^2$	0,994300
$\frac{1}{2} \pi$	1,570796	$\pi \sqrt[3]{\pi^2}$	6,738808	$\log \pi^3$	1,491450
$\frac{1}{3} \pi$	1,047197	$\frac{1}{\pi}$	0,318310	$\log \sqrt{\pi}$	0,248575
$\frac{1}{4} \pi$	0,785398	$\frac{1}{\pi}$	0,318310	$\log \sqrt[3]{\pi}$	0,165717
$\frac{1}{4} \pi$	0,785398	16	16	$\log \frac{1}{\pi}$	0,502850-1
$\frac{1}{6} \pi$	0,523599	$\frac{1}{\pi}$	5,092958	$\log \frac{1}{\pi^2}$	0,005700-1
$\frac{1}{12} \pi$	0,261799	64	20,371833	$\log \frac{1}{\pi^3}$	0,508550-2
$\frac{1}{16} \pi$	0,196350	$\frac{1}{\pi}$	180	$\log \sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,751425-1
$\frac{1}{32} \pi$	0,098175	$\frac{1}{\pi}$	57,295780	$\log \sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,834283-1
$\frac{1}{64} \pi$	0,049087	$\frac{1}{\pi^2}$	0,101321	$\frac{g}{g}$	9,81
$\frac{1}{90} \pi$	0,034907	$\frac{1}{\pi^3}$	0,032232	$\frac{g^2}{g^2}$	96,2361
$\frac{1}{180} \pi$	0,017453	$\frac{1}{\pi^4}$	0,010266	\sqrt{g}	3,13239
$\frac{\pi}{2} \sqrt{2}$	2,221441	$\frac{1}{\pi^5}$	0,003268	$\pi \sqrt{g}$	9,83974
π^2	9,869604	$\frac{1}{\pi^6}$	0,001040	$2 \sqrt{g}$	6,26418
$4\pi^2$	39,478417	$\frac{1}{\pi^6}$	0,001040	$\sqrt{2g}$	4,42940
$\frac{1}{4} \pi^2$	2,467401	$\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,564190	$\pi \sqrt{2g}$	13,91536
$\frac{1}{16} \pi^2$	0,616850	$\sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0,797885	$\frac{1}{g}$	0,101936
π^5	31,006277	$\sqrt{\frac{3}{\pi}}$	0,977205	$\frac{\pi^2}{g}$	1,006075
π^4	97,409,91	$\sqrt{\frac{10}{\pi}}$	5,352372	$\frac{1}{2g}$	0,053705
π^3	306,019685	$\sqrt[3]{\frac{100}{\pi}}$	5,352372	$\frac{1}{g^2}$	0,010391
π^6	961,389194	$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,682784	$\frac{1}{g^2}$	0,010391
$\sqrt{\pi}$	1,772454	$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,682784	$\frac{1}{\pi}$	0,319275
$2 \sqrt{\pi}$	3,544908	$\sqrt[3]{\frac{2}{\pi}}$	0,860234	$\frac{\pi}{\pi}$	1,003033
$\sqrt{2\pi}$	2,506628	$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,860234	$\frac{\pi}{\sqrt{g}}$	1,003033
$\sqrt{\frac{1}{2} \pi}$	1,253314	$\sqrt[3]{\frac{2}{\pi}}$	0,860234	$\frac{\pi}{\pi}$	1,003033
$\pi \sqrt{\pi}$	5,568328	$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,860234	$\frac{\pi}{\sqrt{2g}}$	0,709258
$\sqrt[3]{\pi}$	1,464592	$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,860234		
$\sqrt[3]{2\pi}$	1,845270	$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,860234		
$\sqrt[3]{\frac{\pi}{2}}$	1,162447	$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,984745		

E. Table donnant la longueur des arcs de cercle, cordes

Degrés	Arcs	Cordes	Fleches	Surface des segments	Degrés	Arcs	Cordes	Fleches	Surface des segments
1	0,0175	0,0175	0,00004	0,00000	46	0,8209	0,7815	0,0795	0,04176
2	0,0349	0,0349	0,00015	0,00000	47	0,8203	0,7975	0,0829	0,04448
3	0,0524	0,0524	0,00034	0,00001	48	0,8378	0,8135	0,0865	0,04731
4	0,0698	0,0698	0,00061	0,00003	49	0,8552	0,8294	0,0900	0,05025
5	0,0873	0,0872	0,00095	0,00006	50	0,8727	0,8452	0,0937	0,05331
6	0,1047	0,1047	0,00137	0,00010	51	0,8901	0,8610	0,0974	0,05649
7	0,1222	0,1221	0,00187	0,00015	52	0,9076	0,8767	0,1012	0,05978
8	0,1396	0,1395	0,00244	0,00023	53	0,9250	0,8924	0,1051	0,06319
9	0,1571	0,1569	0,00308	0,00032	54	0,9425	0,9080	0,1090	0,06673
10	0,1745	0,1743	0,00381	0,00044	55	0,9599	0,9235	0,1130	0,07039
11	0,1920	0,1917	0,00460	0,00059	56	0,9774	0,9389	0,1171	0,07417
12	0,2094	0,2091	0,00548	0,00076	57	0,9948	0,9543	0,1212	0,07808
13	0,2269	0,2264	0,00643	0,00097	58	1,0123	0,9696	0,1254	0,08212
14	0,2443	0,2437	0,00745	0,00121	59	1,0297	0,9848	0,1296	0,08629
15	0,2618	0,2611	0,00856	0,00149	60	1,0472	1,0000	0,1340	0,09059
16	0,2793	0,2783	0,00973	0,00181	61	1,0647	1,0151	0,1384	0,09502
17	0,2967	0,2956	0,01098	0,00217	62	1,0821	1,0301	0,1428	0,09958
18	0,3142	0,3129	0,01231	0,00257	63	1,0996	1,0450	0,1474	0,10423
19	0,3316	0,3301	0,01371	0,00302	64	1,1170	1,0598	0,1520	0,10891
20	0,3491	0,3473	0,01519	0,00352	65	1,1345	1,0746	0,1566	0,11408
21	0,3665	0,3645	0,01675	0,00408	66	1,1519	1,0893	0,1613	0,11919
22	0,3840	0,3816	0,01837	0,00468	67	1,1694	1,1039	0,1661	0,12443
23	0,4014	0,3987	0,02008	0,00535	68	1,1868	1,1184	0,1710	0,12982
24	0,4189	0,4158	0,02185	0,00607	69	1,2043	1,1328	0,1759	0,13535
25	0,4363	0,4329	0,02370	0,00686	70	1,2217	1,1472	0,1808	0,14102
26	0,4538	0,4499	0,02563	0,00771	71	1,2392	1,1614	0,1859	0,14683
27	0,4712	0,4669	0,02763	0,00862	72	1,2566	1,1756	0,1910	0,15279
28	0,4887	0,4838	0,02969	0,00961	73	1,2741	1,1896	0,1961	0,15889
29	0,5061	0,5008	0,03185	0,01067	74	1,2915	1,2036	0,2014	0,16514
30	0,5236	0,5176	0,03407	0,01180	75	1,3090	1,2175	0,2066	0,17154
31	0,5411	0,5345	0,03637	0,01301	76	1,3265	1,2313	0,2120	0,17808
32	0,5585	0,5512	0,03874	0,01429	77	1,3439	1,2450	0,2174	0,18477
33	0,5760	0,5680	0,04118	0,01566	78	1,3614	1,2586	0,2229	0,19160
34	0,5934	0,5847	0,04370	0,01711	79	1,3788	1,2722	0,2284	0,19859
35	0,6109	0,6014	0,04628	0,01864	80	1,3963	1,2856	0,2340	0,20573
36	0,6283	0,6180	0,04894	0,02027	81	1,4137	1,2989	0,2396	0,21301
37	0,6458	0,6346	0,05168	0,02198	82	1,4312	1,3121	0,2453	0,22045
38	0,6632	0,6511	0,05448	0,02378	83	1,4486	1,3252	0,2510	0,22814
39	0,6807	0,6676	0,05736	0,02568	84	1,4661	1,3383	0,2569	0,23578
40	0,6981	0,6840	0,06031	0,02767	85	1,4835	1,3512	0,2627	0,24367
41	0,7156	0,7004	0,06333	0,02976	86	1,5010	1,3640	0,2686	0,25171
42	0,7330	0,7167	0,06642	0,03195	87	1,5184	1,3767	0,2746	0,25990
43	0,7505	0,7330	0,06958	0,03425	88	1,5359	1,3893	0,2807	0,26825
44	0,7679	0,7492	0,07281	0,03664	89	1,5533	1,4018	0,2867	0,27675
45	0,7854	0,7654	0,07612	0,03915	90	1,5708	1,4144	0,2929	0,28540

Si l'arc comprend des minutes, on procède comme suit : soit par ex : arc $a = 47^{\circ}47'$.

La table donne

$$a_1 \text{ de } 47^{\circ} = 0,8203$$

$$a_2 \text{ de } 48^{\circ} = 0,8378$$

Différence

$$a_1 - a_2 = 0,0175$$

Il faut ajouter à 0,8203 les $\frac{47}{60}$ de cette différence $a_1 - a_2$, et l'on obtient :

$$\text{Arc de } 47^{\circ}47' = 0,8203 + \frac{0,0175 \cdot 47}{60} = 0,8203 + 0,01371 = 0,83401.$$

et flèches, et la surface des segments pour $R = 1$

Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surface des segments	Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surface des segments
91	1,5882	1,4265	0,2991	0,29420	136	2,3736	1,8544	0,6254	0,83949
92	1,6057	1,4387	0,3053	0,30316	137	2,3911	1,8608	0,6335	0,85455
93	1,6232	1,4507	0,3116	0,31226	138	2,4086	1,8672	0,6416	0,86971
94	1,6406	1,4627	0,3180	0,32152	139	2,4260	1,8733	0,6498	0,88497
95	1,6580	1,4746	0,3244	0,33093	140	2,4435	1,8794	0,6580	0,90034
96	1,6755	1,4863	0,3309	0,34050	141	2,4609	1,8853	0,6662	0,91580
97	1,6930	1,4979	0,3374	0,35021	142	2,4784	1,8910	0,6744	0,93135
98	1,7104	1,5094	0,3439	0,36008	143	2,4958	1,8966	0,6827	0,94700
99	1,7279	1,5208	0,3506	0,37009	144	2,5133	1,9021	0,6910	0,96274
100	1,7453	1,5321	0,3572	0,38026	145	2,5307	1,9074	0,6993	0,97858
101	1,7628	1,5432	0,3639	0,39058	146	2,5482	1,9126	0,7076	0,99449
102	1,7802	1,5543	0,3707	0,40104	147	2,5656	1,9176	0,7160	1,01050
103	1,7977	1,5652	0,3775	0,41166	148	2,5831	1,9225	0,7244	1,02658
104	1,8151	1,5760	0,3843	0,42242	149	2,6005	1,9273	0,7328	1,04275
105	1,8326	1,5867	0,3912	0,43334	150	2,6180	1,9319	0,7412	1,05900
106	1,8500	1,5973	0,3982	0,44439	151	2,6354	1,9363	0,7496	1,07532
107	1,8675	1,6077	0,4052	0,45560	152	2,6529	1,9406	0,7581	1,09171
108	1,8850	1,6180	0,4122	0,46695	153	2,6704	1,9447	0,7666	1,10818
109	1,9024	1,6282	0,4193	0,47844	154	2,6878	1,9487	0,7750	1,12472
110	1,9199	1,6383	0,4264	0,49008	155	2,7053	1,9526	0,7836	1,14132
111	1,9373	1,6483	0,4336	0,50187	156	2,7227	1,9563	0,7921	1,15799
112	1,9548	1,6581	0,4408	0,51379	157	2,7402	1,9598	0,8006	1,17472
113	1,9722	1,6678	0,4481	0,52586	158	2,7576	1,9632	0,8092	1,19151
114	1,9897	1,6773	0,4554	0,53807	159	2,7751	1,9665	0,8178	1,20835
115	2,0071	1,6868	0,4627	0,55041	160	2,7925	1,9696	0,8264	1,22525
116	2,0246	1,6961	0,4701	0,56289	161	2,8100	1,9726	0,8350	1,24221
117	2,0420	1,7053	0,4775	0,57551	162	2,8274	1,9754	0,8436	1,25921
118	2,0595	1,7143	0,4850	0,58827	163	2,8449	1,9780	0,8522	1,27626
119	2,0769	1,7233	0,4925	0,60116	164	2,8623	1,9805	0,8608	1,29335
120	2,0944	1,7321	0,5000	0,61418	165	2,8798	1,9829	0,8695	1,31049
121	2,1118	1,7407	0,5076	0,62734	166	2,8972	1,9851	0,8781	1,32766
122	2,1293	1,7492	0,5152	0,64063	167	2,9147	1,9871	0,8868	1,34487
123	2,1468	1,7576	0,5228	0,65404	168	2,9322	1,9890	0,8955	1,36212
124	2,1642	1,7659	0,5305	0,66759	169	2,9496	1,9908	0,9042	1,37940
125	2,1817	1,7740	0,5388	0,68125	170	2,9671	1,9924	0,9128	1,39671
126	2,1991	1,7820	0,5460	0,69505	171	2,9845	1,9938	0,9215	1,41404
127	2,2166	1,7899	0,5538	0,70897	172	3,0020	1,9951	0,9302	1,43140
128	2,2340	1,7976	0,5616	0,72301	173	3,0194	1,9963	0,9390	1,44878
129	2,2515	1,8052	0,5695	0,73716	174	3,0369	1,9973	0,9477	1,46617
130	2,2689	1,8126	0,5774	0,75144	175	3,0543	1,9981	0,9564	1,48359
131	2,2864	1,8199	0,5853	0,76584	176	3,0718	1,9988	0,9651	1,50101
132	2,3038	1,8271	0,5933	0,78034	177	3,0892	1,9993	0,9738	1,51845
133	2,3213	1,8341	0,6013	0,79497	178	3,1067	1,9997	0,9825	1,53589
134	2,3387	1,8410	0,6093	0,80970	179	3,1241	1,9999	0,9913	1,55334
135	2,3562	1,8478	0,6173	0,82454	180	3,1416	2,0000	1,0000	1,57080

F. Table

Degrés	Sinus						Degrés	Cosinus							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'		0'	10'	20'	30'	40'	50'		
0	0,000	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	89	0,1000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	89	
1	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	88	1,1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	88	
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	87	2	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	87
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	86	3	0,999	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	86
4	0,070	0,073	0,076	0,078	0,081	0,084	85	4	0,998	0,997	0,997	0,997	0,997	0,996	85
5	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	84	5	0,996	0,996	0,996	0,995	0,995	0,995	84
6	0,105	0,107	0,110	0,113	0,116	0,119	83	6	0,995	0,994	0,994	0,994	0,993	0,993	83
7	0,122	0,125	0,128	0,131	0,133	0,136	82	7	0,993	0,992	0,992	0,991	0,991	0,991	82
8	0,139	0,142	0,145	0,148	0,151	0,154	81	8	0,990	0,990	0,989	0,989	0,989	0,988	81
9	0,156	0,159	0,162	0,165	0,168	0,171	80	9	0,988	0,987	0,987	0,986	0,986	0,985	80
10	0,174	0,177	0,179	0,182	0,185	0,188	79	10	0,985	0,984	0,984	0,983	0,983	0,982	79
11	0,191	0,194	0,197	0,199	0,202	0,205	78	11	0,982	0,981	0,981	0,980	0,979	0,979	78
12	0,208	0,211	0,214	0,216	0,219	0,222	77	12	0,978	0,978	0,977	0,976	0,976	0,975	77
13	0,225	0,228	0,231	0,233	0,236	0,239	76	13	0,974	0,974	0,973	0,972	0,972	0,971	76
14	0,242	0,245	0,248	0,250	0,253	0,256	75	14	0,970	0,970	0,969	0,968	0,967	0,967	75
15	0,259	0,262	0,264	0,267	0,270	0,273	74	15	0,966	0,965	0,964	0,964	0,963	0,962	74
16	0,276	0,278	0,281	0,284	0,287	0,290	73	16	0,961	0,960	0,960	0,959	0,958	0,957	73
17	0,292	0,295	0,298	0,301	0,303	0,306	72	17	0,956	0,955	0,955	0,954	0,953	0,952	72
18	0,309	0,312	0,315	0,317	0,320	0,323	71	18	0,951	0,950	0,949	0,948	0,947	0,946	71
19	0,326	0,329	0,331	0,334	0,337	0,339	70	19	0,946	0,945	0,944	0,943	0,942	0,941	70
20	0,342	0,345	0,347	0,350	0,353	0,356	69	20	0,940	0,939	0,938	0,937	0,936	0,935	69
21	0,358	0,361	0,364	0,367	0,369	0,372	68	21	0,934	0,933	0,931	0,930	0,929	0,928	68
22	0,375	0,377	0,380	0,383	0,385	0,388	67	22	0,927	0,926	0,925	0,924	0,923	0,922	67
23	0,391	0,393	0,396	0,399	0,401	0,404	66	23	0,921	0,919	0,918	0,917	0,916	0,915	66
24	0,407	0,409	0,412	0,415	0,417	0,420	65	24	0,914	0,912	0,911	0,910	0,909	0,908	65
25	0,423	0,425	0,428	0,431	0,433	0,436	64	25	0,906	0,905	0,904	0,903	0,901	0,900	64
26	0,438	0,441	0,444	0,446	0,449	0,451	63	26	0,899	0,898	0,896	0,895	0,894	0,892	63
27	0,454	0,457	0,459	0,462	0,464	0,467	62	27	0,891	0,890	0,888	0,887	0,886	0,884	62
28	0,469	0,472	0,475	0,477	0,480	0,482	61	28	0,883	0,882	0,880	0,879	0,877	0,876	61
29	0,485	0,487	0,490	0,492	0,495	0,497	60	29	0,875	0,873	0,872	0,870	0,869	0,867	60
30	0,500	0,503	0,505	0,508	0,510	0,513	59	30	0,866	0,865	0,863	0,862	0,860	0,859	59
31	0,515	0,518	0,520	0,522	0,525	0,527	58	31	0,857	0,856	0,854	0,853	0,851	0,850	58
32	0,530	0,532	0,535	0,537	0,540	0,542	57	32	0,848	0,847	0,845	0,843	0,842	0,840	57
33	0,545	0,547	0,550	0,552	0,554	0,557	56	33	0,839	0,837	0,835	0,834	0,832	0,831	56
34	0,559	0,562	0,564	0,566	0,569	0,571	55	34	0,829	0,827	0,826	0,824	0,822	0,821	55
35	0,574	0,576	0,578	0,581	0,583	0,585	54	35	0,819	0,817	0,816	0,814	0,812	0,811	54
36	0,588	0,590	0,592	0,595	0,597	0,599	53	36	0,809	0,807	0,806	0,804	0,802	0,800	53
37	0,602	0,604	0,606	0,609	0,611	0,613	52	37	0,799	0,797	0,795	0,793	0,792	0,790	52
38	0,616	0,618	0,620	0,623	0,625	0,627	51	38	0,788	0,786	0,784	0,783	0,781	0,779	51
39	0,629	0,632	0,634	0,636	0,638	0,641	50	39	0,777	0,775	0,773	0,772	0,770	0,768	50
40	0,643	0,645	0,647	0,649	0,652	0,654	49	40	0,766	0,764	0,762	0,760	0,759	0,757	49
41	0,656	0,658	0,660	0,663	0,665	0,667	48	41	0,755	0,753	0,751	0,749	0,747	0,745	48
42	0,669	0,671	0,673	0,676	0,678	0,680	47	42	0,743	0,741	0,739	0,737	0,735	0,733	47
43	0,682	0,684	0,686	0,688	0,690	0,693	46	43	0,731	0,729	0,727	0,725	0,723	0,721	46
44	0,695	0,697	0,699	0,701	0,703	0,705	45	44	0,719	0,717	0,715	0,713	0,711	0,709	45
45	0,707						44	45	0,707						44

60'	50'	40'	30'	20'	10'	Degrés	60'	50'	40'	30'	20'	10'	Degrés
Cosinus							Sinus						

trigonométrique.

Degrés	Tangentes						Degrés	Cotangentes							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'		0'	10'	20'	30'	40'	50'		
0	0,000	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	89	0	∞	343,8	171,9	114,6	85,94	68,75	89
1	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	88	1	57,29	49,10	42,96	38,19	34,37	31,24	88
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	87	2	28,64	26,43	24,54	22,90	21,47	20,21	87
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	86	3	19,08	18,07	17,17	16,35	15,60	14,92	86
4	0,070	0,073	0,076	0,079	0,082	0,085	85	4	14,30	13,73	13,20	12,71	12,25	11,83	85
5	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	84	5	11,43	11,06	10,71	10,39	10,08	9,788	84
6	0,105	0,108	0,111	0,114	0,117	0,120	83	6	9,514	9,255	9,010	8,777	8,556	8,345	83
7	0,123	0,126	0,129	0,132	0,135	0,138	82	7	8,144	7,953	7,770	7,596	7,429	7,269	82
8	0,141	0,144	0,146	0,149	0,152	0,155	81	8	7,115	6,968	6,827	6,691	6,561	6,435	81
9	0,158	0,161	0,164	0,167	0,170	0,173	80	9	6,314	6,197	6,084	5,976	5,871	5,769	80
10	0,176	0,179	0,182	0,185	0,188	0,191	79	10	5,671	5,576	5,485	5,396	5,309	5,226	79
11	0,194	0,197	0,200	0,203	0,206	0,210	78	11	5,145	5,066	4,989	4,915	4,843	4,773	78
12	0,213	0,216	0,219	0,222	0,225	0,228	77	12	4,705	4,638	4,574	4,511	4,449	4,390	77
13	0,231	0,234	0,237	0,240	0,243	0,246	76	13	4,331	4,275	4,219	4,165	4,113	4,061	76
14	0,249	0,252	0,256	0,259	0,262	0,265	75	14	4,011	3,962	3,914	3,867	3,821	3,776	75
15	0,268	0,271	0,274	0,277	0,280	0,284	74	15	3,732	3,689	3,647	3,606	3,566	3,526	74
16	0,287	0,290	0,293	0,296	0,299	0,303	73	16	3,487	3,450	3,412	3,376	3,340	3,305	73
17	0,306	0,309	0,312	0,315	0,318	0,322	72	17	3,271	3,237	3,204	3,172	3,140	3,108	72
18	0,325	0,328	0,331	0,335	0,338	0,341	71	18	3,078	3,047	3,018	2,989	2,960	2,932	71
19	0,344	0,348	0,351	0,354	0,357	0,361	70	19	2,904	2,877	2,850	2,824	2,798	2,773	70
20	0,364	0,367	0,371	0,374	0,377	0,381	69	20	2,747	2,723	2,699	2,675	2,651	2,628	69
21	0,384	0,387	0,391	0,394	0,397	0,401	68	21	2,605	2,583	2,560	2,539	2,517	2,496	68
22	0,404	0,407	0,411	0,414	0,418	0,421	67	22	2,475	2,455	2,434	2,414	2,394	2,375	67
23	0,424	0,428	0,431	0,435	0,438	0,442	66	23	2,356	2,337	2,318	2,300	2,282	2,264	66
24	0,445	0,449	0,452	0,456	0,459	0,463	65	24	2,246	2,229	2,211	2,194	2,177	2,161	65
25	0,466	0,470	0,473	0,477	0,481	0,484	64	25	2,145	2,128	2,112	2,097	2,081	2,066	64
26	0,488	0,491	0,495	0,499	0,502	0,506	63	26	2,050	2,035	2,020	2,006	1,991	1,977	63
27	0,510	0,513	0,517	0,521	0,524	0,528	62	27	1,963	1,949	1,935	1,921	1,907	1,894	62
28	0,532	0,535	0,539	0,543	0,547	0,551	61	28	1,881	1,868	1,855	1,842	1,829	1,816	61
29	0,554	0,558	0,562	0,566	0,570	0,573	60	29	1,804	1,792	1,780	1,767	1,756	1,744	60
30	0,577	0,581	0,585	0,589	0,593	0,597	59	30	1,732	1,720	1,709	1,698	1,686	1,675	59
31	0,601	0,605	0,609	0,613	0,617	0,621	58	31	1,664	1,653	1,643	1,632	1,621	1,611	58
32	0,625	0,629	0,633	0,637	0,641	0,645	57	32	1,600	1,590	1,580	1,570	1,560	1,550	57
33	0,649	0,654	0,658	0,662	0,666	0,670	56	33	1,540	1,530	1,520	1,511	1,501	1,492	56
34	0,675	0,679	0,683	0,687	0,692	0,696	55	34	1,483	1,473	1,464	1,455	1,446	1,437	55
35	0,700	0,705	0,709	0,713	0,718	0,722	54	35	1,428	1,419	1,411	1,402	1,393	1,385	54
36	0,727	0,731	0,735	0,740	0,744	0,749	53	36	1,376	1,368	1,360	1,351	1,343	1,335	53
37	0,754	0,758	0,763	0,767	0,772	0,777	52	37	1,327	1,319	1,311	1,303	1,295	1,288	52
38	0,781	0,786	0,791	0,795	0,800	0,805	51	38	1,280	1,272	1,265	1,257	1,250	1,242	51
39	0,810	0,815	0,819	0,824	0,829	0,834	50	39	1,235	1,228	1,220	1,213	1,206	1,199	50
40	0,839	0,844	0,849	0,854	0,859	0,864	49	40	1,192	1,185	1,178	1,171	1,164	1,157	49
41	0,869	0,874	0,880	0,885	0,890	0,895	48	41	1,150	1,144	1,137	1,130	1,124	1,117	48
42	0,900	0,906	0,911	0,916	0,922	0,927	47	42	1,111	1,104	1,098	1,091	1,085	1,079	47
43	0,933	0,938	0,943	0,949	0,955	0,960	46	43	1,072	1,066	1,060	1,054	1,048	1,042	46
44	0,966	0,971	0,977	0,983	0,988	0,994	45	44	1,036	1,030	1,024	1,018	1,012	1,006	45
45	1,000						44	45	1,000						44

Cotangentes						Degrés	Tangentes						Degrés
60'	50'	40'	30'	20'	10'		60'	50'	40'	30'	20'	10'	

Remarque sur la table F.— Pour obtenir les valeurs de lignes trigonométriques intermédiaires à celles données par la table, on procédera comme il a été indiqué précédemment (pages 20 et 22).

Exemple: calculer $\sin. 33^\circ 27'$

$$\sin. 33^\circ 30' = 0,552$$

$$\sin. 33^\circ 30' = 0,550$$

$$\text{Différence pour } 10' \quad \overline{0,002}$$

$$\text{Différence pour } 7' \quad 0,002 \cdot \frac{7}{10} = 0,0014.$$

$$\sin. 33^\circ 27' = 0,550 + 0,0014 = 0,5515.$$

Racines carrées et cubiques de quelques fractions.

n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	n	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$
$\frac{1}{3}$	0,577	0,693	$\frac{1}{7}$	0,378	0,523	$\frac{1}{8}$	0,354	0,500	$\frac{4}{9}$	0,667	0,763
$\frac{2}{3}$	0,816	0,874	$\frac{2}{7}$	0,535	0,659	$\frac{3}{8}$	0,612	0,721	$\frac{5}{9}$	0,745	0,822
$\frac{1}{4}$	0,500	0,630	$\frac{3}{7}$	0,655	0,754	$\frac{5}{8}$	0,791	0,855	$\frac{7}{9}$	0,882	0,920
$\frac{2}{4}$	0,866	0,909	$\frac{4}{7}$	0,756	0,830	$\frac{7}{8}$	0,935	0,956	$\frac{1}{12}$	0,289	0,437
$\frac{3}{4}$	0,408	0,550	$\frac{5}{7}$	0,845	0,894	$\frac{1}{9}$	0,333	0,481	$\frac{5}{12}$	0,645	0,747
$\frac{1}{6}$	0,913	0,941	$\frac{6}{7}$	0,926	0,950	$\frac{2}{9}$	0,471	0,606	$\frac{7}{12}$	0,764	0,836

PREMIÈRE PARTIE

RÉSUMÉS SCIENTIFIQUES

ARITHMÉTIQUE ET ALGÈBRE

Fractions

Une fraction est un nombre qui indique que l'unité a été divisée en parties égales et que l'on a pris un certain nombre de ces parties.

Si on ajoute un même nombre aux deux termes d'une fraction, la nouvelle fraction est plus près de l'unité que n'est la première.

Si l'on multiplie le numérateur d'une fraction par un nombre, la nouvelle fraction contient ce nombre de fois la proposée.

Si on multiplie le dénominateur d'une fraction par un nombre, la nouvelle fraction est contenue ce nombre de fois dans la proposée.

Si on divise le dénominateur d'une fraction par un nombre, la nouvelle fraction contient ce nombre de fois la première.

Si on divise le numérateur d'une fraction par un nombre, la nouvelle fraction est contenue ce nombre de fois dans la première.

On ne change pas la valeur d'une fraction en multipliant ou en divisant par un même nombre les deux termes de cette fraction.

Réduire une fraction à sa plus simple expression, c'est diviser ses deux termes par leur plus grand diviseur commun, de sorte que l'on a la fraction équi-

valente à la proposée et dont les termes sont les plus petits possibles.

Pour *prendre une fraction d'un nombre*, on multiplie ce nombre par le numérateur de la fraction et on divise le produit par le dénominateur de la fraction.

Opérations sur les fractions

Pour *réduire des fractions au même dénominateur*, il faut chercher le plus petit commun multiple des dénominateurs de ces fractions et multiplier les deux termes de chaque fraction par le quotient de la division du plus petit commun multiple par le dénominateur de cette fraction.

Pour *comparer des fractions*, on les réduit au même dénominateur ou au même numérateur.

Pour *additionner des fractions*, on les réduit au même dénominateur, puis on additionne les numérateurs des nouvelles fractions, et on divise cette somme par le dénominateur commun.

La *multiplication* est une opération par laquelle, étant donnés deux nombres, l'un multiplicande, l'autre multiplicateur, on en cherche un troisième, appelé produit, qui soit composé avec le multiplicande comme le multiplicateur l'est avec l'unité.

Pour *multiplier* entre elles *deux fractions*, on multiplie les numérateurs entre eux et les dénominateurs entre eux.

Multiplier $\frac{3}{5}$ par $\frac{7}{4}$ revient, en effet, à prendre les $\frac{7}{4}$ de $\frac{3}{5}$; ce qui se fait en divisant $\frac{3}{5}$ par 4 et en multipliant le résultat par 7, ce qui donne

$$\frac{3 \cdot 7}{5 \cdot 4} = \frac{21}{20}$$

La *division* est l'inverse de la multiplication, c'est-à-dire, c'est une opération par laquelle, étant donnés le produit de deux facteurs et l'un de ces facteurs, on cherche l'autre.

Le quotient (le facteur cherché) multiplié par le diviseur (l'un des facteurs donnés) doit reproduire le dividende (le produit donné).

Pour diviser par une fraction, on multipliera donc le dividende par la fraction diviseur renversée.

Soit à diviser N par $\frac{a}{b}$. Je dis que $N : \frac{a}{b} = N \cdot \frac{b}{a}$.

En effet, $\frac{Nb}{a}$ multiplié par le diviseur $\frac{a}{b}$ donne

$$\frac{N \cdot b}{a} \cdot \frac{a}{b} = \frac{N \cdot b \cdot a}{a \cdot b} = N.$$

Nombres décimaux

Un nombre décimal est une fraction décimale écrite dans le système de numération décimale, ainsi

$$17,82543 = \frac{1\,782\,543}{10^5}.$$

Les opérations sur les nombres décimaux se déduisent des opérations sur les fractions.

Pour multiplier deux nombres décimaux, on supprime les virgules, on fait la multiplication des nombres entiers ainsi obtenus, et, enfin, au produit, on sépare, vers la droite, autant de chiffres décimaux qu'il y en avait dans les deux nombres.

Soit à multiplier 0,754 par 15,03.

$$\begin{aligned} 0,754 \cdot 15,03 &= \frac{754}{10^3} \cdot \frac{1\,503}{10^2} = \frac{754 \cdot 1\,503}{10^5} \\ &= \frac{1\,133\,262}{10^5} = 11,33262. \end{aligned}$$

Pour diviser deux nombres décimaux, on fait en sorte que les deux nombres aient autant de chiffres décimaux, en écrivant des zéros à la droite de celui qui en a le moins. Puis on supprime les virgules et on opère la division à une unité près, comme s'il s'agissait d'entiers.

Pour réduire une fraction ordinaire en fraction décimale, on multiplie le numérateur de la fraction ordinaire proposée par le dénominateur de la fraction décimale et on divise, à une unité près, par le dénominateur de la proposée. Le dernier chiffre du quotient est de l'ordre décimal désiré.

Soit à convertir $\frac{3}{7}$ en dixmillèmes.

$$\frac{3 \cdot 10^4}{7} = 4\,285,$$

à une unité près, donc $\frac{3}{7} = 0,4285$ à un dixmillième près.

Soit à diviser 2,56 par 9,305 8 à un millième près; d'abord

$$2,56 : 9,305\ 8 = \frac{256}{10^2} : \frac{93058}{10^4} = \frac{256 \cdot 10^2}{93\ 058}$$

Ce quotient devrait être fait à une unité près, d'après la règle ci-dessus de la division. Il n'aurait pas d'entiers; il y a donc lieu de convertir une telle fraction, un tel quotient en nombre décimal. Nous avons supposé qu'il s'agit d'obtenir des millièmes. En appliquant la règle de conversion des fractions en décimales, nous avons à faire, à une unité près, le quotient

$$\frac{256 \cdot 10^2 \cdot 10^3}{93\ 058} = 275$$

On a donc $2,56 : 9,305\ 8 = 0,275\dots$ à un millième près.

Fractions décimales périodiques

La réduction des fractions ordinaires en fractions décimales donne lieu à des fractions décimales périodiques, c'est-à-dire composées de chiffres se reproduisant périodiquement.

Le retour d'une fraction décimale périodique simple ($0,abc\ abc\ abc\dots$) à la fraction ordinaire génératrice est indiqué par l'expression

$$\frac{abc}{999}$$

Le retour d'une fraction décimale périodique mixte ($0,pq\ abc\ abc\dots$) à la fraction ordinaire génératrice est indiqué par l'expression

$$\frac{pq\ abc - pq}{99\ 900}$$

Puissances et Racines

$$(a + b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab$$

$$(a - b)^2 = a^2 + b^2 - 2ab$$

$$(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$$

$$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

$$(a - b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$$

Pour élever une fraction à une puissance, on élève ses deux termes à cette puissance.

$$\left(\frac{a}{b}\right) = \frac{a^n}{b^n}.$$

Inversement, pour *extraire la racine n^e* d'une fraction, on extrait la racine n^e des deux termes.

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}.$$

On préfère, dans les calculs, *rendre le dénominateur de la fraction puissance exacte*; on écrit :

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \sqrt[n]{\frac{ab^{n-1}}{b^n}} = \frac{\sqrt[n]{ab^{n-1}}}{b}$$

Pour *approcher la racine carrée d'un nombre à une unité d'ordre décimal donné*, on multiplie ce nombre par le carré de la puissance de 10 correspondant à l'ordre décimal d'approximation; et on extrait à une unité la racine du produit. Le dernier chiffre est de l'ordre décimal demandé.

Soit à extraire à un centième près la racine cubique de $\frac{2}{7}$. Il faudra extraire à une unité près la racine de $\frac{2 \cdot 10^6}{7}$

$$\text{Or, } \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 10^6}{7}} = \frac{\sqrt[3]{2 \cdot 49 \cdot 10^6}}{7} = \frac{\sqrt[3]{98\ 000\ 000}}{7}$$

Dans les tables, on lit pour racine du numérateur le nombre 461, et $\frac{461}{7} = 66$, à une unité près; donc, la

$\sqrt[3]{\frac{2}{7}}$ à un centième près est 0,66.

On appelle *nombres irrationnels ou incommensurables* ceux qui n'ont pas de commune mesure avec l'unité, tels sont ceux qui proviennent de l'extraction d'une racine d'un nombre qui n'est pas une puissance exacte : $\sqrt{2}$, $\sqrt[3]{9}$ sont irrationnels.

$$a^4 = (a^2)^2$$

$$a^6 = (a^3)^2 \text{ ou } (a^2)^3$$

$$\sqrt[4]{a} = \sqrt{\sqrt{a}}$$

$$\sqrt[6]{a} = \sqrt[3]{\sqrt{a}} \text{ ou } \sqrt[2]{\sqrt[3]{a}}$$

Les puissances et racines indiquées par les chiffres 5, 7, 11, .. s'effectuent par l'emploi des logarithmes.

Tables des mesures françaises anciennes et nouvelles et des mesures étrangères.

Système Métrique Décimal.

(Loi du 18 germinal an III et du 4 juillet 1837).

MESURES DE LONGUEUR

Myriamètre.	Dix mille mètres
Kilomètre.	Mille mètres.
Hectomètre.	Cent mètres.
Décamètre.	Dix mètres.
MÈTRES	Unité fondamentale des poids et mesures, dix-millionième partie du quart du méridien terrestre.
Décimètre.	Dixième du mètre
Centimètre.	Centième du m.
Millimètre.	Millième du m.

MESURES DE VOLUME

Mètre cube.	Cube dont l'arête à un m. linéaire
Décim cube.	Cube dont l'arête a un décim. liné., millième partie du mètre cube.
Centim. cube.	Cube dont l'arête a un centim. liné., millionième partie du mètre cube.
Millim cube.	Cube dont l'arête a un millim. liné.

MESURES AGRAIRES

Hectare.	Carré de 100 mètres de côté, contenant 10 000 mètres carrés.
ARE	Carré de 10 mètres de côté, contenant 100 mètres carrés.
Centiare.	Centième de l'are ou mètre carré.

MESURES DE CAPACITÉ

Kilolitre.	Mille litres.
Hectolitre.	Cent litres.
Décalitre.	Dix litres.

Lieue marine ou géographique	5555 m., ou 1/20 de degré de méridien.
Mille marin ou nœud	1852 m., ou 1/60 de degré de méridien.
Un nœud à l'heure	1852 m. à l'heure, ou 0 m., 514 44 à la seconde.
Encablure nouvelle	200 mètres.
Encablure ancienne	194 m., 904.
Tonneau de jauge	2,83 mètres cubes,

LITRE	Décimètre cube, millième du m. cube.
Décilitre. . .	Dixième du litre
Centilitre. . .	Centième du litre
Millilitre . . .	Millième du litre, centimètre cube, millionième du m. cube.

MESURES DE SOLIDITÉ

Décastère . . .	Dix stères.
Stère	Mètre cube.
Décistère . . .	Dixième du stère

POIDS

Mille kilogr.	Poids du mètre cube d'eau et du tonneau de mer.
Cent kilogr.	Quintal métrique
KILOGRAMME	Mille grammes. Poids, dans le vice, d'un litre ou décimètre cube d'eau distillée, à la température de 4° centigrades.
Hectogr. . . .	Cent grammes.
Décagramme	Dix grammes.
GRAMME . . .	Poids d'un centimètre cube d'eau à 4° centigrades.
Décigramme.	Dixième de gr.
Centigramme.	Centième de g.
Milligramme.	Millième de gr.

MONNAIE

FRANC	5 grammes d'argent au titre de 9 dixièmes de fin.
Décime.	Dixième de franc.
Centime.	Centième de franc.

Mesures françaises anciennes.
*Tableaux pour la conversion des mesures
anciennes en nouvelles.*

La toise valait 6 pieds de chacun 12 pouces, le pouce étant de 12 ligne

Toises.	Mètres.	Pieds.	Mètres.	Pouces	Mètres.
1	1,94904	1	0,32484	1	0,02707
2	3,89807	2	0,64968	3	0,05414
3	5,84710	3	0,97452	3	0,08121
4	7,79615	4	1,29936	4	0,10828
5	9,74518	5	1,62420	5	0,13535
6	11,69422	6	1,94904	6	0,16242
7	13,64326	7	2,27388	7	0,18949
8	15,59229	8	2,59872	8	0,21656
9	17,54133	9	2,92355	9	0,24363

Lignes.	Millimètres.	Millimètres.	Lignes.
1	2,256	1	0,443
2	4,512	2	0,887
3	6,767	3	1,330
4	9,023	4	1,773
5	11,279	5	2,216
6	13,535	6	2,660
7	15,791	7	3,103
8	18,047	8	3,546
9	20,302	9	3,990

Centim.	Pieds.	Pouces	Lignes.	Décim.	Pieds.	Pouces.	Lignes.
1 vaut 0	0	0	4,433	1 vaut 0	3	0	8,330
2	0	0	8,866	2	0	7	4,659
3	0	1	1,299	3	0	11	0,989
4	0	1	5,732	4	1	2	9,318
5	0	1	10,165	5	1	6	5,648
6	0	2	2,598	6	1	10	1,977
7	0	2	7,031	7	2	1	10,307
8	0	2	11,464	8	2	5	6,637
9	0	3	3,897	9	2	9	2,966

Mètres.	Toises.	Mètres.	Toises.	Pieds.	Pouces.	Lignes.
1 vaut	0,513074	1 vaut	0	3	0	11,296
2	1,026148	2	1	0	1	10,592
3	1,539222	3	1	3	2	9,888
4	2,052296	4	2	0	3	9,184
5	2,565370	5	2	3	4	8,480
6	3,078444	6	3	0	5	7,776
7	3,591518	7	3	3	6	7,072
8	4,104592	8	4	0	7	6,368
9	4,617666	9	4	3	8	5,664

Toise car.	Mètres carrés.	Toise cube.	Mètres cubes.	Mètre carré	Toises carrées.	Mètre cube.	Toises cubes.
1	3,7987	1	7,4039	1	0,2632	1	0,1351
2	7,5975	2	14,8178	2	0,5365	2	0,2701
3	11,3962	3	22,2017	3	0,7897	3	0,4052
4	15,1950	4	29,6156	4	1,0530	4	0,5403
5	18,9937	5	37,0195	5	1,3162	5	0,6753
6	22,7925	6	44,4233	6	1,5795	6	0,8104
7	26,5912	7	51,8272	7	1,8427	7	0,9454
8	30,3899	8	59,2311	8	2,1060	8	1,0805
9	34,1887	9	66,6350	9	2,3692	9	1,2156

Mesures françaises anciennes. (Suite.)

Mesures agraires.

La perche des eaux et forêts avait 22 pieds de côté.—L'arpent des eaux et forêts était composé de 100 perches.— La perche de Paris avait 18 pieds de côté.—L'arpent de Paris était de 100 perches.

Noms des mesures.	Pieds carrés.	Toises carrées.	Mètres carrés.
Perche des eaux et forêts.	484	13,44	51,07
Arpent des eaux et forêts.	48400	1344,44	5107,20
Perche de Paris	324	9	34,19
Arpent de Paris	32400	900	3418,97
Are	947,7	26,32	100
Hectare	94768,2	2632,45	10000

Nombre d'arpents.	ARPENTS		Nombre d'hectares.	HECTARES	
	de Paris en hectares.	des eaux et forêts en hectares.		en arpents de Paris.	en arpents des eaux et forêts.
1	0,3419	0,5107	1	2 9249	1,9580
2	0,6838	1,0214	2	5,8499	3,9160
3	1,0257	1,5322	3	8,7748	5,8641
4	1,3675	2,0429	4	11,6998	7,8321
5	1,7094	2,5536	5	14,6247	9,7901
6	2,0513	3,0643	6	17,5497	11,7481
7	2,3932	3,5750	7	20,4746	13,7061
8	2,7351	4,0858	8	23,3995	15,6642
9	3,0770	4,5965	9	26,3245	17,6222

La livre ancienne valait 16 onces, l'once 8 gros et le gros 72 grains.

Grains. Grammes.	Onces. Grammes.	Livres. Kilogramm.
1 vaut 0,053	1 30,59	1 0,4895
2 0,106	2 61,19	2 0,9690
3 0,159	3 91,78	3 1,4685
4 0,212	4 122,38	4 1,9580
5 0,266	5 152,97	5 2,4475
6 0,319	6 183,56	6 2,9370
7 0,372	7 214,16	7 3,4265
Gros.	8 244,75	8 3,9160
1 3,82	9 275,35	9 4,4056
2 7,65	10 305,94	
3 11,47	11 336,53	
4 15,30	12 367,14	
5 19,12	13 397,73	
6 22,94	14 428,33	
7 26,77	15 458,91	
8 30,59	16 489,51	

Réduction des kilogrammes et livres et décimales de la livre	Réduction des grammes en grains et décimales du grain.	Réduction des décigrammes en grains et décimales du grain.
1 2,0429	1 18,83	1 1,88
2 4,0858	2 37,65	2 3,77
3 6,1286	3 56,48	3 5,65
4 8,1715	4 75,31	4 7,53
5 10,2144	5 94,14	5 9,41
6 12,2573	6 112,96	6 11,30
7 4 3001	7 131,79	7 13,18
8 16 3430	8 150,62	8 15,06
9 18,3859	9 169,44	9 16,94

Conversion des mesures étrangères en mesures françaises.

LONGUEURS		HOLLANDE	
ALLEMAGNE			m. lin.
Pied (fuss) d'Augsbourg.	m. lin. 0,296168	Pied d'Amsterdam	0,283056
Pied (fuss) de Berlin.	0,313854	Aune.	0,6903
Aune (elle) de Berlin.	0,6669	Pied d'Anvers	0,285588
Pied (fuss) de Brême.	0,289197	Aune d'Anvers pour soie	0,6943
Aune (elle) de Brême.	0,5784	Aune d'Anvers pour laine	0,6844
Pied (fuss) de Carlsruhe.	0,30		
Pied (fuss) de Francfort.	0,284610	PORTUGAL	
Pied (fuss) de Hambourg.	0,287618	Palme	0,21859
Aune (elle) de Hambourg.	0,5730	Pied	0,3386
Pied (fuss) de Hanovre.	0,291995	Vare (palmes).	1,0929
Aune (elle) de Hanovre.	0,5840		
Pied (fuss) de Munich	0,291857	RUSSIE	
Aune (elle) de Munich	0,5830	Pied (12 verchocks)	0,304788
Pied (fuss) de Nuremberg	0,303793	Archine (1/3 sagène)	0,711172
Aune (elle) de Nuremberg.	0,6364	Sagène (7 pieds)	0,133516
Pied (fuss) d'Oldenbourg.	0,296416	Verste (500 sagènes)	1066,758
Pied (fuss) de Stuttgart	0,286490		
Aune (elle) de Stuttgart	0,6143	SUÈDE	
Pied (fuss) de Vienne	0,316103	Pied (fod).	0,296838
Aune (elle) —	0,7792	Aune (2 fods).	0,5937
ANGLETERRE		SUISSE	
Pouce (inch).	0,0253995	Pied de Bâle	0,304537
Pied (feet) (12 inches).	0,3047943	— de Berne	0,293238
Yard (3 feet).	0,9143834	Aune de —	0,5425
Fathom (2 yards).	1,828767	Pied de Lausanne.	0,30
Perch (5 1/2 yards)	5,029109	— de Lucerne	0,313854
Furlong (220 yards)	209,16426	— de Genève.	0,4849
Mille (8 furlongs)	1609,31408	Aune de —	1,1437
		Pied de Neuchâtel	0,300025
		Aune de —	1,1111
		Pied de Zurich.	0,301379
		Aune de —	0,6001
		TURQUIE	
		Petit pick	0,647874
		Grand pick	0,669079

		SUPERFICIE	

DANEMARK		ANGLETERRE	
Pied (fed).	0,313621		m. sup.
Aune (elle)	0,6277	Yard carré.	0,836097
Perche (10 feds)	3,13621	Rod (perch carrée).	25,291939
		Rood (1210 yards carrés)	1011,6775
ESPAGNE		Acre (4840 yards carrés)	4046,7100
Pied de Madrid.	0,282653		
Vare de Castille.	0,847965		

Conversion des mesures étrangères en mesure françaises. (Suite.)

CAPACITES ET VOLUMES		MONNAIES	
—		—	
ANGLETERRE		ALLEMAGNE ET PRUSSE	
	litre.		val. au pair
Pint (1/8 gallon)	0,567932	Krentzer (cuivre)	fr. 0,036
Sack	1,090430	Florin (argent)	2 143
Gallon	4,543458	Thaler (argent)	3,75
Peck (2 gallons)	9,086916	Ducat (or)	11,85
Chaldron (12 sacks)	13,085160	Frédéric (or)	20 78
Bushel (8 gallons)	36,347664		
AUTRICHE		ANGLETERRE	
Tonne (3,8 pieds cubes)	120,	Penny (cuivre)	0,10
		Shilling (argent)	1,16
PRUSSE		Couronne (5 shillings (argent))	5,81
Tonne (7 1/9 pieds cubes)	223,	Livre sterling (souverain) (or)	25,21
		Guinée (21 shillings)	26,47
RUSSIE		AUTRICHE	
Kruska	1,2289	Krentzer (cuivre)	0,04
Garnetz	3,227	Florin (argent)	2,59
Védro (10 kruskas)	12,289	Couronne (argent)	5,33
Tchetvérick (1/8 tchetvers)	26,2175	Rixdaler (argent)	5,19
Tchetver (8 tchetvéricks)	209,740	Ducat (or)	11,81
Tonne (40 védros)	491,56	Souverain (or)	17,58
SUISSE		DANEMARK	
Pot.	1,50	Ecu courant (argent)	2,48
		Rixdaler (double écu) (argent)	4,96
		Ducat (or)	9,47
		Frédéric (or)	20,32
POIDS		ESPAGNE	
—		—	
ANGLETERRE		MARAVÉDI (cuivre)	
	kilog.	Ochavo (cuivre)	0,008
Livre troy	0,373096	Réal (cuivre)	0,26
Livre (avoir-du-poids)	0,453415	Piastre (argent)	5,40
Tonne	1015,649	Ecu d'or (or)	10,80
		Pistole (2 écus) (or)	21,60
AUTRICHE		Doublon d'Isabelle (or)	25,84
Livre	0,560	Doublon (or)	40,75
		Quadruple (or)	81 51
ESPAGNE		ÉTATS-UNIS	
Livre	0,460	Cent (cuivre)	0,053
		Dime (cuivre)	0,53
PRUSSE		Demi-dollar (argent)	2,67
Livre	0,467	Dollar (argent)	5,34
		Demi-aigle (or)	25,91
RUSSIE		Aigle (or)	51,82
Livre	0,6378		
Poud	16 372	GRÈCE	
Berkowetz (10 pouds)	163,72	Drachme (argent)	0,90
		Ecu (argent)	4,47
TURQUIE		Othon (or)	17,90
Rottel	0,6378		

Conversion des mesures étrangères en mesures françaises. (Suite.)

HOLLANDE	val. au pair fr.	RUSSIE	val. au pair fr.
Florin.	2,14	Copeck (cuivre). . .	0,04
Ducat (argent)	6,41	Solot (argent)	1,00
Ducat (or)	11,78	Rouble (argent)	4,00
Ryder (or)	31,40	Ducat (or)	11,59
		Impériale.	41,29
MEXIQUE		SUÈDE	
Piastre (argent)	5,41	Skilling (cuivre)	0,045
Quadruple (or)	81,20	Species (argent)	5,66
		Ducat (or)	11,70
PORTUGAL		TURQUIE	
Toston (argent)	0,51	Irmilick (cuivre)	0,06
Cruzade (argent)	2,94	Piastre (argent)	0,22
1/10 couronne (or)	5,60	Altelek (argent)	1,11
1/2 couronne (or)	28,00	Memdonyé (argent)	3,96
Couronne (or)	56,00	50 piastres (argent)	11,34
		100 piastres (argent)	22,68

Nota. — BELGIQUE, ITALIE, SUISSE (système métrique français).

**Grandeurs proportionnelles
et grandeurs inversement proportionnelles**

Deux grandeurs A et B sont proportionnelles, si les nombres qui expriment des états correspondants de ces grandeurs donnent des rapports ou quotients égaux :

$$\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'} = \frac{a''}{b''} = \dots\dots \frac{a_n}{b_n}$$

Le quotient ou le rapport est la valeur de A pour la valeur de B égale à un.

Deux grandeurs A et B sont inversement proportionnelles, si les nombres qui expriment des états correspondants de ces grandeurs donnent des produits égaux.

$$a b = a' b' = a'' b'' = a''' b'''$$

Propriétés des grandeurs proportionnelles :

Si $\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'} = \frac{a''}{b''} \dots\dots$, on a $\frac{a}{b} = \frac{a + a' + a'' + \dots}{b + b' + b'' + \dots}$

$$= \frac{\sqrt{a^2 + a'^2 + a''^2 + \dots}}{\sqrt{b^2 + b'^2 + b''^2 + \dots}} = \left(\frac{\sqrt{a} + \sqrt{a'} + \sqrt{a''} + \dots}{\sqrt{b} + \sqrt{b'} + \sqrt{b''} + \dots} \right)^2$$

On appelle *proportion* l'égalité de deux rapports.

$$\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'}$$

est une proportion. Entre ses termes on a les relations suivantes :

$$a \cdot b' = b \cdot a', \quad \frac{a}{b} = \frac{a+a'}{b+b'}, \quad \frac{a+b}{a-b} = \frac{a'+b'}{a'-b'}$$

Les *règles de trois* sont destinées à la résolution de problèmes dans lesquels, en définitive, on donne trois termes d'une proportion et on cherche le quatrième.

Lorsque les deux moyens termes d'une proportion sont égaux, chacun d'eux s'appelle *moyenne proportionnelle ou géométrique* entre les premier et quatrième termes :

$$\frac{a}{b} = \frac{x}{b}$$

donne

$$x^2 = a \cdot b \quad x = \sqrt{a \cdot b}$$

Progressions

Considérons une suite de termes $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, où l'indice d'un terme indique le nombre des termes qui le précèdent.

On dit que ces termes sont en *progression arithmétique*, si la différence d'un terme au précédent est constante; cette différence s'appelle *raison* de la progression. Elle est positive si la progression est croissante, négative si la progression est décroissante.

On dit que ces termes sont en *progression géométrique* si le quotient d'un terme par celui qui précède est constant; ce quotient s'appelle *raison* de la progression. Il est plus grand que *un* si la progression est croissante et plus petit que *un* si elle est décroissante.

Tableau des propriétés des progressions

<i>r</i> raison	<i>q</i> raison
$a_n = a_0 + nr$	$a_n = a_0 q^n$
$r = \frac{a_n - a_0}{n}$	$q = \sqrt[n]{\frac{a_n}{a_0}}$
$a_m = a_0 + mr \quad a_{n-m} = a_n - mr$	$a_m = a_0 q^m \quad a_{n-m} = \frac{a_n}{q^m}$
$a_m + a_{n-m} = a_0 + a_n$	$a_m \cdot a_{n-m} = a_0 a_n$
S (somme des termes) = $\frac{a_0 + a_n}{2} (n + 1)$	P (produit des termes) = $\sqrt{(a_0 \cdot a_n)^{n+1}}$
	S (somme des termes d'une progression quelconque) = $\frac{a_n q - a_0}{q - 1}$ $= a_0 \frac{q^{n+1} - 1}{q - 1}$
	S (somme des termes d'une progression géom. décroissante prolongée indéfiniment) = $\frac{a_0}{1 - q}$

Remarquer que, dans les lignes correspondantes des deux colonnes, toute addition à la première colonne est remplacée par une multiplication à la deuxième colonne, que toute soustraction est remplacée par une division, que toute multiplication est remplacée par une élévation à une puissance et que toute division est remplacée par une extraction de racine.

Sur ces remarques sont basées les propriétés des *logarithmes*. Si on considère deux progressions, l'une arithmétique commençant par zéro, l'autre géométrique commençant par un, les nombres de la première sont les logarithmes des nombres correspondants de la seconde. La *base* du système de logarithme est le nombre dont le logarithme est 1.

Les *logarithmes vulgaires* ont pour base 10 et les deux progressions sont

$$\begin{array}{cccccccc} \dots & -2 & -1 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & \dots \\ \dots & \frac{1}{10^2} & \frac{1}{10} & 1 & 10 & 10^2 & 10^3 & 10^4 & 10^5 & \dots \end{array}$$

Par insertion d'un égal nombre de moyens entre les termes correspondants de ces progressions, on arrive, pourvu que ces moyens soient en très grand nombre, à toutes les nuances des nombres dans la progression géométrique et de leurs logarithmes dans la progression arithmétique.

On voit au moins sur les progressions données les parties entières des logarithmes des nombres. Ainsi, tout nombre compris entre 10^3 et 10^4 , c'est-à-dire de quatre chiffres, aura un logarithme compris entre 3 et 4. La partie entière sera 3. Tout nombre compris entre $\frac{1}{10^2} = 0,01$ et $\frac{1}{10} = 0,1$ aura un logarithme compris entre -2 et -1 ; ce logarithme a une partie entière égale à -2 et une partie décimale positive.

La partie entière s'appelle *caractéristique*, la partie décimale s'appelle *mantisse*.

Les propriétés fondamentales des logarithmes sont les suivantes :

$$\log. A.B = \log. A + \log. B$$

$$\log. \frac{A}{B} = \log. A - \log. B$$

$$\log. \frac{A.B}{C.D} = \log. A + \log. B - \log. C - \log. D$$

$$\log. A^n = n. \log. A.$$

$$\log. \sqrt[n]{A} = \frac{\log. A}{n}$$

Des Intérêts simples et composés

Soient i le taux de l'intérêt de un franc par an, C le capital, n le temps.

L'intérêt est Cin , si le temps est compté en années et fractions; si le temps est compté en jours, l'intérêt est

$$\frac{Cin}{360} \quad \text{ou} \quad \frac{Cin}{365}$$

suivant que l'on prend l'année commerciale ou l'année civile.

Dans ce cas, pour trouver l'intérêt d'une somme on multiplie d'abord la somme par le nombre de jours, ce qui donne les *nombres*, puis on multiplie les *nom-*

bres par $\frac{i}{360}$ ou $\frac{i}{365}$, si *i* est l'intérêt pour un franc, et par $\frac{i}{36\ 000}$ ou $\frac{i}{36\ 500}$, si *i* est l'intérêt est pour cent francs par an.

Tableau des Multiplicateurs par 1 000 Nombres.

TAUX de L'INTÉRÊT annuel pour 100f.	FACTEURS-MULTIPLICATEURS	
	ANNÉE commerciale de 360 jours.	ANNÉE civile de 365 jours
1 0/0	0,277 777 7	0,273 972 602 73
1 1/2	0,416 666 6	0,410 958 901 10
2 0/0	0,555 555 5	0,547 945 205 47
2 1/2	0,694 444 4	0,681 931 506 84
3 0/0	0,833 333 3	0,821 917 808 21
3 1/2	0,972 222 2	0,958 901 109 58
4 0/0	1,111 111 1	1,095 890 410 95
4 1/2	1,250 000 0	1,232 876 712 32
5 0/0	1,388 888 8	1,369 863 013 69
5 1/2	1,527 777 7	1,506 849 315 06
6 0/0	1,666 666 6	1,643 835 616 43
6 1/2	1,805 555 5	1,780 821 917 80
7 0/0	1,944 444 4	1,917 808 219 17
8 0/0	2,222 222 2	2,191 680 821 91

La détermination du nombre des jours d'une date à une autre se fait par le tableau suivant, qui donne, entre deux mois, le nombre des jours qui séparent un même quantième. Il n'y a plus qu'à tenir compte mentalement de la différence des quantième dont on a besoin. Si l'année est bissextile, on tient compte du 29 février de cette année.

Tableau pour la détermination des nombres de jours entre deux dates.

	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre											
Janvier ...	31	59	90	110	151	181	212	243	273	304	334	365										
Février...	..	28	59	89	120	150	181	212	242	273	303	334	365									
Mars.....	31	61	92	122	153	184	214	245	275	306	337	365								
Avril.....	30	61	91	122	153	183	214	244	275	305	334	365							
Mai.....	31	61	92	123	153	184	214	245	276	304	335	365						
Juin.....	30	61	92	122	153	183	214	245	273	304	335	365					
Juillet....	31	62	92	123	153	184	215	243	274	304	335	365				
Août.....	31	61	92	122	153	184	212	243	273	304	334	365			
Septembre	30	61	91	122	153	184	212	242	273	303	334	365		
Octobre..	31	61	92	123	151	182	212	243	273	304	335	365	
Novembre	30	61	92	120	151	181	212	242	273	304	335	
Décembre	31	62	90	121	151	182	212	243	274	304	335

Valeur, au bout de n années, du capital 1 fr. et de ses intérêts accumulés pendant ces n années :

A la fin de la 1 ^{re} année	$1 + i$
2 ^e année	$(1 + i)(1 + i) = (1 + i)^2$
3 ^e année	$1 + i)^2 (1 + i) = (1 + i)^3$
.....
n^e année	$(1 + i)^n$

Valeur actuelle de 1 fr. payable dans n années :

$$\frac{1}{(1 + i)^n}$$

Valeur, au bout de n années, de l'ensemble des annuités de 1 fr. versées à la fin de chacune des n années :

Valeur de la 1 ^{re} annuité de 1 fr.	$(1 + i)^{n-1}$
Valeur de la 2 ^e annuité de 1 fr.	$(1 + i)^{n-2}$
Valeur de la $(n-1)^e$ annuité de 1 fr.	$(1 + i)$
Valeur de la n^e annuité	1

La suite des valeurs des annuités forme une progression géométrique dont la somme est

$$\frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

La *valeur actuelle* de l'ensemble de ces annuités est

$$\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \cdot \frac{1}{(1 + i)^n} = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

Valeur, au bout de n années, de l'ensemble des mêmes annuités, mais versées au commencement de chacune des années, au lieu d'être versées à la fin. Chaque annuité porte intérêt pendant une année de plus et on a

$$\frac{(1 + i)^n - 1}{i} (1 + i)$$

Valeur actuelle de l'ensemble de ces dernières :

$$\frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^{n-1}}$$

Valeur de l'annuité x , à verser à la fin de chacune des n années, pour amortir, en principal et intérêts, une dette actuelle de 1 fr.

$$x \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = 1 \text{ fr.}$$

d'où

$$x = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Dans cette annuité, une première partie sert à pay les intérêts du capital dû, et une autre partie sert à constituer un capital de 1 fr. au bout de n années. En effet, i étant l'intérêt de 1 franc, la seconde partie dont nous parlons égale, quand il s'agit d'annuités versées à la fin de chaque année,

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} - i = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

et la valeur de n annuités pareilles est

$$\frac{i}{(1+i)^n - 1} \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i} = 1 \text{ fr.}$$

Pour passer de la somme de 1 fr. à une somme quelconque, il suffit de multiplier par la valeur de cette somme, la valeur au bout de n années, ou la valeur actuelle, ou l'annuité correspondant à 1 franc.

Le tableau suivant permet de faire ce calcul dans quelques cas uscis.

Tables d'intérêts composés et d'annuités pour le taux 5 0/0, ou $i=0,05$

NOMBRE D'ANNÉES n	VALEURS	RENTES	VALEURS	VALEURS
	de 1 franc plus ses intérêts composés au taux de 5 0/0 $(1+i)^n$	ANNUELLES pour l'amortissement d'un capital de 1 fr. à 5 0/0 dans un nombre donné d'années. $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	ACTUELLES d'un capital de 1 franc qui n'est réalisable que dans un nombre donné d'années $\frac{i}{(1+i)^n}$	ACTUELLES d'une rente annuelle de 1 franc payable pendant un certain nombre d'années. $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$
1	1,050 000	1,050 0000	0,952 3810	0,952 3810
2	1,102 500	0,537 8050	0,907 0295	1,859 4105
3	1,157 625	0,367 2114	0,863 8378	2,723 2483
4	1,215 606	0,282 0106	0,822 7025	3,545 9468
5	1,276 282	0,230 9784	0,783 5262	4,329 4730
6	1,340 096	0,197 0175	0,746 2154	5,075 6884
7	1,407 100	0,172 8200	0,710 6813	5,786 3697
8	1,477 455	0,154 7267	0,676 8394	6,463 2091
9	1,551 328	0,140 6874	0,644 6089	7,107 8180
10	1,628 895	0,129 5057	0,613 9133	7,721 7313

*Tables d'intérêts composés et d'annuités pour
le taux 5 0/0, ou $i = 0,05$. (Suite.)*

NOMBRE D'ANNÉES <i>n</i>	VALEURS	RENTES	VALEURS	VALEURS
	de 1 franc plus ses intérêts composés au taux de 5 0/0 $(1+i)^n$	ANNUELLES pour l'amortissement d'un capital de 1 fr. à 5 0/0 dans un nombre donné d'années. $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	ACTUELLES d'un capital de 1 franc qui n'est réalisable que dans un nombre donné d'années $\frac{i}{(1+i)^n}$	ACTUELLES d'une rente annuelle de 1 franc payable pendant un certain nombre d'années. $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$
11	1,710 339	0,120 3863	0,584 6793	8,306 4106
12	1,795 856	0,112 8274	0,556 8374	8,863 2480
13	1,885 649	0,106 4591	0,530 3214	9,393 5694
14	1,979 932	0,101 0224	0,505 0680	9,898 6374
15	2,078 928	0,096 3401	0,481 0171	10,379 6545
16	2,182 875	0,092 2712	0,458 1115	10,837 7660
17	2,292 018	0,088 6981	0,436 2967	11,274 0627
18	2,406 619	0,085 5450	0,415 5207	11,689 5834
19	2,526 950	0,082 7466	0,395 7340	12,085 3174
20	2,653 298	0,080 2438	0,376 8895	12,462 2069
21	2,785 963	0,077 9969	0,358 9427	12,821 1493
22	2,925 261	0,075 9730	0,341 8500	13,162 9993
23	3,071 524	0,074 1368	0,325 5713	13,488 5706
24	3,225 100	0,072 4712	0,310 0679	13,798 6385
25	3,386 355	0,070 9519	0,295 3028	14,093 9413
26	3,555 673	0,069 5637	0,281 2407	14,375 1820
27	3,733 456	0,068 2932	0,267 8483	14,643 0303
28	3,920 129	0,067 1239	0,255 0936	14,898 1239
29	4,116 136	0,066 0469	0,242 9463	15,141 0702
30	4,321 942	0,065 0489	0,231 3775	15,372 4477
31	4,538 039	0,064 1310	0,220 3595	15,592 8072
32	4,764 941	0,063 2779	0,209 8662	15,802 6734
33	5,003 189	0,062 4900	0,199 8725	16,002 5459
34	5,253 348	0,061 7537	0,190 3548	16,192 9007
35	5,516 015	0,061 0732	0,181 2903	16,374 1910
36	5,791 816	0,060 4316	0,172 6574	16,546 8484
37	6,081 407	0,059 8110	0,164 4356	16,711 2840
38	6,385 477	0,059 2830	0,156 6054	16,867 8894
39	6,704 751	0,058 7676	0,149 1480	17,017 0374
40	7,039 989	0,058 2771	0,142 0457	17,159 0831
41	7,391 988	0,057 8202	0,135 2816	17,294 3647
42	7,761 588	0,057 3970	0,128 8396	17,423 2043
43	8,149 667	0,056 9909	0,122 7044	17,546 9087
44	8,557 150	0,056 6144	0,116 8613	17,662 7700
45	8,985 008	0,056 2641	0,111 2965	17,774 0665

Tables d'intérêt composés et d'annuités pour le taux 5 0/0, ou $i = 0,05$. (Suite.)

NOMBRE D'ANNÉES n	VALEURS	RENTES	VALEURS	VALEURS
	de 1 franc plus ses intérêts composés au taux de 5 0/0 $(1+i)^n$	ANNUELLES pour l'amortissement d'un capital de 1 fr. à 5 0/0 dans un nombre donné d'années. $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	ACTUELLES d'un capital de 1 franc qui n'est réalisable que dans un nombre donné d'années $\frac{i}{(1+i)^n}$	ACTUELLES d'une rente annuelle de 1 franc payable pendant un certain nombre d'années. $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$
46	9,434 258	0,055 9265	0,105 9967	17,880 0632
47	9,905 971	0,055 6123	0,100 9492	17,981 0124
48	10,401 270	0,055 3141	0,096 1421	18,077 1545
49	10,921 333	0,055 0433	0,091 5639	18,168 7184
50	11,467 400	0,054 7708	0,087 2037	18,255 9261
51	12,040 770	0,054 4003	0,083 0512	18,338 9733
52	12,642 808	0,054 2755	0,079 0964	18,418 0697
53	13,274 949	0,054 0691	0,075 3299	18,493 3996
54	13,938 696	0,053 8591	0,071 7427	18,565 1425
55	14,635 631	0,053 6687	0,068 3264	18,633 4687
56	15,367 412	0,053 3556	0,065 0728	18,698 5415
57	16,135 783	0,053 2965	0,061 9741	18,760 5156
58	16,942 572	0,053 1320	0,059 0229	18,819 5385
59	17,781 701	0,052 9777	0,056 2123	18,875 7508
60	18,67 186	0,052 8248	0,053 5355	18,929 2863

Equations

Les équations

$$ax + by + c = 0$$

$$a'x + b'y + c' = 0$$

ont pour solution :

$$\frac{x}{bc' - cb'} = \frac{y}{ca' - ac'} = \frac{1}{ab' - ba'}$$

Les grandeurs ont un sens pour l'augmentation et un sens pour la diminution. On interprète les *quantités positives* en leur attribuant le sens de l'augmentation et les *quantités négatives* en leur attribuant le sens de la diminution.

L'équation binôme

$$x^2 - a^2 = 0$$

admet pour racines

$$x = \pm\sqrt{a^2} = \pm a.$$

L'équation trinôme

$$ax^2 + bx + c = 0$$

admet pour racines

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

L'équation trinôme

$$ax^2 + 2b'x + c = 0$$

admet pour racines

$$x = \frac{-b' \pm \sqrt{b'^2 - ac}}{a}$$

L'équation bi-carrée

$$ax^4 + bx^2 + c = 0$$

admet quatre racines que l'on obtient en prenant successivement les signes + et - de la formule

$$x = \pm\sqrt{\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}}.$$

Le système

$$xy = m^2$$

$$x + y = s$$

admet pour x et y les valeurs de z données par la formule

$$z = \frac{s \pm \sqrt{s^2 - 4m^2}}{2}$$

GÉOMÉTRIE

Angles

Une droite est perpendiculaire sur une autre quand elle fait avec cette autre deux angles adjacents égaux.

Ces angles s'appellent *angles droits*.

Tous les angles droits sont égaux.

La somme des angles autour d'un point vaut quatre droits.

La somme des angles autour d'un point, mais du même côté d'une droite passant par ce point, vaut deux droits.

Si deux angles ont une somme égale à deux angles droits, ils sont dits *supplémentaires* l'un de l'autre.

Si deux angles ont une somme égale à un droit, ils sont dits *complémentaires*.

Les bissectrices de deux angles adjacents supplémentaires sont perpendiculaires.

Les *angles opposés* par le sommet sont égaux.

On ne peut abaisser d'un point qu'une perpendiculaire sur une droite. Donc deux droites perpendiculaires à une troisième sont parallèles, c'est-à-dire ne peuvent se rencontrer.

Si deux parallèles sont coupées par une *transversale*, les angles correspondants de la figure sont égaux, les angles alternes-internes sont égaux, les angles alternes-externes sont égaux.

Des parallèles comprises entre parallèles sont égales.

Des droites parallèles sont partout à égale distance.

Des angles qui ont leurs côtés parallèles sont égaux ou supplémentaires.

Des angles qui ont leurs côtés perpendiculaires sont égaux ou supplémentaires.

Dans une même circonférence ou dans des circonférences égales des *angles au centre* égaux, (c'est-à-

dire dont le sommet est au centre) comprennent des arcs égaux entre leurs côtés, et réciproquement.

De là la possibilité de trouver la plus grande commune mesure de deux angles au centre, qui est l'angle au centre correspondant à la plus grande commune mesure des deux arcs compris entre les côtés des proposés.

Les *angles au centre*, dans une circonférence ou dans des circonférences égales sont dans le même rapport que les arcs qu'ils comprennent entre leurs côtés.

Pour comparer les angles, on convient de prendre une circonférence de rayon déterminé, et on dit que *l'angle au centre a pour mesure l'arc compris entre ses côtés*.

L'angle droit au centre comprend le quart de la circonférence.

L'*angle inscrit* (dont le sommet est à la circonférence) a pour mesure la moitié de l'arc compris entre ses côtés. — L'angle dont le sommet est à l'intérieur a pour mesure la demi-somme des arcs compris entre ses côtés. — L'angle dont le sommet est extérieur a pour mesure la demi-différence des arcs compris entre ses côtés.

Si l'angle droit a son sommet sur la circonférence, ses côtés coupent la circonférence aux extrémités d'un diamètre.

TRIANGLES

Propriétés générales des Triangles

Un côté quelconque est plus petit que la somme des deux autres et plus grand que leur différence.

La *somme des trois angles* d'un triangle est égale à deux droits.

Pour que deux triangles soient *égaux*, il faut trois conditions d'égalité entre leurs éléments, dont au moins une entre les côtés.

Dans un triangle, à un plus grand angle est opposé un plus grand côté.

Si deux triangles ont deux côtés égaux chacun à

chacun et les troisièmes côtés inégaux, l'angle opposé au plus petit de ceux-ci est plus petit que l'angle opposé à l'autre.

Deux triangles sont *semblables* quand leurs angles sont égaux et leurs côtés homologues (opposés aux angles égaux) proportionnels. Pour que deux triangles soient semblables, il suffit de deux conditions.

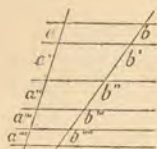


Fig 1

Des droites parallèles entre elles déterminent sur deux droites quelconques des segments proportionnels, *fig. 1.*

$$\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'} = \frac{a''}{b''} \dots$$

Un *faisceau de droites* détermine sur deux droites parallèles des segments proportionnels, *fig. 2.*



Fig. 2.

$$\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'} = \frac{a''}{b''} = \frac{a'''}{b'''} \dots$$

Les *médianes* d'un triangle se coupent en un même point qui est le centre de gravité de l'aire du triangle.

Les *perpendiculaires* sur les milieux des côtés se coupent en un même point qui est le centre du *cercle circonscrit* au triangle.

Les *hauteurs* d'un triangle se coupent en un même point.

Les *bissectrices des angles intérieurs* se coupent en un même point qui est le centre de la *circonférence inscrite*. — La bissectrice d'un angle et les bissectrices des angles extérieurs, adjacents au côté opposé à l'angle, se coupent en un point, centre d'une *circonférence (ex-inscrite au triangle)*, tangente extérieurement aux deux côtés de l'angle et au troisième côté.

Il y a donc quatre *circonférences* tangentes à trois droites données.

Dans les triangles *isocèles*, c'est-à-dire qui ont deux côtés égaux, la perpendiculaire sur la base (côté inégal) est aussi la bissectrice et la médiane. corresponz

dantes à cette base. Les angles à la base sont égaux.

Dans le triangle *équilatéral* (3 côtés égaux) les angles sont de 60° chacun; les trois hauteurs sont égales et sont à la fois médianes et bissectrices du triangle.

Propriétés métriques du Triangle rectangle

Dans le triangle rectangle, la *médiane* correspondant à l'hypoténuse est égale à la moitié de l'hypoténuse:

$$A\alpha = C\alpha = \alpha B.$$

La *hauteur* correspondante à l'hypoténuse est moyenne proportionnelle entre les segments qu'elle détermine sur l'hypoténuse:

$$h^2 = CD \cdot DB.$$

Chaque côté de l'angle droit est moyenne proportionnelle entre l'hypoténuse et la projection de ce côté sur l'hypoténuse:

$$b^2 = a \cdot CD \quad \text{et} \quad c^2 = a \cdot DB$$

Les carrés des côtés de l'angle droit sont entre eux comme leurs projections sur l'hypoténuse:

$$\frac{b^2}{c^2} = \frac{CD}{DB}.$$

La somme des carrés des côtés de l'angle droit est égale au carré de l'hypoténuse:

$$b^2 + c^2 = a^2$$

L'aire du triangle rectangle égale

$$\frac{b \cdot c}{2} = \frac{a \cdot h}{2}$$

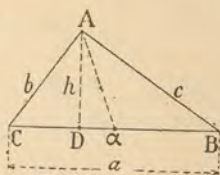


Fig.3.

Propriétés métriques des Triangles quelconques

Dans la suite de cet ouvrage les angles d'un triangle seront représentés par A, B, C, et les côtés

opposés à ces angles, respectivement, par les lettres a, b, c .

La bissectrice de l'angle d'un triangle partage le côté opposé en deux segments proportionnels

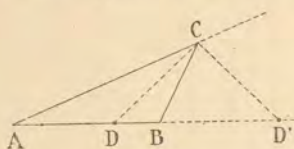


Fig. 4.

aux côtés adjacents du triangle. Il y a pour un sommet deux bissectrices ; l'une de l'angle intérieur, l'autre de l'angle extérieur, et, par suite, il y a deux points sur le côté opposé qui

le divisent dans le rapport des côtés du triangle.

$$\frac{AD}{AC} = \frac{DB}{BC} \quad \text{et} \quad \frac{AD'}{AC} = \frac{D'B}{BC}.$$

Dans tout triangle, le carré d'un côté est égal à la somme des carrés des deux autres côtés, augmenté ou diminué de deux fois le produit de la projection de l'un de ces deux côtés sur l'autre multiplié par ce dernier côté. Augmenté, si le côté dont on prend le carré est opposé à un angle obtus ; diminué, s'il est opposé à un angle aigu.

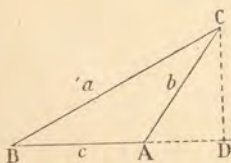


Fig. 5.

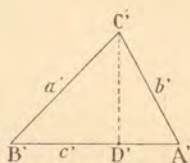


Fig. 6.

Ainsi

$$a^2 = b^2 + c^2 + 2c \cdot AD.$$

et

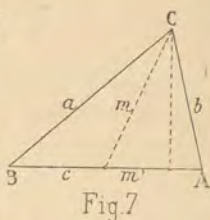
$$a'^2 = b'^2 + c'^2 - 2c' \cdot A'D'$$

Dans tout triangle, la somme des carrés de deux côtés est égale au double du carré de la médiane, ré-

pendant au troisième côté, plus deux fois le carré de la moitié du troisième côté :

$$a^2 + b^2 = 2m^2 + 2\left(\frac{c}{2}\right)^2$$

La différence des carrés de deux côtés est égale à quatre fois le produit de la médiane par sa projection sur le troisième côté.



$$a^2 - b^2 = 4 m . m'.$$

Dans tout triangle, le produit de deux côtés est égal au produit de la multiplication du rayon du cercle circonscrit par la hauteur correspondante au troisième côté.

$$b . c = 2 R . h,$$

où R est le rayon du cercle circonscrit.

Le produit de deux côtés égale encore le carré de la bissectrice de l'angle compris, plus le produit des segments que cette bissectrice détermine sur le troisième côté. Ainsi, d'après la figure 4,

$$AC . BC = CD^2 + AD . DB.$$

Expression de la longueur de la hauteur d'un triangle, en fonction des côtés. — Soit p le demi-périmètre, c'est-à-dire $2p = a + b + c$. La hauteur correspondante au côté c est

$$h = \frac{2}{c} \sqrt{p(p-a)(b-b)(b-c)}$$

L'expression de la longueur de la bissectrice de l'angle A en fonction des côtés est

$$\frac{^2}{b+c} \sqrt{b.c.p(p-a)}$$

L'aire d'un triangle est la moitié du produit de la base par la hauteur. Un côté quelconque étant pris pour base, la hauteur est la distance, à ce côté, du sommet qui lui est opposé.

Les triangles de même base ont leurs aires entre elles comme les hauteurs.

L'aire du triangle est la moitié de l'aire du parallélogramme de même base et de même hauteur.

Aire du triangle en fonction des côtés .

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

Si deux triangles ont un angle égal, leurs aires sont entre elles dans le rapport des produits des côtés qui comprennent cet angle.

Les aires des triangles semblables sont entre elles dans le rapport des carrés des dimensions homologues.

Si a est le côté du *triangle équilatéral* et h sa hauteur, on a

$$h = \frac{a\sqrt{3}}{2}$$

et l'aire
$$S = \frac{a^2\sqrt{3}}{4}$$

$$h = 0,866\ 0254 \cdot a$$

$$S = 0,433\ 0127 \cdot a^2$$

Rayon R du cercle circonscrit à un triangle quelconque

$$R = \frac{bc}{2h} = \frac{abc}{4S}$$

S étant l'aire du triangle, r rayon du cercle inscrit, r_a rayon du cercle ex-inscrit tangent au côté a ,

$$r = \frac{S}{p}$$

$$r_a = \frac{S}{p-a}, \quad r_b = \frac{S}{p-b}, \quad r_c = \frac{S}{p-c}$$

$$r \cdot r_a \cdot r_b \cdot r_c = S^2$$

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_a} + \frac{1}{r_b} + \frac{1}{r_c}$$

Circonférences

Dans un même cercle ou dans des cercles égaux, des *cordes égales* sous-tendent des arcs égaux.

La perpendiculaire au milieu d'une corde passe par le centre et partage en deux parties égales les arcs sous-tendus par cette corde,

De deux cordes inégales, la plus grande est plus près du centre.

Deux segments linéaires comptés sur une droite, à partir d'un point jusqu'à la circonférence ont un produit constant pour un même point, quelle que soit la droite, *fig. 8.*

La valeur du produit s'appelle la *puissance du point.*

$$AB.AC = AD.AE = AF^2 \\ = AO^2 - R^2.$$

La tangente issue d'un point est moyenne proportionnelle entre les segments issus du même point.

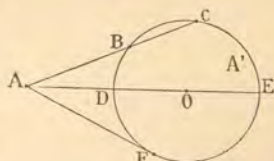


Fig 8

La propriété est la même pour les points à l'intérieur, quant au produit des segments, mais alors la puissance est $R^2 - OA^2$,

Si on joint un point C aux extrémités d'un diamètre AB, on forme un triangle rectangle ABC. Il en résulte, en particulier, que la perpendiculaire abaissée d'un point de la circonférence sur le diamètre est moyenne

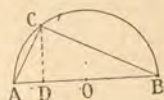


Fig 9.

proportionnelle ou géométrique entre les segments qu'elle détermine sur ce diamètre.

La *moyenne géométrique* entre deux quantités est plus petite que leur *moyenne arithmétique*, ce qui s'écrit

$$ab < \frac{a + b}{2}$$

Si deux *circonférences* sont *extérieures*, la distance des centres est plus grande que la somme des rayons:

$$d > R + R'.$$

Si elles sont *tangentes extérieurement*:

$$d = R + R'$$

Si elles *se coupent* :

$$R + R' > d > R - R'$$

et la corde commune est perpendiculaire sur la ligne des centres qui la partage en deux parties égales.

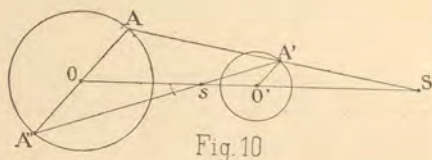
Si elles sont *tangentes intérieurement* :

$$d = R - R'$$

Si l'une est *intérieure* à l'autre :

$$d < R - R'$$

Si on mène deux rayons quelconques parallèles et



de même sens, OA, O'A', dans deux circonférences, la droite qui joint leurs extrémités A et A' coupe la ligne des centres en un point déterminé S appelé *centre de similitude directe*.

$$\frac{OS}{R} = \frac{O'S}{R'} = \frac{OS - O'S}{R - R'}; \quad OS = OO' \frac{R}{R - R'}$$

Si on mène des rayons parallèles en des sens contraires quelconques O'A', O'A'', la droite qui joint leurs extrémités coupe la ligne des centres en un point déterminé s appelé *centre de similitude inverse*.

$$\frac{O s}{R} = \frac{O' s}{R'} = \frac{O s + O' s}{R + R'}; \quad O s = O O' \frac{R}{R + R'}$$

Trois circonférences ont trois centres de similitude directe et trois centres de similitude inverse; deux des centres de similitude inverse et un des centres de similitude directe sont en ligne droite. Les trois centres de similitude directe sont en ligne droite.

Les circonférences sont toutes semblables et leurs longueurs sont dans le rapport de leurs diamètres.

Longueur de la circonférence :

$$2\pi R = \pi D \text{ (D diamètre).}$$

$$\text{Aire du cercle } \pi R^2 = \frac{1}{4} \pi D^2$$

L'aire d'une *couronne* de diamètres D et D' est

$$\frac{1}{4} \pi (D^2 - D'^2).$$

Elle est égale à l'aire du cercle décrit sur la corde AB tangente au cercle intérieur. (Les deux cercles sont concentriques).

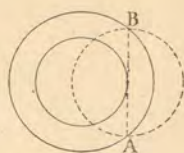


Fig.11

L'arc d'un secteur AOB dont l'angle au centre est de n degrés égale

$$\frac{2\pi r n}{360} = \frac{\pi r n}{180^\circ}$$

L'aire de ce secteur égale

$$\frac{\pi r^2 n}{180^\circ}$$

Si l'angle est réduit en minutes, il faut multiplier le dénominateur de ces fractions par 60, et si l'angle est exprimé en secondes, il faut le multiplier par 3 600.

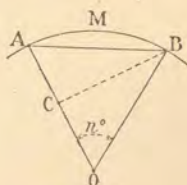


Fig.12

L'aire du *segment* AMB égale l'aire du secteur diminué de l'aire du triangle A O B.

$$\frac{\pi r^2 n}{180} - \frac{R. C B}{2}$$

Polygones

La somme des angles intérieurs d'un polygone convexe est égale à autant de fois deux droits qu'il y a de côtés moins deux.

Dans un *quadrilatère* quelconque, la somme des angles intérieurs est égale à quatre droits. Les milieux des côtés sont les sommets d'un parallélogramme.

Si *a, b, c, d*, désignent les côtés, *g* et *g'* les diagonales et *m* la longueur de la droite qui joint les milieux des diagonales, on a

$$a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = g^2 + g'^2 + 4 m^2.$$

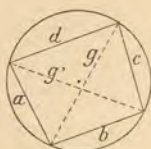


Fig. 13.

Dans le *quadrilatère inscrit*, fig. 13, les angles opposés sont supplémentaires. On a entre les côtés et les diagonales les relations suivantes :

$$g \cdot g' = a \cdot c + b \cdot d$$

$$\frac{g}{g'} = \frac{a \cdot b + c \cdot d}{a \cdot d + b \cdot c}$$

En faisant $a + b + c + d = 2p$, l'aire du quadrilatère inscrit est $S = \sqrt{(p-a)(p-b)(p-c)(p-d)}$

Le rayon du cercle circonscrit est

$$R = \frac{\sqrt{(a \cdot c + b \cdot d)(a \cdot b + c \cdot d)(a \cdot d + b \cdot c)}}{\sqrt{(p-a)(p-b)(p-c)(p-d)}}$$

Si deux côtés opposés d'un quadrilatère sont parallèles, les deux autres le sont aussi et la figure est un *parallélogramme*.

Dans le parallélogramme, les *diagonales* se coupent en parties égales en un point qui est le *centre de figure* du parallélogramme; c'est-à-dire qui partage en deux parties égales toute droite menée sur la figure et limitée au parallélogramme.

Dans le parallélogramme, les angles opposés sont égaux.

L'aire du parallélogramme égale le produit de la base par la hauteur. La hauteur est la distance de deux côtés parallèles dont l'un sert de base.

Le *rectangle* est un parallélogramme dont les angles sont droits; les diagonales en sont égales. L'un des côtés étant pris pour base, la hauteur est égale à l'un des deux côtés perpendiculaires.

Le *losange* est un parallélogramme dont les côtés sont égaux, les diagonales sont perpendiculaires entre elles.

Le *carré* a ses angles droits, ses côtés égaux, ses diagonales égales et rectangulaires. Soit c le côté du carré et d la diagonale, on a $c = d \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$.

L'aire du carré est $S = c^2$.

Le trapèze est un quadrilatère dont deux côtés opposés sont parallèles et inégaux; on les appelle grande et petite bases du trapèze. Soit EF une parallèle aux bases menée à égale distance de celles-ci, on a, d'après la fig. 14,

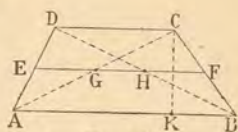


Fig. 14

$$EG = HF = \frac{DC}{2}, \quad GH = \frac{AB - DC}{2},$$

$$\overline{AD}^2 + \overline{CB}^2 = \overline{AC}^2 + \overline{DB}^2 - 2 DC \cdot AB.$$

L'aire du trapèze égale la demi-somme des bases multipliées par leur distance qui est la hauteur du trapèze

$$S = \frac{AB + DC}{2} CK.$$

En appelant β la différence des bases, a et a' les côtés non parallèles, la hauteur du trapèze a pour expression :

$$\frac{2}{\beta} \sqrt{(a + a' + \beta)(a + a' - \beta)(a + \beta - a')(a' + \beta - a)}.$$

Les *polygones réguliers* sont ceux dont les côtés sont égaux et dont les angles sont égaux. Les polygones réguliers d'un même nombre de côtés sont semblables. Les polygones réguliers sont inscriptibles dans le cercle et circonscriptibles au cercle.

Un polygone régulier est parfaitement défini par son angle au centre et la longueur d'un côté. Si n est le nombre des côtés, l'angle au centre est $\frac{4 \text{ droits}}{n}$.

L'aire d'un polygone régulier égale le produit de son périmètre par la moitié de la longueur de la perpendiculaire abaissée du centre du polygone sur l'un des côtés. Cette perpendiculaire s'appelle l'*apothème* du polygone régulier.

Soient C le côté d'un polygone régulier inscrit dans le cercle de rayon R , et c le côté d'un polygone régu-

lier ayant un nombre double de côtés et inscrit dans le même cercle, on a

$$c^2 = 2R \left(R - \sqrt{R^2 - \frac{C^2}{4}} \right).$$

Etant donnés, le rayon R et l'apothème r d'un polygone régulier, calculer le rayon R_1 , l'apothème r_1 du polygone régulier d'un nombre double de côtés, mais isopérimètre du premier.

$$r_1 = \frac{R + r}{2} \qquad R_1 = \sqrt{R \cdot r_1}$$

DÉSIGNATION	Nombre de côtés	ANGLE au centre	VALEUR DU COTÉ C EN FONCTION DE :			APOTHÈME en fonction de R
			Rayon = R	Apothème = r	Surface = S	
Triangle équilatéral	3	120°	$R\sqrt{3}$	$3,464\ 101\ r$	$1,519\ 671\ s$	$\frac{1}{2} R = 0,500\ 000\ R$
Carré.....	4	90°	$R\sqrt{2}$	$2,000\ 000\ r$	$1,000\ 000\ s$	$\frac{1}{2} R\sqrt{2} = 0,707\ 107\ R$
Pentagone.....	5	72°	$\frac{1}{2} R\sqrt{10 - 2\sqrt{5}}$	$1,453\ 085\ r$	$0,762\ 387\ s$	$\frac{1}{4} R(1 + \sqrt{5}) = 0,809\ 017\ R$
Hexagone.....	6	60°	R	$1,454\ 701\ r$	$0,620\ 403\ s$	$\frac{1}{2} R\sqrt{3} = 0,866\ 825\ R$
Heptagone.....	7	51°28'42"	$2R \sin. 25^{\circ}42'51''$	$0,963\ 149\ r$	$0,524\ 581\ s$	$R \cos. 35^{\circ}42'51'' = 0,900\ 970\ R$
Octogone.....	8	45°	$R\sqrt{2 - \sqrt{2}}$	$0,828\ 427\ r$	$0,435\ 030\ s$	$\frac{1}{2} R\sqrt{2 + \sqrt{2}} = 0,923\ 880\ R$
Ennéagone.....	9	40°	$2R \sin. 20^{\circ}$	$0,684\ 040\ r$	$0,402\ 200\ s$	$R \cos. 20^{\circ} = 0,939\ 693\ R$
Décagone.....	10	36°	$\frac{1}{2}(\sqrt{5} - 1)$	$0,618\ 034\ r$	$0,360\ 511\ s$	$\frac{1}{4} R\sqrt{10 + 2\sqrt{5}} = 0,951\ 057\ R$
Endécagone.....	11	32°43'38"	$2R \sin. 16^{\circ}21'49''$	$0,587\ 253\ r$	$0,326\ 762\ s$	$R \cos. 16^{\circ}21'49'' = 0,959\ 477\ R$
Dodécagone.....	12	30°	$R\sqrt{2 - \sqrt{3}}$	$0,517\ 638\ r$	$0,298\ 858\ s$	$\frac{1}{2} R\sqrt{2 + \sqrt{3}} = 0,965\ 926\ R$
Pentédécagone.....	15	24°	$2R \sin. 12^{\circ}$	$0,415\ 823\ r$	$0,238\ 079\ s$	$R \cos. 12^{\circ} = 0,978\ 148\ R$
	18	20°	$2R \sin. 10^{\circ}$	$0,347\ 296\ r$	$0,197\ 949\ s$	$R \cos. 10^{\circ} = 0,984\ 808\ R$
	20	18°	$2R \sin. 9^{\circ}$	$0,312\ 869\ r$	$0,177\ 980\ s$	$R \cos. 9^{\circ} = 0,987\ 688\ R$

Nom. de côtés.	R rayon du cercle circonscrit en fonction du côté C	r Apothème en fonction du côté C	Surface en fonction de R	Surface en fonction de C
3	$\frac{1}{3} C \sqrt{3}$ = 0,577 350 C	$\frac{1}{6} C \sqrt{3}$ = 0,288 675 C	$\frac{3}{4} R^2 \sqrt{2}$ = 1,299 R ²	$\frac{1}{4} C^2 \sqrt{3}$ = 0,433 013 C ²
4	$\frac{1}{2} C \sqrt{2}$ = 0,707 107 C	$\frac{1}{2} C$ = 0,500 000 C	2R ² = 2,000 R ²	C ² = C ²
5	$\frac{1}{10} C \sqrt{50+10\sqrt{5}}$ = 0,850 631 C	$\frac{1}{10} C \sqrt{25+10\sqrt{5}}$ = 0,688 191 C	$\frac{5}{8} R^2 \sqrt{10+2\sqrt{5}}$ = 2,378 R ²	$\frac{1}{4} C^2 \sqrt{25+10\sqrt{5}}$ = 4,720 477 C ²
6	C = C	$\frac{1}{2} C \sqrt{3}$ = 0,866 025 C	$\frac{3}{2} R^2 \sqrt{3}$ = 2,598 R ²	$\frac{3}{2} C^2 \sqrt{3}$ = 2,598 076 C ²
7	$\frac{C}{2 \sin. 25^{\circ} 42' 51''}$ = 4,152 382 C	R cos. 25°42'51'' = 1,038 261 C	2,736 R ² = 2,736 R ²	3,633 942 C ² = 3,633 942 C ²
8	$\frac{1}{2} C \sqrt{4+2\sqrt{2}}$ = 4,306 563 C	$\frac{1}{2} C (1+\sqrt{2})$ = 1,207 107 C	2R ² $\sqrt{2}$ = 2,828 R ²	2 C ² (1+ $\sqrt{2}$) = 4,828 428 C ²
9	$\frac{C}{2 \sin. 20^{\circ}}$ = 4,461 902 C	R cos. 20° = 1,373 733 C	2,892 R ² = 2,892 R ²	6,181 823 C ² = 6,181 823 C ²
10	$\frac{1}{2} C (1+\sqrt{5})$ = 4,618 034 C	$\frac{1}{2} C \sqrt{5+2\sqrt{5}}$ = 4,538 842 C	$\frac{5}{4} R^2 \sqrt{10-2\sqrt{5}}$ = 2,939 R ²	$\frac{5}{2} C^2 \sqrt{5+2\sqrt{5}}$ = 7,694 207 C ²
11	$\frac{C}{2 \sin. 16^{\circ} 21' 49''}$ = 4,774 732 C	R cos. 16°21'49'' = 1,702 844 C	2,973 R ² = 2,973 R ²	9,365 640 C ² = 9,365 640 C ²
12	$C \sqrt{2+\sqrt{3}}$ = 4,931 852 C	$\frac{1}{2} C (2+\sqrt{3})$ = 4,866 025 C	3R ² = 3,000 R ²	14,196 150 C ² = 14,196 150 C ²
15	$\frac{C}{2 \sin. 12^{\circ}}$ = 4,404 867 C	R cos. 12° = 2,352 315 C	3R ² = 3,000 R ²	17,642 360 C ² = 17,642 360 C ²
18	$\frac{C}{2 \sin. 10^{\circ}}$ = 4,879 385 C	R cos. 10° = 2,835 644 C	3R ² = 3,000 R ²	23,320 770 C ² = 23,320 770 C ²
20	$\frac{C}{2 \sin. 9^{\circ}}$ = 4,196 227 C	R cos. 9° = 3,456 876 C	3R ² = 3,000 R ²	31,568 760 C ² = 31,568 760 C ²

Deux *polygones semblables* ont leurs angles égaux et leurs côtés homologues (adjacents à des angles égaux) proportionnels.

Des polygones semblables sont décomposables en un même nombre de triangles semblables semblablement placés.

Réciproquement deux polygones décomposables en un même nombre de triangles semblables et semblablement placés sont semblables.

Les périmètres de polygones semblables sont dans les rapports des dimensions homologues et leurs aires dans le rapport du carré de ces dimensions.

Tous les polygones réguliers d'un même nombre de côtés sont semblables.

La ligne droite et le plan dans l'espace

La *perpendiculaire* au plan est une ligne droite perpendiculaire à toutes les droites qui passent par son pied dans le plan.

Si une droite est perpendiculaire à deux droites d'un plan passant par son pied, elle est perpendiculaire à une droite quelconque passant par son pied dans le plan, et, par suite, elle est perpendiculaire au plan.

D'un point d'un plan, on peut *élever une perpendiculaire* et une seule sur ce plan.

D'un point hors d'un plan on peut *abaisser une perpendiculaire* et une seule sur ce plan.

On peut, d'un point pris sur une droite, ou hors de la droite, mener un plan et un seul perpendiculaire à cette droite.

Si deux droites A et B, se coupant, sont perpendiculaires l'une à l'autre, et si d'un point de B j'éleve une perpendiculaire C au plan de A et B, réciproquement la droite A est perpendiculaire au plan de C et B. (*C'est le théorème des trois perpendiculaires*).

Si deux droites sont *parallèles* et si l'une est perpendiculaire à un plan, l'autre est perpendiculaire au même plan.

Deux droites *perpendiculaires* à un même plan sont parallèles entre elles.

Deux droites parallèles à une troisième sont parallèles entre elles.

Si une droite est parallèle à un plan, toute parallèle à cette droite menée par un point du plan est tout entière contenue dans ce plan.

Si une droite est parallèle à deux plans, elle est parallèle à leur intersection.

Les intersections de deux plans parallèles par un troisième sont parallèles.

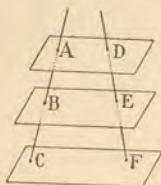


Fig. 15.

Deux plans parallèles sont partout à la même distance.

Des plans parallèles déterminent sur des droites quelconques de l'espace des segments proportionnels. Ainsi, fig. 15

$$\frac{AB}{DE} = \frac{BC}{EF} = \dots$$

Tout plan conduit suivant une droite parallèle à un plan coupe ce dernier suivant une parallèle à la droite.

Si deux angles ont leurs côtés parallèles, ils sont égaux et leurs plans sont parallèles.

On appelle *angle dièdre* la portion de l'espace comprise entre deux plans qui se coupent.

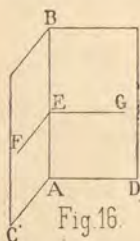


Fig. 16.

Si d'un point E de l'arête AB du dièdre CABD, fig. 16, on élève une perpendiculaire à cette arête dans chacun des deux plans, on forme un angle FEG que l'on appelle *angle plan* ou *angle rectiligne* du dièdre proposé.

Tous les rectilignes d'un dièdre sont égaux.

Tous les dièdres qui ont le même rectiligne sont égaux.

Deux plans sont perpendiculaires entre eux quand ils font un dièdre droit, c'est-à-dire un dièdre dont le rectiligne est droit.

Si d'un point d'un plan P, perpendiculaire sur un autre, on abaisse une perpendiculaire sur cet autre, cette perpendiculaire est tout entière dans le plan P.

Si deux plans sont perpendiculaires à un troisième, leur intersection est perpendiculaire à ce troisième.

La *projection d'une ligne droite* sur un plan est une ligne droite.

Si une droite est perpendiculaire à un plan P, sa projection sur un plan Q est perpendiculaire à l'intersection des deux plans P et Q.

Le plus petit et le plus grand des angles qu'une droite fait avec les droites d'un plan, passant par son pied, sont les *angles que cette droite fait avec sa projection* sur ce plan.

Trièdres

On appelle *trièdre* la portion de l'espace limitée par trois plans qui se coupent en un même point. Un trièdre comprend trois faces et trois dièdres.

Une face quelconque d'un trièdre est plus petite que la somme des deux autres.

Dans un trièdre une plus grande face est opposée à un plus grand dièdre.

Deux *trièdres* sont *égaux* :

1° S'ils ont un dièdre égal compris entre deux faces égales chacune à chacune ;

2° S'ils ont une face égale adjacente à deux dièdres égaux chacun à chacun ;

3° S'ils ont leurs trois faces égales.

Si d'un point pris à l'intérieur d'un trièdre on abaisse des perpendiculaires sur les faces, on forme un nouveau trièdre qui est dit *supplémentaire* du premier.

Réciproquement, le premier est *supplémentaire* du second.

Quand deux trièdres sont *supplémentaires*, les faces de l'un sont *supplémentaires* des rectilignes correspondants de l'autre.

Dans tout trièdre (dans tout angle solide convexe d'ailleurs), la *somme des faces* est comprise entre zéro et quatre droits.

Dans tout trièdre la somme des dièdres est comprise entre 2 droits et 6 droits, et le plus petit dièdre

augmenté de deux droits est plus grand que la somme des deux autres.

Prismes

On appelle *prismes* des figures formées de parallélogrammes contigus ayant deux de leurs côtés parallèles respectivement placés dans deux plans parallèles que l'on appelle *plans de base*.

Les *sections* faites dans un prisme *par des plans* parallèles sont égales.

Le *prisme oblique* sur sa base est équivalent à un *prisme droit* qui aurait pour base la *section droite* du prisme (section faite par un plan perpendiculaire aux arêtes) et une hauteur égale à l'arête.

Le *parallépipède* est un prisme dont les bases sont des parallélogrammes.

Le parallépipède est *droit* si les *arêtes latérales* sont perpendiculaires sur la base.

Il est *rectangle droit* si, en outre, la base est un rectangle. Il est *oblique* dans tout autre cas.

Un parallépipède est équivalent à un parallépipède rectangle droit qui aurait pour base un rectangle équivalent à la base du premier et de même hauteur, c'est-à-dire même distance entre les bases.

Le *volume d'un parallépipède* est exprimé par le produit de ses trois dimensions. Si le parallépipède est oblique, l'une des dimensions sera un côté de la base, une autre la hauteur de cette base, la troisième la hauteur du parallépipède ou distance des deux bases. Si le parallépipède est rectangle droit, ses

dimensions sont les longueurs des trois arêtes aboutissant à un même sommet.

On peut dire encore que le volume d'un parallépipède quelconque est égal au produit de l'aire de sa base par sa hauteur.

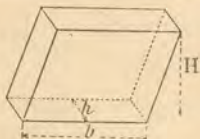


Fig 17

Volume parallépipède oblique = $b \cdot h \cdot H$, fig. 17.

Volume du parallépipède rectangle droit = $a.b.c$.
 en appelant a, b, c les longueurs des arêtes qui aboutissent à un sommet, fig. 18.

Le plan qui joint deux arêtes parallèles opposées d'un parallépipède s'appelle *plan diamétral*.

La section faite par ce plan (par un plan quelconque d'ailleurs), est un parallélogramme.

Un plan diamétral partage le parallépipède en deux *prismes triangulaires* équivalents. Les diagonales d'un parallépipède se partagent en deux parties égales en un point qui est le *centre de figure* du parallépipède.

Le *carré de la diagonale* du parallépipède rectangle droit égale la somme des carrés des *trois arêtes* :

$$d^2 = a^2 + b^2 + c^2$$

Le volume du *prisme triangulaire* est exprimé par le produit de l'aire de sa base par sa hauteur.

Le volume d'un *prisme quelconque* est exprimé par le produit de l'aire de sa base par sa hauteur, ou par le produit de l'aire de la section droite par la longueur d'arête.

Si S est l'aire de la section droite, B l'aire de la base, h la hauteur et a la longueur de l'arête, on a

$$V = B.h = S.a.$$

Le *tronc de prisme triangulaire* (obtenu par une section plane oblique à la base), a pour mesure le produit de sa base par la moyenne des hauteurs des sommets, ou distance des sommets au plan de base.

$$V = B. \frac{h + h' + h''}{3}$$

Il est la somme de trois pyramides ayant pour base commune la base inférieure du tronc de prisme trian-

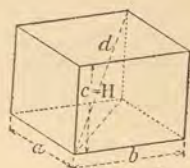


Fig 18

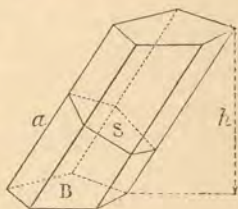


Fig 19

gulaire et pour hauteur respectivement les hauteurs des sommets.

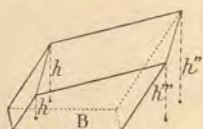


Fig 20.

Dans le *tronc de parallépipède* déterminé par section plane oblique aux bases, la face supérieure est un parallélogramme et le volume égale l'aire de la base multipliée par la moyenne des hauteurs des sommets de la face supérieure.

$$V = B \frac{h + h' + h'' + h'''}{4}$$

Le volume d'un *tronc de prisme quelconque* (obtenu par une section plane oblique à la base) s'obtient en décomposant le tronc de prisme en troncs de prismes triangulaires. Le volume d'un tronc de prisme quelconque s'obtient encore en multipliant l'aire de la base par la distance à cette base du *centre de gravité* de la section oblique sur la base (voir *centre de gravité* à la mécanique).

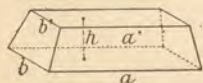


Fig 21.

Le volume du *ponton* ou *tas de pierres* est limité inférieurement et supérieurement par deux rectangles ayant leurs côtés parallèles deux à deux fig. 21. En décomposant ce volume en deux

troncs de prismes triangulaires, on trouve

$$V = \frac{h}{6} [b(2a + a') + b'(a + 2a')]$$

Développement de la surface d'un tronc de prisme ou d'un prisme. — Prendre la section droite du prisme ou du tronc de prisme. Tracer une ligne droite II fig. 23,

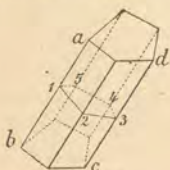


Fig 22.

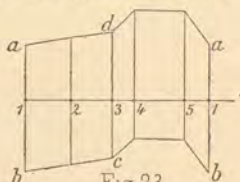


Fig 23

y marquer les points 1, 2, 3, 4, 5, 1 à des distances marquées par les longueurs des côtés du polygone de

section droite représenté en 1, 2, 3, 4, 5 sur la fig. 22. Mener par les points de division 1, 2, 3,.... de la fig. 23 des perpendiculaires à la droite 11 qui sont les positions que viennent occuper les arêtes du prisme dans le développement. Il reste à porter, à partir des points 1, 2,.... les longueurs des arêtes comprises depuis ces points jusqu'aux plans qui limitent le prisme.

Si le prisme n'est pas tronqué, le développement se compose d'une suite de parallélogrammes.

La *surface latérale du prisme* s'obtiendra en évaluant la somme des aires des parallélogrammes latéraux; la surface totale, s'obtiendrait en ajoutant, à la précédente somme la surface des deux bases.

La *surface du tronc de prisme* s'obtiendrait en évaluant la somme des aires des trapèzes qui limitent le volume latéralement.

Pyramide

La *pyramide* est la figure formée par un angle solide coupé par un plan.

La *pyramide est régulière* quand elle a pour base un polygone régulier et que son sommet est sur la perpendiculaire au plan de base élevée au centre de figure du polygone.

Les *sections* faites par des plans *parallèles* dans un angle solide sont semblables; leurs périmètres sont entre eux comme les distances des plans de section au sommet et leurs aires sont entre elles dans le rapport des carrés de ces distances.

Dans des pyramides de même hauteur et de bases équivalentes, les *sections* faites à une même distance des sommets sont équivalentes.

Deux pyramides de bases équivalentes et de même hauteur sont équivalentes.

La pyramide triangulaire est équivalente au tiers du volume d'un prisme qui aurait pour base la base de la pyramide et pour hauteur la hauteur de la pyramide.

Le volume de la pyramide triangulaire est exprimé

par le tiers du produit de la surface de sa base par la hauteur ou distance du sommet à la base.

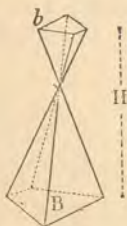
$$V = \frac{B.H}{3}$$

Le volume de la pyramide quelconque a la même expression, parce qu'on peut la décomposer en pyramides triangulaires.

Le tronc de pyramide triangulaire à bases parallèles (les deux bases étant d'un même côté du sommet) est équivalent à trois pyramides ayant pour hauteur commune celle du tronc et pour bases respectives les deux bases du tronc et une moyenne proportionnelle entre ces deux bases. Si B et b désignent les aires de ces bases et H leur distance, qui est la hauteur du tronc, on a

$$V = \frac{H}{3} (B + b + \sqrt{Bb})$$

Cet énoncé s'étend au tronc de pyramide quelconque à bases parallèles, soit par la transformation en pyramides équivalentes, soit par la décomposition en troncs de pyramides triangulaires, soit par le calcul de la différence de deux pyramides.



Tronc de 2^e espèce

Fig. 24

On appelle tronc de pyramide de deuxième espèce celui dont les bases comprennent le sommet fig. 24. Le volume de cette figure est

$$V = \frac{H}{3} (B + b - \sqrt{B.b})$$

La surface de la pyramide peut se développer sur un plan. Il suffit de porter côte à côte et dans l'ordre les triangles dont se compose la pyramide. La fig. 25 représente l'ensemble que l'on obtiendrait en faisant cette opération pour la pyramide, comprise depuis le sommet jusqu'à la base B, dans la fig. 24. Si on avait voulu développer le tronc de pyramide tout entier il aurait suffi de porter sur les prolongements des arêtes, dans le développement, les longueurs comprises, sur ces arêtes, depuis le sommet jusqu'à la base b.

La *surface latérale* de la pyramide s'obtient en évaluant la somme des aires des triangles latéraux. Si la *pyramide* est *régulière* tous ses triangles sont égaux, leur hauteur commune s'appelle l'*apothème* de la pyramide.

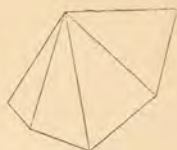


Fig. 25

L'aire d'un tronc de pyramide se développerait en une suite de trapèzes; il sera comode de développer d'abord la pyramide dont fait partie le tronc.

Cylindres

Une *surface cylindrique* est engendrée par une droite appelée *génératrice*, qui se déplace parallèlement à elle-même en s'appuyant sur une ligne courbe que l'on appelle *directrice*. La directrice est généralement une ligne plane que l'on appelle *base*.

Le cylindre est dit *circulaire* quand la base est une circonférence.

Le cylindre est *droit circulaire* quand les génératrices sont perpendiculaires sur le plan de base.

Un cylindre est la limite d'un prisme qui aurait pour base un polygone inscrit dans la base du cylindre et pour arêtes les génératrices du cylindre qui passent par les sommets du polygone.

Les théorèmes énoncés à propos des prismes s'appliquent aux cylindres.

Le *volume d'un cylindre* s'exprime par la formule $B.H$ où B est l'aire de la base et H est la distance des bases parallèles. Si le *cylindre est droit* H est la longueur de la génératrice.

Si le *cylindre est droit circulaire*, en appelant R le rayon de base,

$$V = \pi R^2 H.$$

Pour *développer un cylindre*, on *rectifiera* sur une ligne droite le périmètre de la section droite. Les génératrices viendront se placer perpendiculairement à cette ligne; il n'y aura qu'à porter dessus les longueurs comprises entre la section droite et les bases.

Du développement, on déduira la *surface latérale* (voir les applications).

La *surface latérale* d'un cylindre droit circulaire est
 $S = 2\pi R.H$
 et la surface totale pour le cylindre droit circulaire, est
 $2\pi R.H + 2\pi R^2 = 2\pi R (H + R)$
 (voir prismes quelconques et troncs de prismes).

Cônes

Une surface *conique* est engendrée par une droite (*génératrice*) qui passe constamment par un point fixe (*sommet*) et s'appuie sur une courbe appelée *directrice*. La directrice est généralement une ligne plane appelée *base* du cône.

Le *cône* est *circulaire* quand la base est un cercle. Le cône est *droit circulaire* quand le sommet est sur la perpendiculaire au plan du cercle de base et passant par le centre de ce cercle.

Un cône est la limite d'une pyramide qui aurait pour base un polygone inscrit dans la base du cône et pour arêtes les génératrices du cône qui passent par les sommets du polygone.

Les théorèmes énoncés à propos des pyramides s'appliquent aux cônes.

Le *volume d'un cône* s'exprime par la formule $\frac{H}{3} \cdot B$ où B est l'aire de la base et H est la distance du sommet à la base. Si le *cône* est *circulaire droit*, H est la distance du sommet au centre de la base, et

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

C'est le tiers d'un cylindre de même base et de même hauteur.

Pour *développer* un cône, on le coupe par une sphère dont le centre est au sommet ; on obtient une ligne d'intersection *db*, fig. 26, qui se *transforme* dans le développement suivant un arc de cercle, dont le rayon est celui de la sphère. Sur cet arc de cercle, on rectifie la courbe d'intersection et on a les distances entre les



Fig. 26.

points d, b, \dots où elle est coupée par les génératrices du cône. On trace ces génératrices, et on n'a plus qu'à y porter les longueurs des génératrices comprises depuis le sommet jusqu'à la directrice.

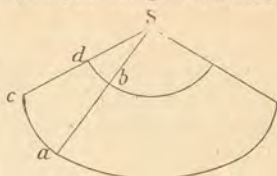


Fig. 27.

Du développement, on déduira la *surface latérale* (voir les applications).

La *surface latérale* d'un cône droit circulaire est

$$S = 2\pi R \cdot \frac{a}{2} = \pi R a$$

où a est l'*apothème* du cône droit circulaire, c'est-à-dire la longueur de la génératrice entre le sommet et la base.

La surface totale est

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

Il y a deux troncs de cônes à bases parallèles, suivant que le sommet est en dehors des bases ou suivant qu'il est compris entre les bases.

Tronc de cône de première espèce à base quelconque

$$V = \frac{H}{3} (B + b + \sqrt{Bb}).$$

Tronc de cône de deuxième espèce à base quelconque

$$V = \frac{H}{3} (B + b - \sqrt{Bb}).$$

dans ces formules H désigne la distance des bases parallèles dont les aires sont respectivement B et b .

Si le tronc de cône est droit circulaire, on a

Tronc 1^o espèce $V = \frac{1}{3} \pi H (R^2 + r^2 + Rr).$

Tronc 2^o espèce $V = \frac{1}{3} \pi H (R^2 + r^2 - Rr).$

Le tronc de cône droit circulaire est développable suivant un secteur de couronne circulaire (fig. 28) et sa surface latérale est

$$\frac{2\pi R + 2\pi r}{2} a = 2\pi \left(\frac{R+r}{2} \right) a.$$

a est l'*apothème* du tronc de cône et $\frac{R+r}{2}$ est le rayon de la section circulaire faite à égale distance des bases.

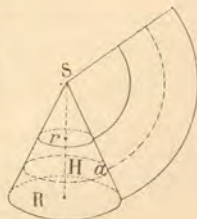


Fig 28

Polyèdres

Pour avoir le volume d'un polyèdre on le décomposera en pyramides dont on sait évaluer le volume.

Les *polyèdres semblables* sont ceux qui ont leurs angles dièdres égaux et leurs arêtes homologues proportionnelles. Leurs faces sont semblables.

Des polyèdres semblables sont décomposables en un même nombre de tétraèdres semblables et semblablement placés. — Réciproquement.

Les surfaces de polyèdres semblables sont entre elles comme les carrés de dimensions homologues, leurs volumes sont entre eux comme les cubes des dimensions homologues.

Les *polyèdres réguliers* d'un même nombre de faces sont tous semblables. Il n'y a que cinq polyèdres réguliers.

LES CINQ POLYÈDRES RÉGULIERS

C, la longueur de l'arête.

R, rayon de la sphère circonscrite.

a, l'apothème ou rayon de la sphère inscrite.

S, surface.

Tétraèdre

4 faces : triangles équilatéraux.



Fig 29

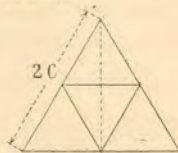


Fig 30

$$\text{Surface} = 4 \left(\frac{C^2 \sqrt{3}}{4} \right) = 1,732\ 050\ 8. C^2$$

$$\text{Apothème} = \frac{\sqrt{6}}{12} C = 0,204\ 125\ 5. C$$

$$\text{Volume} = \frac{a}{3} \cdot S = 0,117\ 851\ 9 C^3$$

$$C = \frac{2\sqrt{3}}{3} R = 1,633\ 0 R$$

$$\text{Surface} = \frac{8\sqrt{3}}{3} R^2 = 4,6188 R^2$$

$$\text{Volume} = \frac{8\sqrt{3}}{27} R^3 = 0,5132 R^3$$

Hexaèdre ou cube

6 faces : carrés.

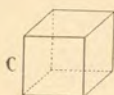


Fig. 31

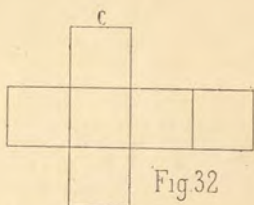


Fig. 32

$$\text{Surface} = 6 C^2$$

$$\text{Apothème} = 0,50 C$$

$$\text{Volume} = C^3$$

$$C = \frac{2\sqrt{3}}{3} R = 1,1547 R$$

$$\text{Surface} = 8 R^2$$

$$\text{Volume} = \frac{8\sqrt{3}}{9} R^3 = 1,5396 R^3$$

Octaèdre

8 faces : triangles équilatéraux.



Fig. 33

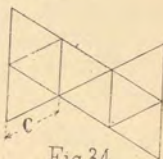


Fig. 34

$$\text{Surface} = 8 \left(\frac{C^2 \sqrt{3}}{4} \right) = 3,4641016 C^2$$

$$\text{Apothème} = 0,408251 C$$

$$\text{Volume} = \frac{a}{3} \cdot S = 0,4714045 C^3$$

$$C = \sqrt{2} R = 1,4142 R$$

$$\text{Surface} = 4\sqrt{3} R^2 = 6,928 2 R^2$$

$$\text{Volume} = \frac{4}{3} R^3 = 1,333 3 R^3$$

Dodécaèdre

12 faces : pentagones réguliers.



Fig 35

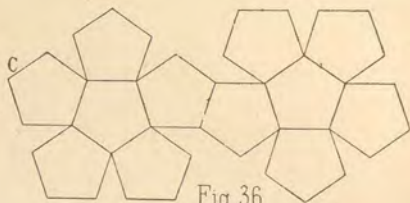


Fig 36.

$$\text{Surface} = 20,645 778 8 C^2$$

$$\text{Apothème} = 1,113 516 4 C$$

$$\text{Volume} = \frac{a}{3} \cdot S = 7,663 118 9 C^3$$

$$C = 0,713 R$$

$$\text{Surface} = 10,53 R^2$$

$$\text{Volume} = 2,76 R^3$$

Icosaèdre

20 faces : triangles équilatéraux.

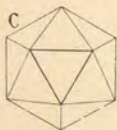


Fig 37

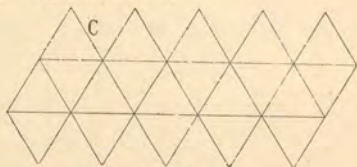


Fig 38

$$\text{Surface} = 20 \left[\frac{C^2 \sqrt{3}}{4} \right] = 8,660 254 C^2$$

$$\text{Apothème} = 0,757 581 7 C$$

$$\text{Volume} = \frac{a}{3} \cdot S = 2,181 695 C^3$$

$$C = 1,05 R$$

$$\text{Surface} = 9,53 R^2$$

$$\text{Volume} = 3,26 R^3$$

Sphère

La *section plane* d'une sphère est un cercle ; la ligne qui joint le centre de la sphère au centre du cercle est perpendiculaire au plan de ce cercle. Le plus grand cercle que l'on puisse tracer sur la sphère est obtenu par un plan passant par le centre de la sphère.

Deux grands cercles se coupent en deux parties égales.

La *surface de la sphère* égale quatre fois la surface d'un grand cercle.

$$S = 4\pi R^2 = \pi D^2$$

Le *volume de la sphère* égale la surface de la sphère multipliée par le tiers du rayon.

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{1}{6}\pi D^3$$

Trouver le rayon d'une sphère. — A l'aide d'un compas à branches articulées, tracer un cercle ABC

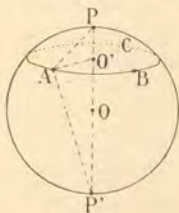


Fig 39

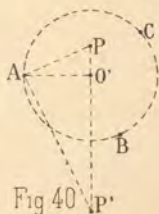


Fig 40

sur la sphère, fig. 39. On inscrit un triangle dans ce cercle en y prenant trois points à volonté. On construit ce triangle sur un plan, fig. 40, et on trace le cercle circonscrit. Remarquez que dans la sphère le triangle PAP' est droit, comme étant inscrit dans une demi-circonférence de grand cercle, P étant le centre sphérique ou *pôle* du cercle ABC.

Or, la longueur PO' est connue ; c'est un côté de l'angle droit d'un triangle rectangle, dont l'hypoténuse est l'ouverture AP du compas qui a tracé le cercle ABC et dont un côté de l'angle droit est le rayon O'A', connu par la construction sur le plan. On peut donc construire le triangle APO' sur le plan et, en élevant la perpendiculaire AP' à AP, on a le diamètre PP' de la sphère.

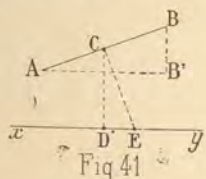
Corps de révolution

On appelle ainsi les corps engendrés par la rotation d'une ligne (*génératrice*) autour d'une droite appelée *axe de rotation*. Chaque point de la génératrice décrit un cercle dont le plan est perpendiculaire à l'axe de rotation et dont le centre est sur cet axe.

Le *cylindre droit circulaire* est un corps de révolution engendré par la rotation d'un rectangle autour d'un de ses côtés.

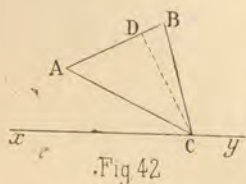
Le *cône droit circulaire* est engendré par la rotation d'un triangle rectangle tournant autour d'un des côtés de l'angle droit.

La *sphère* est engendrée par la rotation d'une demi-circonférence tournant autour d'un diamètre.



La *surface engendrée par une droite AB*, tournant autour d'un axe, xy , fig. 41, est égale au produit de la circonférence dont le rayon est la distance à l'axe du milieu de la droite multipliée par la longueur de la droite ($2\pi \cdot CD \cdot AB$).

Cette surface, qui est un tronc de cône, est encore égale au produit de la circonférence dont le rayon est la longueur de la perpendiculaire élevée au milieu de la droite jusqu'à la rencontre avec l'axe xy , multipliée par la longueur de la projection AB' sur l'axe de rotation de la droite mobile ($2\pi \cdot CE \cdot AB'$).



Le *volume engendré par un triangle ABC* tournant autour d'un axe passant par un sommet C, est égal à la surface engendrée par le côté opposé au sommet multiplié par le tiers de la hauteur correspondant à ce côté.

$$V = \text{Surf. } AB \cdot \frac{1}{3} CD.$$

La surface engendrée par un contour polygonal régulier ABCD, fig. 43, tournant autour d'un axe xy , passant par son centre est égale au produit de la circonférence inscrite, multipliée par la projection du contour polygonal sur l'axe de rotation.

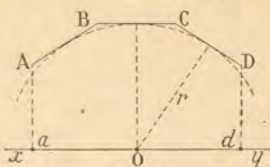


Fig 43.

$$S = 2\pi r.ad.$$

Le volume engendré par un secteur de polygone régulier OABCDEO est égal à la surface engendrée par le périmètre du polygone multipliée par le tiers de l'apothème.

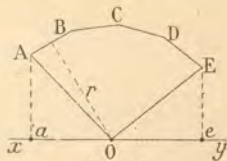


Fig 44.

$$\text{Volume} = \text{Surface ABCDE} \cdot \frac{1}{3} r = \frac{2}{3} \pi r^2 . ae.$$

La surface de la zone sphérique (surface comprise sur la sphère entre deux plans parallèles) est égale à la circonférence d'un grand cercle multipliée par la hauteur de la zone ou distance des deux plans parallèles.

$$S = 2\pi RH$$

Le volume d'un secteur sphérique (engendré par la rotation d'un secteur circulaire autour d'un diamètre du cercle) est égal à la surface de la zone qui sert de base au secteur sphérique multipliée par le tiers du rayon.

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

Le volume du segment ou tranche sphérique (volume sphérique compris entre deux plans parallèles) est égal à la demi-somme de deux cylindres ayant pour bases respectives les bases du segment, pour hauteur la distance des deux bases, plus une sphère ayant pour diamètre cette hauteur du segment.

$$V = \frac{\pi R^2 + \pi r^2}{2} H + \frac{1}{6} \pi H^3$$

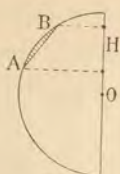


Fig. 45

La *calotte sphérique* est un segment à une base. Il suffit de faire $r=0$ dans la formule précédente.

Le *volume engendré par un segment de cercle* tournant autour d'un diamètre est équivalent au sixième du volume d'un cylindre ayant pour rayon de base la corde du segment et pour

hauteur la projection de la corde sur le diamètre, fig. 45.

$$V = \frac{1}{6} \pi \cdot AB^2 \cdot H$$

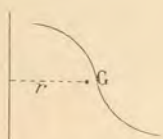


Fig. 46

La *surface engendrée par une ligne plane* quelconque tournant autour d'un axe situé dans son plan est égale à la longueur de la circonférence décrite autour de cet axe par le centre de gravité multipliée par la longueur l de la ligne. (Théorème de Guldin), fig. 46.

$$S = 2\pi \cdot r \cdot l$$

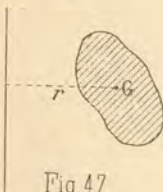


Fig. 47

Le *volume engendré par une surface plane* tournant autour d'un axe situé dans son plan est égal à la longueur de la circonférence décrite par le centre de gravité de la surface (multipliée par l'aire A de la surface. Théorème de Guldin), fig. 47.

$$V = 2\pi r \cdot A$$

Les solides engendrés de cette manière s'appellent *tore*s. Dans le cas du *tore circulaire*, si R est le rayon du cercle et d la distance du centre du cercle générateur à l'axe de rotation, on a

$$S = 2\pi d \cdot 2\pi R = 4\pi^2 d \cdot R$$

$$V = 2\pi d \cdot \pi R^2 = 2\pi^2 d \cdot R^2$$

Des coordonnées rectilignes et des fonctions circulaires

Un point dans un plan est dans une position déterminée par rapport à deux droites fixes, appelées axes de

coordonnées, quand on connaît les longueurs de parallèles à ces droites menées par le point considéré. Ces longueurs s'appellent *abscisse*, celle qui est parallèle à l'axe des x , et *ordonnée*, celle qui est parallèle à l'axe des y .

Les coordonnées de M sont

$$x = OP \text{ ou } QM$$

et $y = OQ \text{ ou } PM$.

Les coordonnées d'un point

peuvent varier de $-\infty$ à $+\infty$. (∞ veut dire l'infini).

Les systèmes de coordonnées sont obliques quand l'angle fait par les axes est aigu ou obtus; un système de coordonnées est rectangulaire si l'angle des axes est droit.

Dans le cas d'axes rectangulaires, le carré de la distance d'un point à l'origine est

$$r^2 = OM^2 = OP^2 + PM^2 = x^2 + y^2$$

Le carré de la distance d'un point $M(x, y)$ à un point $M'(x', y')$ est

$$r^2 = \overline{MM'}^2 = (x - x')^2 + (y - y')^2$$

Soit α l'angle fait par OM , fig. 48, avec l'axe des x , les axes étant rectangulaires. On appelle *sinus* de l'angle α le rapport de l'ordonnée à distance de M à l'origine et on écrit

$$\text{Sin. } \alpha = \frac{y}{r}$$

Le *cosinus* de cet angle est le rapport de l'abscisse à la distance à l'origine.

$$\text{Cos. } \alpha = \frac{x}{r}$$

C'est le sinus de l'angle β complémentaire de α .

La *tangente* de l'angle α est le rapport de l'ordonnée à l'abscisse.

$$\text{tang. } \alpha = \frac{y}{x}$$

La *cotangente* est l'inverse de la tangente.

$$\text{Cotang. } \alpha = \frac{1}{\text{tang. } \alpha} = \frac{x}{y}$$

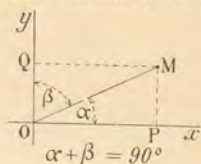


Fig. 48.

La longueur de la circonférence étant $2\pi R$, la longueur d'une circonférence d'un rayon égal à l'unité est 2π . La moitié de cette circonférence est π .

La corde d'un arc de cercle répondant à l'angle α est

$$\text{Corde} = 2r \sin. \frac{\alpha}{2}$$

C'est le côté d'un polygone régulier dont l'angle au centre est α .

La flèche d'un arc de cercle répondant à l'angle α est

$$\text{Flèche} = r (1 - \cos. \frac{\alpha}{2})$$

L'apothème d'un polygone régulier dont l'angle au centre est α est

$$\text{Apothème} = r \cos. \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{Sin. } 9^\circ = \cos. 81^\circ = \frac{1}{4} \sqrt{3 + \sqrt{5}} - \frac{1}{4} \sqrt{5 - \sqrt{5}} = 0,156 4345$$

$$\text{Sin. } 15^\circ = \cos. 75^\circ = \frac{1}{2} \sqrt{2 - \sqrt{3}} = 0,258 8190$$

$$\text{Sin. } 18^\circ = \cos. 72^\circ = \frac{1}{4} (-1 + \sqrt{5}) = 0,30 90170$$

$$\text{Sin. } 27^\circ = \cos. 63^\circ = \frac{1}{4} \sqrt{5 + \sqrt{5}} - \frac{1}{4} \sqrt{3 - \sqrt{5}} = 0,453 9905$$

$$\text{Sin. } 30^\circ = \cos. 60^\circ = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\text{Sin. } 36^\circ = \cos. 54^\circ = \frac{1}{4} \sqrt{10 - 2\sqrt{5}} = 0,587 7853$$

$$\text{Sin. } 45^\circ = \cos. 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707 1068$$

$$\text{Sin. } 54^\circ = \cos. 36^\circ = \frac{1}{4} (1 + \sqrt{5}) = 0,809 0170$$

$$\text{Sin. } 60^\circ = \cos. 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,866 0254$$

$$\text{Sin. } 63^\circ = \cos. 27^\circ = \frac{1}{4} \sqrt{5 + \sqrt{5}} + \frac{1}{4} \sqrt{3 - \sqrt{5}} = 0,891 0065$$

$$\text{Sin. } 72^\circ = \cos. 18^\circ = \frac{1}{4} \sqrt{10 + 2\sqrt{5}} = 0,951 0057$$

$$\text{Sin. } 81^\circ = \cos. 9^\circ = \frac{1}{4} \sqrt{3 + \sqrt{5}} + \frac{1}{4} \sqrt{5 - \sqrt{5}} = 0,987 6883$$

$$\text{Tang. } 30^\circ = \text{cotg. } 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} = 0,577\ 3502$$

$$\text{Tang. } 45^\circ = \text{cotang. } 45^\circ = 1$$

$$\text{Tang. } 60^\circ = \text{cotang. } 30^\circ = \sqrt{3} = 1,732\ 0508$$

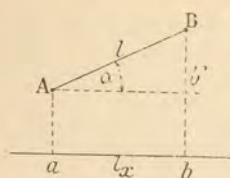


Fig. 50.

La projection d'une droite sur une autre a pour valeur le produit de la longueur de la droite par le cosinus de l'angle qu'elle fait avec l'axe de projection.

$$a b = A b' = A B. \cos. \alpha$$

on écrit encore

$$l_x = l. \cos. \alpha.$$

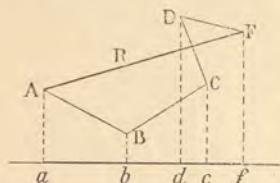


Fig. 51

On appelle *résultante* R d'un contour polygonal ABCDF, fig. 51, la ligne qui joint les extrémités de ce contour. Le contour est fermé si sa résultante est nulle.

La somme des projections des côtés d'un contour

polygonal est égale à la projection de la résultante de ce contour. Pour projeter, il faut avoir soin de parcourir dans le même sens le polygone et la résultante; ce sens est déterminé en partant de la même extrémité pour parcourir soit le polygone, soit la résultante, en se dirigeant vers l'autre extrémité. Le théorème donne lieu à la formule

$$R_x = \Sigma l_x.$$

Relations entre lignes trigonométriques d'un même angle :

$$\text{Sin.}^2 \alpha + \text{cos.}^2 \alpha = 1,$$

$$\text{Tang. } \alpha = \frac{\text{sin. } \alpha}{\text{cos. } \alpha}$$

$$\text{Cotg. } \alpha = \frac{1}{\text{tg. } \alpha} = \frac{\text{cos. } \alpha}{\text{sin. } \alpha}$$

$$\text{Séc. } \alpha = \frac{1}{\text{cos. } \alpha}$$

$$\text{Coséc. } \alpha = \frac{1}{\text{sin. } \alpha}$$

Relations entre lignes trigonométriques d'arcs complémentaires, α et $90^\circ - \alpha$:

$$\begin{aligned} \text{Sin. } \alpha &= \text{cos. } (90^\circ - \alpha) \\ \text{Cos. } \alpha &= \text{sin. } (90^\circ - \alpha) \\ \text{tg. } \alpha &= \text{cotg. } (90^\circ - \alpha) \\ \text{cotg. } \alpha &= \text{tg. } (90^\circ - \alpha) \\ \text{Séc. } \alpha &= \text{coséc. } (90^\circ - \alpha) \\ \text{Coséc. } \alpha &= \text{séc. } (90^\circ - \alpha) \end{aligned}$$

Relations entre lignes trigonométriques d'arc supplémentaires.

$$\begin{aligned} \text{Sin. } \alpha &= \text{Sin. } (180 - \alpha), \\ \text{Cos. } \alpha &= -\text{Cos. } (180 - \alpha.) \\ \text{Tang. } \alpha &= -\text{tang. } (180 - \alpha) \\ \text{Cotang. } \alpha &= -\text{cotang. } (180 - \alpha) \end{aligned}$$

Formules de la somme de deux arcs,

$$\begin{aligned} \text{Sin. } (a \pm b) &= \text{sin. } a \text{ cos. } b \pm \text{cos. } a \text{ sin. } b \\ \text{Cos. } (a \pm b) &= \text{cos. } a \text{ cos. } b \mp \text{sin. } a \text{ sin. } b \\ \text{Tang. } (a \pm b) &= \frac{\text{tang. } a \pm \text{tang. } b}{1 \mp \text{tang. } a \text{ tang. } b} \end{aligned}$$

Formules de multiplication des arcs,

$$\begin{aligned} \text{Sin. } 2 a &= 2 \text{ Sin. } a. \text{ Cos. } a, \\ \text{Cos. } 2 a &= \text{cos.}^2 a - \text{sin.}^2 a, \\ \text{Tang. } 2 a &= \frac{2 \text{ tang. } a}{1 - \text{tang.}^2 a} \\ \text{Sin. } 3 a &= 3 \text{ sin. } a - 4 \text{ sin. }^3 a, \\ \text{Cos. } 3 a &= 4 \text{ cos.}^3 a - 3 \text{ cos. } a, \\ \text{Tang. } 3 a &= \frac{3 \text{ tang. } a - \text{tang.}^3 a}{1 - 3 \text{ tang.}^2 a} \end{aligned}$$

Formules de division des arcs,

$$\begin{aligned} \text{Sin. } \frac{a}{2} &= \sqrt{\frac{1 - \text{cos. } a}{2}} \\ \text{Cos. } \frac{a}{2} &= \sqrt{\frac{1 + \text{cos. } a}{2}} \\ \text{Sin. } \frac{a}{2} &= \pm \frac{1}{2} \sqrt{1 + \text{sin. } a} \pm \frac{1}{2} \sqrt{1 - \text{sin. } a} \\ \text{Cos. } \frac{a}{2} &= \pm \frac{1}{2} \sqrt{1 + \text{sin. } a} \mp \frac{1}{2} \sqrt{1 - \text{sin. } a} \end{aligned}$$

Formules pour rendre les expressions algébriques calculables par logarithmes,

$$\text{Sin. } a + \text{sin. } b = 2 \text{ sin. } \frac{a+b}{2}, \text{cos. } \frac{a-b}{2}$$

$$\text{Sin. } a - \text{sin. } b = 2 \text{ sin. } \frac{a-b}{2}, \text{cos. } \frac{a+b}{2}$$

$$\text{Cos. } a + \text{cos. } b = 2 \text{ cos. } \frac{a+b}{2}, \text{cos. } \frac{a-b}{2}$$

$$\text{Cos. } a - \text{cos. } b = -2 \text{ sin. } \frac{a+b}{2}, \text{sin. } \frac{a-b}{2}$$

$$\text{Tang. } a \pm \text{tang. } b = \frac{\text{sin. } (a \pm b)}{\text{cos. } a \text{ cos. } b}$$

$$1 + \text{sin. } a = 2 \text{ sin. } \frac{90^\circ + a}{2}, \text{cos. } \frac{90^\circ - a}{2}$$

Formules pour la résolution des triangles

Outre les formules données dans la géométrie, on a pour les triangles rectangles, en prenant a pour l'hypoténuse,

$$a^2 = b^2 + c^2$$

$$b = a \cdot \text{cos. } C = a \cdot \text{sin. } B$$

$$b = c \cdot \text{tang. } B$$

Résoudre un *triangle rectangle* étant donnés :

1° b, c .

$$a = \sqrt{b^2 + c^2} \quad \text{tang. } B = \frac{b}{c} \quad C = 90^\circ - B$$

2° a, b .

$$c = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{(a-b)(a+b)} \quad \text{cos } C = \frac{b}{a}$$

$$B = 90^\circ - C$$

3° a, B .

$$C = 90^\circ - B \quad b = a \cdot \text{cos. } C \quad c = a \cdot \text{sin. } C$$

Formules pour la résolution des *triangles quelconques* (outre les formules données à la géométrie).

$$\frac{a}{\text{Sin. } A} = \frac{b}{\text{Sin. } B} = \frac{c}{\text{Sin. } C} = 2R$$

$$A + B + C = 180^\circ$$

R est le Rayon du cercle circonscrit.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos. A$$

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2ac \cos. B$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos. C$$

$$a = b \cos. C + c \cos B$$

$$b = c \cos. A + a \cos. C$$

$$c = a \cos. B + b \cos. A$$

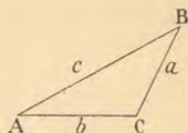


Fig 52

$$S = ab \frac{\sin. C}{2} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

Résoudre un triangle quelconque connaissant :

1° a, A, C .

$$B = 180^\circ - (A + C) \quad b = a \frac{\sin. B}{\sin. A} \quad c = a \frac{\sin. C}{\sin. A}$$

2° a, b, C .

$$A + B = 180^\circ - C \quad \text{tang. } \frac{A - B}{2} = \frac{a - b}{a + b} \text{cotg. } \frac{C}{2}$$

$$c = \frac{a \sin. C}{\sin. A}$$

3° a, b, A .

$$\sin. B = \frac{b}{a} \sin. A.$$

d'où deux angles β' et $\beta'' = 180^\circ - \beta$.

$$C' = 180^\circ - (A + \beta') \quad C'' = 180^\circ - (A + \beta'')$$

$$c' = a \frac{\sin. C'}{\sin. A} \quad c'' = a \frac{\sin. C''}{\sin. A}$$

4° a, b, c .

$$\text{Tang. } \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}} = \frac{S}{p(p-a)}$$

$$\text{Tang. } \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{(p-c)(p-a)}{p(p-b)}} = \frac{S}{p(p-b)}$$

$$\text{Tang. } \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{p(p-c)}} = \frac{S}{p(p-c)}$$

On calculera donc d'abord

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}.$$

Les formules suivantes peuvent être utiles à connaître :

$$\sin. \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{bc}} \quad \sin. \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{(p-c)(p-a)}{ca}}$$

$$\sin. \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{ab}}$$

Représentation géométrique des Equations

Ligne droite

Une équation du premier degré à deux variables représente une ligne droite.

Toute équation du premier degré à deux variables peut s'écrire

$$y = mx + n$$

m est le *coefficient angulaire* de la droite, c'est la tangente trigonométrique de l'angle fait par la droite avec l'axe des x , si les axes sont rectangulaires ; n est l'ordonnée à l'origine.

Deux droites sont parallèles si les coefficients de x sont égaux, quand on a mis leur équation sous la forme précédente.

Deux droites sont perpendiculaires si le produit de leurs coefficients angulaires est égal à -1 , les axes étant rectangulaires. En effet, si $y = mx + n$, et $y = m'x + n'$ sont deux droites, on a

$$\text{Tang. } \alpha = m,$$

$$\text{Tang. } \alpha' = m'.$$

Si les droites sont rectangulaires, $\alpha' = 90^\circ + \alpha$. Or

$$\text{tang. } (90^\circ + \alpha) = -\text{cotg. } \alpha,$$

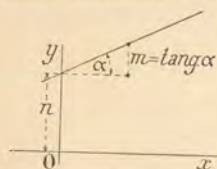


Fig 53

et $mm' = \text{tang. } \alpha (-\text{cotang. } \alpha) = -1$.

Deux équations du premier degré représentent un point, celui qui est l'intersection des deux droites représentées respectivement par les équations. Ainsi, les équations

$$ax + by + c = 0$$

$$a'x + b'y + c' = 0$$

représentent le point dont les coordonnées sont

$$x = \frac{bc' - cb'}{ab' - ba'} \qquad y = \frac{ca' - ac'}{ab' - ba'}$$

Ellipse

L'ellipse est le lieu des points dont la somme des distances à deux points fixes F, F' , appelés foyers, est constante.

En exprimant cette condition à l'aide de l'expression de la distance de deux points et en appelant $2a$ la somme constante, on a

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

dans laquelle $b^2 = a^2 - c^2$,
 $2c$ est la distance focale,
 $2b$ le petit axe,

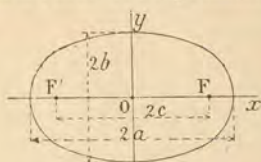


Fig 54

$2a$ le grand axe.

Si on suppose $a = b$, c'est-à-dire si on suppose $c = 0$, les deux foyers se confondent, la courbe devient évidemment un cercle, et l'équation est

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} = 1 \quad \text{ou} \quad x^2 + y^2 = a^2$$

ce qui exprime bien que la distance d'un point à l'origine est constante.

D'après la forme de l'équation, on voit que pour une même valeur de x , on a deux valeurs de y égales et de signes contraires.

$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}.$$

On dit que l'axe des x est axe de symétrie. Il en est de même de l'axe des y . L'origine est centre de la courbe, c'est-à-dire que toute droite menée par ce point et limitée à la courbe est partagée par ce point en deux parties égales.

Le cercle décrit sur le grand axe comme diamètre s'appelle *cercle principal de l'ellipse*; il y a pour une même abscisse un rapport constant entre l'ordonnée de l'ellipse [et celle du cercle. En faisant le calcul, on trouve que ce rapport est $\frac{b}{a}$

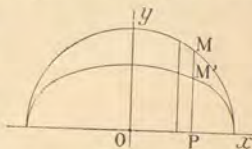


Fig 55

quotient du demi-petit axe par le demi-grand axe.

Ce rapport étant < 1 , on peut supposer qu'il représente le cosinus d'un angle que feraient deux plans, l'un sur lequel on tracerait un cercle ayant son centre sur l'intersection de ces deux plans et l'autre sur le-

quel on projetterait le cercle. Sur ce dernier plan, la courbe de projection du cercle serait évidemment une ellipse.

La projection d'un cercle sur un plan est une ellipse dont le grand axe est le diamètre $2a$ du cercle et dont le petit axe a pour longueur $2a \cos \alpha$, l'angle du plan du cercle et du plan de projection étant α .

Par des parallèles à l'axe des y , partageons l'aire du cercle et celle de l'ellipse en éléments MP et M'P correspondants fig. 55; comme les petits trapèzes correspondants ont même hauteur (la distance entre les parallèles qui les comprennent) et comme les ordonnées sont dans le rapport $\frac{b}{a}$ on peut conclure que l'aire du cercle est à celle de l'ellipse dans le rapport $\frac{a}{b}$.

L'aire de l'ellipse est donc

$$\pi a^2 \frac{b}{a} = \pi ab.$$

Hyperbole

L'hyperbole est le lieu des points dont la différence des distances à deux points fixes est constante. L'équation qui représente l'hyperbole est

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

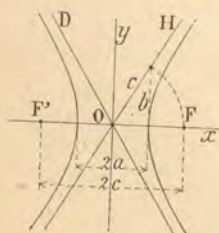


Fig. 56.

dans laquelle $2a$ est l'axe *transverse*, $2b$ l'axe *imaginaire*. $2c$ la distance focale, est telle que

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Les deux droites

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1,$$

et

$$\frac{x}{a} - \frac{y}{b} = 1,$$

qui sont respectivement OD et OH, sont les *asymptotes* de l'hyperbole; c'est-à-dire ce sont deux droites dont les branches de la courbe s'approchent indéfiniment sans pouvoir les rencontrer.

La courbe admet l'axe des x et l'axe des y pour

axes de symétrie ; le centre est à l'origine. Les ordonnées répondant à une abscisse donnée sont

$$y = \pm b\sqrt{x^2 - a^2}.$$

Parabole

La parabole est le lieu des points à égale distance d'une droite fixe DD' appelée directrice et d'un point fixe F appelé foyer. L'équation que représente cette courbe est

$$y^2 = 2px,$$

dans laquelle p est la distance du foyer à la directrice. Pour une même abscisse, il y a deux ordonnées égales et de signes contraires qui sont

$$y = \pm \sqrt{2px}.$$

La courbe est donc symétrique par rapport à l'axe des x

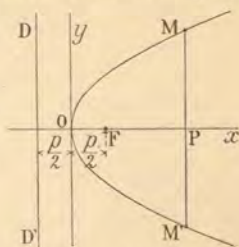


Fig 57

L'aire comprise entre la parabole depuis son sommet jusqu'à une ordonnée MM' est

$$\text{Aire parabole} = \frac{2}{3} \text{OP} \cdot \text{M} \cdot \text{M}';$$

c'est-à-dire les deux tiers du rectangle construit sur l'abscisse OP et la corde correspondante MM'.

Intersection d'une droite et d'une conique

Etant données une conique, une ellipse $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, par exemple, et une droite $y = mx + n$, pour trouver leurs points d'intersection, il n'y a qu'à résoudre par rapport à x et à y le système formé par l'équation de l'ellipse et l'équation de la droite. Il y a deux solutions, d'où on conclut qu'une droite rencontre une ellipse en deux points. Les abscisses des points d'intersection sont données par l'équation :

$$(b^2 + a^2 m^2)x^2 + 2mnax + a^2(n^2 - b^2) = 0$$

Pour trouver les valeurs de y correspondantes aux racines de cette équation, on les porterait dans l'équation de la droite $y = mx + n$.

La condition pour que la droite $y = mx + n$ soit tangente à l'ellipse est

$$n^2 = b^2 - a^2 m^2$$

APPLICATIONS DE LA GÉOMÉTRIE

Problèmes usuels

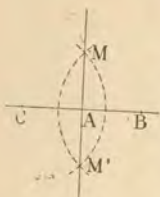


Fig 58

Elever une perpendiculaire en un point donné A d'une droite. Sur cette droite, prendre $AC=AB$. De ces points, comme centre, avec une même ouverture de compas suffisante, tracer deux arcs de cercle qui donnent les points M et M'. Les joindre; la droite MM' est la perpendiculaire au point A.
 Cette construction est celle qui donne le milieu d'un segment de droite CB. Elle donne encore le lieu des points à égale distance de deux points fixes.

Abaisser une perpendiculaire sur une droite, d'un point M pris hors de cette droite. Du point M (figure précédente) comme centre, couper la ligne donnée en deux points C et B et faire la construction précédente.

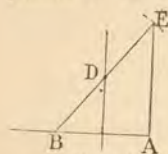


Fig 59.

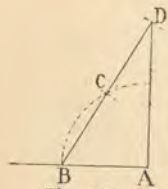


Fig 60.

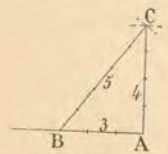


Fig 61

Élever une perpendiculaire en un point A à l'extrémité d'une droite, la grandeur de la feuille du dessin ne permettant pas de dépasser l'extrémité de la droite. 1° fig. 59. Marquer un point B arbitraire, élever une perpendiculaire sur le milieu de AB. D'un point D de cette perpendiculaire, comme centre, avec DA comme rayon décrire un arc de cercle; joindre BD. AE est la perpendiculaire demandée. 2° fig. 60. De A comme centre, décrire une circonférence de rayon arbitraire; porter le rayon de B en C, et prolonger BC, en dehors du cercle, d'une longueur égale à BC. La perpendiculaire demandée est AD. 3° fig. 61. Prendre une longueur AB égale à 3. De A comme centre, avec un rayon égal à 4, décrire un arc de cercle et du point B en faire autant avec une longueur égale à 5. La perpendiculaire demandée est CA.

Mener la bissectrice d'un angle. Décrire l'arc AB dont le centre est en O, des points A et B, décrire des arcs de cercle de rayons égaux. OC est la bissectrice.

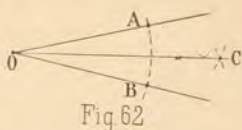


Fig. 62

Mener la bissectrice d'un angle dont le sommet est inaccessible. Mener deux perpendiculaires égales en deux points quelconques des droites données et mener à ces droites des perpendiculaires. Enfin, prendre la bissectrice de l'angle C.

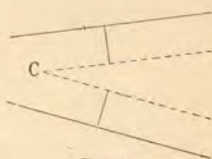


Fig. 63.

Par un point A hors d'une droite, mener une parallèle à cette droite. Tracer l'arc de cercle BC dont le centre est en A et l'arc de cercle AD dont le centre est en B. Prendre l'arc CB égal à l'arc AD. La parallèle demandée est AC.

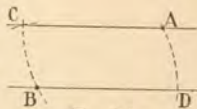


Fig. 64.

Construire sur une corde donnée AB, le *segment capable d'un angle ABC donné*. Elever une perpendiculaire au milieu de AB et une perpendiculaire en B sur BC. On obtient ainsi le centre O du cercle dont le rayon est OB et dont le segment AMB est capable de l'angle B.

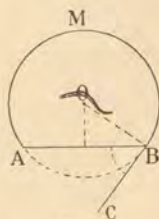


Fig. 65.

Joindre un point A à un point inaccessible donné par la rencontre de deux alignements. Du point A, abaisser deux perpendiculaires sur les alignements donnés; joindre les points B et C et, du point A, abaisser une perpendiculaire sur BC. Elle passe par le point de rencontre des deux alignements.

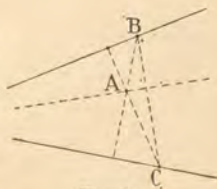


Fig. 66

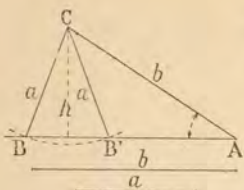


Fig 67

solution si $a < b$.— Dans le cas où l'angle A est obtus, il y a une solution si $a > b$ et il n'y a pas de solution si $a < b$.

Construire un triangle connaissant 2 côtés a et b et l'angle A opposé à l'un d'eux. Deux solutions: ABC, AB'C quand l'angle A est aigu et que a est compris entre h et b . Une solution si a plus grand que b .— Dans le cas où l'angle A est droit, il y a une

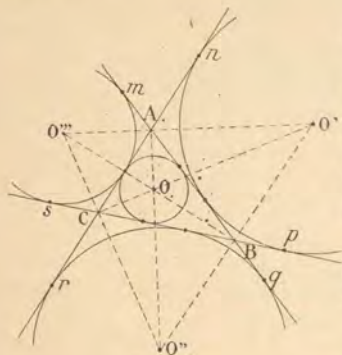


Fig 68

Cercles tangents à trois droites données.

Mener les bissectrices des angles intérieurs, et des angles extérieurs du triangle formé par les trois droites. Il y a quatre solutions.

$Bm = Bs$ égale le demi-périmètre du triangle.

Construire les tangentes à une circonférence, issues d'un point extérieur.

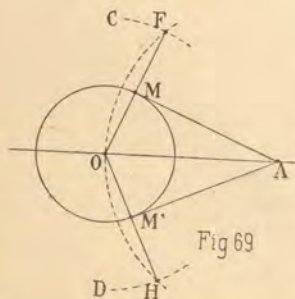


Fig 69

Du point O, fig. 69, centre de la circonférence, avec un rayon égal au diamètre de la proposée, décrire un cercle CD. Du point A, avec AO pour rayon, tracer une circonférence qui donne les points F et H. Joindre ceux-ci au centre ; on a les points

de contact M et M' des tangentes demandées.

Construire les *tangentes communes* à deux *circonférences*.

Tracer leurs centres de similitude s et s' , d'après la règle connue, et, de ces points, mener des tangentes à l'une des circonférences. (La circonférence auxiliaire $C'O'C'$ se rapporte au centre s , la circonférence $CO'C$ se rapporte au centre s').

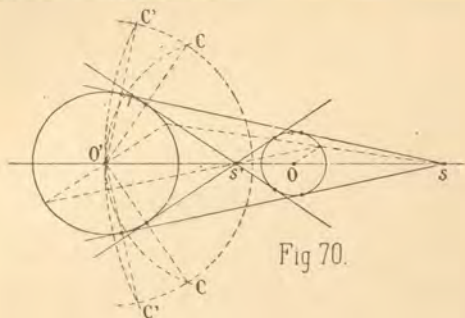


Fig 70.

Il est possible de diminuer la longueur de cette figure en la ramenant au cas précédent.

Du point O' comme centre, avec des rayons $R' - R$ et $R' + R$ on décrit deux circonférences auxquelles, du point O , on mène des tangentes, en reprenant la construction antérieure. Or les tangentes intérieures et extérieures aux circonférences primitives sont parallèles à celles que nous venons d'obtenir.

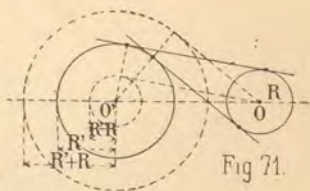


Fig 71.

Diviser une droite AB en parties égales. — Porter sur une ligne arbitraire AD des longueurs égales à la suite les unes des autres. Joindre DB, et, par les points de division de AD, mener des parallèles à DB.

Cette opération, avec l'habi-

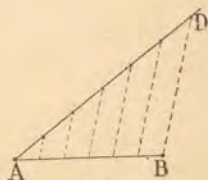


Fig 72

tude, se fait rapidement par tâtonnements, en portant sur la droite AB des ouvertures de *compas à pointe sèches*.

Construire la *quatrième proportionnelle* à deux droites données

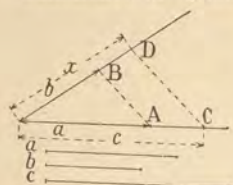


Fig 73.

Sur les côtés d'un angle arbitraire, porter les longueurs a , b , c , comme l'indique la figure 73. Joindre AB, et par C, mener CD parallèle à AB. On a évidemment

$$x = \frac{bc}{a}$$

Construire la *troisième proportionnelle* à deux lignes données. Sur les côtés d'un angle arbitraire porter les longueurs a et b comme l'indique la fig. 73. On a évidemment

$$x = \frac{a^2}{b}$$

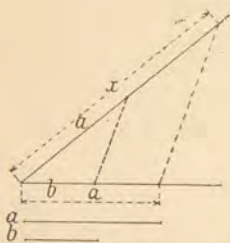


Fig 74

Construire la *moyenne proportionnelle* entre deux longueurs données. 1° Porter bout à bout les longueurs données sur AB fig. 75; décrire une demi-circonférence sur la somme de ces longueurs et au point P, élever une perpendiculaire à AB, on a

$$x^2 = ab \quad \text{ou} \quad x = \sqrt{ab}$$

Cette figure fait voir immédiatement que la *moyenne géométrique de deux quantités est plus petite que leur moyenne arithmétique*.

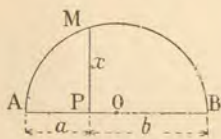


Fig 75.

$$OA = OB = \frac{a+b}{2} \text{ et est } > PM.$$

2° Sur b , décrire une demi-circonférence; de A décrire un arc de cercle d'un rayon égal à a , ce qui

donne le point C, élever MC perpendiculaire à AC.

$$x^2 = ab.$$

3° Porter b et a , à partir d'un même point et dans le même sens. Sur $b-a$ décrire une demi-circonférence et mener une tangente à ce cercle, comme l'indique la fig. 77.

On a

$$x^2 = ab.$$

Partager une droite en moyenne et extrême raison, c'est-à-dire

trouver sur une droite deux segments tels que le plus grand soit moyenne proportionnelle entre la droite entière et le plus petit segment. Soit x le plus grand des deux segments, fig. 78, on a

$$x^2 = a(a-x) \quad \text{ou} \quad x^2 + ax - a^2 = 0$$

dont les racines sont

$$x = a \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} \quad \text{et} \quad x' = a \frac{-1 - \sqrt{5}}{2}$$

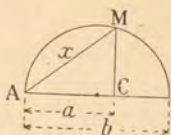


Fig 76

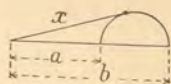


Fig 77.

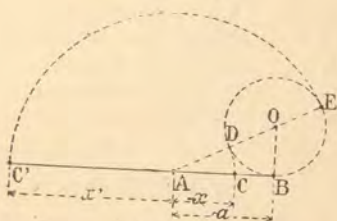


Fig. 78.

La racine positive de x donne le segment AC. La racine négative x' donne une deuxième solution, le segment AC'.

Les racines de $x^2 + ax - a^2$ sont

$$x = -\frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} + a^2}$$

Elles se construisent facilement.

En B, fig. 78, on mène à AB une perpendiculaire OB égale à la moitié de AB; on décrit une circonférence du point O comme centre, avec OB pour rayon.

On joint OA. Les racines, en valeur absolue, sont AD et AE.

Construire $x^2 = b^2 + c^2$.

Faire un triangle rectangle dont les côtés de l'angle droit sont b et c ; x est l'hypoténuse de ce triangle.

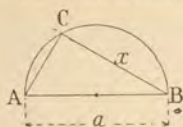


Fig 79

Construire $x^2 = a^2 - c^2$.

Sur la longueur a comme diamètre décrire une demi-circonférence, fig. 79. A partir de A, porter l'arc c de A à C; x est égal à CB.

Construire les solutions du système

$$xy = m^2$$

$$x + y = S$$

c'est-à-dire, chercher les racines de l'équation

$$z^2 - Sz + m^2 = 0$$

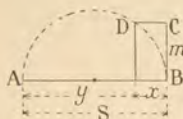


Fig 80.

Prendre, fig. 80, $AB = S$; décrire une demi-circonférence sur AB comme diamètre; mener en B une tangente égale à m ; par C mener une parallèle à AB , jusqu'à la rencontre avec la circonférence; enfin abaisser du point D une perpendiculaire sur le diamètre. On divise ainsi AB en deux parties qui sont x et y .

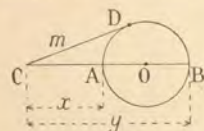


Fig 81

Possible, si $m^2 < \frac{S^2}{4}$

Construire les solutions du système

$$xy = m^2$$

$$x - y = d$$

Sur $AB = d$ comme diamètre, fig. 81, décrire une circonférence. En un point D mener une tangente égale à m et joindre CO. Les solutions sont les longueurs marquées x et y sur la figure.

Les solutions du système

$$xy = -m^2$$

$$x + y = s$$

s'obtiennent en contruisant celles du système

$$\begin{aligned}x'y' &= m^2 \\ x' - y' &= s\end{aligned}$$

obtenu en changeant le signe de l'une des inconnues y .

Les solutions du système

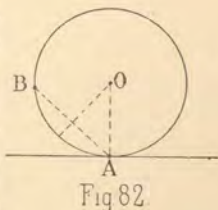
$$\begin{aligned}xy &= -m^2 \\ x - y &= s\end{aligned}$$

s'obtiennent en construisant celles du système

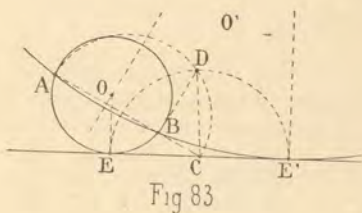
$$\begin{aligned}xy &= m^2 \\ x + y &= s\end{aligned}$$

Cercle tangent à une droite donnée en un point donné A et passant par un point donné B.

Mener une perpendiculaire à la droite donnée en A et une perpendiculaire sur le milieu de AB. Le point de rencontre de ces deux perpendiculaires est le centre du cercle.



Cercle tangent à une droite donnée et passant par deux points donnés A et B.



Prolonger AB jusqu'à la droite en C. Sur AC décrire une demi-circonférence. Elever en B une perpendiculaire à AC et rabattre le point D autour de C sur la droite proposée. Les points E et E' sont les points de contact de deux cercles tangents à la droite et passant par A et B. On aura les centres en élevant une perpendiculaire sur AB et en son milieu, et en élevant aux points E et E' des perpendiculaires à EC.

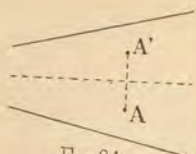


Fig 84.

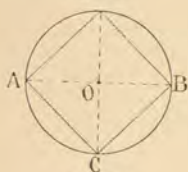


Fig 85.

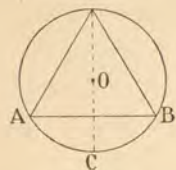


Fig 86

Cercle tangent à deux droites données et passant par un point donné A. Prendre la bissectrice de l'angle des deux droites et le symétrique A' du point A par rapport à cette bissectrice. Par les points A et A' faire passer un cercle tangent à l'une des droites; il sera tangent à l'autre.

Inscrire un carré (Construire $\sqrt{2}$). Prendre deux diamètres rectangulaires; leurs extrémités sont les sommets d'un carré inscrit. Si le rayon = 1, $CB = \sqrt{2}$.

Construire un triangle équilatéral inscrit dans un cercle de rayon donné (Construire $\sqrt{3}$). Sur le milieu d'un rayon OC élever une perpendiculaire AB; c'est le côté du triangle équilatéral inscrit. Si $R = 1$, $AB = \sqrt{3}$.

L'hexagone inscrit a pour côté le rayon.

On pourrait, pour inscrire un polygone, se servir des tables données sur les polygones réguliers.



Fig 87.



Fig 88

Pour le décagone convexe, on se servira soit de ces tables, soit de la division du rayon en moyenne et extrême raison. Le segment positif est le côté du décagone convexe, le segment négatif est le côté du décagone étoilé, obtenu encore en joignant de trois en trois les sommets du décagone convexe.

On déduira les pentagones du décagone convexe: le pentagone convexe en joignant de deux en deux les sommets de ce décagone; le pentagone étoilé, en les joignant de quatre en quatre.

Construction de l'ellipse par le tracé du jardinier.

Prendre un fil de la longueur $2a$ du grand axe, attacher les extrémités aux foyers F et F' et le tendre par une pointe à tracer en M ; en déplaçant ce point M , on décrit l'ellipse.

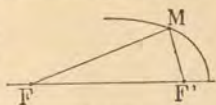


Fig 89.

Construction de l'ellipse par le mouvement continu d'un point M d'une droite de longueur constante AB dont les extrémités se déplacent sur deux axes ox et oy .

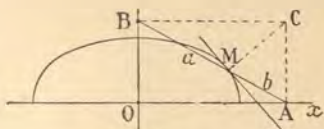


Fig 90

Le petit axe est MA et le grand axe est MB . Si on complète le rectangle $OBAC$, la ligne MC est la *normale* à la courbe et la ligne MD est la tangente en M .

Construction de l'ellipse et de la tangente, connaissant les longueurs $2a$ et $2b$ des axes. Tracer deux circonférences concentriques de rayons a et b respectivement.

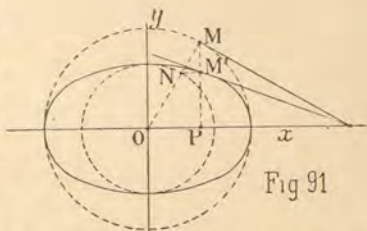


Fig 91

Prendre une ordonnée PM ; joindre MO et par N mener une parallèle à l'axe des x . On a un point M' de l'ellipse.

Cette construction est applicable au cas où l'on donnerait deux diamètres conjugués; mais après avoir construit l'ordonnée PM' d'un point de l'ellipse, comme nous venons de le faire, il faudrait l'amener à être parallèle au diamètre conjugué de ox .

Cette transformation du cercle en ellipse permet de construire le point d'intersection d'une droite et d'une ellipse donnée par ses axes. Soit D , fig. 92, la droite qui coupe l'ellipse. Je cherche la droite D' qui lui correspond dans le cercle. Pour cela il suffit d'augmenter une ordonnée de la droite dans le rapport de $a : b$. Je joins

Pq et je mène Aq' parallèle à Pq . La droite $q't$ est la transformée cherchée.

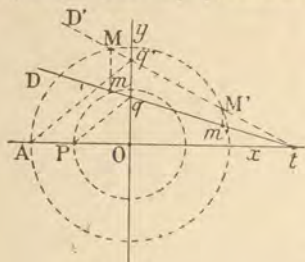


Fig 92.

Elle coupe le cercle en deux points M, M' , desquels on déduit, par des perpendiculaires à ox , les points m et m' où la droite D coupe l'ellipse.

Construire une hyperbole connaissant ses asymptotes et un point A fig. 93. Si on mène une sécante quelconque par

le point A et si on prend $CD=AB$, le point D est un

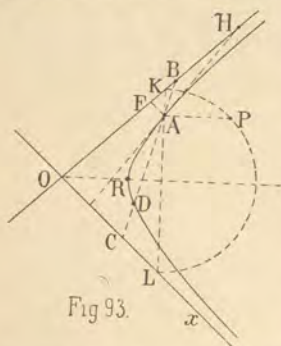


Fig 93.

point de la courbe. On a ainsi autant de points que l'on veut de la courbe. Si on mène AF parallèle à ox , et $FH=OF$ et si on joint HA , on a la tangente à la courbe au point A .

Si du point A on abaisse une perpendiculaire sur la bissectrice de l'angle des asymptotes et si on construit la moyenne proportionnelle AP entre AK et AL , on a l'axe transverse AP

que l'on doit porter de O en R .

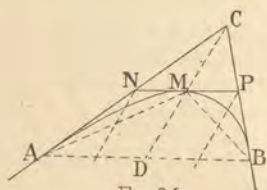


Fig 94

Construire une parabole connaissant deux tangentes AC et CB et les points de contact A et B . Mener AB et en prendre le milieu D . Joindre CD , en prendre le milieu M , qui est un point de la courbe. NP parallèle à AB est une tangente. On a ainsi

une nouvelle tangente et son point de contact. On pourra donc construire autant de points de la courbe que l'on voudra.

Autre construction. — On divise les longueurs des tangentes en un même nombre de parties égales pour chacune et l'on joint les points de division deux à deux dans l'ordre indiqué par la figure; il en résulte une enveloppe exacte de la courbe qui permet de la tracer aisément.

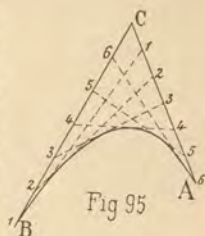


Fig 95

Soient donnés le sommet A, la direction de l'axe AO et un point P de la parabole que l'on se propose de construire. En A on élève une perpendiculaire et on mène par P une parallèle à AO.

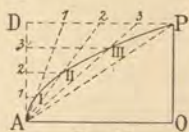


Fig 96.

On divise DP en un certain nombre de parties égales et par les points de division on mène les droites A1, A2, etc. On divise AD en un même nombre de parties égales et par les points de division on mène des parallèles à AO. Ces lignes se correspondent dans l'ordre indiqué par la figure, et leurs points d'intersection appartiennent à la parabole.

Problèmes sur les aires et les volumes

Construire un *triangle équivalent à un polygone donné.*

Joindre AC ; par B, mener une parallèle à AC, jusqu'à ce qu'elle rencontre le côté DC prolongé. Le polygone AB'DEA est équivalent à ABCDEA et il a un sommet de moins. Je fais disparaître de la même manière le sommet E, et le triangle équivalent demandé est E'AB'.

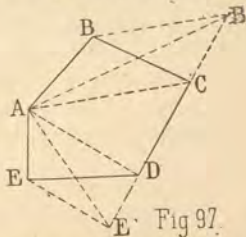


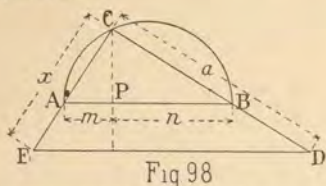
Fig 97.

Construire un *carré équivalent à un polygone donné.*

On construira le triangle équivalent dont on prendra la hauteur h et la base b , et on prendra

$$x = \sqrt{b \cdot \frac{h}{2}}$$

(opération détaillée plus haut). x est le côté du carré cherché.

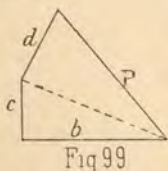


Construire un carré qui soit à un autre donné dans un rapport donné.

Soient x le côté du carré cherché, a celui du carré donné et $\frac{m}{n}$

le rapport donné. Porter m et n en ligne droite et décrire une demi-circonférence sur $m + n$. Achèvement le rectangle ACB tel que CP soit perpendiculaire sur AB. Sur CB porter la longueur a et par le point D mener une parallèle à AB; la longueur EC est le côté cherché.

Construire un polygone semblable à un polygone donné et équivalent à la somme de plusieurs autres donnés.



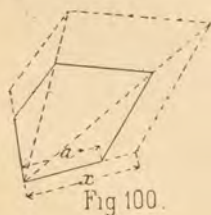
Soient x un côté du polygone cherché, a le côté homologue et p l'aire du polygone donné semblable à celui que l'on cherche, P la somme des aires des autres polygones donnés. Il faut d'abord calculer P . Pour cela on cherche le carré équivalent à chacun des polygones dont il faut ajouter les aires, puis on cherche le carré équivalent à la somme de ceux-ci, ce qui revient à construire, fig 99,

$$P = b^2 + c^2 + d^2 + \dots$$

b, c, d étant les côtés de ces carrés. Il ne reste plus qu'à résoudre l'expression,

$$\frac{x^2}{P} = \frac{a^2}{p}$$

et à construire, fig 100, un polygone semblable à un polygone



donné, connaissant un côté x du premier, homologue du côté a du second.

Evaluation approximative d'une aire limitée par un contour curviligne et une ligne droite.

$$S = h \left(\frac{y_0 + y_m}{2} + y_1 + y_2 + \dots + y_{m-1} \right)$$

m étant pair ou impair.

Evaluation plus approchée par la formule de Thomas Simpson. Le nombre des divisions doit être pair :

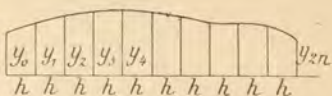


Fig. 101.

$$S = \frac{h}{3} [y_0 + y_{2n} + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{2n-1}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{2n-2})].$$

Aire limitée par un contour polygonal irrégulier.

On décompose l'aire en triangles et en trapèzes, ou on la ramène au triangle équivalent.

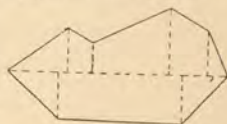


Fig. 102.

Pour faire le calcul approximatif d'un volume terminé par une surface polyédrique irrégulière, le décomposer en pyramide. Si le volume est limité par une surface est courbe, faire des sections par des plans parallèles équidistants, calculer les aires de ses sections en appliquant pour chacune d'elles l'une des formules précédentes ; enfin, calculer le volume en appliquant une deuxième fois ces formules, où l'on remplace les ordonnées par les aires des sections planes.

Pour des évaluations d'aires et de volumes irréguliers, et dans l'évaluation d'ouvrages peu importants, les métreurs et les vérificateurs s'entendent sur des dimensions qu'ils apprécient à vue et que l'on appelle *dimensions réduites*.

Pour l'évaluation des *déblais et remblais*, on remplace la surface irrégulière par des surfaces de paraboloides hyperboliques, ce qui conduit aux formules suivantes :

Formules relatives au calcul des terrassements

1° Points de passage

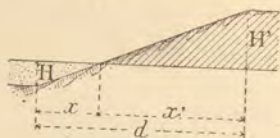


Fig 103

Le point de passage du remblai au déblai, et réciproquement, s'obtient par les formules suivantes :

1° La longueur de $x = \frac{dH}{H+H'}$;

2° La longueur de $x' = \frac{dH'}{H+H'}$

2° Hauteur des triangles formés par les talus des remblais et des déblais

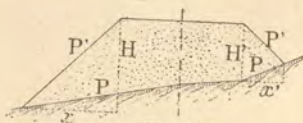


Fig 104

P = pente du terrain.

P' = pente du talus du projet.

H et H' = hauteurs verticales de la plate-forme projetée au terrain.

La pente du terrain et celle du projet étant dans le

même sens, on aura $x = \frac{H}{P' - P}$

Dans le cas contraire, on aura $x = \frac{H'}{P' + P}$

Si le terrain naturel était horizontal, on ferait $P = 0$.

3^e Formules pour calculer les remblais et les déblais

1^o Cas de deux profils en déblais ou en remblais.

D et D' surfaces des déblais des deux profils.

Ou R et R' les surfaces de leurs remblais.

V_d volume de déblai, V_r volume de remblai.

On a, suivant le cas

$$V_d = \frac{D+D'}{2} l \quad \text{ou} \quad V_r = \frac{R+R'}{2} l.$$

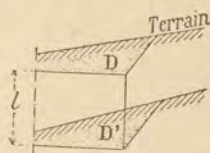


Fig 105

2^o Cas où l'un des profils offre un point de passage de déblai à remblai. Mener par le point de partage une parallèle à l'axe du profil en long; on a,

à gauche de C, $V_d = \frac{D}{2} l \frac{D}{D+R}$

$$V_r = \frac{R}{2} l \frac{R}{D+R}.$$

à droite de C, $V_r = \frac{R'+R''}{2} l.$

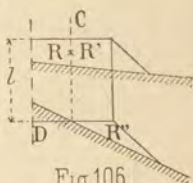


Fig 106

3^o Cas où chacun des profils offre un point de passage de déblai à remblai. Mener par les points de passage deux lignes C et C' parallèles à l'axe du profil en long; on a,

à gauche de C, $V_d = \frac{D+D'}{2} l$

entre C et C', $V_d = \frac{D''}{2} l \frac{D''}{D''+R}$

$$V_r = \frac{R}{2} l \frac{R}{D''+R}$$

à droite de C', $V_r = \frac{R'+R''}{2} l$

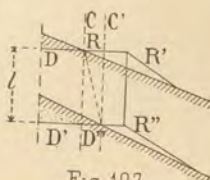


Fig 107

Nivellement

L'opération du nivellement comprend l'usage des *niveaux* et des *mires*, et la tenue du *cahier de nivel-*

lement. Il ne s'agit ici que des petits nivellements ayant rapport aux *héritages* ou aux constructions.

Pour les nivellements de construction on peut employer le niveau de maçon, dit niveau à perpendiculaire, que l'on place sur le champ de règles longues et bien dressées, mises bout à bout.

On peut utiliser de la même manière le niveau à bulle d'air, composé d'un tube en verre courbé sur un rayon de 15 m. environ, protégé par une garniture

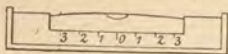


Fig 108.

en cuivre présentant inférieurement une partie plane parfaitement dressée. Lorsque cette partie porte sur une surface horizontale, une bulle d'air, engagée dans le liquide qui remplit le tube, se place entre deux repères déterminés d'avance.

On peut aussi se servir d'un niveau analogue au niveau d'eau (dont la description suit), mais dans lequel un long tube en caoutchouc remplace le tube métallique. Cet appareil est très commode.

Enfin, pour les nivellements de quelque étendue, il faudra recourir au niveau d'eau composé d'un tube en fer-blanc ou en cuivre recourbé à ses deux extrémi-

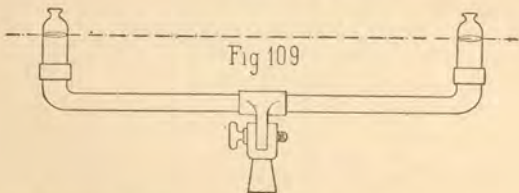


Fig 109

tés et de deux fioles en verre. Au milieu, le tube est soutenu par une genouillère à coquille et une douille qui repose sur un pied à trois branches. On remplit le tube et les fioles d'un liquide coloré : une ligne qui rencontre les surfaces de niveau du liquide des fioles est horizontale.

Cependant il peut se faire qu'une *visée* soit influencée par la capillarité, soit que les fioles aient des diamètres différents, soit que le liquide ne les mouille pas également. Pour faire disparaître cette cause d'erreur

on fait une deuxième lecture en retournant le tube bout pour bout et on prend la moyenne des deux lectures.

La réfraction atmosphérique et celle de l'eau faussent aussi les résultats du nivellement en relevant les cotes des points visés, mais dans des nivellements de peu d'étendue cette cause d'erreur est négligeable, surtout si l'on place le niveau vers le milieu des points que l'on vise.

La *mire à voyant* comprend une plaque de tôle peinte en rouge et en blanc, comme c'est indiqué fig. 110; une double règle dont les deux parties glissent l'une sur l'autre et dont l'une porte le voyant et l'autre un talon à la partie inférieure afin de poser sur le sol d'une manière stable. La mire doit être tenue bien verticalement. On hausse ou on baisse le voyant, jusqu'à ce que le trait horizontal du milieu de la plaque soit sur l'horizontale passant par les niveaux des fioles du niveau d'eau.

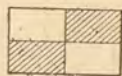


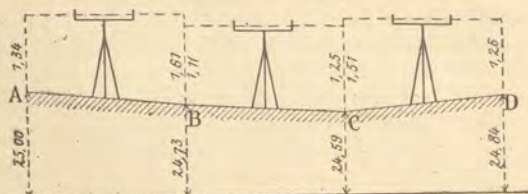
Fig. 110.

Pour opérer un nivellement, on détermine les points sur lesquels sera posée la mire. On fait ainsi un polygone que l'on ferme au point de départ pour la vérification. Si l'on a bien opéré, on doit retrouver la cote du point de départ. Les cotes sont rapportées à un niveau inférieur que l'on se donne arbitrairement.

Le niveau est porté successivement entre les sommets du polygone et, de chaque station, on donne un *coup avant* et un *coup arrière* avec doubles lectures que l'on inscrit sur le carnet. Les résultats des opérations sont indiqués sur le modèle de carnet suivant et sont reportés sur la fig. 111.

Carnet de Nivellement

No des Stations	Cotes lues sur la Mire		Moyenne des Cotes		Différences		Cotes finales	Observations
	Arrière	Avant	Arrière	Avant	Positives	Négatives		
1	A	1,35 1,33	1,34	25,00	Le plan de comparaison est à 25 mètres au-dessous du point A.
	B	... 1,60 ... 1,62						
2	B	1,10 1,12	1,11	24,59	
	C	... 1,24 ... 1,26	1,25	...	0,14	...		
3	C	1,50 1,52	1,51	24,84	
	D	... 1,25 ... 1,27	1,26	0,25		
	Total		3,96	4,12	0,25	0,41		
Différences		0,16		8,16		0,16		



plan de comparaison

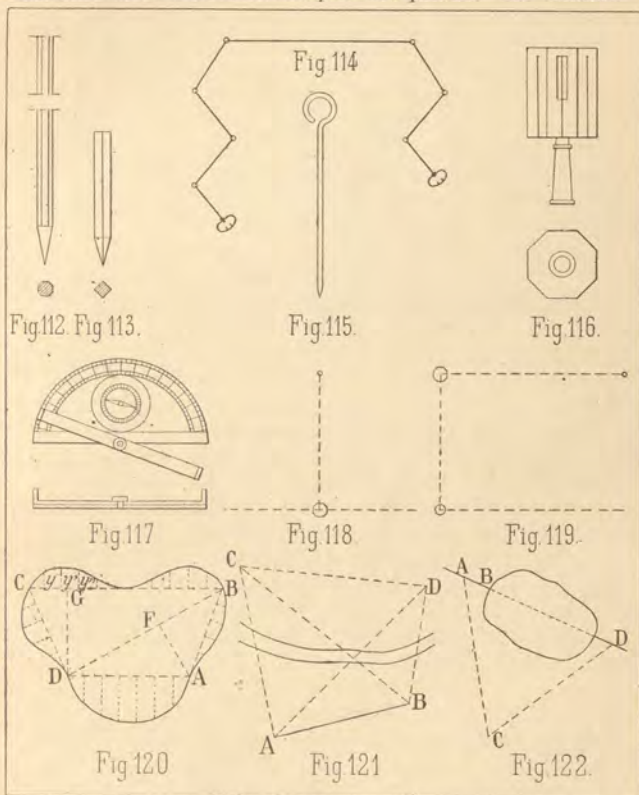
Fig 111

Lever de plan

Les *jalous*, fig. 112, longueur de 2 mètres environ, portent une entaille à leur extrémité supérieure où l'on engage un morceau de papier, de façon que l'on puisse les voir de loin; ils sont plantés bien verticalement suivant les alignements que l'on veut déterminer.

Les *piquets* sont des broches en fer, fig. 113, que l'on enfonce à coups de marteau jusqu'au ras du sol afin qu'on ne puisse pas les arracher. Ils servent à supporter le talon des mires dans le nivellement et à marquer des repères que l'on veut garder.

La *chaîne d'arpenteur*, fig. 114, est un décimètre composé de tiges de fer de 0^m,20, formant maillons assemblés l'un au suivant par des pitons. La chaîne



étendue à 10 m. du cran intérieur de l'une des poignées au pareil cran de l'autre.

Pour chaîner, il faut un opérateur à chaque bout de

la chaîne. Ils doivent se déplacer dans la direction de l'alignement figuré par les jalons et sur lequel on veut mesurer une distance. Tous, les dix mètres, celui qui va devant place une fiche, fig. 115, contre le cran de la poignée qu'il tient et la laisse en relevant la chaîne; celui qui va derrière, arrivé à une fiche, applique contre celle-ci l'encoche de la poignée qu'il tient tant que son compagnon n'a pas relevé la chaîne, puis il enlève la fiche et la porte.

L'équerre d'arpenteur, fig. 116, est un prisme octogonal ou un cylindre fendu de 8 pinnules diamétralement opposées. Avec cet instrument on trace des alignements rectangulaires ou à 45 degrés.

Les figures 118 et 119 indiquent comment on se sert de l'équerre pour mener une perpendiculaire à une droite donnée ou une parallèle à une droite donnée.

Dans le graphomètre, fig. 117, les visées se font au moyen d'une alidade ou règle en cuivre portant un talon à chaque extrémité, ces talons sont fendus de pinnules. Cette alidade tourne autour du centre d'un cercle gradué et dans le limbe de ce cercle. Le graphomètre est monté sur un trépied au moyen d'une douille à serrage. Cet appareil sert à mesurer des angles.

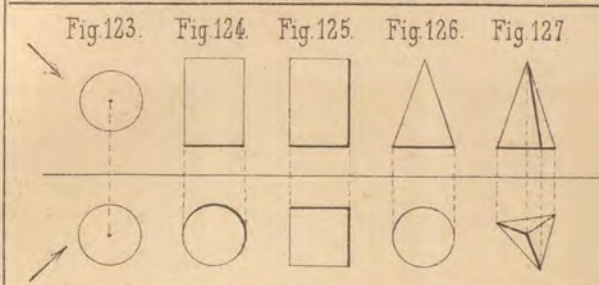
La figure 120 indique comment il faudrait procéder pour relever la configuration d'un terrain irrégulier et accessible. Toutes les longueurs indiquées se mesurent avec la chaîne, toutes les perpendiculaires sont menées avec l'équerre. Si le terrain était inaccessible il faudrait l'entourer d'un polygone aux côtés duquel on rapporterait la clôture du terrain.

La fig. 121 indique la suite des opérations à faire pour mesurer la distance de deux points inaccessibles C et D. On jalonne la base AB et on la mesure. On mesure les angles en A et en B à l'aide du graphomètre.

Dans le triangle CAB, on calcule CB. Dans le triangle ADB, on calcule DB. Il reste à calculer le côté CD du triangle CBD dont on connaît deux côtés et un angle.

Pour prolonger un alignement AB à travers un obstacle on procéderait comme l'indique la figure 122. On mesure AC, l'angle A et l'angle C, on calcule CD et l'angle D.

THÉORIE DU TRAIT DE FORCE.



TEINTES CONVENTIONNELLES DES MÉTAUX.

Fig. 128	Fig. 129	Fig. 130	Fig. 131	Fig. 132	Fig. 133	Fig. 134	Fig. 135	Fig. 136	Fig. 137	Fig. 138
Fer	Acier	Fonte.	Zinc, Plomb Étain.	Cuivre rouge.	Cuivre jaune, ou laiton.	Bronze.	Bois	Cuir.	Cordes.	Verre.

TEINTES CONVENTIONNELLES
DU DESSIN DE CONSTRUCTION.

Fig. 139. Talus, terrain		Fig. 140. Rochers.		Fig. 141. Argile. Vase.	
Plan.	Coupe	Plan.	Coupe.	Coupe.	
Remblais					
Déblais					

TEINTES CONVENTIONNELLES
DU DESSIN DE CONSTRUCTION.

Fig.142. Sable Gravier

P. C. P. C.



Fig.143. Béton.

Plan. Coupe



Fig.144 Pierre de taille

Elevation. Coupe.

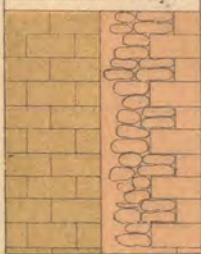


Fig.145 Moëllons piqués

Elevation. Coupe



Moëllons ordinaires.



Fig.146 Briques:
ordinaires, réfractair^s

E. et C. E. et C.

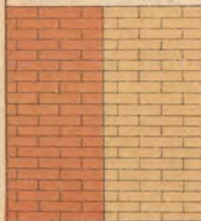


Fig.147 Pavés.

Plan. Coupe.



Fig.148. Enrochements

Coupe.



Empierrements. CP^s



Fig.149. Tuiles, Ardoises

Elevation. Elevation.



Plan

Plan



Fig.150. Eau:

douce. de mer.



TEINTES CONVENTIONNELLES
DE LA TOPOGRAPHIE.

<p>Fig.151. Vases et tourbières <i>Rédaction.</i></p>	<p>Mer, rochers. <i>Rédaction.</i></p>	<p>Fig.152. Etang. <i>Rédaction.</i></p>	<p>Lac. <i>Rédaction.</i></p>
			
<p>Fig.153. Marais. <i>Rédaction.</i></p>	<p>Landes, friches bruyères. <i>Rédaction.</i></p>	<p>Fig.154. Bois marécageux. <i>Minute.</i></p>	<p><i>Rédaction.</i></p>
			
<p>Fig.155. Prés, terres humides. <i>Minute.</i></p>	<p><i>Rédaction.</i></p>	<p>Fig.156. Sables. <i>Minute.</i></p>	<p><i>Rédaction.</i></p>
			

TEINTES CONVENTIONNELLES
DE LA TOPOGRAPHIE.

Fig. 157. Broussailles.

Minute.

Rédaction.



Fig. 158. Bois et forêts.

Minute.

Rédaction.



Fig. 159. Terres labourées.

Minute.

Rédaction.



Fig. 160. Vignes.

Minute.

Rédaction.



Fig. 161. Vergers.

Minute.

Rédaction.

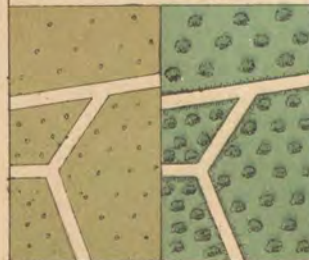


Fig. 162. Village, parc, jardins.

Rédaction.



Trait de force et teintes conventionnelles

Le principe du trait de force dans le dessin linéaire est le suivant : on met un *trait de force* sur toute ligne qui est à l'intersection d'une surface éclairée et d'une surface ombrée, le rayon lumineux étant supposé projeté à 45° sur les plans de projection.

La fig. 123 représente une sphère; il n'y a pas de trait de force parce qu'il n'y a aucune arête d'intersection d'une face ombrée et d'une face éclairée.

La fig. 124 représente un cylindre; il n'y a de trait de force que le cercle de sa projection horizontale, à l'opposé du rayon, et sur le trait du plan vertical qui est la projection de la base.

La fig. 125 représente un parallépipède.

La fig. 126 représente un cône.

La fig. 127 représente une pyramide.

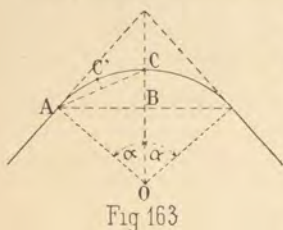
Les teintes conventionnelles sont les suivantes: *fer*, bleu de Prusse et encre de Chine; *acier*, violet; *fonte*, bleu de Prusse, encre de Chine et carmin; *zinc*, *plomb*, *étain*, encre de Chine pâle et pointe d'indigo; *cuivre rouge*, Sienne brûlée et carmin; *cuivre jaune*, gomme gutte pure, claire; *bronze*, gomme gutte, pointe de carmin; *bois*, terre de Sienne, veines de sépia; *cuir*, terre de Sienne; *cordes*, sépia; *verre*, gomme gutte, bleu de Prusse très pâle.

Gravier, en plan, teinté de terre de Sienne brûlée, cailloux plus foncés; en coupe, teinte de carmin pâle. *Béton*, en plan, Sienne brûlée et teinte neutre; en coupe, carmin faible. *Pierre de taille*, en élévation, ocre jaune et terre de Sienne brûlée; en coupe, carmin. *Moellon piqué*, *maçonnerie ordinaire*, mêmes teintes, la différence est surtout dans les traits. *Brique ordinaire*, carmin et terre de Sienne; en élévation, carmin clair, en coupe. *Brique réfractaire*, ocre jaune, en élévation. *Pavés*, légère pointe de carmin et teinte neutre. *Enrochements*, terre de Sienne brûlée, retouches de sépia; en coupe, carmin clair. *Tuiles*, teintées comme la brique avec un peu plus de terre de Sienne. *Ardoises*, teinte neutre avec bleu de Prusse ou carmin, suivant la nature des ardoises.

En *topographie* les terres et sables sont teintés en

terre de Sienne brûlée et sépia ; les verts sont composés de gomme gutte, de bleu de Prusse, de jaune indien, suivant les nécessités du rendu. Les minutes sont traitées plus légèrement, comme trait et comme ton que les rédactions. Les dessins à grande échelle seront traités avec plus d'intensité, avec des teintes plus chaudes.

Tracé d'arcs de cercle sur le terrain

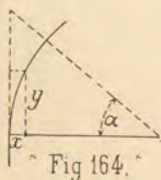


1° *Tracé par cordes et flèches.* — Connaissant deux tangentes et les points de contact. On calcule l'angle α ou on le mesure, ainsi que le rayon $r = OA$, la flèche $BC = f = r(1 - \cos. \alpha)$; d'où le point C. On a de la même manière le point C'; la flèche

f' de l'arc AC est $f' = r \left(1 - \cos. \frac{\alpha}{2} \right)$.

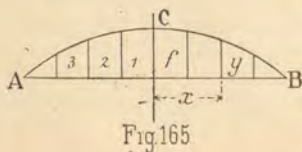
Si l'angle α est suffisamment petit, on prend

$$f' = \frac{1}{4} f$$



2° *Tracé par tangentes.* — Supposons connus comme précédemment r et α . Une tangente quelconque de longueur y répond à une abscisse

$$x = r - \sqrt{r^2 - y^2}$$



3° *Tracé par ordonnées et abscisses.* — On a d'abord $f = r(1 - \cos. \alpha)$ comme dans le premier tracé, ce qui donne C, et pour une abscisse x , on a

$$y = \sqrt{r^2 - x^2} - (r - f)$$

4° *Tracé par prolongement de corde.* — On connaît l'angle α , partie aliquote, je suppose, de l'angle des rayons extrêmes de l'arc. Sur la tangente en A projetons le point C, on a

$$AB = r \sin \alpha$$

$$BC = r(1 - \cos \alpha)$$

Projetons le point D sur le prolongement de la corde AC, on a

$$EF = r \sin. \frac{3}{2} \alpha$$

$$CF = r \sin. \frac{3}{2} \alpha - EC = r \left(\sin. \frac{3}{2} \alpha - \sin. \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} FD &= r \left(1 - \cos. \frac{3}{2} \alpha \right) - r \left(1 - \cos. \frac{\alpha}{2} \right) \\ &= r \left(\cos. \frac{\alpha}{2} - \cos. \frac{3}{2} \alpha \right) \end{aligned}$$

A partir de ce point D, on a les mêmes valeurs à porter en prolongement de la corde et perpendiculairement.

5° *Tracé par segment capable d'un angle donné.* —

Cette opération est faite par deux observateurs placés aux extrémités de la corde et se

servant chacun d'un graphomètre. L'un fait avec AB des angles α et l'autre des angles β tels que $180^\circ - (\alpha + \beta) = \theta$, l'angle inscrit dans le segment.

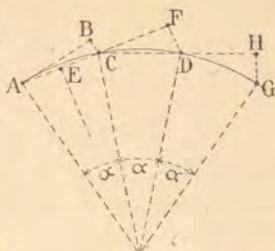


Fig. 166

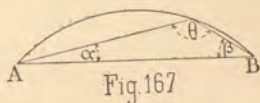


Fig. 167

MÉCANIQUE

Composition des Forces

Pour *représenter une force*, on mène, par son point d'application et suivant sa direction, une droite dont la longueur représente l'intensité de cette force.

L'étude des systèmes de forces est ramenée ainsi à l'étude des propriétés de figures géométriques.

Un système matériel est en *équilibre* quand ses points sont au repos (ou en mouvement rectiligne et uniforme).

Deux forces égales et directement opposées se font équilibre.

On peut *placer le point d'application d'une force* en un quelconque des points de sa direction supposés liés invariablement entre eux.

On appelle *résultante* d'un système de forces appliquées à un point matériel, une force égale et opposée à la force qu'il faudrait joindre au système pour que le point soit en équilibre. Une telle force existe et est unique, parce qu'un point ne peut se déplacer dans plusieurs directions à la fois, et parce que l'on conçoit que l'on puisse s'opposer au mouvement d'un point par l'application d'une force suffisante, de même direction et de sens contraire à ceux du mouvement.

Deux forces égales, appliquées à un point matériel, ont une résultante dirigée suivant la bissectrice de l'angle qu'elles forment.

Si, à deux sommets opposés d'un losange, on applique des forces égales, dirigées suivant les côtés de la figure, supposée indéformable, le système est en équilibre.

La *résultante de deux forces* appliquées à un point matériel est la diagonale du parallélogramme construit sur ces deux forces, fig. 168.

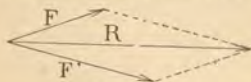


Fig 168.

La *résultante d'un nombre quelconque de forces* appliquées à un point matériel est la résultante du

contour polygonal construit en portant ces forces parallèlement à elles-mêmes, les unes au bout des autres, fig. 169¹. La projection de la résultante et celle des forces sur un axe xx' sont liées par la relation.

$$R_x = \Sigma F_x = \Sigma X.$$

Dans le cas de deux forces, on a

$$R^2 = F^2 + F'^2 + 2 \widehat{FF'} \cos. FF'$$

en représentant par $\widehat{FF'}$ l'angle des deux forces F et F' .

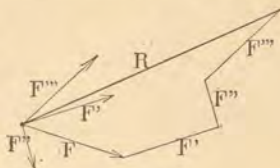


Fig 169.

THÉORÈME DE VARIGNON. — Le *moment* d'une force par rapport à un point est le produit de cette force par la distance du point à la force. Le moment de la force F par rapport au point O est le produit de son intensité par la distance OC que l'on appelle le bras de levier de la force et que nous représenterons par p . On écrit

$$M_o F = F.p.$$

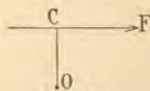


Fig 170.

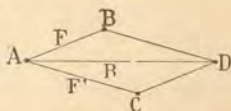


Fig 171.

Le Théorème de Varignon est celui-ci : La somme des moments de forces situées dans un même plan et appliquées à un même point, par rapport à un point du plan, est égale au moment de la résultante. Ceci équivaut, pour deux forces, par exemple, à cette propriété géométrique : L'aire de triangle AOD , fig. 171, est égale à la somme des aires des triangles AOC et AOB .

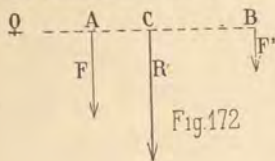
Il faut, pour évaluer une somme de moments, attribuer le signe $+$ à ceux des forces qui tendent à imprimer à la figure un mouvement de rotation autour du point O dans un sens déterminé, et le signe $-$ quand la rotation serait de sens contraire.

Le *moment* d'une force par rapport à une droite, à

1. Dans la figure 169 la force F'' devrait être tracée en sens contraire, à partir de son point d'application.

un axe, est le moment de la projection de cette force sur un plan perpendiculaire à cet axe pris par rapport au pied de l'axe sur ce plan. Le moment de la résultante de plusieurs forces concourantes, par rapport à un axe, est égal à la somme des moments des composantes. Ce théorème est vrai pour un nombre quelconque de forces.

La résultante de forces parallèles est égale à leur somme algébrique et passe par le centre des moyennes distances des points d'application. Sa direction est celle des forces.



Dans le cas de deux forces parallèles et de même sens, on a, fig. 172,

$$R = F + F',$$

$$F \cdot AC = F' \cdot CB,$$

et

$$OC = \frac{F \cdot OA + F' \cdot OB}{F + F'}.$$

Dans le cas de deux forces parallèles et de sens contraire, fig. 173, on a

$$R = F - F',$$

$$F \cdot AC = F' \cdot CB,$$

et

$$OC = \frac{F \cdot OA - F' \cdot OB}{F - F'}.$$

Les formules des longueurs OC expriment le théorème des moments dans le cas de forces parallèles. En multipliant les deux membres par le sinus de l'angle que fait la droite OB avec un plan, parallèle aux forces, on a l'expression du théorème des moments des forces parallèles par rapport à ce plan parallèle à leur direction.

Pour un nombre quelconque de forces parallèles, on a

$$R = F + F' + F'' + \dots$$

$$d = \frac{F \cdot p + F'p' + F''p'' + \dots}{F + F' + F''}$$

d étant la distance, au plan parallèle aux forces, du centre des moyennes distances des points d'application des autres forces.

On appelle *couple* un système de deux forces égales et opposées. La distance des deux forces est le *bras de levier du couple*, et le *moment du couple* est le produit de l'une des forces par le bras de levier.



Fig. 174

Une force quelconque F , fig. 174, appliquée à un solide invariable peut être transportée parallèlement à elle-même, en un point quelconque O , pourvu que l'on joigne au système un couple FF' dont le moment soit égal à celui de la force supprimée, pris par rapport au point où elle a été transportée.

Equations de l'équilibre

Un *point matériel* est en équilibre si la résultante des forces qui y sont appliquées est nulle. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que les trois sommes de projections des forces sur trois axes déterminés soient nulles.

Quand cela a lieu, la somme des projections est nulle sur un axe quelconque. Si X, Y, Z sont respectivement les composantes d'une force suivant trois axes, on a pour équations de l'équilibre d'un point matériel :

$$\Sigma X = 0, \quad \Sigma Y = 0, \quad \Sigma Z = 0.$$

Un *corps solide indéformable* est en équilibre si les trois sommes de projections sur trois axes déterminés sont nulles, ainsi que les trois sommes de moments relativement à ces trois axes. Les six équations de l'équilibre d'un solide sont

$$\begin{aligned} \Sigma X &= 0, & \Sigma Y &= 0, & \Sigma Z &= 0, \\ \Sigma M_x F &= 0, & \Sigma M_y F &= 0, & \Sigma M_z F &= 0. \end{aligned}$$

Cas de forces dans un plan. Quand les forces sont dans un plan le nombre des équations diminue, parce que certaines sont satisfaites identiquement par le fait même de la situation des forces dans un même plan. Si on prend un axe des x et un axe des y dans le plan et un axe des z perpendiculaire, on a pour l'équilibre d'un point matériel.

$$\Sigma X = 0, \quad \Sigma Y = 0.$$

Pour l'équilibre d'un système quelconque de forces

$$\Sigma X=0, \quad \Sigma Y=0, \quad \Sigma M_z F=0$$

Un système de points matériels est en équilibre lorsque chaque point est en équilibre. Il y a donc pour n points $3n$ équations de l'équilibre.

Les forces mutuelles, c'est-à-dire celles qui proviennent de l'action des points deux à deux, ont une somme de projections nulle sur un axe quelconque et aussi une somme de moments nulle par rapport à un axe quelconque, parce qu'elles sont égales et opposées. On en conclut que les forces extérieures, c'est-à-dire provenant de points ne faisant pas partie du système considéré, satisfont aux six équations de l'équilibre.

Un solide naturel, c'est-à-dire tel que sont les solides qui tombent sous nos sens, est un système de points matériels déformable sous l'action des forces extérieures. Si on fait varier certaines forces extérieures appliquées à un tel système, il se produit des déformations et des variations des forces mutuelles, d'où il résulte des variations d'intensité et de direction de forces extérieures, autres que celles que l'on a modifiées arbitrairement.

Des Centres de gravité

La pesanteur agissant sur les éléments des corps y détermine de petites forces parallèles dont la résultante est le poids du corps et dont le point d'application est le centre de gravité. Le centre de gravité est unique ; il n'y a qu'un point par lequel on puisse suspendre un corps de telle sorte qu'il soit en équilibre dans une position quelconque autour de ce point. On suppose le corps lié à un système d'axes rectangulaires et, si l'on rend successivement verticaux les plans coordonnés, pour chacun d'eux, on aura une expression de moments analogues à

$$x_g = \frac{px + p'x' + p''x'' + \dots}{p + p' + p'' + \dots} = \frac{\Sigma px}{\Sigma p}$$

S'il s'agit d'un corps que l'on peut considérer comme

formé d'une matière homogène et uniformément répandue dans l'espace occupé par ce corps, on aura

$$x_g = \frac{\sigma \Sigma x \cdot dv}{\sigma \Sigma dv} = \frac{\Sigma x dv}{V}$$

(σ désigne le poids spécifique, dv un élément de volume). On voit que le centre de gravité d'un solide homogène s'obtient en faisant sur les éléments de volume, le calcul que l'on ferait sur des poids élémentaires pour les composer ; en définitive, les coordonnées du centre de gravité d'un corps sont

$$x_g = \frac{\Sigma x dv}{V}, \quad y_g = \frac{\Sigma y dv}{V}, \quad z_g = \frac{\Sigma z dv}{V}.$$

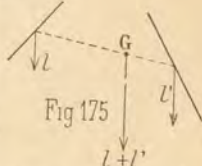
Par extension, on considère le centre de gravité d'aires planes donné par les expressions

$$x_g = \frac{\Sigma x \cdot d\omega}{\Omega}, \quad y_g = \frac{\Sigma y \cdot d\omega}{\Omega},$$

dans lesquelles $d\omega$ est un élément de l'aire et Ω l'aire totale. Les coordonnées du centre de gravité des lignes sont données aussi par les formules précédentes, dans lesquelles les éléments de volume ou de surface sont remplacés par des éléments de longueur.

Le centre de gravité d'une ligne droite est en son milieu.

Le centre de gravité de l'ensemble de deux droites, fig. 175, est sur la ligne qui joint leurs milieux et au point qui la partage en raison inverse des longueurs de ces lignes.



Pour obtenir le centre de gravité d'un contour polygonal, on composerait, comme des poids, des lignes parallèles entre elles, ayant des longueurs respectivement égales aux côtés du contour polygonal et passant par les milieux respectifs de ces côtés.

Le centre de gravité du périmètre d'un triangle est le centre du cercle inscrit au triangle formé en joignant les milieux des côtés du proposé.

Le centre de gravité d'un arc de cercle est sur la ligne perpendiculaire abaissé du centre sur la corde de cet arc, à une distance du centre donnée par la formule

$$x = \frac{\text{Rayon} \times \text{Corde}}{\text{arc}}$$

Le centre de gravité de l'aire d'un triangle est au point de rencontre des médianes. Les médianes se coupent au tiers de leur longueur à partir des côtés du triangle.

Le centre de gravité d'un secteur circulaire est sur la perpendiculaire abaissée du centre sur la corde, à une distance du centre donnée par

$$x = \frac{2}{3} \frac{\text{Rayon} \times \text{Corde}}{\text{arc}}$$

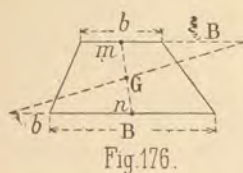


Fig. 176.

Le centre de gravité du trapèze est sur la médiane du trapèze à des distances de la grande et de la petite bases données respectivement par

$$\frac{1}{3} h \frac{B+2b}{B+b} \text{ et } \frac{1}{3} h \frac{2B+b}{B+b},$$

h désignant la hauteur du trapèze.

Le centre de gravité d'une aire qui a un diamètre se trouve sur ce diamètre; le centre de gravité d'une aire qui a un centre est ce centre lui-même.

Le centre de gravité d'un cercle, de l'aire d'une ellipse est le centre de la circonférence, de l'ellipse. Le centre de gravité d'un parallélogramme est au point de rencontre des diagonales.

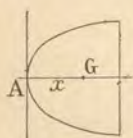


Fig. 177.

Centre de gravité de l'aire comprise entre la parabole et une abscisse x , fig. 177.

$$AG = \frac{3}{5} x$$

Le centre de gravité d'un prisme à bases parallèles est au milieu de la droite qui joint les centres de gravité des bases.

Le centre de gravité d'un cylindre est au milieu de la ligne qui joint les milieux des deux bases.

Le centre de gravité d'une pyramide est au $\frac{1}{4}$, à partir de la base, de la ligne qui joint le sommet au centre de gravité de la base.

Même théorème pour le cône.

Le centre de gravité d'un tronc de pyramide à base

parallèles est à des distances x et y de la grande et de la petite bases tels que

$$\frac{x}{y} = \frac{B + 3b + 2\sqrt{Bb}}{b + 3B + 2\sqrt{Bb}}$$

Le centre de gravité d'une *zone sphérique* est au milieu de la hauteur.

Le centre de gravité du *secteur sphérique* à une base et de flèche f est à une distance du centre

$$x = \frac{3}{4} \left(r - \frac{f}{2} \right)$$

Le centre de gravité d'une *demi-sphère* est aux $\frac{3}{8}$ du rayon à partir du centre.

Le centre de gravité du volume compris entre le *paraboloïde* de révolution et un plan perpendiculaire à l'arc est à une distance du sommet égale aux deux tiers de l'abscisse.

Frottement

Lorsque deux solides naturels sont en contact et ont une tendance à glisser l'un sur l'autre, il se produit, tangentielllement aux surfaces en contact, une force dans le sens inverse de celui dans lequel le déplacement relatif tend à se produire. L'intensité de cette force est égale à la pression mutuelle, normale aux surfaces, multipliée par un *coefficient de frottement de glissement* dépendant seulement de la nature des corps en contact. La *réaction* entre les surfaces est la résultante de cette force de frottement et de la pression normale.

Equilibre d'un point matériel sur un plan incliné.

1°. Cas où la force F retient le point prêt à tomber.

$$N + F \sin. \alpha - P \cos. i = 0$$

$$fN + F \cos. \alpha - P \sin. i = 0$$

$$F = \frac{f \cos. i - \sin. i}{f \sin. \alpha - \cos. \alpha} P,$$

$$N = \frac{P \cos. (i + \alpha)}{\cos. \alpha - f \sin. \alpha}.$$

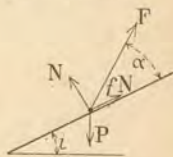


Fig 178.

2°. Cas où la force F a l'intensité voulue pour faire monter le point le long du plan incliné. Il faut changer le signe de f dans les formules précédentes.

$$F = \frac{f \cos. i + \sin. i}{f \sin. \alpha + \cos. \alpha} P, \quad N = \frac{\cos. (i + \alpha)}{\cos. \alpha + f \sin. \alpha} P.$$

3° Cas d'un point matériel sur un plan hypothétique sans frottement.

$$F = \frac{\sin. i}{\cos. \alpha} P, \quad N = \frac{\cos. (i + \alpha)}{\cos. \alpha} P.$$

Lorsque deux solides naturels roulent l'un sur l'autre sans glisser, il se produit tangentiellement aux surfaces en contact une force analogue à la précédente mais bien plus petite, et le coefficient s'appelle *coefficient de roulement*. Soit f' ce coefficient.

Les tableaux suivants sont empruntés à Poncelet et à Morin.

	VALEUR DU COEFFICIENT f		VALEUR DU COEFFICIENT f'
	au départ	pendant le mouvement	
Chêne sur chêne sans enduit	0,62	0,48	
Chêne sur chêne frot- té au savon sec.	0,44	0,16	
Chêne sur chêne mouil- lé d'eau.	0,70	0,25	
Fer ou fonte sur chêne sans enduit.	0,62	0,50	0,0023
Fer ou fonte sur chêne frotté avec suif	0,62	0,26	
Fer ou fonte sur chêne mouillé d'eau	0,65	0,20	
Fonte sur fer sans enduit	0,16	0,10	
Fonte sur fer frottés d'huile ou suif.	0,12	0,08	0,0012
Cuir sur poulie en fonte sans enduit.	0,28	0,27	
Cuir de piston imbibé d'eau	0,62	0,36	
Cuir de piston imbibé d'huile ou suif.	0,15	0,12	
Roue de voiture ban- dage en fer sur cail- loutis			0,0634
Roue de voiture ban- dage en fer sur pavé.			0,0200

*Rapport de la force de tirage d'un véhicule
à la charge transportée.*

Sur terrain naturel argileux sec.	0,230
— siliceux, crayeux.	0,165
Sur chaussée en cailloutis nouveau	0,125
— en empièrrement bien faite.	0,033
Sur pavé ordinaire { au pas	0,030
{ au trot	0,070
Chemins de fer en bon état.	0,007
— avec bon graissage des essieux.	0,005

Résistance des Matériaux

Entre les divers points matériels d'un solide naturel s'exercent des forces mutuelles qui sont des fonctions des distances de ces points. Supposons que, par l'application de forces extérieures, le solide subisse une déformation, les distances des points étant modifiées, les forces mutuelles subissent aussi des variations. Ce sont ces variations de forces mutuelles que l'on appelle forces élastiques. Un corps est parfaitement élastique quand les déformations et les forces élastiques disparaissent en même temps que les forces extérieures. Les corps solides sont considérés comme étant parfaitement élastiques, tant que les forces élastiques ne dépassent pas une certaine limite; au-delà de cette limite, les déformations ne disparaissent point complètement, et le corps, bien que soustrait à l'influence des forces extérieures, conserve une certaine *déformation permanente*.

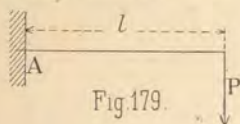
Tant qu'un corps solide est dans des conditions d'élasticité parfaite, les *forces élastiques sont sensiblement proportionnelles aux variations des distances mutuelles*. Le problème de l'élasticité consiste à chercher d'abord les forces élastiques produites par des déformations supposées connues, et ensuite les forces élastiques et les déformations qui se produisent sous l'influence de forces extérieures.

Pour les besoins des constructions, il est suffisant d'étudier les quatre modes de déformation suivants, pour des corps de forme prismatique et de dimensions

Ces moments d'inertie suffisent pour le calcul des surfaces les plus en usage. Le moment d'inertie des sections évidées s'obtient par la somme et la différence de moments d'inertie.

Valeur des moments fléchissants et des réactions des appuis pour les poutres droites

Prisme encastré d'un bout soumis à un poids p uniformément réparti et à un poids distinct P .



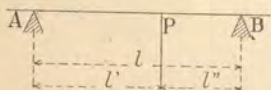
Le moment fléchissant maximum est en A, il égale

$$M = \frac{1}{2} p l^2 + Pl$$

L'effort tranchant maximum est en A, il égale

$$T = pl + P$$

Prisme reposant librement sur deux appuis, fig. 180, soumis à une charge distincte et à un poids uniformément réparti.



Réaction des appuis en A

$$\frac{1}{2} pl + P \frac{l''}{l}$$

Réaction des appuis en B

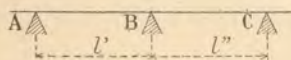
$$\frac{1}{2} pl + P \frac{l'}{l}$$

Si $l' < \frac{l}{2} + \frac{Pl''}{pl}$ le moment maximum est $\left(\frac{l'l''}{l} P + \frac{1}{2} pl \right)$

Si $l' > \frac{l}{2} + \frac{Pl''}{pl}$, le moment maximum est

$$\frac{1}{2} \left(p \frac{1}{2} l + \frac{Pl''}{pl} \right)^2$$

Si $l' = l''$ et si $P = 0$, on a $M = \frac{1}{8} pl^2$.



Prisme portant sur trois appuis de niveau et uniformément chargé, fig. 181.

Le moment fléchissant M_1 en B est donné par

$$8 (l' + l'') M_1 = p' l'^3 + p'' l''^3.$$

La réaction Q_0 en A, est donnée par la formule

$$M_1 + Q_0 l' - \frac{1}{2} p' l^2 = 0.$$

La réaction Q_1 en B est donnée par la formule

$$Q_1 = p' l' + p'' l'' - Q_0 - Q_2$$

Q_2 réaction en C.

Si les travées sont égales, et également chargées

$$M_1 = \frac{p l^2}{8}$$

$$Q_0 = Q_2 = \frac{3}{8} p l$$

$$Q_1 = \frac{5}{4} p l$$

Prisme reposant sur quatre appuis de niveau, à égale distance, la charge étant répartie uniformément sur toute l'étendue du prisme.

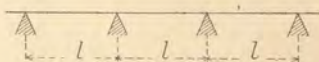


Fig 182

1 ^{er} appui, Mom. fléchissant $M = 0$	réaction de l'appui $Q = \frac{2}{5} p l$
2 ^o — — — — — $= \frac{1}{10} p l^2$	— — — — — $= \frac{11}{10} p l$
3 ^o — — — — — $= \frac{1}{10} p l^2$	— — — — — $= \frac{11}{10} p l$
4 ^o — — — — — $= 0$	— — — — — $= \frac{2}{5} p l$

Prisme porté sur cinq appuis dans les conditions précédentes.

1 ^{er} appui, Mom. fléchissant $M = 0$	réaction de l'appui $Q = \frac{11}{28} p a$
2 ^o — — — — — $= \frac{3}{28} p a^2$	— — — — — $= \frac{32}{28} p a$
3 ^o — — — — — $= \frac{1}{14} p a^2$	— — — — — $= \frac{26}{28} p a$
4 ^o — — — — — $= \frac{3}{28} p a^2$	— — — — — $= \frac{32}{28} p a$
5 ^o — — — — — $= 0$	— — — — — $= \frac{11}{28} p a$

Calcul des dimensions transversales d'une poutre.
 Pour calculer les dimensions transversales d'une poutre, on déterminera les forces extérieures qui agissent.

En général, elles sont de la nature de celles qui entrent dans les formules précédentes.

On calculera les réactions, les moments aux points d'appui d'après les mêmes formules précédentes. Il sera possible alors de calculer le moment fléchissant, l'effort de traction ou de compression et l'effort tranchant en un point quelconque de la poutre. On prendra analytiquement, graphiquement ou par essais successifs, le maximum de ces moments et de ces forces et l'on aura, sauf les dimensions transversales que l'on cherche, toutes les quantités qui entrent dans les formules fondamentales de la résistance, formules que l'on emploie avec les valeurs de R qui sont contenues dans les tableaux suivants.

De ces formules on déduit et l'aire et le rapport $\frac{I}{q}$ relatifs à la section la plus exposée. La surface donne le poids par mètre carré de la poutre, et, si la section a une forme de double T, il suffira de prendre dans les tables, parmi les poutres ayant le poids demandé, celle qui admet le rapport $\frac{I}{q}$ calculé.

Rigoureusement, il faudrait prendre la force élastique résultante des forces élastiques provenant de la flexion, de la tension ou de la compression, du cisaillement et aussi de la torsion, si cela est nécessaire. On s'imposerait une limite que ne devrait point dépasser cette force élastique.

Calcul des Tensions et compressions d'un système de barres formant une triangulation (système dit indéformable)

La Charpente est l'art de composer des poutres.

Un comble peut être considéré comme une poutre composée de barres.

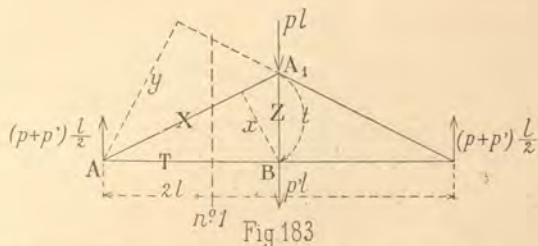
Une méthode pour calculer les combles et les poutres composées consiste à supposer que les points de croisement des barres sont des articulations, et à remplacer ensuite les forces extérieures par des forces statiquement équivalentes appliquées aux points d'articulation. Ensuite on fait des sections dans les barres, en remplaçant les parties supprimées par des

tensions, et l'on écrit qu'il y a équilibre entre ces tensions et les forces extérieures agissant sur la partie conservée de la poutre. On pourrait employer deux équations de projection pour chacun des points d'articulation; mais il est plus commode de prendre les moments par rapport à des points d'articulation, ce qui par le fait élimine les forces dont la direction contient le point d'articulation.

Si pour une des forces que l'on cherche, on trouve une valeur négative, cela veut dire que la barre correspondante, au lieu d'être tendue comme on le supposait, est comprimée.

Cette méthode rapide n'est que suffisamment approximative. Elle ne tient pas compte des flexions des barres sur lesquelles les forces extérieures prennent point d'appui. S'il y avait urgence à le faire, on considérerait alors les poutres comme posées sur appui, et on s'aiderait des formules données pour les prismes.

Les exemples suivants supposent que les arbalétriers de combles, les entrails de poutres armées sont chargées uniformément d'un poids p ou p' par mètre de longueur de la projection horizontale de ces pièces. S'il y avait d'autres forces, on les ferait aisément entrer dans le calcul, après s'être bien rendu compte de l'emploi de la méthode avec les forces p et p' .



1^o Exemple, fig. 183. — Au point A, la réaction de l'appui est $(p + p')l$, dont il faut retrancher la moitié de la force totale pl , répartie uniformément sur l'arbalétrier AA_1 , et la moitié de la force $p'l$, uniformément répartie sur la moitié de l'entrait.

Section n°1. L'équation des moments par rapport à A₁ donne $T = (p + p') \frac{l^2}{2l}$

Section n° 1. L'équation des moments par rapport à B donne $X = -(p + p') \frac{l^2}{2x}$

Section circulaire autour de B. L'équation des moments par rapport à A donne $Z = p'l$

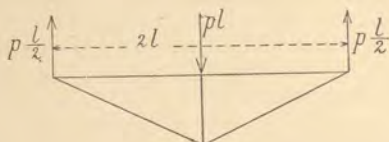


Fig.184.

2° Exemple, fig. 184. — C'est l'exemple d'une poutre armée. Calcul analogue au précédent.

3° Exemple, fig. 185. — Les n divisions de l'arbalétrier sont égales. Faisons, dans le système, des sections par des plans verticaux.

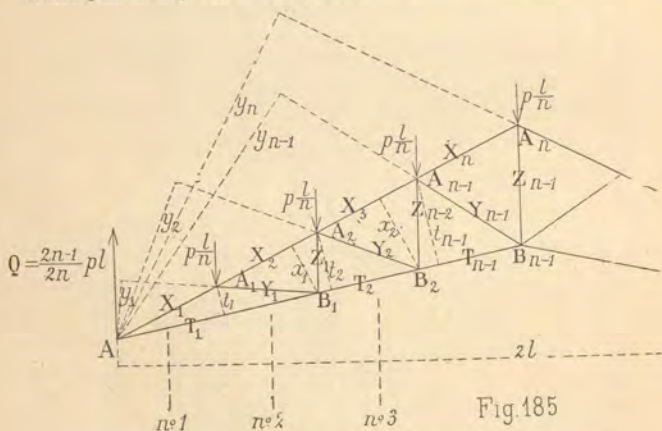


Fig.185

Section n° 1. L'équation des moments par rapport à B₁ donne

$$X_1 = \frac{-Q \frac{2l}{n}}{x_1}$$

Section n° 2. L'équation des moments par rapport à A₁ donne

$$T_1 = \frac{Q \frac{l}{n}}{t_1}$$

Section n° 2. L'équation des moments par rapport à A donne

$$Y_1 = \frac{-p \left(\frac{l}{n} \right)^2}{g_1}$$

Section n° 2. L'équation des moments par rapport à B₁ donne

$$X_2 = \frac{p \left(\frac{l}{n} \right)^2 - Q \frac{2l}{n}}{x_1}$$

Faisons une section circulaire autour de B₁ et prenons les moments par rapport à A, on a

$$Z_1 = \frac{Y_1 \frac{g_1}{2}}{\frac{l}{n}} = p \frac{l}{2n}$$

Section n° 3. L'équation des moments par rapport à A₂ donne

$$T_2 = \frac{Q \frac{2l}{n} - p \left(\frac{l}{n} \right)^2}{t_2}$$

Ces formules pourraient être disposées d'une manière plus commode pour le calcul, mais elles perdraient de leur clarté au point de vue de l'étude.

4^e Exemple, fig. 186. — Figure du comble Polonceau.

Le tirant T a pour but d'empêcher la poussée horizontale sur les points d'appui. En prenant les moments des forces extérieures sur une demi-ferme autour de A₄, on trouve

$$pl.l - pl. \frac{l}{2} - Tt = 0 \quad \text{d'où} \quad T = \frac{pl^2}{2t}$$

On prendra encore les moments par rapport au point A₄ en faisant les sections n° 1 et n° 2 successivement. Le reste des tensions sera déterminé par des

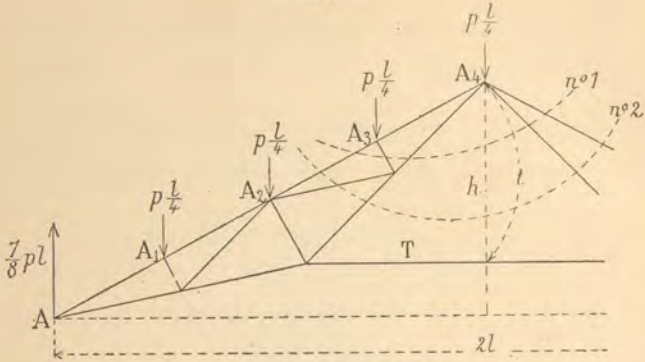


Fig 186

sections successives rencontrant trois barres, sauf la section à faire entre A et A₁ qui n'en rencontre que deux.

Des Maçonneries

Le *moment de renversement* d'un mur est le moment pris par rapport à l'arête extérieure de la base de toutes les forces qui tendent à le faire tourner autour de cette arête. Ce moment doit être plus petit que le moment de son poids pris par rapport à la même arête.

Equilibre d'élasticité des maçonneries. — Supposons

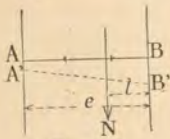


Fig 187

que, sous l'influence d'une force N verticale agissant sur un prisme de pierre, fig. 187, une section AB de ce prisme, horizontale d'abord, vienne prendre la position A'B'. Il se développera des forces élastiques qui sont

$$\text{en A} \quad R' = \frac{2N}{e} \left(\frac{3l}{e} - 1 \right)$$

$$\text{en B} \quad R = \frac{2N}{e} \left(2 - \frac{3l}{e} \right)$$

Si $l = \frac{e}{3}$ la force élastique $R' = 0$, il n'y a plus de

compression au point A, et la force élastique en B est

$$\frac{2N}{e} \quad \text{ou} \quad \frac{2N}{3l}$$

Si $l < \frac{e}{3}$, fig. 188, comme la maçonnerie n'admet pas d'extension, le prisme s'ouvre sur une partie de la section égale à $e - 3l$ et subit une compression sur le reste.

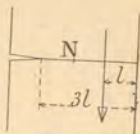


Fig. 188

Ce sont les deux seuls cas que l'on considère dans les maçonneries.

Quand on connaîtra, fig. 189, la résultante R des actions produites sur la face AB par les parties supérieures du prisme ou transmises par elles, on décomposera cette force en deux, l'une normale à la section, qui sera la force N, et une autre parallèle à la section, que j'appellerai S.

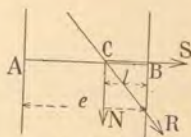


Fig. 189

La force R perce la section en un point C, situé à une distance l du point B.

Si $l < \frac{e}{3}$, la force élastique maximum développée est

$$\frac{2N}{3l}$$

et si l est compris entre $\frac{e}{3}$ et $\frac{e}{2}$, la force élastique maximum développée est

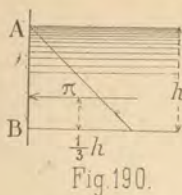
$$\frac{2N}{e} \left(2 - \frac{3l}{e} \right)$$

et l'équilibre d'élasticité sera réalisé si l'une ou l'autre, suivant le cas, ne dépasse pas la force maximum admise comme limite de charge.

Glissement des Maçonneries. — La force horizontale S tend à faire glisser la partie supérieure du prisme sur la partie inférieure. Pour que cela n'ait pas lieu, il faut que $fN > S$, en appelant f le coefficient de frottement de la maçonnerie sur elle-même, environ 0,75.

Mur de réservoir. — La pression des liquides par unité

de surface étant proportionnelle à la profondeur, la pression sur l'unité de longueur d'une surface AB, fig. 190, de hauteur h , sera $n = \frac{1}{2} 1000 h^2$ en kilogrammes, h étant mesuré en mètres, et elle est appliquée aux $\frac{2}{3} h$ de la hauteur h à partir du niveau de l'eau.



Soit A, fig. 191. une section faite dans un mur de réservoir. Elle sera suffisante si la résultante de la poussée π du liquide sur la maçonnerie supérieure et du poids de P cette partie rencontre cette section en un point C tel que la force élastique en A ne dépasse pas la limite de sécurité correspondante à la maçonnerie.

L'étude du mur se fera en le divisant, à partir du haut, en sections horizontales pour chacune desquelles on fera cette vérification.

Stabilité des voûtes. — Les formules de Léveillé, en adoptant les notations de la fig. 192, sont

$$e = \frac{1 + 0,1 D}{3}$$

Pour arc de cercle

$$Y = (0,33 + 0,212 D) \sqrt{\frac{h}{H} \cdot \frac{D}{f + e}}$$

Pour plein ceintre

$$Y = (0,60 + 0,162 D) \sqrt{\frac{h + 0,25 D}{4} \cdot \frac{0,865 D}{0,26 D + e}}$$

Pour ellipse ou pour anse de panier

$$Y = (0,43 + 0,154 D) \sqrt{\frac{h + 0,54 f}{4} \cdot \frac{0,84 D}{0,465 f + e}}$$

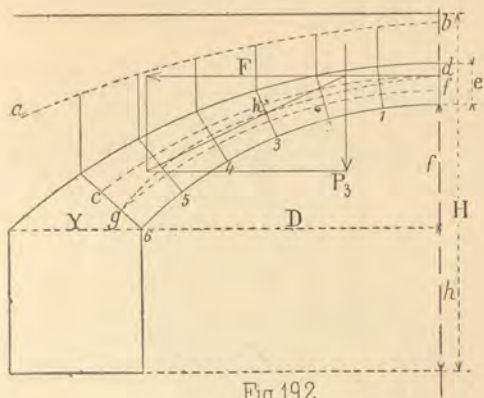


Fig 192

Pour vérifier l'arc qui résulte de l'application de ces formules 1° on ramène le remblai à une épaisseur de maçonnerie, en réduisant les longueurs des ordonnées comptées au-dessus de l'extrados, ce qui donne la courbe *ab*; 2° on divise l'arc par des joints fictifs perpendiculaires à l'intrados de la voûte; 3° on fait le poids des voussoirs et de leurs surcharges et on les compose de proche en proche à partir de la clef; 4° on partage la longueur des joints en trois parties égales, ce qui donne les courbes *ed*, *gf*; 5° on cherche la poussée *F* de l'arc supposée appliquée en *d*; pour cela on prend le moment par rapport au point *g* de cette force et du poids des voussoirs depuis la clef jusqu'au joint de naissance *cg*; 6° pour chaque joint on compose cette force *F* avec le poids des voussoirs et de leur surcharge comprise, depuis la clef jusqu'à cette section. On obtient ainsi la pression s'exerçant sur chaque joint.

La suite des points de rencontre des pressions avec les joints correspondants constitue la ligne des pressions *gd*. Elle doit être contenue dans le tiers moyen de l'arc, c'est-à-dire entre *cd* et *gf*.

Il reste enfin à vérifier, comme on sait déjà le faire, qu'aucun voussoir ne peut glisser sur le voussoir inférieur et qu'en aucun point la force élastique n'est

supérieure à la limite de sécurité correspondante à la maçonnerie.

Poussée des terres contre un mur à parement vertical du côté des terres, le massif étant terminé par un talus faisant un angle ω avec l'horizon. La poussée est supposée horizontale et appliquée au tiers de la hauteur du mur à partir de sa base. Sa valeur est

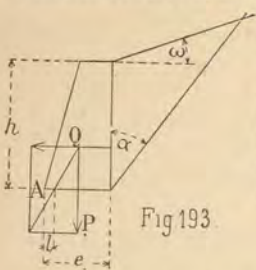


Fig 193.

$$Q = \frac{d h^2 \cos. \omega. \sin. \alpha}{2 \cos. (\alpha + \omega). t g (\alpha + \varphi)}$$

ω angle d'inclinaison du talus de la terre.

α l'angle fait par le parement du mur avec le plan qui limite le prisme de poussée maximum, on dit aussi que c'est l'angle que fait le parement avec le plan de rupture.

φ l'angle de frottement des terres, ou l'angle du talus naturel des terres.

d est le poids spécifique des terres.

h la hauteur de parement considéré.

L'angle α est donné par la formule

$$\text{tang. } \alpha = \frac{-\cos. \omega \sin.^2 \varphi}{\sin. \varphi \cos. \varphi \cos. \omega - \sin. \omega} + \frac{\sqrt{\cos.^2 \omega \sin.^4 \varphi + \sin. \varphi \cos. \varphi \cos. \omega (\sin. \varphi \cos. \varphi \cos. \omega - \sin. \omega)}}{\sin. \varphi \cos. \varphi \cos. \omega - \sin. \omega}$$

Ces formules, tirées du traité de M. l'ingénieur en chef Gobin, sur cette matière, donnent la poussée dans le cas particulier où l'on supposerait un liquide au lieu d'une terre derrière le mur, en faisant, en effet, $\varphi = 0$, on trouve $Q = \frac{d h^2}{2}$. On voit qu'il est favorable à la stabilité du mur que les terres qui le poussent soient aussi sèches que possible.

La détermination de l'angle φ sera l'objet d'expériences faites sur le terrain. Voici quelques indications déduites de nombreuses expériences :

Sable très fin sec	$\varphi = 30^\circ$	base d'excavation	1,78
Terre humide	36°	pour 1 de hauteur	1,34
Terre pulvérulente	43°		1,05
Terres fortes	55°		0,69

Dans le cas où le mur soutiendrait un terre-plein on aurait la poussée en faisant $\omega = 0$ dans les formules précédentes et on a

$$Q = \frac{dh^2}{2} \cdot \frac{\text{tang. } \alpha}{\text{tang. } (\alpha + \varphi)}$$

$$\alpha = \frac{90^\circ - \varphi}{2}$$

Ce qui donne $Q = \frac{dh^2}{2} \text{ tang.}^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2}$

Stabilité d'un mur de soutènement. — 1° Le mur ne doit pas glisser sur la base. Si P est le poids du mur, au début du glissement, il se produirait une réaction s'y opposant égale à $f P$; f est le coefficient de frottement de la pierre sur elle-même, environ 0,75.

Il faut donc qu'on ait $Q < 0,75. P$.

2° Il ne doit pas y avoir d'écrasement de la matière. Or la poussée et le poids P donnent une résultante R, qui passe à une distance l de l'arête extérieure du mur. Si P désigne la force élastique maximum que l'on peut développer dans la matière, il faut que l'on ait

$$\text{avec } l < \frac{e}{3} \quad P < \frac{3}{2} Fl$$

$$\dots \dots \frac{e}{3} < l < \frac{e}{2} \quad P < \frac{F e^2}{4e - 6l}$$

3° Le mur ne doit pivoter autour d'aucune de ses arêtes. Si la force P passe à une distance c de l'arête A le moment de stabilité est $P c$. Or le moment de renversement est $Q \frac{h}{3}$; on aura donc

$$Q \frac{h}{3} < P c.$$

Pour calculer un mur de soutènement on appliquera ces formules à des tronçons formés en partant du couronnement et dont les hauteurs croîtront jusqu'à ce qu'on ait obtenu la hauteur totale du mur. On aura une suite d'épaisseurs à la base de ces tronçons qui détermineront le profil du parement vu. On conservera ce profil ou on le modifiera dans un sens favorable à la stabilité et à l'aspect du mur.

	POIDS du Mètre cube.	Charge par cent. m. carré produi- sant l'écrase- ment
Porphyre	2 870k.	2 470k.
Basaltes de Suède et d'Auvergne	2 950	2 000
Granit de Normandie	2 711	707
— Bretagne.....	2 742	650
— Vosges.....	2 850	620
Grès dur de Fontainebleau	2 570	895
Marbre noir de Flandre.....	2 722	790
Roche de Bagneux	2 777	731
Liais de Bagneux très dur, à grain fin	2 443	440
Roche douce de Bagneux	2 085	130
Roche de Château-Landon	2 632	350
Lambourde et vergelet employés à Paris.....	1 822	60
Lambourde ne résistant pas bien à l'eau.....	1 564	20
Briques bien cuites de Bourgogne ...	2 195	150
— cuisson ordinaire	1 780	110
Briques rouges de pays (Paris).....	1 520	90
Brique crue ou argile séchée à l'air.	»	33
Plâtre au panier, gâché serré, après trente heures (Après deux mois, ce plâtre ne pèse plus que 1.400 et con- tient 160 k. d'eau de cristallisation)	1 577	52
Plâtre au panier gâché avec le lait de chaux.....	»	73
Mortier ordinaire de chaux et sable après six mois.....	1 651	35
Mortier ordinaire de chaux et de grès pilé.....	1 683	29
Mortier en chaux très hydraulique..	»	144
Mortier en ciment de Vassy avec moitié sable, quinze jours après le gâchage	2 110	155
Béton en mortier de chaux hydrau- lique, après six mois de fabrication.	1 851	41

Dans les constructions légères et de peu d'avenir, on adopte pour charge de sécurité $\frac{1}{6}$ de la charge produisant la rupture ; pour les constructions solides pour les maçonneries en pierres de taille on admet $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{15}$, pour les maçonneries en petits matériaux.

En général on pourra appliquer les nombres suivants :

	POIDS du Mètre cube	CHARGE de Sécurité par cent. m. carré.
Maçonnerie de pierre de taille	2 500 k.	35 k.
— de moellons	2 200	15
— de briques et mortier ordinaire	1 800	6
— de briques et mortier de ciment	1 800	10
— de béton et mortier ordinaire	2 400	5
— de béton et mortier hydraulique	2 400	12



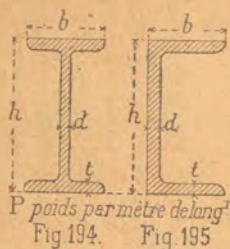
BIBLIOTECA

**TABLE DES PESANTEURS SPÉCIFIQUES
DES CORPS A 0°.**

NOMS des substances.	Pes-anteur spéci- fique ou poids moyen d'un décim. cube.	NOMS des substances.	Pes-anteur spéci- fique ou poids moyen d'un décim. cube.
CORPS SOLIDES			
	kil.		kil.
Acier non écroui.....	7,816	Fer en barre.....	7,788
Ardoise.....	2,853	Fonte de fer.....	7,207
Argent fondu.....	10,474	Grès de pavéur.....	2,445
Béton de cailloux.....	2,485	Houille compacte.....	1,329
Bismuth.....	9,822	Ivoire.....	1,826
Bois. — Acajou.....	1,063	Maçonnerie de moellons	2,240
— Buis de France	0,912	Marbre.....	2,717
— Chêne.....	0,925	Mercure.....	13,586
— Cœur de chêne.	1,170	Naphte.....	0,847
— Frêne.....	0,845	Nickel.....	8,279
— Hêtre.....	0,842	Or pur fondu.....	19,258
— Liège.....	0,249	Or pur forgé.....	19,362
— Noyer.....	0,671	Palladium.....	11,300
— Orme.....	0,842	Phosphore.....	1,770
— Peuplier ordin	0,383	Pierre à plâtre.....	2,168
— Pommier.....	0,793	Pierre meulière.....	2,484
— Sapin blanc...	0,493	Pierre ponce.....	0,915
— Vigne.....	1,327	Platine forgé.....	20,337
Borax.....	1,720	Platine en fil.....	21,041
Briques.....	1,870	Platine laminé.....	22,069
Caoutchouc.....	0,933	Plomb coulé.....	11,352
Charbon de bois.....	0,250	Poudre de guerre.....	0,858
Chaux vive.....	0,830	Sélénium.....	4,320
Craie.....	1,285	Soufre natif.....	2,033
Cuivre rouge fondu..	8,788	Sucré.....	1,606
Cuivre rouge en fil...	8,879	Suif.....	0,941
Diamant.....	3,501	Tan.....	0,350
Etain fondu.....	7,291	Zinc fondu.....	7,100
CORPS LIQUIDES			
Acide acétique... ..	1,217	Ether sulfurique.....	0,715
Acide chlorhydrique..	1,24	Huile de naphte.....	0,847
Acide sulfurique.....	1,841	Huile d'olive.....	0,815
Alcool absolu.....	0,792	Lait.....	1,06
Brome.....	2,966	Mercure.....	13,598
Eau de mer.....	1,026	Sulfure de carbone...	1,298
Essence de térébenthine	0,870	Vin de Bordeaux....	0,995
Esprit de bois.....	0,821	Vin de Bourgogne....	0,921
CORPS GAZEUX			
NOMS des substances.	Densité par rapport à l'air.	Poids spécifique ou poids de 1 lit à zéro et 760 m/m. de pression.	
Oxygène.....	1,1026	1,4323 gr.	
Azote.....	0,9747	1,2675 gr.	
Air.....	1,0000	1,2991 gr.	
Oxyde de carbone.....	0,9569	1,2411 gr.	
Acide carbonique.....	1,5245	1,9805 gr.	
Vapeur d'eau.....	0,6235	0,8100 gr.	

Résistance des métaux et du bois à la traction, à la compression et au cisaillement

	EN KILOGRAMMES PAR MÈTRE CARRÉ						Coefficient d'élasticité			
	Charge de sécurité			Charge de limite d'élasticité			Charge de rupture			
	Tract.	Compr.	Cisaill.	Tract.	Compr.	Cisaill.	Tract.	Cisaill.		
Fer.....	7.10 ⁶	7.10 ⁶	6.10 ⁶	14.10 ⁶	14.10 ⁶	10,5.10 ⁶	40.10 ⁶	35.10 ⁶	20.10 ⁹	7,5.10 ⁹
Fil de fer.....	12.10 ⁶	—	—	—	—	—	65	—	20.10 ⁹	7,5.10 ⁹
Fonte.....	2,5.10 ⁶	7.10 ⁶	2.10 ⁶	7,5.10 ⁶	5.10 ⁶	5,5.10 ⁶	12,5.10 ⁶	75.10 ⁶	40.10 ⁹	3,75.10 ⁹
Acier cimenté.....	13.10 ⁶	13.10 ⁶	10.10 ⁶	27.10 ⁶	—	20.10 ⁶	75.10 ⁶	—	50.10 ⁹	8,4.10 ⁹
Acier fondu.....	30.10 ⁶	30.10 ⁶	22.10 ⁶	60.10 ⁶	—	45.10 ⁶	100.10 ⁶	—	65.10 ⁹	10.10 ⁹
Fil d'acier.....	19.10 ⁶	—	—	—	—	—	115.10 ⁶	—	28.10 ⁹	—
Frêne } chargés	1,2.10 ⁶	0,66.10 ⁶	—	2,56.10 ⁶	2.10 ⁶	—	12.10 ⁶	6,6.10 ⁶	985.10 ⁶	—
Chêne } dans la	1,1.10 ⁶	0,66.10 ⁶	0,07.10 ⁶	2,7.10 ⁶	2.10 ⁶	—	11.10 ⁶	6,6.10 ⁶	1170.10 ⁶	80.10 ⁶
Hêtre } direction	1,2.10 ⁶	0,66.10 ⁶	0,06.10 ⁶	1,6.10 ⁶	2.10 ⁶	—	11,7.10 ⁶	6,6.10 ⁶	261.10 ⁶	120.10 ⁶
Pin } des fibres.	0,7.10 ⁶	0,44.10 ⁶	0,04.10 ⁶	2,56.10 ⁶	—	—	11,3.10 ⁶	4,5.10 ⁶	1200.10 ⁶	70.10 ⁶



*Moment d'inertie et poids de poutre en double T
Tiré de l'album du Creusot ¹*

Fer à	h	d	b	t	P	$\frac{I}{q} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	mm	k	
Petites Ailes .	80	4,5	40,0	7,0	7,00	0,000021087
	80	10,0	45,5	7,2	10,50	0,000026864
" "	100	5,0	43,0	7,5	9,00	0,000032144
	100	10,5	48,5	7,7	13,00	0,000041956
" "	120	5,5	45,0	8,7	10,00	0,000046975
	120	11,0	50,5	9,0	15,00	0,000060573
Larges "	125	7,0	75,0	8,5	16,00	0,000080814
	125	10,0	78,0	8,5	19,00	0,000088626
Petites "	140	6,0	49,0	9,0	13,00	0,000064808
	140	12,0	55,9	9,2	19,00	0,000084408
" "	160	6,0	54,0	9,7	15,00	0,000088727
	160	12,0	59,5	9,8	22,00	0,000112193
Larges "	175	8,0	80,0	11,0	22,50	0,000137890
	175	15,0	87,0	11,0	32,00	0,000193621
Petites "	180	8,0	58,0	10,5	18,75	0,000121787
	180	15,0	65,0	10,7	28,50	0,000159587
" "	200	8,0	60,0	11,5	21,20	0,000153765
	200	15,0	67,0	11,7	32,15	0,000199880

1. Les valeurs de $\frac{2I}{h}$ de tous ces tableaux sont calculées en rapportant toutes les dimensions du mètres.

*Moment d'inertie et poids de poutre en double T
Tiré de l'album du Creusot*

Fer à	h	d	b	t	P	$\frac{I}{P} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	mm	mm	
Larges Ailes	200	9,0	90,0	10,7	28,00	0,000219316
	200	15,0	96,0	10,8	37,50	0,000259316
" "	200	10,0	102,0	12,5	34,00	0,000272236
	200	15,0	107,0	12,5	42,00	0,000305569
Petites "	220	8,5	64,0	11,7	24,60	0,000195659
	220	15,5	71,0	12,1	36,60	0,000260838
Larges "	235	9,0	95,0	12,0	32,00	0,000297347
	235	14,0	100,0	12,0	41,00	0,000343369
" "	235	10,0	106,0	12,7	38,00	0,000357460
	235	15,0	111,0	12,7	47,00	0,000403481
" "	250	10,0	100,0	12,5	37,00	0,000358229
	250	15,0	105,0	12,5	46,50	0,000410312
" "	250	10,0	115,0	12,1	38,00	0,000361986
	250	15,0	120,0	12,2	48,00	0,000414069
" "	250	11,0	130,0	13,5	46,00	0,000438408
	250	16,0	135,0	13,5	56,00	0,000490491

Album de Terre-Noire

Fer à	h	d	b	P	$\frac{I}{P} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	k	
Petites Ailes . .	70	9	43	9,45	0,00002330
	70	11	51	10,55	0,00002492
" "	80	5	42	8,00	0,00002060
	80	8	45	9,87	0,00002380
" "	100	5	43	8,00	0,00003905
	100	9	47	11,10	0,00003771

Album de Terre-Noire (Suite)

Fer à	h	d	b	p	$\frac{I}{q} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	k	
" "	120	5	45	10,00	0,00004707
	120	10	50	14,68	0,00005667
" "	140	6	49	13,00	0,00006601
	140	13	56	20,64	0,00008881
" "	160	6,5	50	14,20	0,00008359
	160	15	58,5	24,80	0,00011985
Larges "	160	8	78	23,20	0,00015130
	160	12	82	27,99	0,00016840
Petites "	180	7,5	55	18,50	0,0001200
	180	16	63,5	30,43	0,0001650
" "	200	7	62	23,00	0,0001467
	200	20	75	43,00	0,0002332
Larges "	200	7,5	100	34,00	0,0002734
	200	16	108,5	47,30	0,0003300
Petites "	220	7	62	24,50	0,0001819
	220	20	75	46,80	0,0002867
Larges "	220	9	95	34,00	0,0003277
	220	14	100	42,60	0,0003680
Petites "	260	10	69	31,60	0,0002823
	260	20	79	52,00	0,0003950
Larges "	260	9	117	43,00	0,0004902
	260	14	122	51,00	0,0005465

Album de Châtillon et Commeny

Fer à	h	d	b	t	F	$\frac{l}{q} = \frac{2l}{h}$
	mm	mm	mm	mm	k	
Petites Ailes.	80	3,5	40	7	6,50	0,000019703
	80	10,0	46,5	7	11,00	0,000028697
Larges »	80	3,5	55	8	7,50	0,000028054
	80	8,5	60	8	10,50	0,000033220
Petites »	100	5	43	7	8,25	0,000031859
	100	10	48	7	12,45	0,000040694
Larges »	100	4	60	9	10,00	0,000046804
	100	9	65	9	14,00	0,000054853
Petites »	120	5	45	6	9,50	0,000043433
	120	12,5	52,5	7	17,00	0,000065333
Larges »	120	7	70	10	16,00	0,000084196
	120	14	77	11	22,50	0,000102256
Petites »	140	6	47	7	12,50	0,000060978
	140	13,5	54,5	8	21,30	0,000090153
Larges »	140	8	80	13	22,24	0,000136622
	140	12	84	13	26,52	0,000145070
Petites »	160	6,5	48	7	13,00	0,000079585
	160	16,0	57,5	8	26,70	0,000118252
Larges »	160	8	80	11	22,00	0,000149335
	160	12	84	11	27,00	0,000168913
»	160	10	120	13	34,50	0,000236816
	160	18	128	13	43,50	0,000279527
»	170	10	100	11	28,90	0,000190399
	170	15	105	11	35,00	0,000225253
»	175	8	80	9	19,50	0,000139222
	175	13	85	9	26,20	0,000164742
Petites »	180	7,5	55	10	20,00	0,000121315
	180	16,0	63,5	10	31,00	0,000167400
Larges »	180	8	70	12	22,00	0,000173244
	180	16	78	13	33,00	0,000215503
»	180	8	100	13	29,00	0,000219963
	180	12	104	13	34,50	0,000250050
Petites »	200	8	60	12	23,00	0,000171111
	200	16	68	12	37,50	0,000225111
Larges »	200	10	110	13	38,00	0,000306869
	200	17	117	13	50,00	0,000342345
»	200	12	200	14	70,00	0,000566734
	200	15	203	15	74,00	0,000583630
Petites »	220	8	64	11	25,00	0,000199100
	220	16	72	12	40,00	0,000265180

Album de Châtillon et Commentry (suite).

Fer à	h	d	b	t	P	$\frac{I}{q} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	mm	k	
Larges Ailes.	220	9	95	14	33,60	0,000314321
	220	14	100	14	40,50	0,000346275
" "	235	10	95	10,5	35,00	0,000338167
	235	15	100	10,5	44,00	0,000377985
" "	248	10	127	15	46,00	0,000478000
	248	14	131	15	53,00	0,000531100
" "	250	10	100	12	36,25	0,000357620
	250	17	107	12	49,90	0,000430536
Petites "	260	10	69	13	31,50	0,000282265
	260	20	79	14	50,00	0,000396789
Larges "	260	9	117	15	43,00	0,000480519
	260	14	122	15	51,00	0,000536000
" "	300	12	120	17	65,00	0,000732142
	300	20	128	18	85,00	0,000857143
" "	350	14	150	21,7	84,25	0,001200600
	350	16	152	21,7	89,75	0,001240449

Album des Forges de Montataire

Fer à	h	d	b	t	P	$\frac{I}{q} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	mm	k	
Petites Ailes.	100	6	42	8	8,06	0,000034437
	100	11	47	8	12,06	0,000042770
" "	120	6	45	9	11,10	0,000050518
	120	11	50	9	15,85	0,000062518
" "	140	7	50	10	13,25	0,000074876
	140	12	55	10	18,00	0,000091209
" "	160	8	55	8,5	16,50	0,000091502
	160	15	62	8,5	25,00	0,000121368
Larges "	175	8	80	9	23,50	0,000142969
	175	13	85	9	30,30	0,000168490
Petites "	180	9	60	10	20,00	0,000138615
	180	16	67	10	30,08	0,000175900
" "	200	9	65	10	22,00	0,000161173
	200	16	72	10	33,00	0,000207839
" "	220	9	65	10,5	24,30	0,000190005
	220	18	74	10,5	39,00	0,080262605

Album des Forges de Franche-Comté

Profil N°	Fer à	h	d	b	P	$\frac{I}{q} = \frac{2I}{h}$
		mm	mm	mm	k	
63	Petites Ailes.	80	4	38	6,50	0,000021059
64		80	8	42	9,00	0,000025326
65	»	100	5	44	9,00	0,000036075
66		100	8	47	11,50	0,000041075
67	»	120	6	46	10,70	0,000050585
68		120	11	51	15,00	0,000062585
204	Larges »	120	6	70	18,00	0,000092088
205		120	12	76	23,50	0,000106488
69	Petites »	140	7	46	14,00	0,000073444
70		140	12	51	19,50	0,000089894
202	Larges »	140	7	80	22,00	0,000130604
203		140	14	87	29,50	0,000153471
71	Petites »	160	7	47	16,00	0,000096242
72		160	13	53	23,50	0,000122863
190	Larges »	160	7,5	80	23,00	0,000155450
191		160	14,0	86,5	31,00	0,000183183
193	»	175	7,5	80	24,50	0,000175635
189		175	14,0	86,5	32,00	0,000203708
73	Petites »	180	8	53	20,00	0,000134340
74		180	15	60	30,00	0,000172561
115	Larges »	180	10	100	32,00	0,000241824
116		180	15	105	39,00	0,000268824
75	Petites »	200	8	59	24,50	0,000191917
76		200	15	66	35,50	0,000239522
200	Larges »	200	10	100	35,00	0,000291059
201		200	16	106	44,50	0,000331059
77	Petites »	220	8	60	25,00	0,000217224
78		220	16	68	38,00	0,000281757
113	Largess »	220	10	110	36,00	0,000344099
114		220	16	116	46,00	0,000392499
192	»	235	10	90	34,00	0,000322095
188		235	16	96	45,00	0,000377320
79	»	260	10	120	45,50	0,000498833
80		260	19	129	64,00	0,000601799
111	»	300	12	120	57,00	0,000700860
112		300	20	128	76,00	0,000820860

Fers à double T des forges d'Ars s/M.

Profil No	Fer à	h	d	b	t	P	$\frac{I}{q} = \frac{2I}{h}$
		mm	mm	mm	mm	k	
1a	Larges Ailes.	80	6	545	7,5	9,50	0,0000300
2b	»	100	6	49	9	12,00	0,0000390
3a	»	125	6	75	9	15,00	0,0000825
b	»	124	8	82	9	17,00	0,0001050
5a	»	150	7	80	10	20,00	0,0001215
b	»	149	8	86	11	23,0	0,0001600
7a	»	175	8	80	11	23,00	0,0001600
b	»	174	9	86	11	26,50	0,0001720
c	»	180	8	100	12	30,50	0,0002100
8a	»	200	8	100	11	30,00	0,0002390
b	»	199	9	105	12,3	32,00	0,0002630
c	»	200	9	110	13	34,80	0,0002780
9a	»	235	9,5	92	10,5	31,50	0,0002740
b	»	235	11	96	14	36,00	0,0003480
e	»	233	11	108	15	41,50	0,0003800
10a	»	261	11,5	100	13,5	39,50	0,0004040
b	»	260	11,5	107	15	45,50	0,0004800
c	»	260	12	130	14	51,00	0,0005120
d	»	259	14	117	19	60,00	0,0005890
11a	»	300	12	130	15,5	58,00	0,0006740
b	»	299	13	138	17	65,50	0,0007590
12a	»	320	14	138	19	73,50	0,0008840
b	»	325	17	140	20	80,00	0,0009480
13a	»	305	15	152	23	83,00	0,0010470
15a	»	400	16	140	17	83,00	0,0012000
c	»	410	15	160	18	92,50	0,0014660

Tableau des grosseurs des fils-de fer.

NUMÉROS des fils.	DIAMÈTRES exprimés en millimètres.	POIDS de 100 mètres de longueur.	LONGUEURS d'un kilog. pesant.
		kilogrammes.	mètres.
30	14,00	115,500	0,64
29	12,50	92,072	1,08
28	11,00	71,303	1,4
27	9,65	54,706	1,8
26	8,55	42,763	2,3
25	7,70	31,916	2,8
24	7,00	28,875	3,4
23	6,35	23,838	4,2
22	5,70	19,611	5,1
21	5,10	15,321	6,5
20	4,50	11,877	8,4
19	3,90	8,580	11,6
18	3,40	6,429	15,6
17	2,90	4,950	20,2
16	2,50	3,667	27,5
15	2,20	2,852	35
14	1,98	2,381	42
13	1,80	1,905	52,4
12	1,64	1,596	62,7
11	1,56	1,324	75,5
10	1,38	1,169	85,5
9	1,27	0,949	102,4
8	1,17	0,819	122
7	1,09	0,700	143
6	1,02	0,612	163
5	0,95	0,533	187
4	0,88	0,468	213
3	0,81	0,386	259
2	0,74	0,332	301
1	0,68	0,272	364
Pa-se-Perle.	0,62	0,226	442
0	0,56	0,187	533
1	0,51	0,152	658
2	0,46	0,128	783
3	0,41.5	0,105	952
4	0,37	0,086	1162
5	0,33	0,068	1470
6	0,29	0,053	1887
7	0,25	0,043	2326
8	0,22	0,034	2941
9	0,20	0,027	3704
10	0,18,5	0,020	5000
11	0,17	0,015	6666
12	0,16	0,010	10000

*Table du poids d'un mètre carré de feuilles
en fer laminé, cuivre rouge, zinc, étain et argent,
suivant les épaisseurs.*

ÉPAISSEUR des feuilles.	POIDS de la tôle en fer.	POIDS de la tôle de cuivre rouge.	POIDS de la feuille de plomb.	POIDS de la feuille de zinc.	POIDS de la feuille d'étain.	POIDS de la feuille d'argent.
millim.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1/4	1,947	2,197	2,838	4,715	4,825	2,652
1/2	3,894	4,394	5,676	9,430	9,650	5,305
1	7,788	8,788	11,352	18,861	19,300	10,610
2	15,576	17,576	22,704	37,722	38,600	21,220
3	23,364	26,364	34,056	56,583	57,900	31,830
4	31,154	35,152	45,408	75,444	77,200	41,440
5	38,940	43,940	56,760	94,305	96,500	52,050
6	46,728	52,728	68,112	113,166	115,800	62,660
7	54,516	61,516	79,464	132,027	135,100	73,270
8	62,304	70,304	90,816	150,888	154,400	83,880
9	70,092	79,092	102,168	169,749	174,700	94,490
10	77,880	87,880	113,520	188,610	194,000	105,100
11	85,668	96,668	124,872	207,471	213,300	115,710
12	93,456	105,456	136,224	226,332	233,600	126,320
13	101,244	114,244	147,576	245,193	252,900	136,930
14	109,032	123,032	158,928	264,054	272,200	147,540
15	116,820	131,820	170,280	282,915	291,500	158,150
16	124,608	140,608	181,632	301,776	310,800	168,760
17	132,396	149,396	192,984	320,637	330,100	179,370
18	140,184	158,184	204,336	339,498	349,400	189,980
19	147,972	166,972	215,688	358,359	368,700	200,590
20	155,760	175,760	227,040	377,220	388,000	211,200

*Table des fers carrés et ronds pour une longueur
de 1 mètre.*

Diamètres ou côtés en millim.	Fers carrés poids en kilog.	Fers ronds poids en kilog.	Diamètres ou côtés en millim	Fers carrés poids en kilog.	Fers ronds poids en kilog.
1	0,0078	0,0066	31	7,495	5,872
2	0,031	0,022	32	7,985	6,248
3	0,070	0,044	33	8,494	6,668
4	0,124	0,092	34	9,016	7,060
5	0,195	0,152	35	9,553	7,488
6	0,280	0,212	36	10,108	7,920
7	0,382	0,288	37	10,678	8,364
8	0,499	0,380	38	11,263	8,820
9	0,631	0,488	39	11,863	9,300
10	0,780	0,612	40	12,480	9,788
11	0,943	0,732	41	13,111	10,276
12	1,123	0,868	42	13,759	10,776
13	1,318	1,020	43	14,422	11,300
14	1,528	1,188	44	15,100	11,836
15	1,755	1,368	45	15,795	12,384
16	1,996	1,556	46	16,504	12,936
17	2,254	1,750	47	17,230	13,504
18	2,527	1,968	48	17,971	14,080
19	2,815	2,200	49	18,727	14,680
20	3,120	2,244	50	19,500	15,292
21	3,439	2,688	55	23,595	18,502
22	3,775	2,944	60	28,080	22,024
23	4,126	3,204	65	32,955	25,842
24	4,482	3,512	70	38,220	29,968
25	4,875	3,816	75	43,875	34,412
26	5,272	4,124	80	49,920	39,160
27	5,686	4,448	85	56,355	44,202
28	6,115	4,784	90	63,180	49,556
29	6,559	5,136	95	70,395	55,218
30	7,020	5,504	100	78,000	61,159

Poids en kilogrammes par mètre courant des fers plats.

Espé- ces	Largeur en mm.																			
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110
4	16,320	16,467	16,630	16,779	16,938	17,091	17,249	17,402	17,558	17,714	17,870	18,025	18,181	18,337	18,493	18,649	18,804	18,959	19,116	19,272
5	0,390	0,584	0,789	0,974	1,169	1,363	1,558	1,733	1,918	2,103	2,287	2,471	2,655	2,839	3,023	3,207	3,391	3,575	3,759	3,943
6	0,467	0,701	0,935	1,169	1,403	1,636	1,870	2,103	2,337	2,571	2,804	3,038	3,272	3,506	3,739	3,973	4,207	4,440	4,674	4,908
7	0,545	0,818	1,091	1,363	1,636	1,909	2,181	2,454	2,727	2,999	3,272	3,544	3,817	4,090	4,362	4,635	4,908	5,180	5,453	5,726
8	0,623	0,935	1,246	1,558	1,870	2,181	2,493	2,804	3,116	3,428	3,739	4,051	4,362	4,674	4,985	5,297	5,609	5,920	6,232	6,544
9	0,701	1,051	1,402	1,753	2,103	2,454	2,804	3,155	3,506	3,857	4,208	4,558	4,909	5,260	5,610	5,961	6,312	6,662	7,013	7,363
10	0,779	1,169	1,558	1,948	2,337	2,727	3,116	3,506	3,895	4,285	4,674	5,064	5,454	5,844	6,233	6,623	7,013	7,403	7,793	8,183
11	0,857	1,285	1,714	2,142	2,571	2,999	3,428	3,857	4,285	4,714	5,143	5,571	6,000	6,429	6,857	7,286	7,714	8,143	8,571	9,000
12	0,935	1,402	1,870	2,337	2,804	3,272	3,739	4,208	4,674	5,143	5,610	6,078	6,545	7,013	7,480	7,948	8,415	8,883	9,350	9,818
13	1,013	1,519	2,025	2,532	3,038	3,544	4,051	4,558	5,064	5,571	6,078	6,585	7,092	7,599	8,106	8,613	9,120	9,627	10,134	10,641
14	1,090	1,636	2,181	2,727	3,272	3,817	4,362	4,907	5,452	5,997	6,542	7,087	7,632	8,177	8,722	9,267	9,812	10,357	10,902	11,447
15	1,169	1,733	2,337	2,921	3,506	4,090	4,674	5,259	5,844	6,428	7,013	7,598	8,183	8,768	9,352	9,937	10,522	11,107	11,692	12,277
16	1,246	1,870	2,493	3,116	3,739	4,362	4,985	5,609	6,232	6,855	7,478	8,101	8,724	9,347	9,970	10,593	11,216	11,839	12,462	13,085
17	1,324	1,986	2,649	3,311	3,973	4,635	5,297	5,959	6,621	7,284	7,946	8,608	9,270	9,932	10,594	11,256	11,918	12,580	13,242	13,904
18	1,402	2,103	2,804	3,506	4,208	4,909	5,609	6,310	7,011	7,712	8,413	9,114	9,815	10,516	11,217	11,918	12,619	13,320	14,021	14,722
19	1,480	2,220	2,960	3,700	4,440	5,180	5,920	6,660	7,401	8,141	8,881	9,622	10,362	11,103	11,843	12,584	13,324	14,064	14,805	15,545
20	1,558	2,337	3,116	3,895	4,674	5,454	6,233	7,013	7,793	8,573	9,352	10,132	10,912	11,692	12,472	13,252	14,032	14,812	15,592	16,372
21	1,636	2,454	3,272	4,090	4,907	5,726	6,544	7,362	8,180	8,997	9,815	10,633	11,451	12,269	13,087	13,905	14,723	15,541	16,359	17,177
22	1,714	2,571	3,428	4,285	5,143	5,998	6,855	7,712	8,569	9,426	10,283	11,140	12,000	12,857	13,714	14,571	15,428	16,285	17,142	18,000
23	1,792	2,688	3,585	4,479	5,375	6,271	7,167	8,063	8,959	9,854	10,750	11,646	12,542	13,438	14,334	15,230	16,126	17,022	17,918	18,814
24	1,870	2,804	3,739	4,674	5,609	6,544	7,478	8,413	9,348	10,283	11,217	12,152	13,087	14,022	14,957	15,892	16,827	17,762	18,697	19,632
25	1,948	2,921	3,895	4,869	5,843	6,816	7,790	8,764	9,738	10,712	11,686	12,660	13,634	14,608	15,582	16,556	17,530	18,504	19,478	20,452
26	2,025	3,038	4,051	5,064	6,078	7,092	8,106	9,120	10,134	11,148	12,162	13,176	14,190	15,204	16,218	17,232	18,246	19,260	20,274	21,288
27	2,103	3,155	4,207	5,259	6,310	7,362	8,413	9,465	10,516	11,567	12,618	13,669	14,720	15,771	16,822	17,873	18,924	19,975	21,026	22,077
28	2,181	3,272	4,323	5,375	6,426	7,478	8,529	9,580	10,631	11,682	12,733	13,784	14,835	15,886	16,937	17,988	19,039	20,090	21,141	22,192
29	2,259	3,389	4,518	5,648	6,777	7,907	9,036	10,165	11,294	12,423	13,552	14,681	15,810	16,939	18,068	19,197	20,326	21,455	22,584	23,713
30	2,337	3,506	4,674	5,843	7,013	8,183	9,352	10,522	11,692	12,861	14,031	15,200	16,369	17,538	18,708	19,877	21,046	22,215	23,384	24,553
31	2,415	3,623	4,831	6,039	7,247	8,455	9,663	10,871	12,079	13,287	14,495	15,703	16,911	18,119	19,327	20,535	21,743	22,951	24,159	25,367
32	2,493	3,741	4,989	6,237	7,485	8,733	9,981	11,229	12,477	13,725	14,973	16,221	17,469	18,717	19,965	21,213	22,461	23,709	24,957	26,205
33	2,571	3,859	5,146	6,433	7,720	9,007	10,294	11,581	12,868	14,155	15,442	16,729	18,016	19,303	20,590	21,877	23,164	24,451	25,738	27,025
34	2,649	3,977	5,304	6,621	7,938	9,254	10,570	11,886	13,202	14,518	15,834	17,150	18,466	19,782	21,098	22,414	23,730	25,046	26,362	27,678
35	2,727	4,090	5,457	6,824	8,191	9,558	10,925	12,292	13,659	15,026	16,393	17,760	19,127	20,494	21,861	23,228	24,595	25,962	27,329	28,696
36	2,804	4,208	5,615	7,022	8,429	9,836	11,243	12,650	14,057	15,464	16,871	18,278	19,685	21,092	22,499	23,906	25,313	26,720	28,127	29,534
37	2,882	4,323	5,770	7,217	8,664	10,111	11,558	13,005	14,452	15,899	17,346	18,793	20,240	21,687	23,134	24,581	26,028	27,475	28,922	30,369
38	2,960	4,440	5,927	7,414	8,901	10,388	11,875	13,362	14,849	16,336	17,823	19,310	20,797	22,284	23,771	25,258	26,745	28,232	29,719	31,206
39	3,038	4,558	6,075	7,592	9,109	10,626	12,143	13,660	15,177	16,694	18,211	19,728	21,245	22,762	24,279	25,796	27,313	28,830	30,347	31,864
40	3,116	4,674	6,231	7,788	9,345	10,902	12,459	14,016	15,573	17,130	18,687	20,244	21,801	23,358	24,915	26,472	28,029	29,586	31,143	32,700
41	3,194	4,752	6,339	7,926	9,513	11,100	12,687	14,274	15,861	17,448	19,035	20,622	22,209	23,796	25,383	26,970	28,557	30,144	31,731	33,318
42	3,272	4,830	6,437	8,044	9,651	11,258	12,865	14,472	16,079	17,686	19,293	20,900	22,507	24,114	25,721	27,328	28,935	30,542	32,149	33,756
43	3,350	4,908	6,535	8,152	9,769	11,385	13,002	14,619	16,236	17,853	19,470	21,087	22,704	24,321	25,938	27,555	29,172	30,789	32,406	34,023
44	3,428	5,026	6,652	8,278	9,905	11,532	13,161	14,778	16,395	18,012	19,629	21,246	22,863	24,480	26,097	27,714	29,331	30,948	32,565	34,182
45	3,506	5,144	6,789	8,434	10,079	11,724	13,367	15,012	16,657	18,302	19,947	21,592	23,237	24,882	26,527	28,172	29,817	31,462	33,107	34,752
46	3,584	5,262	6,925	8,570	10,203	11,849	13,493	15,138	16,783	18,428	20,073	21,718	23,363	25,008	26,653	28,298	29,943	31,588	33,233	34,878
47	3,662	5,380	7,071	8,716	10,357	12,002	13,642	15,287	16,932	18,577	20,222	21,867	23,512	25,157	26,802	28,447	30,092	31,737	33,382	35,027
48	3,740	5,500	7,191	8,841	10,486	12,131	13,771	15,411	17,060	18,709	20,358	22,007	23,656	25,305	26,954	28,603	30,252	31,901	33,550	35,196
49	3,818	5,618	7,311	8,961	10,615	12,260	13,900	15,540	17,189	18,838	20,487	22,136	23,785	25,434	27,083	28,732	30,381	32,030	33,679	35,321
50	3,896	5,736	7,431	9,091	10,744	12,389	14,029	15,678	17,327	18,976	20,625	22,274	23,923	25,572	27,221	28,870	30,519	32,168	33,817	35,462

Poids des tuyaux.

Poids en kil. de 1 m. de longueur.

Tuyaux en fonte.

Diamètre intérieur, en mm	Épaisseurs des parois en mm.							
	5	10	15	20	25	30	35	40
25	3,417	7,975	13,67	20,50	28,47	37,58	47,83	59,92
30	3,987	9,113	15,38	22,78	31,32	41,00	51,81	63,77
35	4,557	10,25	17,08	23,61	34,17	44,41	55,80	68,32
40	5,126	11,39	18,79	27,33	37,01	47,83	59,78	72,88
45	5,695	12,53	20,50	29,61	38,86	51,24	63,77	77,43
50	6,254	13,67	22,21	31,89	42,70	54,66	67,75	81,98
60	7,402	15,94	25,62	36,44	48,39	61,49	75,74	91,15
70	8,540	18,22	29,04	40,99	54,10	68,34	83,71	100,2
80	9,679	20,50	32,46	45,56	59,79	75,16	91,68	109,3
90	10,82	22,78	35,88	50,11	65,49	82,00	99,65	118,4
100	11,96	25,06	39,29	54,66	71,17	88,83	107,6	127,5
125	14,80	30,75	47,83	66,04	85,40	105,9	127,5	150,3
150	17,65	36,45	56,38	77,44	99,65	123,0	147,5	173,1
175	20,50	42,14	64,91	88,83	113,8	140,0	167,4	195,9
200	23,34	47,82	73,45	100,2	128,1	157,1	187,3	218,7
225	26,19	53,53	82,00	111,6	142,3	174,2	207,3	241,4
250	29,04	59,22	90,53	122,8	156,6	191,3	227,2	264,2
275	31,89	64,92	99,8	134,3	170,8	208,4	247,2	287,0
300	34,73	70,61	107,6	145,7	185,0	225,5	267,0	309,7
325	37,58	76,30	116,1	157,2	199,3	242,5	287,0	332,6
350	40,42	82,00	124,7	168,5	213,5	259,7	307,0	355,3
375	43,28	87,72	133,2	179,9	227,8	276,6	326,8	378,2
400	46,11	93,38	141,8	191,3	241,9	293,8	346,4	400,8

Tuyaux en fer étiré

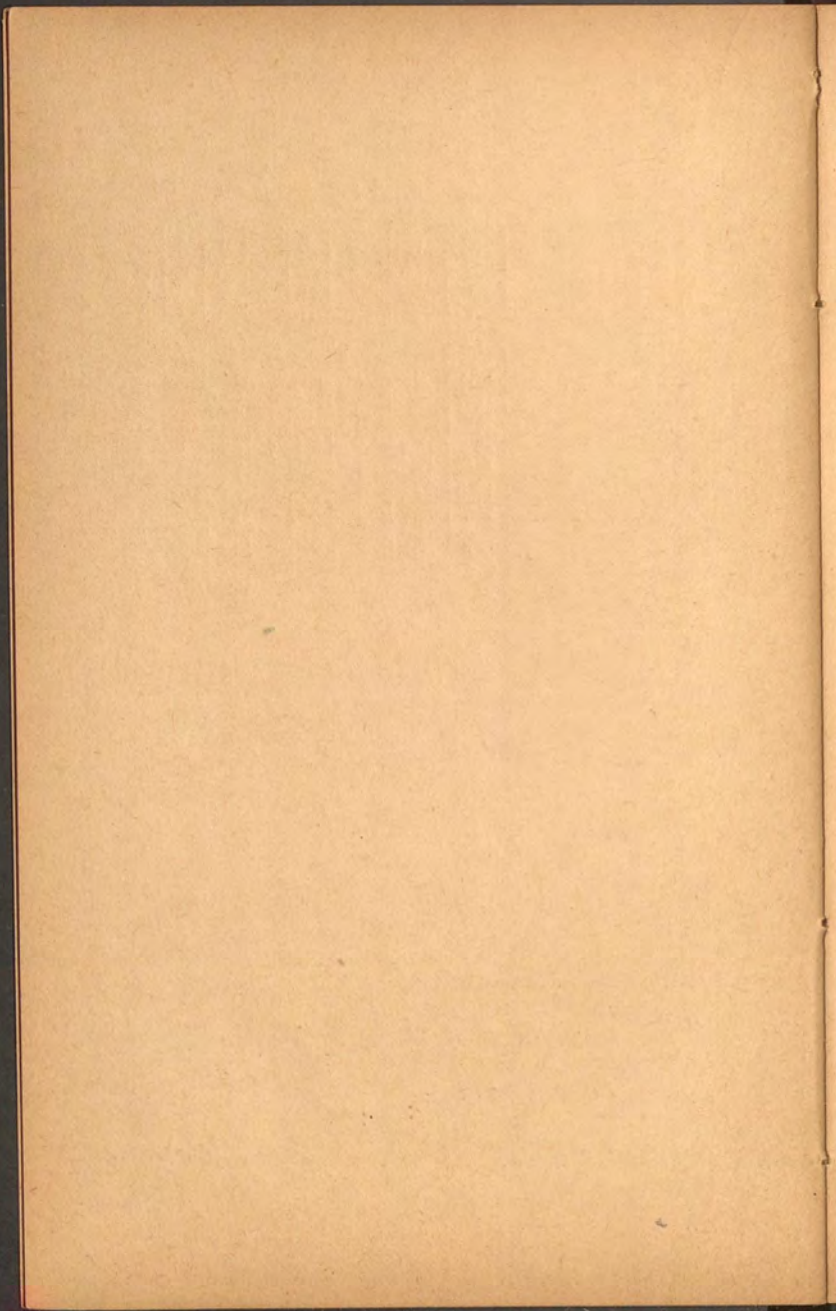
Diamètre intérieur, mm	Épaisseurs des parois en mm.									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,59	0,95	1,37	1,82	2,34	2,90	3,50	4,16	4,87	
15	0,83	1,32	1,85	2,44	3,07	3,75	4,48	5,26	6,09	
20	1,07	1,68	2,34	3,05	3,80	4,60	5,45	6,35	7,30	
25	1,32	2,05	2,83	3,65	4,53	5,45	6,43	7,45	8,52	
30	1,56	2,41	3,31	4,26	5,26	6,30	7,40	8,55	9,74	
40	2,05	3,14	4,29	5,58	6,72	8,01	9,35	10,73	12,18	
50	2,33	3,87	5,26	6,70	8,18	9,72	11,30	12,93	14,61	
60	3,02	4,59	6,23	7,92	9,64	11,42	13,25	15,12	17,05	
70	3,50	5,33	7,20	9,13	11,10	13,12	15,20	17,31	19,48	
80	4,00	6,06	8,18	10,35	12,57	14,83	17,14	19,50	21,92	

Tuyaux en laiton, sans soudure.

Diamètre intérieur mm	Épaisseurs en mm								
	2	3	4	5	6	7	8	9	0
10	0,85	1,39	2,00	2,68	3,43	4,25	5,14	6,10	7,13
13	1,07	1,74	2,43	3,21	4,07	5,00	6,00	7,06	8,20
15	1,21	1,93	2,71	3,57	4,50	5,50	6,57	7,71	8,91
20	1,57	2,46	3,43	4,46	5,57	6,74	8,00	9,34	10,70
25	1,93	3,00	4,14	5,35	6,63	7,98	9,42	10,91	12,48
30	2,28	3,53	4,85	6,24	7,70	9,24	10,85	12,52	14,26
40	3,00	4,60	6,28	8,03	9,84	11,73	13,70	15,73	17,83
50	3,71	5,67	7,71	9,81	11,98	14,23	16,55	18,94	21,39
60	4,42	6,74	9,13	11,59	14,12	16,73	19,41	22,15	24,96
70	5,14	7,81	10,56	13,37	16,26	19,22	22,26	25,36	28,52

Tuyaux en plomb.

Diamètre extérieur mm	Épaisseurs en mm.									
	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3
10	kil. 0 240	kil. 0 292	kil. 0 340	kil. 0 385	kil. 0 427	»	»	»	»	»
15	0 373	0 458	0 540	0 619	0 694	0 766	0 834	0 899	0 961	0 961
20	0 507	0 625	0 741	0 852	0 961	1 066	1 168	1 226	1 301	1 361
25	0 640	0 792	0 941	1 086	1 228	1 366	1 502	1 633	1 762	1 762
30	0 774	0 959	1 141	1 320	1 495	1 667	1 835	2 001	2 162	2 162
35	0 907	1 126	1 341	1 533	1 722	1 907	2 169	2 368	2 563	2 563
40	1 041	1 293	1 542	1 787	2 029	2 268	2 503	2 735	2 964	2 964
45	1 174	1 460	1 742	2 021	2 296	2 568	2 837	3 102	3 364	3 364
50	1 308	1 627	1 942	2 254	2 563	2 868	3 171	3 469	3 765	3 765
55	1 441	1 794	2 142	2 488	2 830	3 169	3 504	3 836	4 165	4 165
60	1 575	1 961	2 343	2 722	3 097	3 469	3 838	4 204	4 566	4 566
65	1 709	2 127	2 543	2 953	3 364	3 770	4 172	4 571	4 966	4 966
70	1 842	2 294	2 743	3 189	3 631	4 070	4 506	4 938	5 367	5 367
75	1 976	2 461	2 944	3 423	3 898	4 371	4 840	5 305	5 767	5 767
80	2 109	2 628	3 144	3 656	4 165	4 671	5 173	5 672	6 168	6 168
85	2 243	2 795	3 344	3 890	4 432	4 971	5 507	6 040	6 569	6 569
90	2 376	2 962	3 544	4 124	4 700	5 272	5 841	6 407	6 969	6 969
95	»	»	3 745	4 357	4 967	5 572	6 175	6 774	7 370	7 370
100	»	»	»	4 591	5 234	5 873	6 509	7 141	7 770	7 770



DEUXIÈME PARTIE

RÉSUMÉS SUR L'ART DE BATIR

Étude et consolidation du terrain

Au point de vue de la stabilité des fondations, on distingue :
1° les terrains sur lesquels on peut construire directement : les rocs, les tufs, les marnes compactes, les terrains pierreux et, en général, les terrains qui ne peuvent être attaqués qu'au *pic*.



Fig. 196

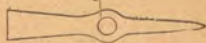


Fig. 197.

Le pic est l'extrémité droite de la *pioche*, représentée par les figures 196 et 197. Toutefois, il faut que ces terrains offrent une certaine épaisseur, variable, comme de raison, suivant l'importance des constructions. On asseoir un édifice sur le roc ayant 3 m. d'épaisseur. Les sables parfaitement encaissés sont incompressibles et stables; on pourra fonder directement dessus quand ils auront une grande épaisseur, 2, 4, 6 mètres, suivant l'importance de la construction.

2° Les terrains sur lesquels on ne peut fonder directement en aucun cas, tels les terrains compressibles, naturels ou rapportés; les terrains mouvants : *sables bouillants* (imprégnés d'eau), les terrains glaiseux, tourbeux.

On acquiert la connaissance du terrain par des sondages, par le percement du puits qui devra fournir l'eau de la construction, s'il en est besoin d'un. Les renseignements sur les travaux voisins sont d'une utilité de premier ordre. On comparera toutes les données ainsi obtenues aux connaissances géologiques sur l'emplacement de la construction.

Dans tous les cas, on ne négligera pas, surtout pour un édifice important, de s'assurer directement de la résistance du sol en le chargeant beaucoup plus qu'il ne doit l'être plus tard. La fig. 198 indique le moyen de faire cette opération.

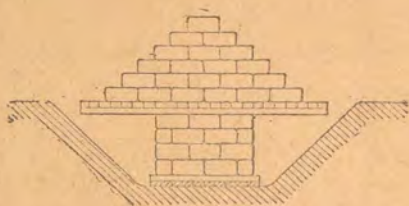


Fig. 198.

Dans les fouilles où on atteindra le bon sol sans rencontrer d'eau, on établira directement la maçonnerie sur une couche de mortier afin de bien répartir la pression. On fera bien de faire au pied des murs une rigole que l'on emplira de béton; cette couche aura de 0^m,30 à 0^m,40 d'épaisseur et un *empatement* de 0^m,10 de chaque côté du mur, fig. 199.



Fig. 199

Si en faisant la fouille, on rencontrait l'eau et que l'on fût obligé d'*assécher le sol* pour continuer la fouille, on creuserait, de distance en distance, au fond de la fouille, des *puisards* avec rigoles d'écoulement amenant les eaux. Le fond de ces puisards est un peu au-dessous du niveau où l'on doit arrêter la fouille. C'est dans ces puisards que l'on met les crépines des pompes d'épuisement.

Dans les cas où il faut atteindre le bon sol à une trop grande profondeur, on fonde sur *piles isolées*, reliées à leur sommet par des voûtes sur lesquelles s'élèvent les murs de la fondation proprement dite; on ramène par ces voûtes la pression de l'édifice sur les piliers. fig. 200.



Fig 200

On a dû creuser des puits jusqu'au bon sol et on y met des piliers ou bien on y coule du béton.

Pour fonder ces puits, on procède suivant la nature du sol. Quand il est d'une résistance suffisante, on le consolide par une chemise de plâtre ou par un soutènement fait de couches et d'étrésillons, et, arrivé au bon sol, on comble le puits de maçonnerie hydraulique ou de béton hydraulique.

Quand on veut faire un puits fournissant de l'eau, on établit sur le bon sol un *rouet* en bois de chêne dont les fig. 201 et 202 donnent une coupe et un plan. Sur ce rouet, on élève la maçonnerie en matériaux secs sur toute la hauteur où le terrain donne des pleurs. Les assises sont construites comme les voûtes, par voussoirs.



Fig 201



Fig 202.

Dans les terrains bouillants de sable, d'argile détrempe ou de vase, on se sert d'une trousse coupante en bois, fig. 203 ou d'une trousse formée d'une tôle garnie de supports de fer plat recourbé, fig. 204, sur lesquelles on établit un rouet. On maçonne une tour sur le rouet en même temps que l'on creuse au-dessous de la trousse; la tour descend sous l'influence de son propre poids. Le puits une fois établi, on comble le vide à l'intérieur de la tour, s'il s'agit

de fondations. On a pu descendre ainsi à des profondeurs de 15 à 20 mètres à tous les diamètres possibles d'ailleurs.



Fig 203.



Fig 204

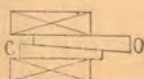


Fig 205

Dans le cas où l'on serait obligé d'arrêter la descente de cette tour et où, par conséquent, il faudrait établir le puits par tronçons, une fois arrivé à un sol résistant, on laisse une banquette, fig. 206, et on établit par segments un nouveau *rouet* entre cette banquette et le rouet où est assise la maçonnerie de la tour.

Ensuite, on enfonce entre les deux rouets des cales en chêne parfaitement sec *c*, fig. 205, puis on chasse dans le joint des cales en ormeau *o* parfaitement sec.

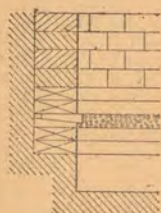


Fig. 206.

On garnit de broches en fer les trous laissés par ces cales, enfin on enfonce un picot d'acier partout où on rencontre une surface de bois, et dans le trou fait ainsi, on chasse des picots en fer. Ces dernières opérations constituent le picotage et l'ensemble des deux rouets forme la *trousse picotée*, fig. 206.

On a pu foncer des *puits de grands diamètres* et de *faible hauteur* dans des terrains humides en les maçonant sur place. On creuse la fouille tant que l'on n'est point gêné par l'eau et que les terres se tiennent, puis, partant du fond de cette fouille, on maçonne. Ensuite on creuse sous la tour en des points diamétralement opposés de sa circonférence et on établit des appuis ayant un mètre de hauteur; peu à peu on fouille et on maçonne entre les appuis et on recommence ainsi à foncer et à construire partiellement des couronnes de 1 mètre environ de hauteur.

On a réussi à enfoncer de longs tubes en fonte de de 0^m, 350 diamètre en faisant le vide à l'intérieur; l'eau s'y précipitait, draguant elle-même au-dessous du tube,

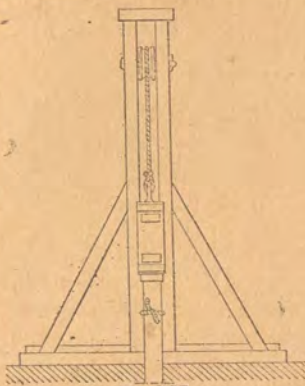


Fig. 207

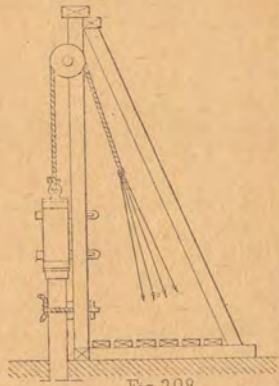


Fig. 208

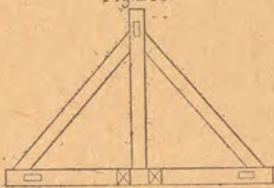


Fig. 209

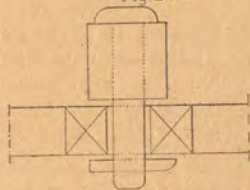


Fig. 210

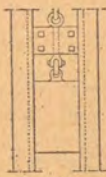


Fig. 211



Fig. 212



Fig. 215



Fig. 213



Fig. 216



Fig. 218

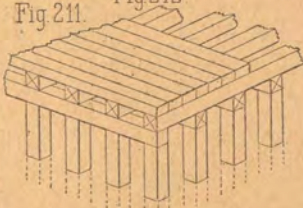


Fig. 220



Fig. 214



Fig. 217



Fig. 219

qui s'enfonçait sous l'influence de son poids et de la pression atmosphérique. Le tube, une fois plein, était vidé et l'opération recommençait. Quand on avait atteint le bon sol, le tube était rempli de béton.

Si le bon sol n'est pas à une trop grande profondeur et s'il y a quelque empêchement à l'épuisement, on trouve intérêt à opérer par compression de l'air sous des cloches fermées, au fond desquelles les ouvriers, d'abord approfondissent les puits et ensuite le remplissent de maçonnerie ou de béton.

Un autre moyen de fonder sur les terrains mouvants consiste à enfoncer des pieux à l'aide de la *sonnette à triaude*, mue par des hommes, fig. 207, 208, 209, 210, ou à l'aide de la *sonnette à déclie*, mue à bras d'hommes ou à la vapeur, et dont les fig. 211, 212, représentent le déclie à main et les fig. 213, 214, le déclie automatique. Ces dernière figures représentent le plan d'un *mouton* en fonte et des montants de l'appareil, puis l'élévation du mouton et des pinces dont les branches supérieures viennent frapper un buttoir qui les force à se fermer. Ce mouvement ouvre les mâchoires où était accroché le mouton.

Les pieux sont armés à leur pied d'un *sabot* terminé en pointe; ce sabot est en fer, fig. 216, 217, ou en fonte avec goujon fixe, fig. 218, ou goujon pointu, fig. 219. Le goujon est posé dans le moule avant la coulée de la fonte. On bat les pilotis à refus, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'enfoncement ne soit que de quelques millimètres sous une volée de coups de sonnette. Il serait peut-être préférable de considérer le moment où le pieu peut supporter le poids dont l'édifice doit le charger. Les pieux une fois en place, on procède au *recépage*, c'est-à-dire, on les coupe à la même hauteur. Les pieux sont espacés de 1 mètre et placés sur deux ou plusieurs rangées suivant l'épaisseur de la fondation. Ils reçoivent une *plate-forme* qui est composée de madriers cloués sur des poutres longitudinales assemblées à des *racineaux*, pièces de bois placées sur la tête des pieux dans le sens transversal. La fig. 220 représente cette disposition.

Quelquefois le mauvais sol est susceptible d'une certaine résistance, soit par lui-même, soit par le fait

de pierres, de pieux que l'on y enfonce. Dans ce cas, les fondations peuvent être établies soit sur un massif de sable étendu par couches de 0^m, 15 à 0^m, 20 fortement arrosées d'eau, jusqu'à ce qu'il ait 0^m, 60 ou 0^m, 80 de hauteur et recouvert d'une couche de béton, soit sur

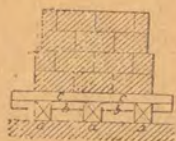


Fig. 221



Fig. 222.

une plate-forme composée d'un *gril* formé de racineaux et de poutres longitudinales recouverte de madriers comme celle dont il vient d'être parlé. Les fig. 221, 222, représentent le mode d'attache des racineaux. Le pieu a un tenon qui peut s'engager dans une mortaise correspondante du racineau. Cette mortaise va en s'évasant. Elle est remplie entièrement par le tenon qui s'épate par l'enfoncement de coins visibles sur la figure.



La fig. 223 représente l'élévation et le plan d'un *gril* et d'une plate-forme. *a* poutres longitudinales, *b* racineaux, *c* madriers de la plate-forme.



Fig. 223

La maçonnerie doit être élevée bien régulièrement, sur toute l'étendue du massif ou de la plate-forme afin que les tassements du sol soient bien égaux.

On charge les pieux en chêne de 0 k. 35 par millimètre carré, soit de 35 k. par centimètre.

Echafaudages, Etrésillonnements, Chevalements, Cintres

Les fig. 224 et 225, représentent l'échafaud ordinaire du maçon, formé d'échasses ou baliveaux pièces ver-

ticales, scellées par le bas, et de *boulins* horizontaux scellés dans les murs en moellon. Quand il s'agit de brique apparente ou de pierre, ce bôulin est attaché à un autre buté aux montants d'une baie à l'intérieur du bâtiment

Les fig. 226 et 227, représentent les échafauds dits *échafauds volants* employés quand le point d'appui ne peut être pris sur le sol afin de ne pas gêner la circulation. *a* est un *patin*, scellement en plâtre et plâtras.

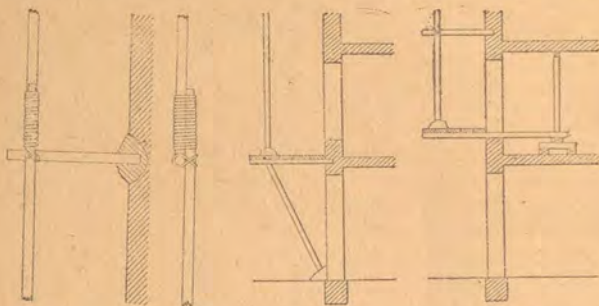


Fig 224 Fig 225

Fig 226.

Fig 227

La fig. 228 représente un échafaud extérieur.

Pour élever les murs en moellons, en briques on se sert d'échafauds dits *horizontaux* qui ont leur point d'appui sur le dernier plancher. On appelle encore ainsi les échafauds que l'on dresse pour faire les enduits intérieurs et les hourdis de planchers.

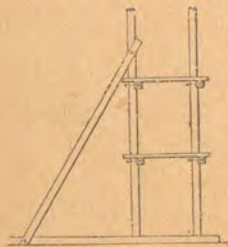
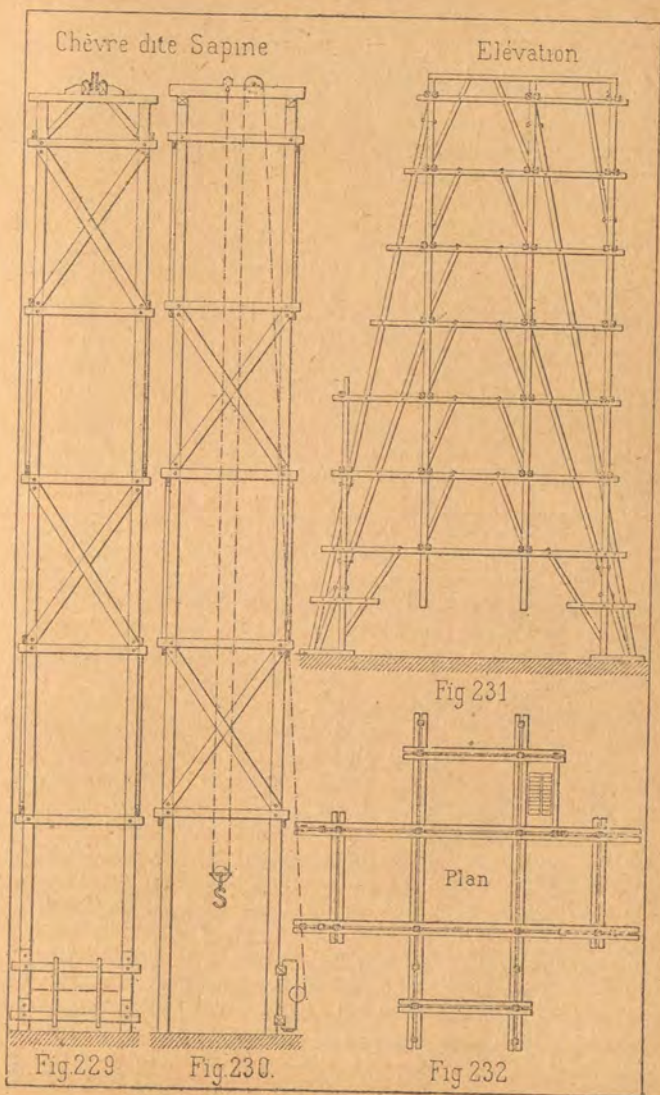


Fig 228.

Les fig. 229 et 230, représentent la grande chèvre ou monte-charge, pour élever les pierres. Elle comprend quatre montants en bois de brin réunis à la hauteur des divers planchers par des pièces moisées. Les rectangles ainsi formés sont rendus fixes par des étrépillons ou contre-fiches également moisées. L'appareil porte sur des semelles ou patin qui réunissent les pieds des montants.



Les fig. 231 et 232 représentent un grand échafaud dont les montants sont arc-boutés par des contre-fiches en bois de brin.

La fig. 233 indique le moyen de rendre indéformable un assemblage, dans le cas où on serait obligé de faire une enture. Les liernes *a* et *b* forment par leur jonction avec la moise *c* deux triangles qui rendent tout déplacement impossible.

La fig. 234 représente l'*Etrésillonnement des berges d'une fouille*. — Des madriers sont appliqués horizontalement à plat contre les parois et maintenus par des couches verticales *ab*, lesquelles sont arc-boutées par des *étançons*, dont les pieds sont butés contre des semelles de madriers fichés en terre. Pour une fouille de peu de largeur, on étrésillonne horizontalement les madriers en regard l'un de l'autre dans la fouille.

La fig. 235 représente l'*Etalement d'un mur*. — Des coins empêchent les pieds des étais de glisser sur les semelles. On rend les étançons solidaires en les appliquant sur la même plate-forme et en les moisant.

Les fig. 236 et 237. représentent la consolidation nécessaire pour permettre de supprimer l'appui qui était sous le trumeau *a* et de le remplacer par un poitrail *bb*. Il s'agit ici d'un mur en moellon. L'ensemble constitue un chevalement; il est composé de trois chevalets *c c' c''* composés de poteaux montants portant sur des traverses appelées *chapeau*. Les fenêtres ont été *étrésillonnées*. Les étrésillons sont les bois obliques serrés par leurs abouts l'un contre l'autre, portant sur les plates-formes appliquées sur les tableaux des fenêtres, et consolidant les jambages ou dossierets de la fenêtre.

Les fig. 238, 239 représentent l'étalement d'un pignon qui doit être reconstruit: étais portant sur des sablières par le haut et sur des patins par le bas. Il faut qu'ils soient bien en concordance du haut en bas du bâtiment. Les étais dans le bâtiment, afin d'éviter les branlements, ne sont pas forcés par le choc, mais ils le sont par l'action de *pincees*, longues barres de fer terminées par un biseau un peu recourbé, fig. 240.

Les *cintres*, sont des échafaudages sur lesquels on construit les *arcs* ou les *voûtes*. Dans la fig. 241,

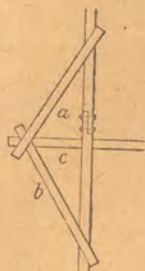


Fig 233

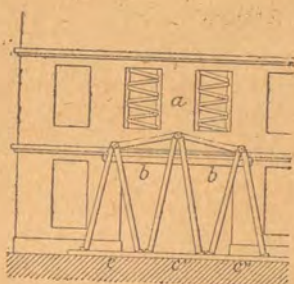


Fig 236.



Fig 237.



Fig 235

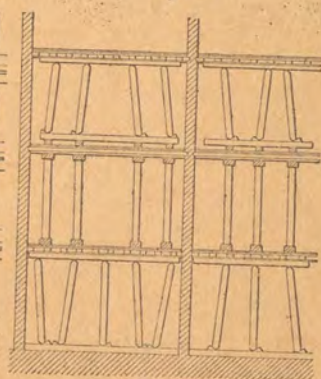


Fig 238

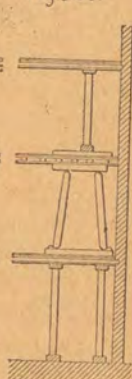


Fig 239



Fig 234



Fig. 240

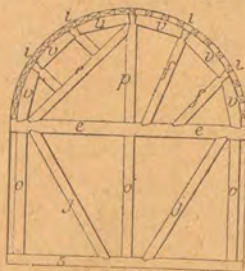


Fig 241

e entrait, *p* poinçon, *o* poteaux soutenant l'entrait et portés sur la semelle *s*, *j* jambes de force, *f* fiches, *v* pièces courbes appeées *veaux* et recevant ou des cales ou des madriers ou des *couchis* sur lesquels porte la maçonnerie. Les couchis sont en bois de sapin et le cintre en bois de chêne.

On distingue deux sortes de cintres, les *cintres fixes* ayant des supports sous l'entrait et les *cintres re-troussés* n'ayant de points d'appui qu'aux naissances de la voûte et laissant le passage libre dessous l'entrait.

Les cintres pour les arcs et voûtes légères se font en planches.

Pour les voûtes et arcs de quelque importance, on a soin de faire porter l'entrait directement sur des sacs de sable, ou sur des vérins ou sur des cales, de manière à pouvoir faire un décintrement progressif, de telle sorte que la voûte puisse prendre en toute sécurité sa position d'équilibre.

MAÇONNERIE

Mortiers et Plâtre

Chaux. — On peut dire d'une manière générale que les propriétés de la chaux dépendent de la quantité d'alumine et de silice que l'on y rencontre.

La *chaux grasse* provient de la calcination de pierres calcaires (carbonate de chaux) exemptes d'argiles. Si on l'imbibe d'eau, elle foisonne de deux ou trois fois son volume primitif ; elle fuse, c'est-à-dire développe une quantité de chaleur considérable qui vaporise l'eau. Enfin, elle donne une pâte liante, douce au toucher. Ainsi exposée à l'air, l'acide carbonique la durcit superficiellement, tandis que l'intérieur se durcit, mais incomparablement moins, par la formation d'un hydrate de chaux défini. L'acide carbonique ne pénètre qu'au bout d'un grand nombre d'années dans l'intérieur de la masse ; aussi ne faut-il pas employer de mortiers de chaux grasse à l'intérieur de massifs épais de maçonneries exposées à l'humidité, et surtout de maçonneries exposées à l'eau, où la chaux se délayerait. Plus la chaux est grasse, plus elle est caustique ; il ne faut pas la prendre directement avec les mains.

La *chaux maigre* foisonne peu, ne fuse pas et ne forme pas une pâte liante quand on l'éteint en l'imbibant d'eau. Elle provient de la calcination de calcaires contenant des carbonates étrangers, carbonate de manganèse, de fer, etc.

La *chaux hydraulique à prise lente* provient de la calcination modérée de calcaires contenant de 11 à 30 pour cent d'argile. Cette chaux ne foisonne pas, sa température ne s'élève pas au contact de l'eau. Sa solidification est due à l'action de l'acide carbonique sur la chaux et de l'eau sur les silicates d'alumine et de chaux. Cette chaux fait prise, même sous l'eau, en

quelques jours. On l'emploie dans les travaux hydrauliques et dans les massifs épais.

Les *ciments* sont des chaux provenant de la calcination de calcaires contenant de 30 à 60 pour cent d'argile. L'eau est sans action sur les morceaux qui viennent d'être cuits, elle n'agit que sur le ciment réduit en poudre. Les ciments font prise en quelques heures. Les *ciments légers* contiennent 10 pour cent de chaux et les *ciments lourds* n'en contiennent que 5 pour cent.

Les chaux n'ont point des qualités aussi tranchées que celles que nous venons de décrire. C'est par des degrés nombreux que l'on passe des unes aux autres, et toujours c'est la composition de la chaux qui en détermine les propriétés hydrauliques. C'est à tel point vrai que l'on fabrique artificiellement des chaux ayant les qualités prévues. Il suffit pour cela de modifier les proportions d'argile.

On appelle *chaux limites* celles qui se trouvent placées entre les chaux qui ont les qualités bien définies dont nous venons de parler.

Sables. — Le sable, dans le mortier joue un rôle en quelque sorte mécanique. Chaque grain est un centre d'attraction autour duquel se groupent les cristaux des hydrates et des carbonates qui se forment plus ou moins rapidement. Les sables doivent être débarrassés des matières terreuses et des matières organiques (celles-ci forment avec la chaux des savons qui empêchent l'adhérence du grain à la chaux). A cet égard, on est renseigné en projetant du sable contre une étoffe de laine ; il ne doit rester aucune trace sur l'étoffe. On peut encore éprouver le sable en le jetant dans l'eau ; l'eau ne doit pas être salie. Les sables de rivière sont en général plus purs que les sables de carrière. Le sable offrant des aspérités, des angles, est le plus favorable à la cristallisation. On s'aperçoit de cette qualité à un contact rude.

Le sable est fin si les grains ont moins de 0 m. 001 dans la plus grande dimension ; il est gros si la plus grande dimension atteint 0 m., 003. Des dimensions plus grandes sont celles des graviers.

Les sables gros conviennent pour faire les mortiers à la chaux grasse, et les sables fins, mais palpables.

assurent une plus grande cohésion aux mortiers de chaux hydraulique.

Mortiers. — Pour les ouvrages où l'imperméabilité des maçonneries est de rigueur, il faudra que le volume de chaux surpasse celui des vides du sable employé. Le volume des vides d'une masse de sable moyen non comprimé est de 30 à 40 centièmes du volume total; le volume des vides se réduit à 0,20 du volume total, si on comprime le sable.

Les mortiers de chaux grasse ont une cohésion finale qui équivaut à une traction de 2 à 3 kilos par centimètre carré. Ce n'est qu'après des centaines d'années que cette résistance est obtenue dans la masse de la construction. La cohésion des mortiers de chaux hydraulique ordinaire est environ de 7 kilos par centimètre et celle des mortiers fortement hydrauliques peut aller jusqu'à 15 kilos. Les mortiers hydrauliques acquièrent au bout de six mois environ les trois quarts de leur cohésion finale.

Plâtre. — Le plâtre livré en poudre provient de la calcination modérée de pierres à plâtre (sulfate de chaux). Lorsqu'on mélange le plâtre avec de l'eau, ce qui peut se faire avec les mains, le plâtre n'étant pas caustique, il s'échauffe légèrement, puis il durcit par le fait de la reconstitution d'un hydrate de sulfate de chaux.

Une propriété très importante du plâtre consiste en ce qu'il augmente de volume en faisant prise. Cette propriété peut être utilisée dans de nombreuses circonstances, mais il faut prendre garde qu'elle n'amène pas de déformation, qu'elle ne produise une poussée au vide des murs encore mal affermis.

Le bon plâtre est doux au toucher; si on le serre dans la main, il prend l'empreinte des doigts; il a une odeur très forte; gâché serré, c'est-à-dire gâché avec peu d'eau, il acquiert au bout d'une dizaine de minutes une ténacité assez grande et n'est pas friable.

Le *plâtre*, dit *au panier*, est le plâtre tel que le livre le fabricant; il a une prise rapide; il sert aux gros ouvrages, hourdis de maçonnerie et de planchers, aires, crépis.

Le *plâtre au sas* est celui qui a passé à travers un tamis de crin. Il sert à recouvrir les crépis et à donner de la finesse aux enduits. Il sert à faire les moulures.

Le *plâtre au tamis de soie* est celui qui a été passé à travers un tamis très fin. Il est employé comme le plâtre au sas et donne aux enduits et aux moulures toute la finesse possible.

Les *mouchettes* sont les résidus du passage au sas. Elles sont mêlées à du plâtre au panier et employées aux gros ouvrages.

La cohésion du plâtre employé est stationnaire après un mois ou deux d'exposition à l'air, mais elle est moindre que la cohésion du plâtre récemment employé. Il se produira donc nécessairement des tassements dans une maçonnerie hourdée en plâtre.

Béton et pierres artificielles, plâtras.

Le béton est un mélange de cailloux et de mortier de chaux hydraulique. Le béton est dit *gras* ou *maigre*, suivant qu'il est plus ou moins riche en mortier. Si on considère un volume composé de cailloux ayant 0^m,05 de dimension maximum, le vide est d'environ 40 pour cent du volume apparent. Pour obtenir un béton ne présentant pas de vides, on prend en mortier un volume supérieur de un quart à celui des vides.

Quand le béton est destiné à faire des murs étanches, il doit être sans vides. S'il doit être employé simplement comme matière incompressible, le volume du mortier pourra être égal et même inférieur à celui des vides. Les indications relatives à l'emploi du béton sont les suivantes :

	BÉTON	VOLUME de Cailloux	VOLUME de Mortier	RAPPORT Simple
Pour travaux immergés à la mer Pour travaux hydrauliques, le béton supportant de grandes pressions, radiers, réservoirs.	très gras	1	0,75	$\frac{3}{4}$
	gras	1	0,66	$\frac{3}{5}$
Pour égouts, fondations de ponts	ordinaire	1	0,55	$\frac{11}{20}$
Pour fondations sur terrain humide.	un peu maigre	1	0,40	$\frac{2}{5}$
Pour fondations sur terrain sec	maigre	1	0,25	$\frac{1}{4}$

La qualité de la chaux que l'on emploie à faire le mortier modifie évidemment ces indications numériques approximatives. La grande proportion de mortier et de chaux dans les constructions faites sous l'eau provient de ce qu'il faut tenir compte de la chaux qui se délaie et qui se noie. Cette chaux et les matières vaseuses soulevées par l'agitation de l'eau donnent lieu à une *laitance* qu'il faut avoir grand soin d'enlever.

Le béton a des applications très nombreuses. Des débris de pierres, de briques, du mâchefer, mêlés au mortier hydraulique donnent une matière très dure. On peut faire des murs en béton, soit en coulant le béton et en le pilonnant sur place, soit en le convertissant en blocs qui sont posés comme la pierre de taille.

En moulant un béton fait avec du sable, on peut obtenir des pierres simulant le grain de la pierre de taille, des marches d'escalier, des fosses étanches, des tuyaux, des balustres, des pierres ornées de moulures, des vases, des statues.

Les *plâtras* sont les débris fournis par la démolition des cloisons en plâtre, des hourdis de planchers. La démolition des vieux coffres de cheminées donne des *plâtras noirs* qu'il ne faut pas employer aux travaux qui exigent de la blancheur, parce que la suie, dont ils sont imprégnés, se répand toujours à travers les enduits et les tache irrémédiablement.

Les plâtras sont employés aux ouvrages légers, tels que hourdis de planchers, de pans de bois. Ils donnent une maçonnerie bien plus légère que celle des moellons mais aussi sans solidité.

Carreaux de plâtre. — On fabrique avec le plâtre et des débris de plâtras des carreaux de 0^m,30, à 0^m,40 de côté environ et de 0^m,04 à 0^m,05 d'épaisseur qui servent à élever rapidement des cloisons intérieures. Ces carreaux sont traversés de trous qui les rendent plus légers.

Poteries. — Le plâtre et les plâtras servent encore à la fabrication de poteries pour le hourdis des planchers et de poteries servant de conduits de fumée. Dans cette dernière application on mélange au plâtre,

des scories et on le consolide par une armature en fil de fer. L'emploi de ces conduits de fumée n'est pas recommandable pour une bonne construction.

Maçonnerie de pierre de taille

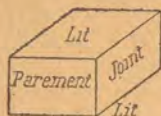


Fig 242

On appelle pierre de taille un bloc destiné à être taillé et dont le poids est assez considérable pour nécessiter l'emploi d'engins de *bardage* (transport) et de montage. Une pierre de taille offre deux faces horizontales appelées

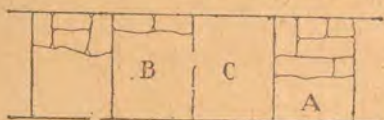


Fig 243.

lits (fig. 242) dressés dans le sens des lits de carrière; des faces vues que l'on appelle *parements*, il peut n'y en avoir qu'un à une pierre,

et des faces verticales que l'on appelle faces de *joints*. Les joints réservés entre deux pierres voisines sont de 0,004 à 0,010.

La composition d'une *assise* ou rangée de pierres de taille est indiquée à la fig. 243 qui montre le plan d'une assise. On appelle *queue* la longueur d'une pierre dans le sens de l'épaisseur du mur. Une pierre A qui a plus de parement que de queue s'appelle *carreau*. Une pierre B qui a plus de queue que de parement s'appelle *boutisse*, et une pierre C qui traverse le mur d'un parement à l'autre, s'appelle *parpaing*; elle a deux parements.

En superposant les assises ou *croise-joints* verticalement afin d'avoir une bonne liaison. Quand deux murs se rencontrent, toute la pierre de taille qui est à la jonction appartient à la fois à l'un et à l'autre, afin qu'il n'y ait pas de joint dans l'angle.

Il est utile de donner ici un aperçu des opérations que l'on fait sur la pierre de taille depuis son arrivée au chantier. On enlève avant tout le *bousin* ou pierre imparfaite qui se trouve sur les lits. Les lits sont les premières faces que l'on taille. A l'aide de deux règles que l'on *dégauchit* à l'œil, on trace deux lignes sur

deux faces opposées latérales et on enlève une *ciselure* suivant chacune d'elles. On s'assure, par application de la règle, que ces ciselures sont bien dans un plan. On fait deux autres ciselures dans le plan des premières et on fait tomber à coups de pioche ou de *têtu* la pierre qui excède la face ainsi déterminée. Le travail des lits s'achève en *rustiquant* la surface.

L'outil employé pour ce travail, le *rustique*, est un marteau ayant, parallèlement au manche, deux tranchants *brettés*, c'est-à-dire armés de dents espacées de 0^m,005 à 0^m,005.

Le lit taillé, on dresse les autres faces, en se servant d'équerres ou d'un *gabarit*, qui est une carcasse légère en lattes, donnant le contour polygonal que doit avoir le lit.

Les joints sont simplement rustiqués; les *parements* sont plus finis, on les travaille au *marteau bretté* ou *laye* qui n'est autre chose qu'un rustique à dents plus fines et plus serrées. La laye pour le travail des pierres tendres n'a qu'un tranchant bretté. Au lieu de la laye, et pour les pierres dures, on emploie souvent la *boucharde*, lourd marteau dont les têtes sont armées de saillies en pointe de diamant.

La taille de la pierre donne un déchet variant de 0,04 pour les pierres dures à 0,16 pour les pierres tendres.

On donne le nom d'*abattage* à la pierre jetée en bas pour obtenir deux faces adjacentes faisant un angle saillant, et le nom d'*évidement* à la partie jetée en bas pour obtenir deux faces adjacentes faisant un angle rentrant. On appelle *refouillement* toute partie évidée à la masse et au poinçon, comprise entre trois faces au moins.

Dans les constructions en pierres très dures, on fait encore au chantier l'*épannelage*, c'est-à-dire la préparation des masses des moulures que doit recevoir la pierre. Cette opération se fait sur le tas, quand il s'agit de pierre tendre.

La pierre ainsi taillée est *bardée* jusqu'à pied d'œuvre. Le bardage se fait sur de petits chariots à deux roues appelés *diabes*, tirés par deux hommes. Les blocs trop gros sont transportés sur des *binards* chariots à quatre roues traînés par des chevaux.

La pierre est ensuite montée sur le tas et posée, soit sur une couche de mortier en sable bien fin et bien débarrassé de gravier, où elle est parfaitement assise, en frappant dessus à l'aide d'un pilon (*dame*) jusqu'à ce que le mortier sorte par le joint de lit et que la pierre repose sur les cales que l'on a préalablement placées de manière à régler le joint. Les joints montants sont fichés de mortier que l'on fait pénétrer régulièrement en poussant dans le joint la *fiche*, lame de fer mince munie latéralement de larges dents dont la fonction est de pousser le mortier. La pose de la pierre de taille et surtout des pierres tendres peut se faire en fermant les contours des joints avec du plâtre et en coulant ensuite du plâtre gâché très clair. Ce dernier système peut donner lieu à de légers tassements s'il n'est pas pratiqué avec soin, car le plâtre et les cales sur lesquels porte la pierre, n'ont pas la solidité du mortier. En posant les pierres, il faut éviter avec le plus grand soin les *balèvres*, c'est-à-dire les désaffleurements qui rendent le ravalement plus coûteux.

Les assises sont bien *arasées*, et pour cela, on fait, s'il est nécessaire, une *taille sur le tas* des saillies que présente l'assise.

Quand la maçonnerie est élevée, les maçons procèdent au *ravalement* qui consiste dans la taille des moulures, le *ragrément* et le *jointoyement*.

Le *ravalement* intérieur, ou pose des *enduits*, marche avec le ravalement extérieur de haut en bas (voir enduits).

Maçonnerie de Moellon

La pierre brute sans taille et sous un volume tel qu'un homme seul peut la manœuvrer, la transporter, s'appelle moellon. Les noms que prennent les moellons en raison de leur position dans l'appareil de maçonnerie, sont les mêmes que ceux des pierres de taille semblablement placées.

Avant toute chose, le moellon est ébousiné.

Pour faire une assise en moellons, on range, sur

une couche de mortier, les moellons le long des deux parements et on fait un remplissage à l'aide de *garnis* chassés dans le mortier à coups de hachette, de manière qu'il n'y ait aucun vide dans la maçonnerie. Le *hourdis* de la maçonnerie de moellons peut être fait en plâtre; mais il faut remarquer que la maçonnerie hourdée en plâtre éprouve plus de tassements que celle qui est hourdée en mortier de chaux. Les moellons sont posés sur leur plus beau lit.

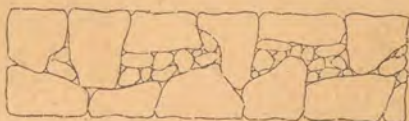


Fig. 244.

On distingue trois espèces de maçonneries de moellons :

1° *Maçonnerie de moellons bruts*, faite de morceaux simplement ébousinés; elle convient aux massifs de fondations, aux murs dont les parements doivent être cachés par un enduit;

2° *La Maçonnerie smillée* dans laquelle les lits sont aussi horizontaux que possible et les joints verticaux à peu près pleins. On les taille à la laye, le parement est dressé rustiquement. Cette maçonnerie convient pour les murs dont le parement doit rester apparent et être rejointoyé, comme, par exemple, les murs de caves, les voûtes;

3° *La Maçonnerie de moellons piqués*. Le moellon piqué est parfaitement équarri; le parement layé n'offre aucune flasche (manque de matière) et est bien dressé, ainsi que les lits et les joints: on peut dire que c'est de la pierre de taille de petit échantillon.

Les *moellons d'appareil*, ceux qui font les angles des soupiraux, les voussoirs apparents de voûtes, etc., sont taillés comme la pierre de taille.

Un mètre cube de moellon demande :

en massif . . .	1 ^m 3	de moellons	0 ^m 3200	de plâtre.
en fondation . . .	1 ^m 3070	—	0 ^m 3200	—

en élévation . . . 1^m3090 de moellons 0^m3200 de plâtre
pour voûte, compris plâtre pour
scellement des
cintres 1^m3.90 — 0^m3240 —

Pour le smillé sur moellons on compte 0,020 de déchet et pour le piqué on compte 0,05 de déchet.

Maçonnerie de Meulière et rocaillage

La meulière des environs de Paris est suffisamment dégagée de matières terreuses et peut être employée directement. Les meulières couvertes de terre devront être lavées et brossées, afin que le mortier puisse y adhérer.

La meulière peut être smillée et même piquée comme le moellon, mais, en général, au lieu d'araser les assises, on pose les blocs dans tous les sens, formant à dessein des alvéoles que l'on remplit ensuite de mortier et où l'on affermit, en les frappant, les nouvelles pierres que l'on pose.

La meulière est le plus souvent hourdée de chaux hydraulique, et, vu sa résistance à la gelée et la facilité qu'ont les mortiers d'y adhérer, on l'emploie aux constructions des murs de fondation, des soubassements, et aux travaux hydrauliques.

Un mètre cube de maçonnerie de meulières demande 1 mètre cube de meulière et 0^m3320 de mortier, en massif, en fondation ou en élévation.

Lorsque la pierre de meulière est employée brute, les joints sur les parements sont incomplets; la meulière elle-même peut présenter des manques. Afin de dresser le parement, on procède au rocaillage des joints. On enfonce dans le mortier frais et très gras des débris de meulière en les engageant sur la plus grande longueur.

On fait aussi des *rocaillages* de meulière, soit sur la meulière elle-même, soit sur le moellon, quand un parement doit être recouvert d'un enduit à la chaux. Cette opération a pour but d'assurer l'adhérence de l'enduit. On commence par dégrader les joints et les

bien nettoyer, puis on les remplit de mortier dans lequel on incruste les morceaux de meulière. Un tel rocaillage sera d'autant meilleur que, d'une part, les garnis auront été mieux enfoncés dans le sens de leur longueur, et, d'autre part, qu'ils couvriront mieux la surface à rocailler. L'enduit que l'on doit mettre adhèrera plus à la meulière qu'à tout autre corps, mortier ou moellon ; c'est pour cela que le rocaillage des joints ne doit pas laisser voir de mortier.

Maçonnerie de Briques

La brique, par son homogénéité, sa dureté, sa ténacité et aussi par la parfaite adhérence des mortiers, est un des matériaux qui fournissent une bonne maçonnerie. Sa forme régulière la rend bien gisante et permet de l'employer à tous les appareils de murs, de baies, de voûtes, etc. Il faut avoir soin de mouiller la brique avant de la poser sur le mortier.

Cloison de briques de champ fig. 245, ne peut former que des séparations.

Cloison de briques à plat fig. 246, peut porter plancher dans des constructions très légères et sans portée.

Les cloisons d'une brique d'épaisseur, peuvent porter plancher, comme mur de face ou mur de refend, quand elles sont bien maçonnées.

Dans l'appareil, fig. 247, les *rangs* ou *tas* sont composés de deux en deux avec des *boutisses* simplement posées à plat et les rangs intermédiaires sont composés de deux files de briques en long.

Murs d'une brique et demie, dont les fig. 248, 249 donnent deux rangs successifs. C'est l'appareil précédent dans lequel on ajoute une file de briques en longueur derrière chaque rang de boutisse et une file de briques en largeur à la place de la seconde file de briques en long dans les autres rangs. Le parement offre, par suite, l'aspect du parement de la figure 247.

Un mur de deux épaisseurs de briques se formera de l'appareil 247 en doublant les files de boutisses et celles des briques en long, mais dans ces dernières, les deux files intermédiaires sont remplacées par

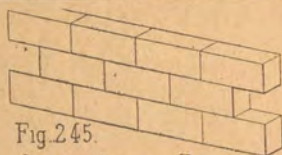


Fig. 245.



Fig. 246.

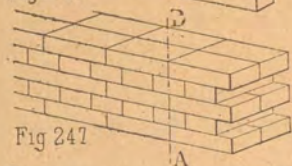


Fig. 247

A



Fig. 248.



Fig. 249.

B

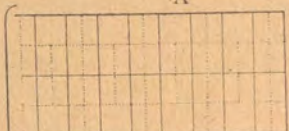


Fig. 250



Fig. 251.



Fig. 252.

A

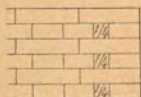


Fig. 253.



Fig. 254.

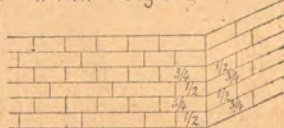


Fig. 255.

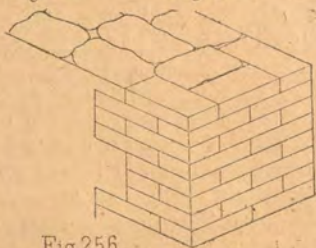


Fig. 256

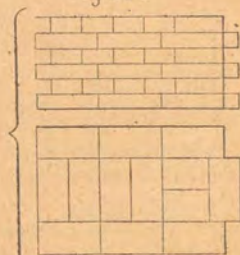


Fig. 257.

des briques mises dans le sens de leur largeur. Les figures 250, 251 donnent deux rangs de cet appareil.

Dans l'appareil dit *en croix*, fig. 252, le parement offre des losanges, des croix; le liaisonnement est parfait. Cela tient à ce que les ressauts ont une dimension horizontale commune, le quart de la longueur de la brique. On s'en aperçoit facilement en parcourant d'une manière continue une suite de joints horizontaux et verticaux.

Cet appareil se compose des mêmes assises de briques que l'appareil fig. 247, mais le troisième et le quatrième rangs sont reculés d'une demi-brique dans le sens longitudinal du parement.

Pour faire les *têtes* de murs en briques, imaginons que nous coupons l'appareil fig. 247 par le plan AB passant par des joints de briques en long. Il y aura des quarts de briques dans l'angle. Or, ces quarts ne peuvent avoir la netteté ni la solidité des demis et des entiers de briques. On reculera ces quarts dans leur rangée en les plaçant entre les deux demi-briques précédentes fig. 253.

Pour l'appareil en croix, on peut également terminer les têtes par des entiers et des demis de briques fig. 254. On peut encore remplacer les briques de face par deux demi-briques sur ce parement et un trois-quarts sur l'autre, et les demi-briques et quarts sur la face par des trois-quarts sur cette face et demi-briques sur la face en retour, fig. 255.

Pour consolider des murs de caves en moellon ou en meulière, on fait la tête en briques, fig. 256.

Pour les baies intérieures en élévation qui doivent recevoir des portes, on laisse dépasser sur la tête des murs, de chaque côté de la baie, un quart de brique sur le milieu de l'épaisseur du mur, afin de faciliter la pose des *chambranes* et *contre-chambranes*, fig. 257

Nombre de briques et volume de plâtre au mètre cube de maçonnerie de briques, joints 0,07.

De Bourgogne :

$0,054 \times 0,11 \times 0,22 = 620$ au m^3 — $0,3200$ de plâtre ;

de Vaugirard (façon Bourgogne) :

$0,06 \times 0,11 \times 0,22 = 566$ au m^3 — $0,3195$ de plâtre ;

de briques creuses :

$0,045 \times 0,15 \times 0,22$	— 547 au m ³	— 0 ^m 3220 de plâtre
$0,065 \times 0,11 \times 0,22$	— 528 au m ³	— 0 ^m 3185 de plâtre
$0,08 \times 0,16 \times 0,30$	— 226 au m ³	— 0 ^m 3145 de plâtre

Carreaux hexagones :

de 0,22	25 au mètre superficiel	
0,152 à 0,16	46	—
0,16 à 0,17	42	—

Carreaux carrés :

de 0,22	21	—
0,20	25	—
0,15 à 0,16	46	—

Légers ouvrages et Ravalement

En maçonnerie, on appelle *légers* tous les ouvrages qui ne constituent pas le gros œuvre. Nous ne parlerons avec quelque détail que de ceux dont nous n'aurons plus occasion de parler.

Les *hourdis de planchers* se font dès que ceux-ci sont posés (voir *Planchers*).

Le *ravalement extérieur* et le *ravalement intérieur* ainsi que la pose des *cloisons en carreaux de plâtre*, leur ravalement, les *plafonds*, la pose des conduits de fumée adossés se font par étages, du haut vers le bas de la construction à la fin du gros œuvre.

Les *lattis* sont *jointifs* quand le vide entre les lattes est de 0,01; ils sont *espacés* si le vide a 0,08. Les lattes s'appliquent sur les rampants d'escalier, les linteaux en bois, le dessous des poutres de plancher en bois, les poteaux d'écartement et les huisseries des cloisons hourdées. La latte de cœur de chêne est brune et pesante; elle est résistante aux agents atmosphériques et sa ténacité est plus grande que celle de la latte blanche qui est de qualité inférieure. La latte blanche est souvent en châtaignier. Il est bon que les lattes aient été flottées.

Les *bardeaux* sont des petits morceaux de bois que

l'on répartit jointivement sur les solives d'un plancher en bois, afin d'y dresser une *aire* en plâtre. Si on les remplace par un lattis, les lattes portent par leurs extrémités et leur milieu sur les solives et sont retenues par des lattes transversales au droit des solives et clouées sur elles.

Les bardeaux sont des bouts de bois de rebut de 0,05 de largeur, 0,02 d'épaisseur et 0,3 à 0,40 de longueur, telle qu'ils portent par leurs bouts sur les solives.

Les *lardis de clous à bateau* se font sur les parties en bois qui doivent être reliées à la maçonnerie ou enduites. Les clous à bateau sont carrés de tige, leur tête est très large, leur longueur est de 0,04. Les clous à lattes sont plus petits et de même forme. On appelle *recouvrement* le travail qui consiste à lasser et à larder de clous à bateau, puis à enduire les pièces de charpente qui ne doivent point rester apparentes. Ce travail se fait dans les combles, sur les rampants d'escalier, etc. Préalablement à l'enduit que nous allons décrire sommairement, on fait un *gobetage* qui consiste à élabousser les surfaces de plâtre gâché clair. Cette opération est souvent négligée.

Pour *exécuter un enduit*, on établit des *repères* en plâtre sur la surface à recouvrir, de manière que le plan des faces de ces repères passe à une distance moyenne de 0,015 de toutes les parties du mur. Si quelque moellon dépassait, on ferait tomber la partie gênante; cela ne doit pas se présenter dans un limousinage convenable. Ceci fait, on jette, entre deux repères du plâtre gâché serré, et on y bat la règle avec la hachette jusqu'à ce qu'elle vienne reposer sur les repères, et avec le *riflard*, sorte de couteau, on enlève avec soin le plâtre qui dépasse des deux côtés de la règle. Quand on retire celle-ci, on a une petite bande de plâtre de 0,03 de largeur environ dont la surface donne l'affleurement de l'enduit projeté. Cette opération s'appelle *battre un nu*. Les nus battus, on étend du plâtre entre eux, à la truelle, d'abord, à la *taloche* ensuite (planche rectangulaire, 0,30 sur 0,40, sur laquelle on répand le plâtre et que l'on maintient et manœuvre par un manche planté au milieu d'une face

perpendiculairement à son plan.) S'il s'agit d'un *crépit* on emploie du plâtre au panier, et on dresse l'enduit, à l'aide de la *brette*, couteau denté emmanché comme un râteau ; s'il s'agit d'un enduit fin, on commence par faire le crépi en plâtre au panier en lui donnant un désaffleurement léger par rapport aux nus, et dessus, on étend l'*enduit* proprement dit de plâtre au sas. On commence par dresser avec la partie brettée de la brette et on finit par le tranchant droit qui est opposé à la partie brettée du même instrument.

Pour faire un crépi sur vieux mur, on fait un *hachement* préalable et on mouille afin d'assurer l'adhérence du crépi.

Une *cueillie* d'angle est l'ensemble de deux nus formant par leur rencontre un angle rentrant.

Pour la faire, on fixe dans l'angle une règle carrée, qui est maintenue à la bonne distance de la maçonnerie par des *chevilles*. Cela fait, on jette du plâtre entre la règle et le mur.

Pour faire une arête, on fixe par des chevilles une règle plate à la distance moyenne 0^m,015 du mur à enduire et de telle sorte que l'un des bords occupe la position de l'arête. On jette du plâtre entre la règle et le mur et on enlève à la brette ce qui dépasse le bord de la règle.

Pour faire les nus, les cueillies et les arêtes, on se sert de plâtre au panier, s'il s'agit d'enduit fin, et on a, dans tous les cas, soin de gâcher serré afin que la règle puisse être détachée une fois l'opération faite.

Les *feuillures* se font comme les angles.

On appelle *renformis*, les surépaisseurs de plâtre par rapport à l'épaisseur moyenne de l'enduit.

Un enduit vertical a 0^m,015 à 0^m,02, un enduit de plafond a 0,03 en moyenne.

Extérieurement, les *enduits* sont quelquefois *colorés*; de l'ocre rouge mélangé au plâtre au sas au moment du gâchage, donne la couleur de la brique. On peut faire des *enduits mouchetés* en mêlant au plâtre une grande quantité de mouchettes ou bien en promenant un balai sur la surface enduite avant la prise du plâtre.

On appelle *pigeonnage* l'opération qui consiste à faire en plâtre pur de petites cloisons de 0,08 que l'on dresse à la main au fur et à mesure et avant la prise. C'est ainsi que se font les *coffres* et *languettes* de cheminées, les *hottes* des fourneaux de cuisine. Afin de faire adhérer les languettes costières ou celles de refend au mur dossierer, on hache préalablement l'enduit de ce mur au droit des languettes que l'on veut faire.

Dans les endroits où il faut retenir une forte charge de plâtre, où il faut assurer l'adhérence d'une languette, on met des *rappointis*, faits de vieilles ferrailles que le serrurier a coupées sur une longueur de 0^m,10 à 0^m,20 et auxquelles il a fait une pointe.

La pose des conduites de fumée adossées fait partie des légers ouvrages, mais il est bon de la faire au fur et à mesure de l'avancement du bâtiment, afin d'éviter de percer les hourdis de planchers et afin que ces hourdis prennent mieux les tuyaux. Ces tuyaux sont en pierre, en pigeonnage et plus souvent ce sont des *boisseries en terre cuite*.

Les moulures des entablements, des cordons, des chambranles, des plafonds, sont *trainées*; sur le plâtre frais on fait passer un *calibre* en tôle dont le mouvement est parfaitement déterminé par deux règles sur lesquelles il s'appuie. Deux ouvriers sont employés à cette opération; l'un tire le calibre et l'autre le pousse dans le sens des règles fixes. Ce n'est pas du premier coup que la moulure se dégage nettement, mais quand on approche de la fin de l'opération, c'est ou du plâtre au sas ou même du plâtre au tamis de soie que l'on emploie pour charger la moulure.

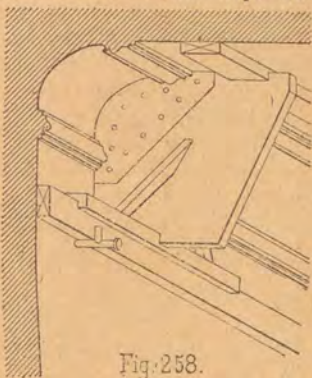


Fig. 258.

Lorsque deux corps de moulures se rencontrent, le *raccord* se fait à la main.

Les cloisons de plâtre, les scellements, les revête-

ments de tuyaux de descente, ceux des tuyaux d'évent, des tuyaux de chute et leur pose, les solins ou mises de plâtre en raccordement des surfaces dans les angles rentrants, les calfeutrements de croisées, etc., sont comptés dans les légers ouvrages. Les calfeutrements de croisées ne tiennent jamais si l'on n'a pas eu soin de dégrader et de hacher le tableau. Les solins près des marbres doivent être faits en plâtre noyé afin d'éviter une poussée qui ferait fendre le marbre.

Quand une cloison de plâtre a plus de 2 mètres de longueur, il est bon de la consolider par un poteau d'écartement; de plus, entre les poteaux d'écartement ou entre ceux-ci et les huisseries, il faut tendre des fils de fer qui sont noyés dans la cloison et empêchent les gauchissements quand le plâtre fait prise.

Ravalement sur pierre de taille et joints

Le ravalement sur pierre de taille comprend la taille des parements, l'enlèvement des *balèbres* et le ragrément du parement. Dans certains cas on ajoute un polissage. Le ragrément comprend l'égrisage ou passage au rabot et le passage au grès. Le ragrément dit simple, qui est souvent d'un effet très heureux, consiste soit à boucharder, soit à bretter le parement entre des ciselures faites aux joints des pierres; ces ouvrages doivent être faits avec perfection quand ils constituent à eux seuls le ragrément.

Le ravalement des appuis, seuils, marches, etc., se fait à la ripe.

Le polissage ne s'applique qu'aux pierres qui sont susceptibles de poli et aux marbres.

La brique comporte deux joints, le *joint creux*, que l'on tire au crochet, et le *joint à l'anglaise*, saillant.

Murs

Murs de soutènement. — On leur donne extérieurement un fruit de $\frac{1}{15}$ au moins.

Le fruit est moins grand quand le mur est apparent afin que son aspect ne soit pas disgracieux. Pour déterminer les dimensions d'un mur de soutènement il faut opérer comme c'est indiqué page 144. On pourrait sur le roc disposer les fondations par réduits et même les incliner du côté du massif, si l'on craignait un glissement du mur, fig. 259.

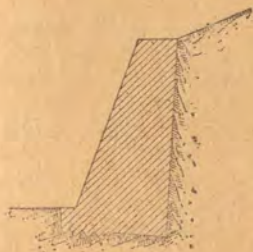


Fig 259.

On a souvent économisé un grand volume de maçonnerie en composant le soutènement d'éperons ou contreforts réunis par le mur proprement dit. Dans cette disposition le prisme de poussée est divisé et sa pression sur le mur est moins énergique. Il est possible même d'utiliser en partie le poids de la terre à la stabilité du mur. Pour cela on relie les contreforts par des voûtes sur lesquelles on pilonne de la terre, fig. 260-261.

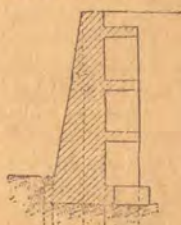


Fig 260 Coupe

Fig 261 Plan

en dirigeant les eaux dans un caniveau placé derrière le mur de soutènement.

Afin de faciliter l'écoulement des eaux vers ce caniveau, on établit entre le massif humide et le mur un blocage de pierres sèches, fig. 262.

La poussée de l'eau dans les terres derrière le mur tend à augmenter la pression dans des proportions considérables. Il faut ménager dans le mur des *barbacanes* par lesquelles l'eau trouve un écoulement.

Si un mur de soutènement était destiné à soutenir des terres fortement détrempées, il serait bon d'assécher ces terres



Fig 262

Murs de clôture. — La fondation d'un mur de clôture doit être faite jusqu'à 0^m,60 ou 1 mètre du sol afin qu'elle ne soit pas endommagée par la gelée. Cette fondation, ou tout au moins les premiers rangs de moellon ont une surépaisseur de 0^m,10 à 0^m,15 par rapport au mur dont l'épaisseur est d'environ 0^m,40.

Si le mur de clôture est sur un terrain accidenté, on procède par tressauts pour construire sa fondation. Le fond de la *rigole* où elle est établie présente des paliers horizontaux à des différences de niveau de 0^m,10 à 0^m,40.

Le couronnement du mur est fait d'un *chaperon* à une ou à deux pentes d'égout en plâtre ou en chaux. Si le mur n'est pas mitoyen le chaperon n'a qu'un égout dirigé sur la propriété dont il dépend. Si le mur est mitoyen il y a deux égouts, un sur chaque propriété.

Le chaperon peut être fait en briques ou en tuiles.

La hauteur d'un mur de clôture est de 3^m,20 dans les villes de 50000 habit. et au-dessus et de 2^m,60 dans les autres villes. Dans les villes, la clôture par un mur est obligatoire et les propriétaires voisins peuvent se contraindre mutuellement.

Murs de fondation. — Supposons le fond de fouille bien nivelé et, s'il en est besoin, toutes les consolidations du terrain bien exécutées, il faut maintenant se préoccuper de répartir uniformément sur le sol le poids de la construction. Les dimensions des murs de fondation devront être telles qu'ils puissent, d'une part, supporter la construction supérieure, et, d'autre part, qu'ils répartissent sur le sol le poids, de manière à ne pas dépasser 2 k. 1/2 par centimètre carré, 25000 k. par mètre carré.



Fig 253

La première assise de maçonnerie fig. 263 est faite de libages, pierres de taille ébousinées soigneusement, mais simplement dégrossies de parement. Ces pierres sont posées sur une épaisse couche de mortier; on a soin de les frapper avec le pilon pour les asseoir plus sûrement. La maçonnerie se continue soit en libages, soit en maçonnerie de meu-

lière, de moellon ou de briques, une maçonnerie de meulière bien rocaillée avec *têtes* de murs en briques est d'une solidité et d'une convenance parfaites.



Fig 264

D'autres fois, le premier rang de maçonnerie est un simple bétonnage ayant une épaisseur de 0^m,30 à 0^m,80 et un empattement de 0^m,10 à 0^m,15 des deux côtés du mur, placé dans une rigole au-dessous du niveau général de la fouille. Le béton est mis par couches de 0^m,20 de hauteur fortement pilonnées.

Les murs de fondation sont consolidés par des chaînes en libages que l'on a soin de mettre à l'aplomb des supports principaux de la construction, fig. 263. S'il y avait quelque crainte que les charges des supports ne se répartissent pas suffisamment sur le sol, on ferait porter les chaînes sur des voûtes renversées, fig. 264.

Les murs de fondation peuvent être exécutés entièrement en maçonnerie de béton.

Des noms, des dimensions des murs et de leur consolidation. — Un corps de logis simple est compris entre deux murs parallèles dits *murs de face*. Ils sont réunis par des murs dits *pignons* s'ils portent les extrémités de la couverture. On appelle *dosserets* les exhaussements des murs perpendiculaires aux faces destinés à supporter les cheminées. Les *murs de sous-bassement* ou *allèges* sont les murs de remplissage, ainsi le dessous de l'appui d'une fenêtre s'appelle allège. Dans un corps de logis double, les murs de face sont séparés par un mur qui leur est parallèle et que l'on appelle *mur de refend*.

Les murs de face sont montés avec un parement intérieur vertical. Le parement extérieur a un fruit de 0^m,002 par mètre.

Pour relier un mur à un mur ancien, on fait des trous dans celui-ci et on y fait pénétrer la maçonnerie du mur neuf, ce qui s'appelle jeter *harpe*.

Aux murs qui doivent se relier à d'autres dans l'avenir, on laisse dépasser tous les deux rangs le moellon, la brique ou la pierre, ce qui forme des *harpes d'attente*.

On appelle *déharper* bâtir par assises en retraite les unes par rapport aux autres.

Une cave pour être bonne doit être sèche, ce qui est réalisé naturellement dans un terrain sec et imperméable. Dans le cas où le terrain est humide, il faut creuser le sol des caves de 0^m,30 à 0^m,40, suivant la pression d'eau, d'ailleurs, et faire un radier en béton de cette épaisseur avant de construire les murs. Ce radier peut même être consolidé par une voûte renversée d'une moitié brique d'épaisseur, dont les buttées seraient sur les murs. Par surcroît de précaution, on fait avant la voûte un enduit au ciment et on en fait un deuxième au-dessus de la voûte. Les murs sont garnis d'un enduit de ciment.

Le rez-de-chaussée, pour être sain, doit être élevé de quelques marches au-dessus du sol. On peut garnir une des assises inférieures d'une couche de bitume ou de ciment dans toute son étendue, en largeur et longueur.

Dans tous les cas, il faut ménager une circulation d'air au-dessous des planchers.

En élevant les murs d'étage en étage, il faut vérifier avec grand soin leur implantation, de telle sorte que l'axe d'un mur corresponde absolument à l'axe du mur qui est au-dessous. Comme on fait généralement le hourdis des planchers aussitôt qu'ils sont posés, il faut bien tenir compte de cette remarque.

Les vides doivent correspondre aux vides et les pleins aux pleins dans toute la hauteur d'un mur. Dans les constructions légères, cette règle peut souffrir des exceptions, mais il faut alors s'assurer qu'une partie pleine a des points d'appuis suffisants.

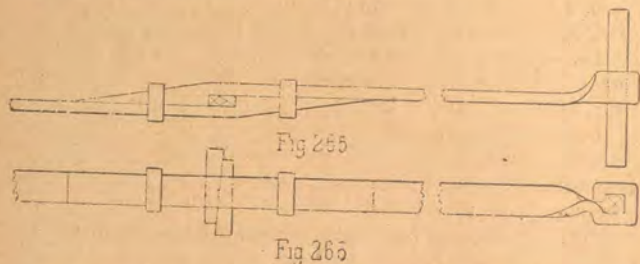
Les dimensions des murs dépendent absolument des charges qu'ils doivent supporter et de la durée probable de l'édifice projeté, car il est évident que si

l'on élève un monument, il faut lui assurer toute la durée possible. Il faut donc se servir des données et des formules établies au chapitre de la résistance des matériaux. Voici cependant quelques nombres empruntés au traité de Claudel qui pourront servir de guide. Quelques chiffres ont été modifiés afin de ramener les petites épaisseurs à celles des murs en briques et à n'avoir pas de maçonnerie de moellon inférieure à 0^m,41.

Désignation des murs d'habitations ordinaires, de trois à quatre étages	MURS		Hauteurs d'étages
	de face	de refend	
Murs de fondations	0,75 à 1,00	0,70 à 0,85	
Murs de cave.....	0,55 à 0,80	0,50 à 0,65	2,20 minimum
Murs du rez-de-chaussée.....	0,50 à 0,65	0,41	3,25 à 5,00
Murs du 1 ^{er} étage.	0,45 à 0,55	0,41	3,00 à 4,25
» 2 ^e »	0,41 à 0,50	0,34	2,80 à 3,50
» 3 ^e »	0,34 à 0,41	0,22 à 0,34	2,80
» 4 ^e »	0,34	0,22	2,60
Rez-de-chaussée de bâtiments plus importants que les maisons d'habitation.....	0,65 à 1,00	0,41 à 0,55	Epaisseur des Murs mi-toyens 0,55 à 0,65
Rez-de-chaussée d'édifices avec voûtes au-dessus	1,20 à 2,50	0,70 à 1,20	1 m. à 1,50

Consolidation des maçonneries, par des chaînes formées de fer méplat; elles sont retenues par des ancrs, morceaux de fer carrés passant dans des œils faits à la chaîne, scellés dans la maçonnerie ou apparaissant sur le parement. Les parties des chaînes sont réunies par des assemblages à moufles formés d'un trait

de Jupiter, de deux bagues et des cales de serrage qui servent à raidir la chaîne. Les fig. 265, 266 sont le plan et l'élevation d'une chaîne.



Ces chaînes sont placées à chaque étage, au-dessous des solives, dans les murs de face et de refend et aussi d'un mur de face à l'autre à travers les planchers.

Voûtes et Arcs

La *voûte en berceau* est formée d'un demi-cylindre circulaire ou elliptique.

La *voûte d'arête* est l'intersection de deux voûtes en berceau de même hauteur, cet appareil offre deux arêtes saillantes.

Les *voûtes à nervures* sont des voûtes dont les arêtes sont saillantes et supportent un remplissage.

La *voûte en arc de cloître* est formée de l'intersection de deux berceaux naissants sur le pourtour d'un espace rectangulaire à couvrir, de telle sorte que les arêtes sont rentrantes.

Le *cul de four* est une voûte demi-sphérique.

La *voûte en pendantifs* est formée d'une demi-sphère percée par des demi-cylindres de même naissance, mais de moindre hauteur. Les pendantifs sont les parties intérieures de la voûte sphérique comprises entre les berceaux.

La *trompe* est une partie de voûte ou encorbellement destinée à recevoir un angle saillant d'une construction.

Les *descentes* ou *voûtes rampantes droites* ou *biais* sont des berceaux inclinés couvrant des escaliers et coupant droit ou de biais les murs qu'ils rencontrent.

Les *arcs* sont des voûtes de peu d'épaisseur dans les murs.

Les *arcs doubleaux* sont des arcs renforçant un berceau, fig. 267, 269.

Dans un arc on appelle *pieds-droits*, *jambage*, ou *dossieret*, les parties des murs sur lesquelles s'élève l'arc; le *sommier* est une pierre qui présente le joint de naissance de retombée de l'arc, c'est la dernière pierre des pieds-droits. L'*intrados* ou *douelle* d'une voûte est la surface intérieure; l'*extrados* est le dessus. On appelle murs *dossieret* ceux qui supportent une voûte. Une voûte, un arc, sont divisés en solides que l'on appelle *voussoirs*. Les voussoirs sont séparés entre eux par des joints dits de tête ou de face quand ils sont parallèles aux têtes, et de douelle quand ils sont dans le sens de la génératrice rectiligne ou curviligne du berceau. Un arc à son sommet a un voussoir formant coin que l'on appelle *clef*. Dans une voûte en berceau, il y a au sommet une suite rectiligne de voussoirs faisant l'office de *clef*.

L'appareil d'un arc, se compose d'un nombre impair de voussoirs. Les joints doivent toujours être engendrés par des normales à la surface de l'intrados. L'appareil d'une voûte en voussoirs à *crossettes* est mauvais. La *crossette* est le prolongement d'un voussoir au-dessus de la face d'extrados de celui qui est inférieur.

Les voûtes des maisons d'habitation sont le plus souvent faites en briques ou en meulière. La brique par sa forme se prête facilement à la formation des cours de voussoirs d'une voûte.



Fig. 267

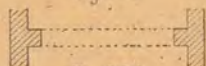


Fig. 268.



Fig. 269



Fig. 270.

Lorsque les voûtes sont construites, il faut remplir les reins d'un béton fait de pierraille, déchets de meuliers ou de cailloux.

Baies et Cheminées

Lessoupiraux sont les ouvertures quelconques faites au-dessous du rez-de-chaussée, pour éclairer ou aérer les caves, fig. 271, 272, ou pour éclairer et aérer un sous-sol. Dans ce cas, ils sont faits comme les fenêtres.



Fig 271.



Fig 272.

Dans une fenêtre on distingue les jambages ou dosserets ou pieds-droits *a*, le linteau *b* et l'appui *c*. Le jambage com-

prend un tableau *de*, une feuillure *ef* où vient se placer le dormant de la croisée et un ébrasement *fg* destiné

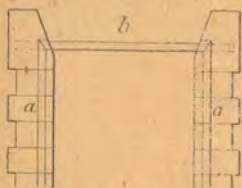


Fig 273.

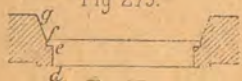


Fig 275

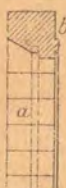


Fig 274

à faciliter le développement des vantaux de la croisée. Le petit mur *h*, sur lequel on place l'appui, s'appelle allège au mur de soubassement.

La dernière pierre au haut du jambage est le sommier.

Pour fermer la baie par le haut dans le

cas de maçonnerie en pierre de taille, on fait une voûte reposant sur les sommiers. Lorsque l'intrados de cette voûte est un plan, on l'appelle plate-bande, et on le consolide par des linteaux en fer carré enchassés dans la plate-bande.

Si l'on fait le linteau d'une seule pierre on le soulage, s'il est nécessaire, par le moyen d'un arc placé au

dessus qui reporte les charges supérieures sur les pieds-droits.

Dans les constructions en briques, en moellons, en meulrières, on peut faire le linteau avec deux fers carrés, portant par leurs extrémités sur les jambages, ou au moyen de deux fers à T assemblés comme les poitrails. La fermeture d'une baie peut être aussi un arc en briques ou en moellon piqué.

Les portes sont construites de la même façon que les fenêtres. La partie inférieure de la porte s'appelle *seuil*.

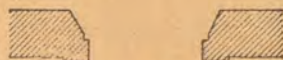


Fig 276.

Sur le parement extérieur des portes et fenêtres, on souligne les jambages et le linteau par un bandeau ou *chambrante*.

Aux combles, les baies formées par des croisées ou des châssis vitrés ont le nom de *lucarnes* (voir *combles*), les ouvertures faites suivant un des rampants du comble sont dites *châssis*.

Cheminées. — En même temps que l'on monte les murs, on y pose les *wagons*, sortes de briques creuses dont les formes en élévation et en plan sont données par les fig. 277, 278, 279.

Les wagons sont droits pour les parties des tuyaux qui s'élèvent verticalement et inclinés, pour celles qui sont déviées afin de passer par côté des cheminées supérieures. Les wagons s'emboîtent les uns dans les autres, soit quand ils sont superposés, soit quand ils sont juxtaposés. Les joints sont remplis de mortier et mieux de plâtre, les dimensions en hauteur sont multiples de l'épaisseur des briques, de telle sorte que l'appareil de la maçonnerie ne soit point déformé par la présence des *conduites engagées*.



Fig 277



Fig 278

Ces conduites se font souvent en maçonnerie de briques.



Fig. 279.

Les tuyaux de cheminées adossés sont en terre cuite, généralement plus longs que les wagons et qui sont rendus adhérents à la maçonnerie par une interpo-

sition de plâtre. Leur surface est striée afin que l'enduit du ravalement intérieur adhère plus solidement sur leur surface.

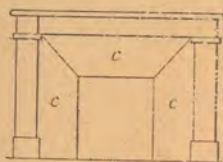


Fig. 280

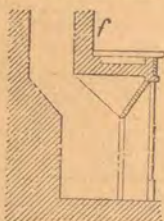


Fig. 282

Il faut apporter le plus grand soin à la déviation des tuyaux, éviter les coudes brusques et répétés.

Les languettes se font généralement après la

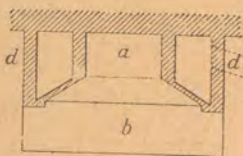


Fig. 281

pose des parquets puis vient la marbrerie et les rétrécissements.

Une cheminée comprend essentiellement l'âtre, la partie carrelée *a* fig. 281, où l'on fait le feu; le *contre-cœur* formé du fond, où l'on met

souvent une plaque de fonte, et des parties maçonnées en briques qui limitent l'âtre; le *foyer* qui est le de-

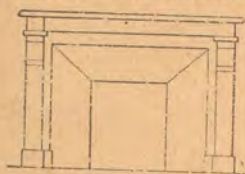


Fig. 283



Fig. 284

vant de la cheminée depuis l'âtre (le nom de foyer est donné par le marbrier à la plaque de marbre *b* qui est sur le devant du foyer et en prend la plus grande surface); le *rétrécissement*

formé de faïences *c*; le *manteau* qui est le cadre en marbre enveloppant le tout, et se compose de la tablette portée par des solins faits sur une *planche* en plâtre consolidée par des côtes de vache. Le *chambranle* divisé en pieds-droits et en traverse horizontale (cette traverse s'appelle quelquefois manteau). Les parties *d* sont les languettes appelées *jambages* et sur lesquelles on applique verticalement des plaques de marbre ou un simple enduit dans le cas de travaux communs. Les languettes portent aussi les extrémités de la planche en plâtre. Dans l'espace compris entre

le jambage et les faces en retour du contre-cœur circule le poids qui équilibre le rideau; c'est dans cet espace que débouchent ainsi les ventouses qui amènent l'air de l'extérieur et qui circulent au-dessous des tambourdes du parquet.

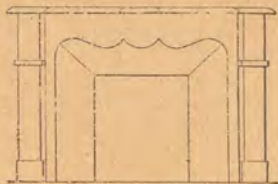


Fig 285

f, fig. 282, est la languette du conduit s'il est faite en plâtre ou bien c'est une des faces du tuyau et son enduit.

Les fig. 280, 283, 285, représentent les élévations des cheminées les plus ordinaires, la première est la cheminée à la *capucine*, la plus simple; la deuxième est la *cheminée à modillons*, elle s'emploie pour les cabinets de travail; la troisième est

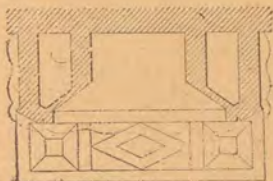


Fig 286

la *cheminée pompadour*, destinée aux salons, le foyer en marbre de cette cheminée est à *compartiments*.

Pans de bois, Pans de fer

La figure 287 représente un pan de bois composé ainsi :

s sablières; *p* poteaux corniers, aux angles et à la rencontre de deux pans de bois; *e* poteaux d'étrière, aux deux côtés d'une grande ouverture; *h* poteaux d'huissierie; *l* linteau; *r* poitrail, linteau d'une grande ouverture, soulage la sablière supérieure; *a* appuis. Dans les trumeaux d'angles on met des croix de Saint-André. Les pièces obliques isolées s'appellent décharge si leur inclinaison est, pour leur longueur, plus de trois fois leur épaisseur, et guettes, si elle est moins de trois fois l'épaisseur. Au-dessus du poitrail il y a deux guettes et une contre-sablière formant un arc de décharge. Les poteaux de remplage sont ceux qui vont

d'une sablière à l'autre dans les remplissages des trumeaux, les tournisses sont les poteaux coupés obliquement par les décharges et les guettes. Les potelets sont les petits poteaux au-dessus des linteaux ou au-dessous des appuis. Sur la sablière du milieu de la fig. 287, on voit les abouts des solives du plancher. On peut mettre une sablière au-dessus comme à la fig. 291.

Les poteaux, potelets et sablières, sont assemblés à tenon ou mortaise, le tenon est entré de force dans la

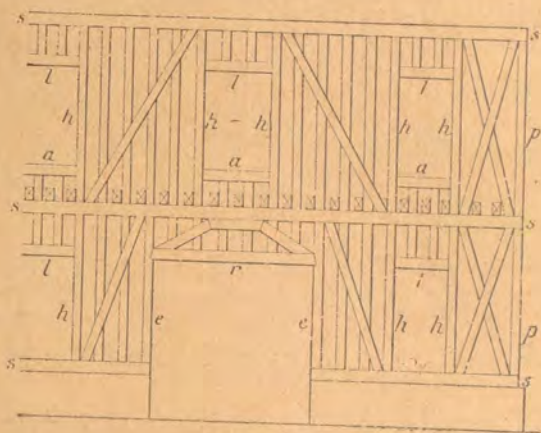


Fig 287

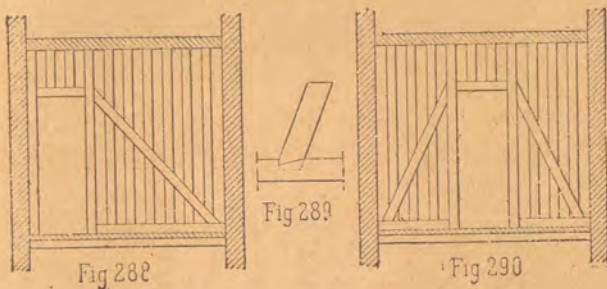
mortaise. Les tournisses s'assemblent à tenon dans les décharges ou bien elles y sont simplement clouées.

Le pan de bois est établi sur un socle en pierres de taille ou en matériaux donnant une maçonnerie bien sèche.

Les cloisons en décharge fig. 288, 289, 296, c'est-à-dire en porte-à-faux, sont établies sur des solives supplémentaires et le poids de la cloison est en partie reporté sur les pans de fond au moyen de décharges.

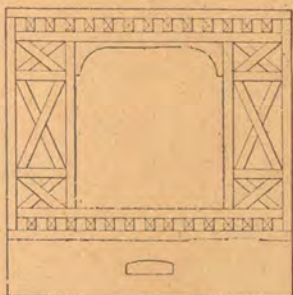
Épaisseur d'un pans de bois de 2 à 3 étages, 0^m,25 à 0^m,30; des corniers 0^m,25 sur 0^m,27; des sablières 0^m,22 à

0^m,25, des décharges et guettes 0^m,16 à 0^m,19; le poitrail, quand il supporte un trumeau, a $\frac{1}{12}$ de la portée.



On fait aujourd'hui beaucoup de pans de fer, ils sont composés de poteaux entre lesquels on fait un remplissage en briques.

On a même, dans quelques constructions, rendu la maçonnerie de pierre indépendante des planchers supportant de grandes charges, par l'emploi de poteaux en fer placés au droit des piliers de maçonnerie. Ces poteaux sont des poutres composées comme il est dit à l'article des planchers.



Points d'appuis, supports, poitrails

Les *piles* isolées en maçonnerie doivent avoir 0^m,55 sur toutes faces ou 0^m,50 sur l'une et 0^m,70 sur l'autre; ce sont des dimensions minimum. Le mieux, pour déterminer leurs dimensions, dans tous les cas, sera de s'assurer que la charge ne dépasse pas $\frac{1}{10}$ de la charge qui écraserait le pilier. (Voir *Résistance des matériaux*.)



Fig. 292



Fig. 293 et 294



Fig. 295

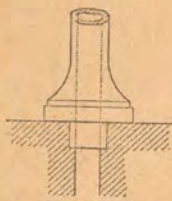


Fig. 296

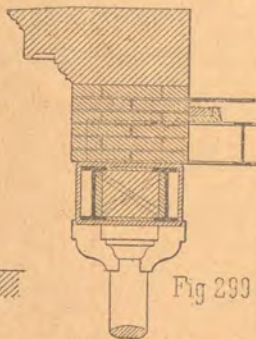


Fig. 299

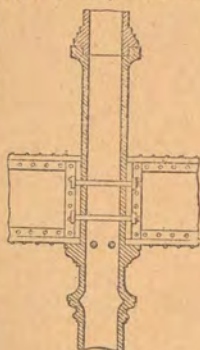


Fig. 297

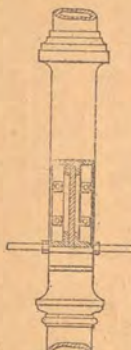


Fig. 298

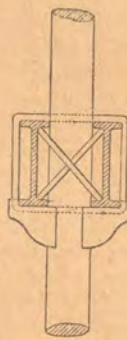


Fig. 300



Fig. 303



Fig. 304

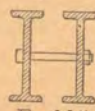


Fig. 305

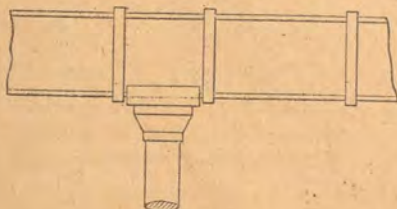


Fig. 301

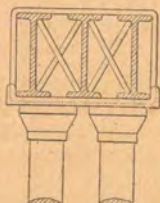
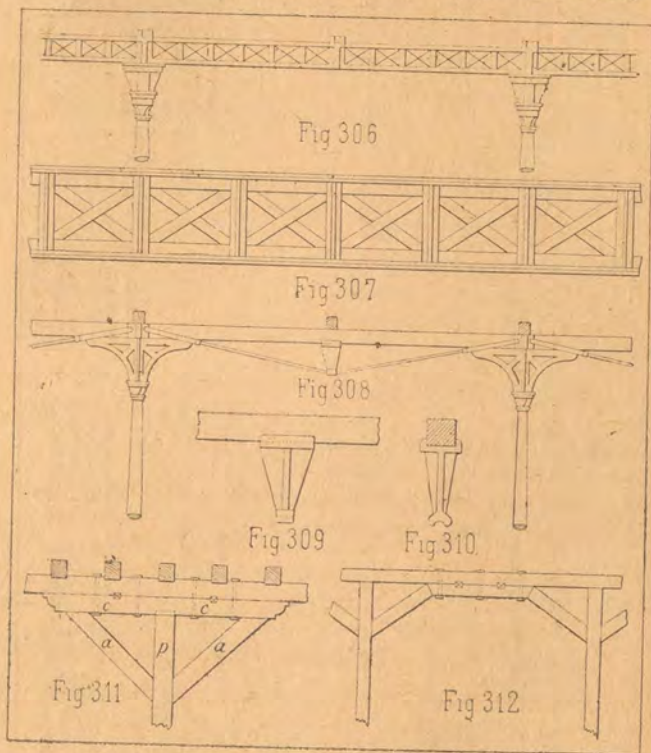


Fig. 302

Les piles sont réunies entre elles par des arcs ou par des poitrails ou filets en bois ou en fer.

La *jambe* placée à la tête d'un mur mitoyen et faisant tableau sur un ou deux de ses côtés s'appelle *jambe étrière*. La jambe placée de même, mais se liai-



sonnant avec les murs de face s'appelle *jambe boutisse*. La saillie sur l'alignement est de 0^m,03, 0^m,04 ou 0^m,05 suivant que les rues où elles sont établies ont une largeur de 10 mètres, 12 mètres ou plus.

Le socle a 0^m,80, 1 mètre, 1^m,15 pour les rues de 10 mètres, 12 mètres et plus. L'assise placée au-dessus

du socle a au minimum 0^m,55 de haut et les suivantes 0^m,40.

Les grandes assises ont, compris la queue, de longueur dans le sens du mur mitoyen 1^m,15 et les courtes 0^m,98. Le dossier d'une jambe étrière a de 0^m,12 au minimum de saillie sur le mitoyen. Les *harpes* des jambes boutisses sur la surface du mitoyen sont alternativement de 0^m,25 et 0^m,30.

Les jambes boutisses peuvent être appareillées en besace, c'est-à-dire par assises ayant alternativement l'épaisseur du mitoyen et celle du mur de face.

Les piles peuvent être remplacées par des colonnes en fonte. Elles sont réunies par des poitrails en fer. Les colonnes seront pleines ou creuses et se calculeront d'après les formules données à l'article résistance des matériaux. Les colonnes creuses peuvent servir à l'écoulement des eaux quand elles supportent des combles. Les colonnes sont terminées en bas par de fortes embases destinées, non seulement à répartir la pression sur le dé de pierre où elles sont posées, mais encore à augmenter leur stabilité. Leur pied est arrêté soit par un *téton* ou goujon que l'on fixe dans un trou fait à la pierre de fondation, soit par un prolongement de la colonne au-dessous de l'embase. Les colonnes sont d'autres fois fixés par des boulons.

Le haut des colonnes est un chapiteau orné ou non, mais présentant essentiellement les surfaces d'appuis nécessaires, soit des consoles, pour recevoir les poutres, soit des épaulements quand une autre colonne doit se enter dessus.

Toutes ces dispositions sont indiquées dans les figures 292 à 312.

Les fig. 297 à 302 représentent des modes d'assemblages des colonnes avec les *filets* ou *poitrails*. Quant à ceux-ci, ils sont formés de deux ou trois poutres en fer maintenues extérieurement par des brides, fig. 303 des agrafes, fig. 304 ou des boulons, fig. 305 et intérieurement par des croisillons en fer forcés entre les tables des poutres voisines. L'intervalle entre les âmes est garni de maçonnerie de briques.

Les fig. 306 à 310 représentent des colonnes en fonte supportant des *sablières*, supportant elles-mêmes des fermes.

Les supports en bois sont des *poteaux* portés par des *dés de pierre* et y sont fixés par des *goujons* et mieux encore par des *sabots* en fonte quand, étant isolés, ils ne portent pas sur un soubassement en pierre, en maçonnerie de pierre de taille. Si l'espace entre deux poteaux était grand on soulagerait la sablière soit au moyen d'*aisseliers* *a* soulageant un *chapeau c*, fig. 311, soit au moyen de contre-fiches, butant une doublure de la sablière, fig. 312.

Assemblages de bois de charpente

On distingue : 1° les assemblages pour allonger les bois ; 2° les assemblages aux points de croisement ; 3° les assemblages destinés à augmenter les dimensions.

Entures. — Les assemblages pour allonger s'appellent entures ou assemblages bout à bout ; fig. 313, enture à joint plat ; fig. 314, enture bout à bout à mi-bois ; fig. 315, enture à fausse coupe et épaulements droits ; fig. 316, enture à mors d'âne ; fig. 317, enture à chaperon ; fig. 318, enture à paume ; fig. 319, assemblage à paume et à repos ; fig. 320, à queue d'aronde ; fig. 321, à double queue d'aronde ; fig. 322, 323, enture à trait de Jupiter.

Les assemblages aux points de croisement. — Ils sont à tenons, mortaises, et chevilles. Le tenon a $\frac{1}{3}$ de l'épaisseur de la pièce. Les jouées de chaque côté du tenon, ont la largeur de celui-ci ; fig. 324, assemblage droit à tenon et mortaise simple ; fig. 325 et 326, assemblage droit avec tenon et emboîtement de la pièce mortaisée ; fig. 327, assemblage à tenon avec renfort ou chaperon (assemblage de solives sur planchers), on surmonte le chaperon d'un about carré fig. 228, afin que la mortaise n'aie pas d'angle aigu ; fig. 329, assemblage oblique à biseau et mortaise, pour faible pression ; fig. 330, assemblage à enfourchement, pour abouts de chevrons ; fig. 331, assemblage à tenon et mortaise à embrèvement fig. 332, assemblage à crans avec tenon à mortaise ; fig. 333, détails d'assemblage oblique à enfourchement et embrèvement ; fig. 334, 335, 336, assemblages de



Fig. 313

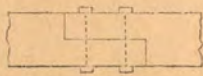


Fig. 314

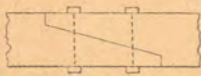


Fig. 315

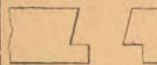


Fig. 316

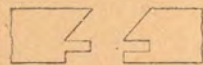


Fig. 317

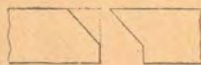


Fig. 318

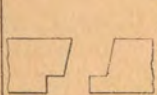


Fig. 319

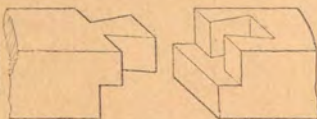


Fig. 320



Fig. 321



Fig. 322

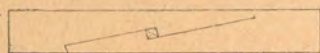


Fig. 323

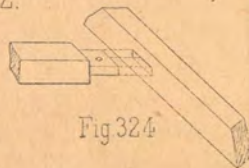


Fig. 324

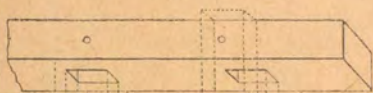


Fig. 325

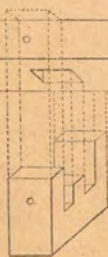


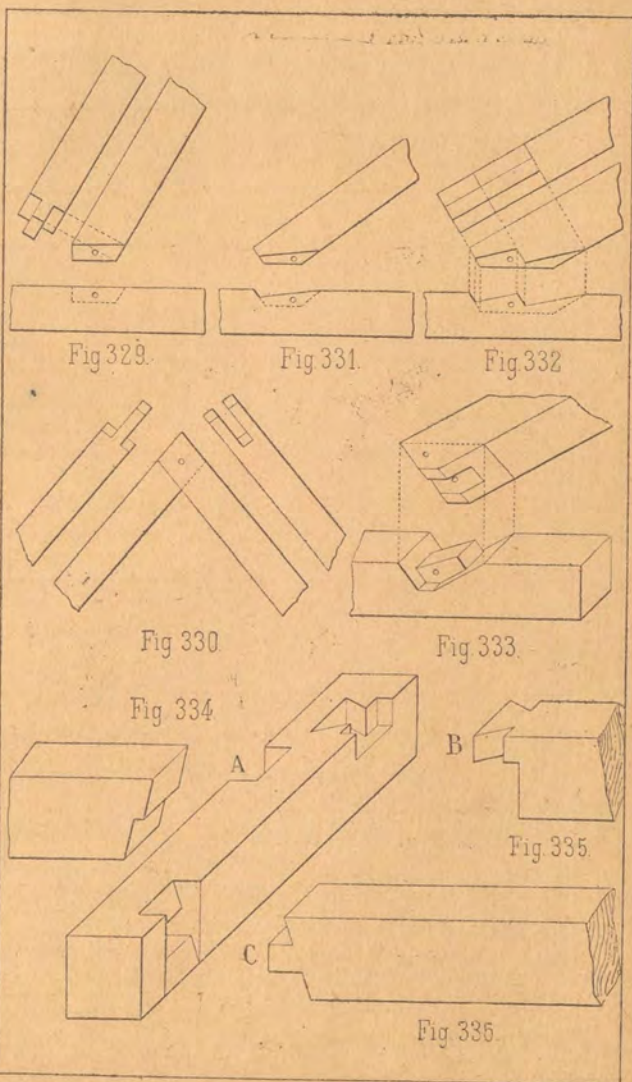
Fig. 326



Fig. 327

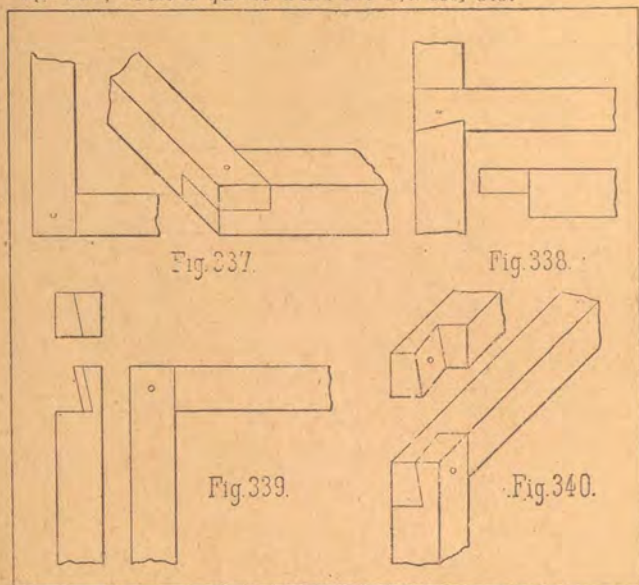


Fig. 328



poutres et solives, A entaillé à double renfort biais, B à queue d'aronde, C à tenon et renfort biais.

Les assemblages d'angle sont celui ; à enfourchement, fig. 330 ; l'assemblage droit par simple entaille à mi-bois, fig. 337 ; à entaille à mi-bois, fausse coupe fig. 338 ; droit à queue d'aronde fig. 339, 340.



Assemblages dans le cas où les axes ne se rencontrent pas

Fig. 341, entaille simple.

Fig. 342, entaille oblique.

Fig. 343, entaille double ou entaille avec endent.

Fig. 344, entaille avec une demi-coupe oblique.

Fig. 345, entailles droites.

Fig. 346, entaille à queue d'aronde.

Fig. 347, endenture simple (comme pourrait être le croisement d'une panne et d'un chevron, par exemple ; l'indenture est triangulaire et recouvre l'arête de la panne).

Fig. 349, on ajoute quelquefois un tenon dans l'indenture.

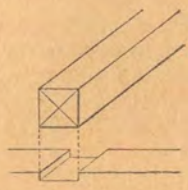


Fig 341.

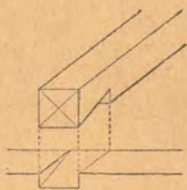


Fig 342.

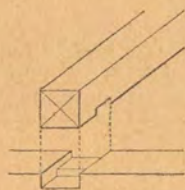


Fig 343.

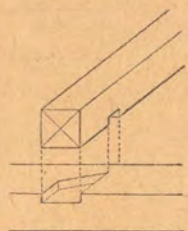


Fig 344

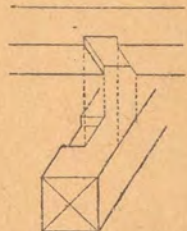


Fig 345.

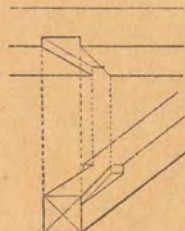


Fig 346

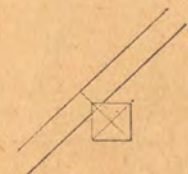


Fig 347.

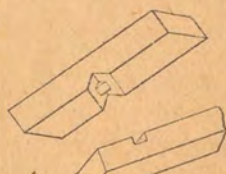


Fig 349.

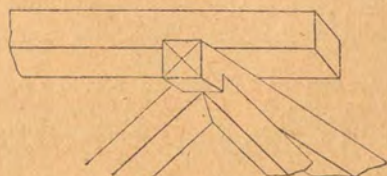


Fig 348.

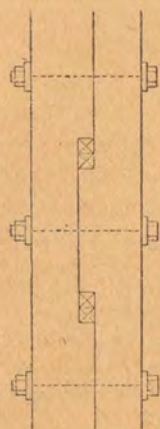


Fig 354.

*Assemblages pour le renforcement de la section
des bois*

C'est la hauteur, généralement qu'il faut augmenter car avec l'augmentation de la hauteur, on a une augmentation de la résistance à la flexion. Dans ce cas, on emploie l'assemblage à *crémaillière* ou à *crans* (arbalétriers, contre-fiches, poutres de plancher).

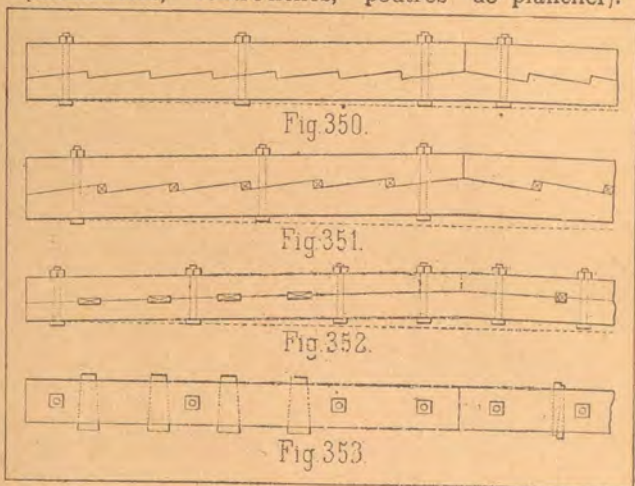


Fig. 350, afin d'augmenter la résistance et aussi pour éviter plus tard une flèche on donne à la poutre, sur chantier, une cambrure de $\frac{1}{60}$ à $\frac{1}{100}$ de la portée.

On l'obtient en chargeant la poutre à ses extrémités pendant qu'on la construit sur trois chantiers, dont celui du milieu est le plus élevé.

Entre les faces des crans, on chasse des coins, fig. 351.

On simplifiera le travail en opérant un serrage par un jeu de clefs, fig. 352, 353.

Dans les pièces de comble, on ne donne pas de flèches.

S'il s'agit d'une pièce verticale on emploie l'assemblage à endents rectangulaires et à clef, fig. 354, page 211

Des planchers

Désignation des pièces qui composent un plancher.
 — Fig. 355. *mp*, maitresse poutre recevant les bouts des solives de remplissage et des poutres d'enchevêtrement dans les grandes surfaces de planchers, afin de reporter le poids sur les points d'appui; *e*, poutres d'enchevêtrement recevant les bouts des chevêtres, des linçoirs, et supportant la maçonnerie des foyers; *c*, che-

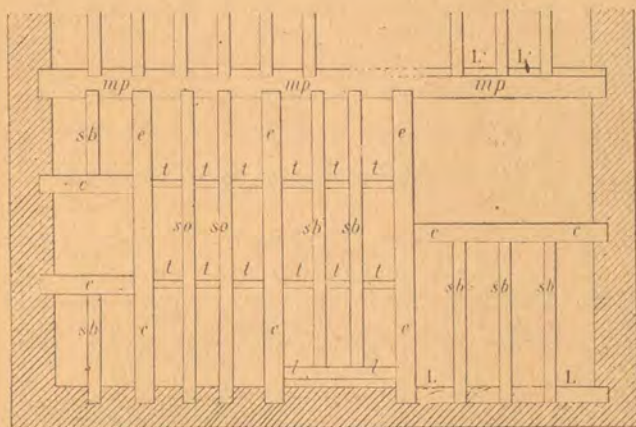


Fig. 355.

vêtre, poutre portant d'un bout sur une solive d'enchevêtrement et de l'autre sur un mur. Elle reçoit les bouts de solives de remplissage. Les chevêtres sont placés près des jambages de cheminées ou pour ménager des vides de l'empoutrement; les linçoirs *l*, portent sur les poutres d'enchevêtrements, ils reçoivent les bouts de solives de remplissage. Ces pièces sont placées à 0^m,16 des murs et sont destinées à éviter le porte-à-faux des solives qui ne peuvent porter sur les murs, soit à cause de la présence de baies, soit à cause du passage de tuyaux de cheminées.

Toute pièce de bois doit être au moins à 0^m,16 de

la face extérieure d'un conduit de fumée ou d'une cheminée.

L, lambourdes, ce sont des poutres en bois engagées dans l'épaisseur des murs et destinées à supporter les abouts des solives. Cette disposition n'est pas très bonne, parce que les pièces de bois engagées dans la maçonnerie, s'y échauffent et ensuite parce qu'il est mauvais, à cause des tassements possibles, de faire porter sur la lambourde une partie du poids du mur supérieur.

Toute poutre portant dans la maçonnerie doit en être isolée sur trois faces par de la maçonnerie sèche et mieux, doit avoir son about exposé à un courant d'air.

Au lieu d'appuyer les maîtresses poutres sur des lambourdes, on peut les appuyer sur des *corbeaux* de pierre qui pourront recevoir des motifs de décoration.

On pose encore les abouts des poutres sur des sommiers ou semelles de bois destinés à reporter la pression.

so, solives de remplissage ordinaires, portant sur les murs aux deux bouts ou sur la maîtresse poutre.

sb, solives boîteuses, portant d'un bout sur une poutre d'enchevêtrement, ou sur un chevêtre, ou sur un lincoir-t, étrésillons, pièces de bois, chassées à force entre les solives, entre les poutres d'enchevêtrement et destinées à maintenir les écartements et à donner de la rigidité. La fig. 355 représente deux files d'étrésillons au droit des chevêtres.

La fig. 356 représente une lierne, pièce de bois portant des entailles au droit des solives; on y engage celles-ci et on les y retient par des boulons ou des chevilles en bois ou en fer; les liernesservent, comme les étrésillons, à liasonner le plancher.

L', lambourde accolée, fig. 355, 357. On appelle ainsi des pièces de bois reliées à une maîtresse

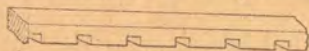


Fig. 356

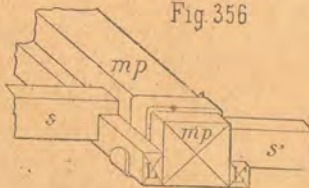


Fig. 357

outre par des boulons et des étriers et sur lesquelles on fait porter les solives. Disposition économique puisqu'elle demande des bois de moindre équarrissage.

Fig. 358. L'étrier, bande de fer plat coudé, contre coudé et à talons, sert à consolider les assemblages de planchers. Il embrasse l'about d'une poutre d'en-

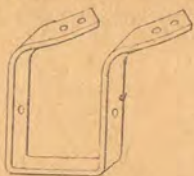


Fig. 358

chevêtre, d'un chevêtre, d'un lincoir, et ses talons sont posés à plat sur la maîtresse poutre et y sont fixées par des clous à bâtiment.

Fig. 359. L'étrier peut embrasser deux pièces de bois et être boulonné à une planche ou semelle placée sur l'une des pièces.

On peut harponner les poutres et les solives d'un plancher en bois, par le système, fig. 360.

On peut relier une poutre ou une solive au mur sur lequel elle porte par les harpons et corbeaux qui sont à scellement, fig. 361, ou par le harpon à ancre, fig. 362.

La fig. 363. représente un assemblage de solives avec poutres et lam-

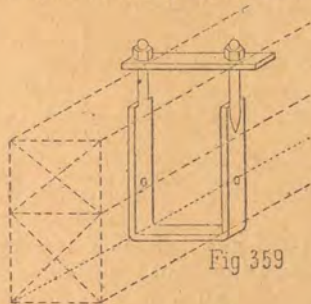


Fig 359



Fig 360

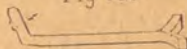


Fig 361

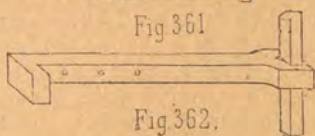


Fig 362.

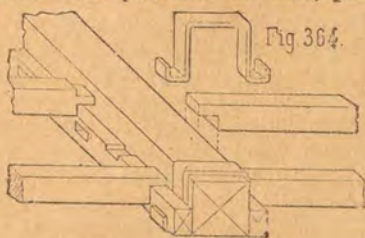


Fig 364.

Fig. 363.

bourdes consolidées par un collier en fer représenté fig. 358

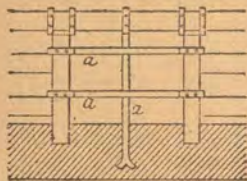


Fig. 365

La fig. 365 indique la construction de la trémie. Ses lignes *a, a, a*, représentent les *bandes de trémie*, dont deux reposent sur des chevêtres et l'autre sur la poutre d'enchevêtrement. Elles porteront le massif sur lequel sera l'âtre.

Planchers en fer

Dans une poutre en fer, fig. 366, les parties horizontales s'appellent tables ou ailes et la partie verticale s'appelle âme.

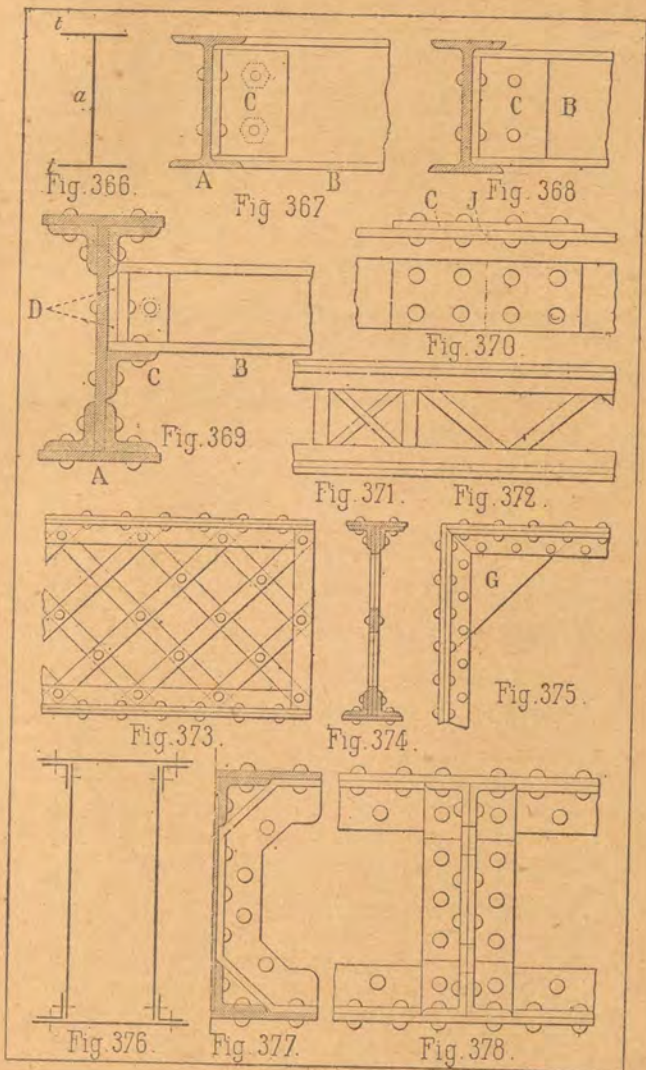
Fig. 367, assemblage de deux pièces de même hauteur; souvent on fait tomber les parties des tables de B au droit des ailes de A et il n'y a que l'âme de B qui porte sur l'aile inférieure de A. Cette manière est défectueuse, il est préférable de prendre pour B une poutre de moindre hauteur, fig. 368. La pièce C est une équerre fixée à chaque poutre par deux boulons; on peut la river à l'âme de l'une des deux poutres.

Pour assembler deux poutres d'inégales hauteurs, on peut faire porter la moins haute sur la table inférieure de l'autre ou bien la faire porter sur une cornière C faisant l'office de lambourde accolée, fig. 369.

Lorsque la hauteur de poutre dont on a besoin dépasse les dimensions usitées du commerce, 0, 22 à 0, 25, il est économique de faire une poutre en tôle et cornière comme la *poutre composée* A de la fig. 369.

On appelle *couvre-joint* une plate-bande C fig. 370, destinée à donner à une poutre la résistance qu'elle perdrait par le fait d'un joint J d'une de ses tôles.

L'âme d'une poutre composée peut être *pleine*, c'est-à-dire formée d'une tôle continue, ou être *évidée*, composée de barres disposées en croisillons, fig. 371; disposées en lacet, fig. 372; disposées en treillis, fig. 373 et 374.



On appelle *gousset* une plaque de tôle G, servant à consolider les assemblages d'angle fig. 375.

On appelle *fourrure* une plaque de tôle qui sert à remplir le vide laissé entre deux parties d'un assemblage. Il y a une fourrure en D, fig. 376, entre l'âme de la poutre A et l'équerre.

Si l'on a besoin d'une poutre plus résistante sous une hauteur donnée, on augmente les tables et, pour qu'elles ne se voilent pas, on dédouble l'âme, ce qui donne lieu à ce qu'on appelle la poutre tubulaire fig. 376. On pourrait soutenir les ailes au moyen de montants verticaux, fig. 377 et 378.

Les noms des parties d'un plancher en fer sont les mêmes que ceux des planchers en bois. Les solives ou poutres en fer reçoivent en fabrication une courbure de $\frac{1}{200}$ environ et, quand on les place, on fait en sorte que la concavité soit dirigée vers le vide à couvrir; on appelle cela poser la poutre sur son *raide*.

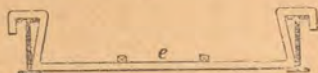


Fig. 379.

Deux solives consécutives portent une *entretoise* e fig. 279, en carillons de 0,014 à 0,020 et sur les entretoises on place des fers refen-

das dits *côtes de vache* ou des carillons de 0,008.

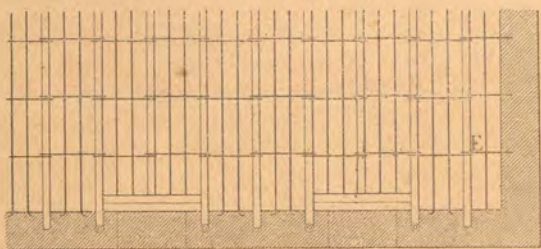


Fig. 380.

Les solives peuvent aussi être réunies par des tirants qui les percent en leur milieu.

Les solives sont placées tous les 0,70 environ, il en est de même des entretoises. La hauteur des solives va-

rie entre $\frac{1}{30}$ et $\frac{1}{35}$ de la portée. On place deux côtes de vache dans l'entre-deux des solives. La fig. 380 représente la disposition d'un plancher en fer. Dans beaucoup de cas on se dispense d'employer un lingoïr au-dessus des baies et on fait porter les solives en fer sur un linteau.

Pour calculer les planchers, on calcule le poids uniformément réparti sur une solive et on détermine sa dimension par les formules de la résistance des matériaux. On calcule ensuite le poids réparti sur les poutres portant les solives, en remarquant que la poutre supporte la moitié du poids total appliqué à chaque solive. Le plus souvent ce poids sera uniformément réparti et il n'y a pas de difficulté pour le calcul de la section de la poutre.

Pour les habitations en construction légère, on suppose une charge totale, compris planchers, de 250 kilog. par mètre carré de planchers; pour constructions solides, 300 kilog.; pour les salles de bal et de réunions, on suppose une charge totale de 350 à 400 kilog. par mètre carré. Pour les édifices publics, on prend 400 à 450 kilog.

Il faut s'assurer s'il n'y a pas de charges distinctes résultant de ce que l'on aurait pris des points d'appui sur le plancher, résultant de charges exceptionnelles; comme il peut s'en trouver dans les ateliers, dans les magasins. Il faudra les évaluer, s'il y a lieu, avec le plus grand soin, pour calculer les dimensions du plancher. Si elles sont passagères, on pourra porter la résistance du fer à 7 ou 8 kilos par millimètre carré de section, si elles sont permanentes, on ne dépassera pas 5 à 6 kilos.

Hourdis de planchers, aires, enduits de plafond

La fig. 381 représente un plancher couvert d'une aire en plâtre sur bardeaux, les solives sont apparentes le vide en est garni par un enduit entrevous. La fig. 382 représente une aire sur un lattis jointif et un pla-



Fig. 381.

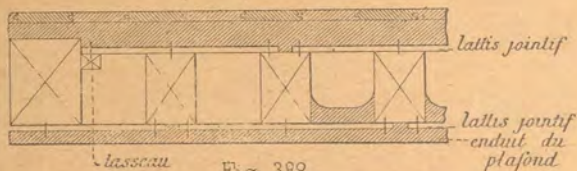


Fig. 382.

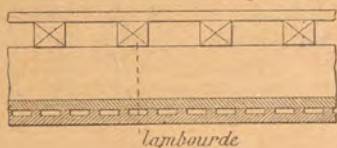


Fig. 383.

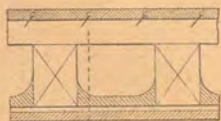


Fig. 384.

parquet lambourde aire

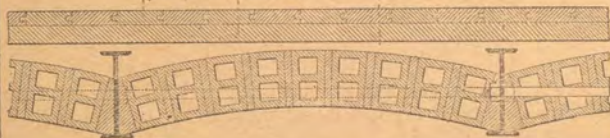


Fig. 385.

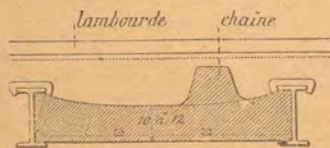


Fig. 386.



Fig. 387.

fond sur lattis jointifs; le plancher se fait creux, comme l'indique la figure pour les trois premières solives ou bien avec auget, comme l'indique la figure entre les deux dernières solives. On fait d'abord le lattis jointif inférieur, on larde les solives de clous à bateaux et, après avoir serré des planches contre le lattis, on coule du plâtre que l'on a soin de relever sur les bords. La façon du lattis supérieur et de l'aire en plâtre suivent. Le plafond se fait au moment du ravalement intérieur.

Le parquet dans ces deux exemples est posé directement sur l'aire, mais le plus souvent on le cloue sur des lambourdes clouées elles-mêmes sur les solives. Les fig. 383, 384, donnent les détails de cette construction.

Les planchers en fer au-dessus des caves sont hourdés en briques pleines ou en briques creuses. Les étages supérieurs sont hourdés en plâtre et plâtras. Les augets sont buttés contre les ailes des solives. Les lambourdes sont placées sur murettes que l'on lie par des chaînes en plâtre de distance en distance. On fait des poteries creuses en terre cuite ou en plâtre que l'on emploie pour hourder les planchers et qui donnent un hourdis moins lourd que celui qui est fait en plâtre et en plâtras.

Combles

On distingue les combles à un *rampant* ou à un *égout* qu'on appelle *appentis*; les combles à deux rampants ou à deux égouts, les fig. 388 et 389 montrent en élévation et en plan les pentes de ces combles; les combles à *pavillon*, fig. 390, 391; les combles *brisés* fig. 392.

Lorsque l'espace à couvrir a plus de 5 mètres dans la direction du faite, on le décompose en *travées* de 3 à 4 mètres par des *fermes* qui sont, en définitive, la charpente destinée à supporter le comble. La fig. 393 représente une ferme dont les pièces reçoivent les noms suivants : *e* est l'*entrait* ou *tirant*; *e'* est un *faux-entrait* dit aussi *entrait retroussé*; *p* est le *poinçon*; *a* sont les *arbalétriers*; *c* sont des *contre-fiches*; il

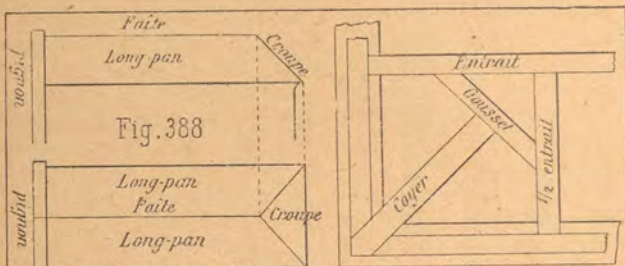


Fig. 388

Fig. 395.



Fig. 389

Fig 390



Fig. 391. h



Fig 392

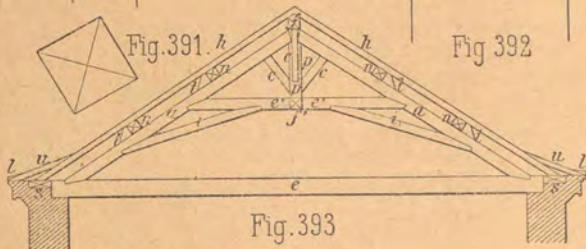


Fig. 393

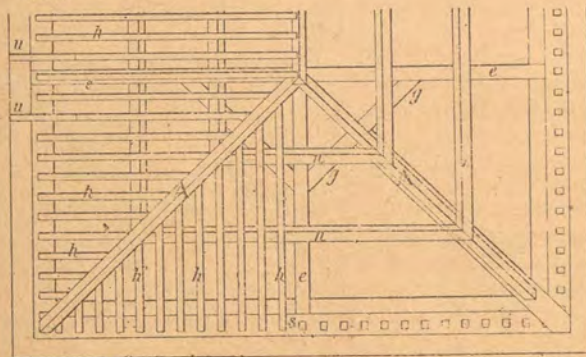


Fig. 394

peut y avoir aussi, dans le sens du faite, des contrefiches, qu'on appelle *aisseliers*, portant sur le poinçon et soutenant le *faitage f*; *f'* appelé *sous-faite* est une pièce parallèle au faitage et entretoisant deux fermes voisines. Les pièces *i* s'appellent *aisseliers*; les pièces *n* sont les *pannes* espacées de 2 ou 3 mètres, elles supportent les *chevrons h* que l'on espace de 0^m,33; ceux-ci portent aussi sur le faitage et sur une *plate-forme* ou *sablière* dans ce qu'on appelle des *pas*, entailles destinées à les empêcher de glisser. Les pièces *t* sont des *échantignolles* fixées à l'arbalétrier par des boulons ou des clous, et destinées à consolider les pannes. Les pièces *u* s'appellent des *coyaux*; ce sont de petits chevrons qui posent, d'une part, sur les chevrons et, d'autre part, sur l'entablement du bâtiment; si leur poussée était à craindre on doublerait la sablière et on ferait porter les abouts des coyaux sur une partie de cette sablière.

Sur le pied des coyaux on fixe la *chanlatte l*, planche de section triangulaire, destinée à recevoir les premières tuiles de l'égout.

On appelle *jambe de force* une pièce de bois portant sous l'arbalétrier au droit d'une panne et reportant la charge sur un entrait ou sur un faux-entrait.

Quand le faitage doit porter sur un pignon à l'endroit où passent les tuyaux de cheminée, on l'arête à la distance de 0^m,17 du *feu* et on le supporte par un chevallement dont le pied est soutenu par une semelle portant sur les pannes. On a soin d'ancrer le faitage.

La fig. 394 représente le plan d'une *croupe droite*, c'est-à-dire une croupe dont la base est perpendiculaire au faite. La pièce A est un *arétier* qui reçoit les abouts des chevrons de long-pan et de la croupe. Le *chevron de croupe*, qui est le plus long de la croupe, s'assemble par le haut sur le poinçon; les autres chevrons *h'* s'appellent *empanons*. Les pannes de croupe sont soutenues par une demi-ferme, dont le plan est parallèle au faitage qu'on appelle *demi-ferme de croupe* et par deux *demi-fermes d'arête*.

g est un *gousset* assemblé dans l'entrait de la ferme de long-pan et le demi-entrait de la demi-ferme de croupe. Il est relié aux sablières par une pièce appe-

lée *coyer*, sur laquelle porte l'about des arbalétriers-arêtièrs.

La fig. 395 donne la liaison d'un gousset avec les sablières au moyen du *coyer*. Dans les constructions légères, on emploie de simples arêtièrs auxquels aboutissent les pannes et sur lesquels on cloue les abouts des chevrons.

Une *croupe biaise* est celle dont la direction est oblique par rapport à la direction du faitage.

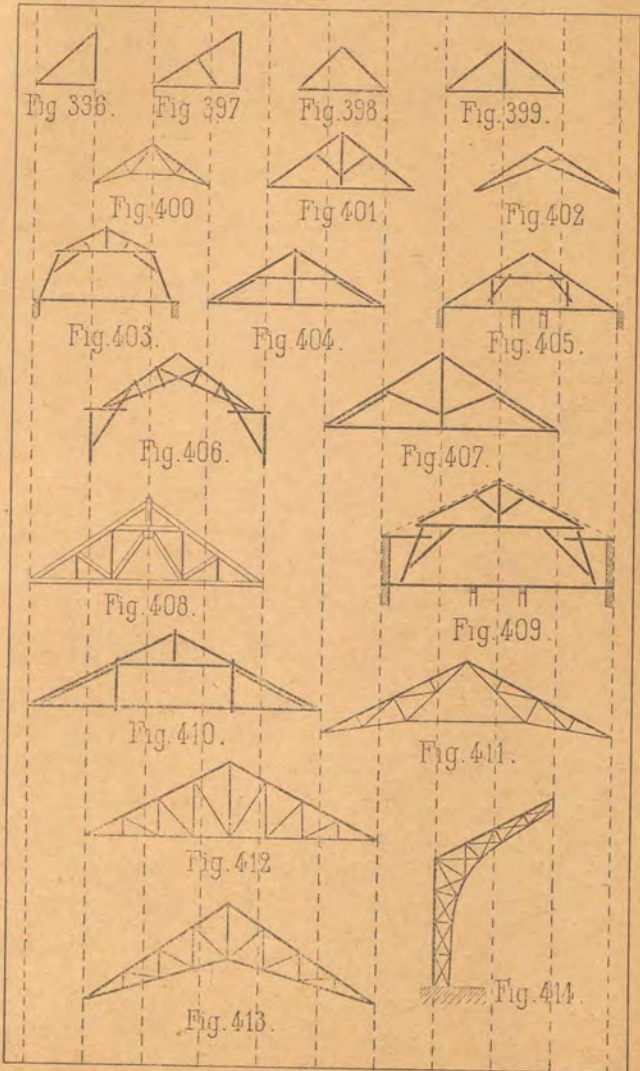
Si deux bâtiments se réunissent angulairement, le pli de la couverture qui forme un angle rentrant s'appelle *noe*. La noe s'établit comme l'arêtièr, mais en observant quelle présente un angle rentrant où l'arêtièr présente un angle saillant.

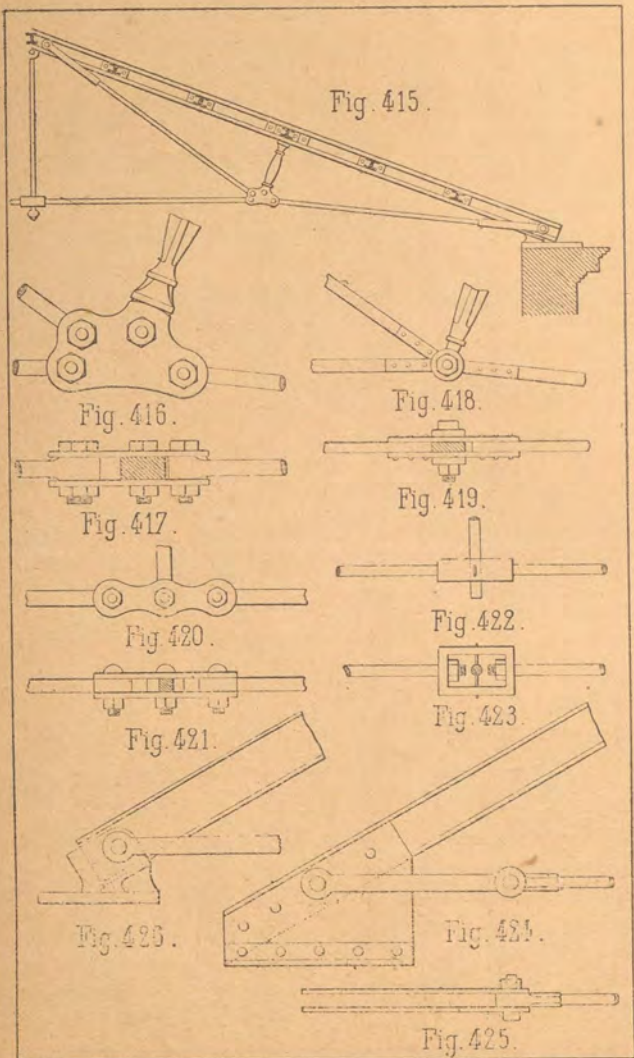
Les figures 396 à 414 sont disposées sur des droites parallèles dont la distance figure 5 mètres environ, de telle sorte que l'on peut se rendre compte de la disposition des types de combles qui y sont représentés.

Fig. 396, appentis, composé d'un entrait, d'un arbalétrier et d'un poinçon. On supprime quelquefois cette pièce. — Fig. 397, appentis avec jambe de force soulageant l'arbalétrier. — Fig. 398, comble à deux égouts, deux arbalétriers et un entrait. — Fig. 399, l'entrait est soulagé par un poinçon. — Fig. 400, fermes du comble dit *comble Polonceau*, c'est un comble retroussé ayant deux arbalétriers en fer ou en bois, deux *bielles* ou *poinçons* en fonte ou en fer pour soulager les arbalétriers, deux tirants en fer par poinçon et enfin un tirant en fer pour tenir la poussée au vide des arbalétriers.

La fig. 415 est la représentation d'une ferme Polonceau à un poinçon : 416 et 417 sont les détails de l'articulation de la bielle et des tirants, 418 et 419 autre genre pour cette articulation. — Fig. 420 et 421 sont les détails d'emmanchement du support du tirant horizontal. — Fig. 422 et 423, donnent un autre mode d'attache, avec possibilité de tendre ce tirant. — Fig. 424 et 425 sont les détails d'un sabot en fer et 426 détail d'un sabot en fonte.

La ferme fig 401, est la même que la ferme fig. 399, mais l'arbalétrier est soulagé par deux contre-fiches. La fig. 427 en est un exemple; dans cette figure le





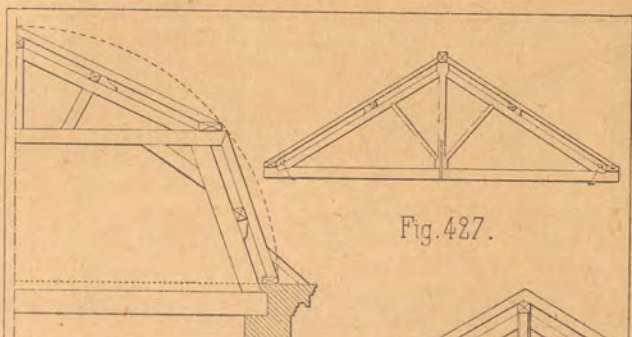


Fig. 427.

Fig. 428.

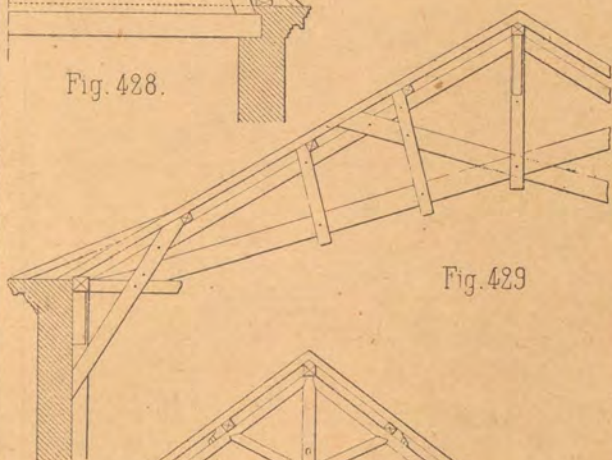


Fig. 429

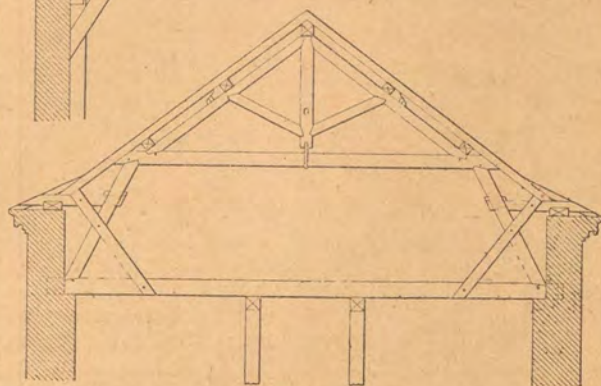
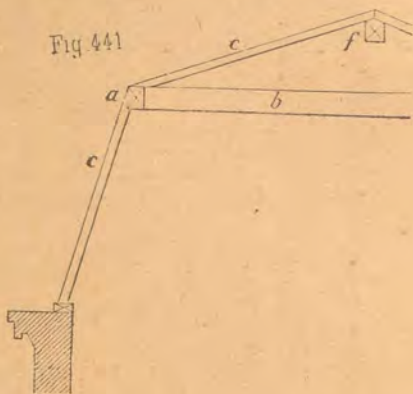
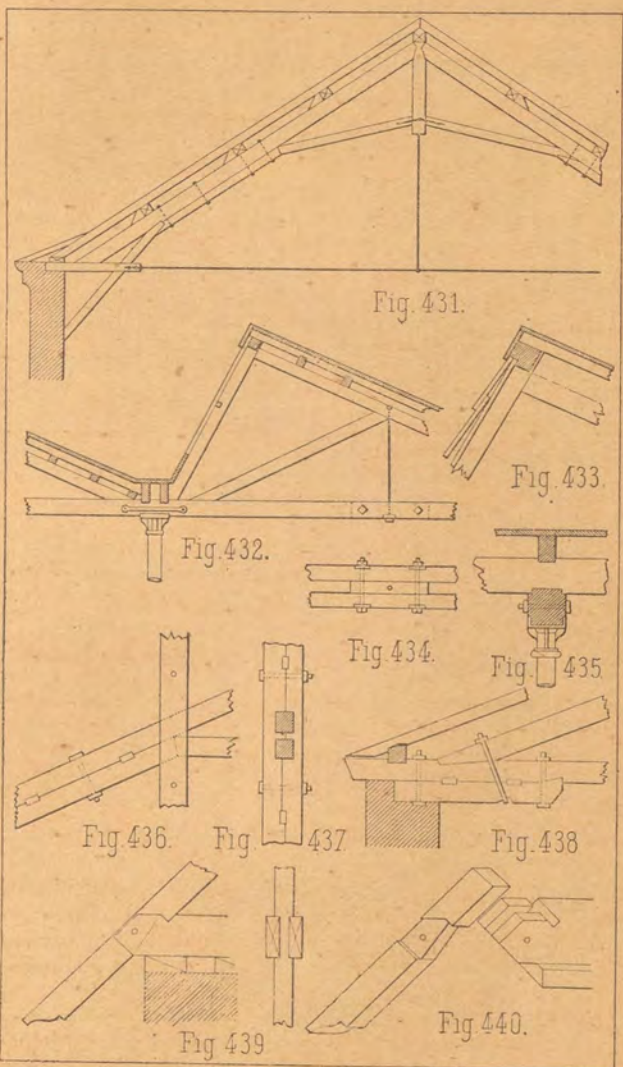


Fig. 430.

poinçon a des épaulements où aboutissent les arbalétriers et les contre-fiches. La fig. 402, représente une ferme de comble retroussé. La fig. 403, représente la ferme du comble à la Mansard; la partie supérieure est le *faux-comble*, analogue au comble fig. 399, avec deux *jambettes* pour soutenir l'arbalétrier. Le faux-comble est supporté par deux jambes de force, portant elles-mêmes sur un entrait et le trapèze est rendu indéformable au moyen de deux aisseliers. Cette partie s'appelle le *brisis*; elle est complétée par les pannes et chevrons de brisis. La fig. 428 en donne un exemple détaillé. Dans les constructions légères ou dans celles qui sont comprises entre deux pignons, la jambe de force sert de chevron de brisis fig. 441.



La fig. 404, représente une ferme avec *faux-entrait* ou *entrait retroussé* soutenu directement par le poinçon, deux sous-arbalétriers et un entrait rattaché au poinçon par un tirant en fer. La fig. 405, est celle d'une ferme dont l'entrait est supporté inférieurement; les arbalétriers sont soulagés par des jambes de force; des aisseliers moisés soulagent le faux-entrait. La fig. 406, est celle d'une ferme d'un comble retroussé où les arbalétriers et les faux-arbalétriers s'assemblent chacun sur un entrait réduit à deux blochets, qui re-



posent sur une jambe de force. Une moise aisselière rend indéformable la figure formée par la jambe de force, le blochet et les arbalétriers, lesquels sont encore consolidés par des moises pendantes. La fig. 429 en donne le détail.

La fig. 408 est la représentation d'une ferme système *Palladio*, composée de pièces de bois de moyennes dimensions pour les pièces comprimées et de tirants en fer pour les pièces tendues; ces diverses pièces sont assemblées à l'aide de sabots métalliques.

La fig. 409, est celle d'une ferme pour un comble dont la partie inférieure est habitable. Des moises rendent indéformable la figure formée par l'entrait inférieur, la jambe de force et le blochet. Exemple détaillé fig. 430.

La fig. 410, montre un entrait soutenu par deux moises pendantes. La fig. 411, est une ferme du type Polonceau à contre-fiches. Les fig. 412 et 413, sont des *fermes américaines*.

Les combles en fer s'exécutent en poutres pleines, en poutres en treillis, en poutres composées de simples fers du commerce. Ce dernier mode de construction se prête à une grande économie pour les grands ateliers où l'on n'a pas à craindre l'influence de vapeurs facilitant l'oxydation. Les pièces comprimées sont de simples cornières, les pièces tendues sont en fer plat, les arbalétriers sont composés de deux fers en U recevant dans l'intervalle qui les sépare les abouts des tirants et contre-fiches de la charpente.

Les combles en fer ont facilement des portées allant jusqu'à 50 mètres. Le comble en bois du manège de Moscou a 40 mètres environ de portée, mais cela paraît être une limite pour le bois.

Les bâtiments de l'Exposition de 1889, en construction actuellement, offrent des exemples très intéressants de combles de très grandes portées, les plus grandes que l'on ait employées jusqu'à ce présent.

On a imaginé des fermes sans entrait. Celles qui sont en bois sont formées d'arcs supportant les arbalétriers. Elles sont de deux types principaux, le type créé par Philibert Delorme et le type créé par le colonel Emy. Ils se prêtent aux grandes portées. Les fermes sans entrants métalliques sont bien plus éco-

nomiques: citons la ferme de Dion fig. 414, dont le pied est encastré dans le sol.

La fig. 431, est l'exemple d'une ferme de 10 à 15 mètres de portée, faite avec des pièces de bois de petites dimensions. Le tirant, au lieu d'être en bois, est en fer et réunit les deux entrails fractionnés en bois.

Les fig. 432 à 435, sont l'ensemble et les détails des combles d'ateliers appelés *sheds*, prenant jour par le versant dirigé vers le nord.

Fig. 436, 437, assemblage de faux-entrails et de sous-arbalétriers à joint plat : jumelage du sous-arbalétrier et de l'arbalétrier, moises pendantes jumelées.

Fig. 438, entrail et sous-entrails jumelés, réunis à l'arbalétrier par des *étriers* en fer.

Fig. 439, 440, assemblage d'un chevron pendant.

Nous avons vu, aux assemblages de charpentes, comment on fait les grandes pièces de charpente composées.

Les combles en bois sont contreventés par des *liernes* parallèles au faitage et embrassant les poinçons des fermes successives, ou par des croix de Saint-André composées de liernes attachées aux pannes.

Les fig. 442, 443 représentent un brisis en pan de fer et son hourdis.

Les poutres armées sont des combinaisons de charpentes analogues à celles des fermes. Les fig. 444 à 447, représentent une poutre composée de cinq pièces, dont celle du milieu joue le rôle d'entrail et dont les quatre autres forment deux systèmes d'arbalétriers.

Les fig. 448, 449 représentent le principe de poutres armées, composées d'un entrail en bois ou en fer, de poinçons en bois ou en fonte et de tirants en fer.

Lucarne en arc de décharge, fig. 450 à 452. ce chevrons de jouée assemblés dans les poteaux *p.* — *l* linçoir, recevant les chevrons courants, s'assemblant



Fig 442

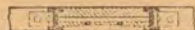
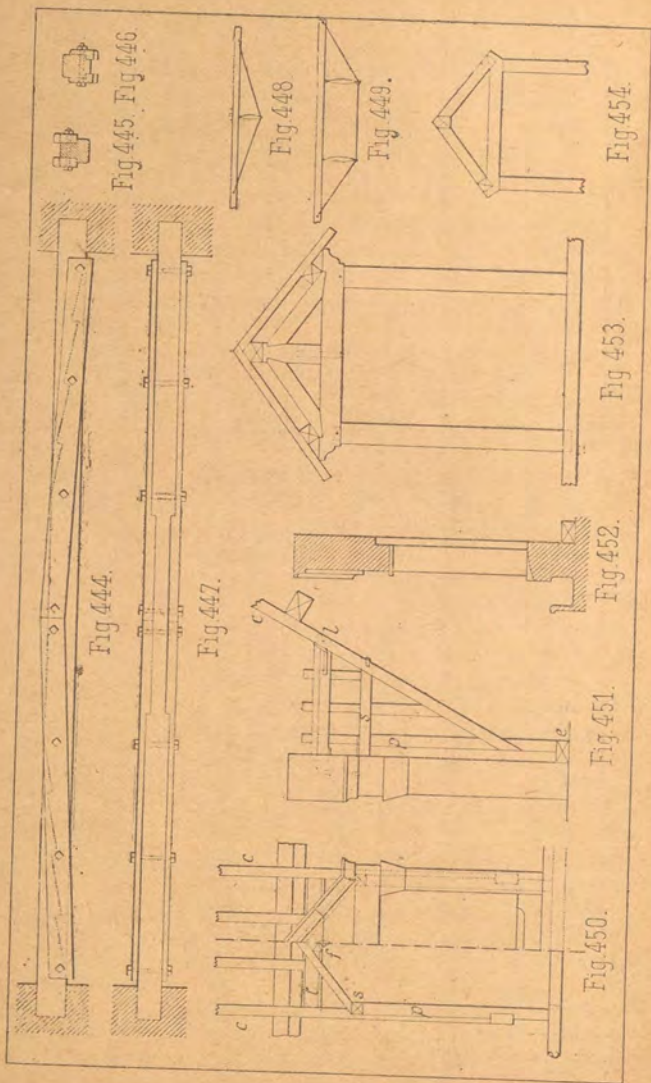


Fig 443



Disposition générale d'une ferme avec lanterne.

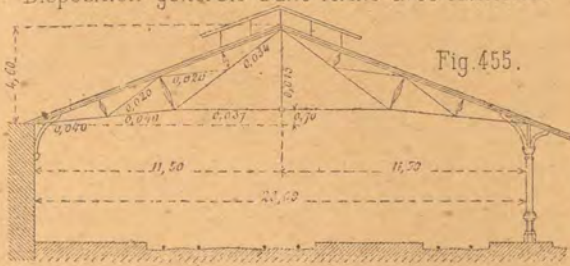
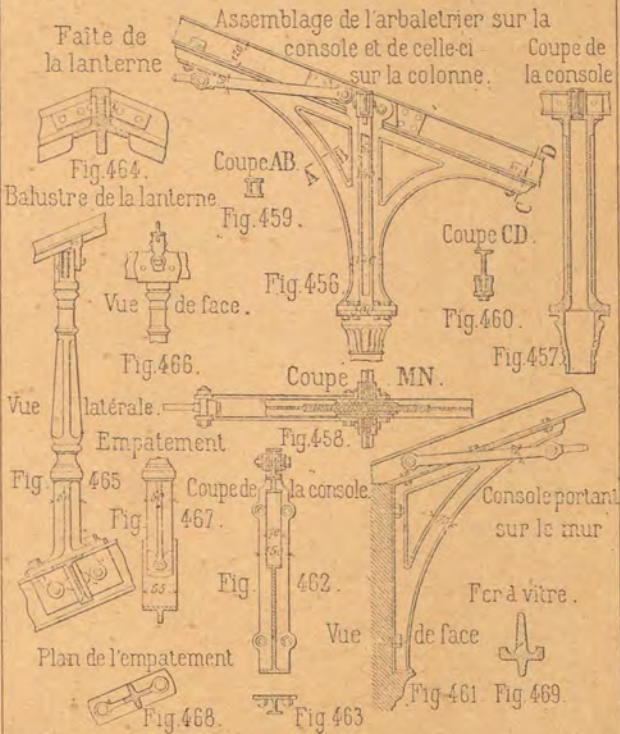


Fig. 455.



Faites de la lanterne

Assemblage de l'arbalétrier sur la console et de celle-ci sur la colonne.

Coupe de la console



Fig. 464.

Balustre de la lanterne



Vue de face.

Fig. 466.



Fig. 465.

Plan de l'empiement



Fig. 468.

Coupe AB.

Fig. 459.

Fig. 456.

Coupe MN.

Fig. 458.

Coupe de la console.

Fig. 463.

Vue de face

Fig. 463.

Coupe CD.

Fig. 460.

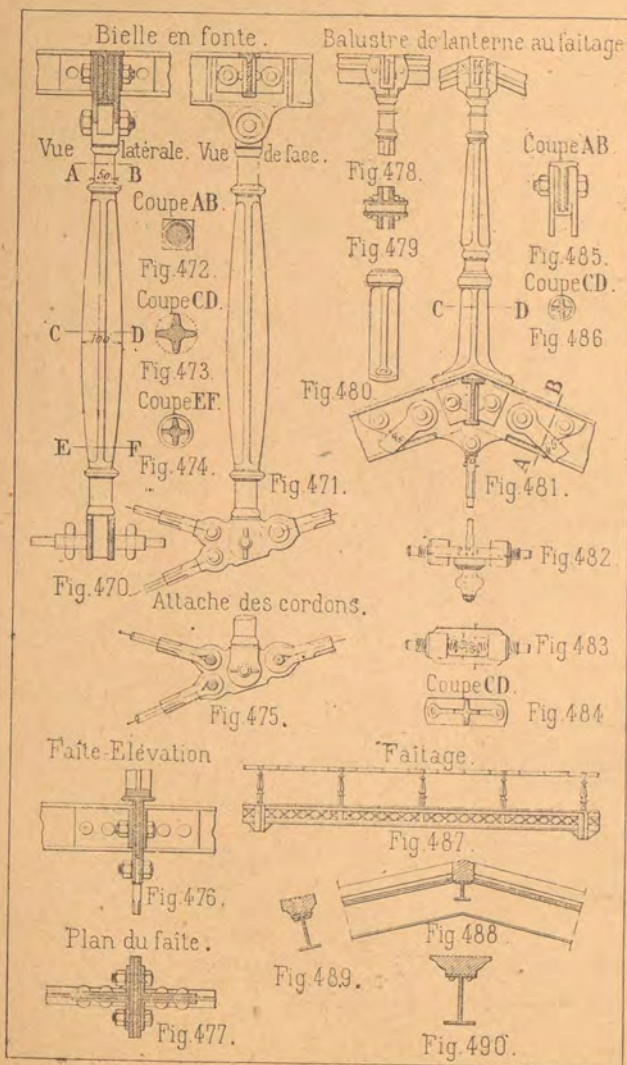
Fig. 457.

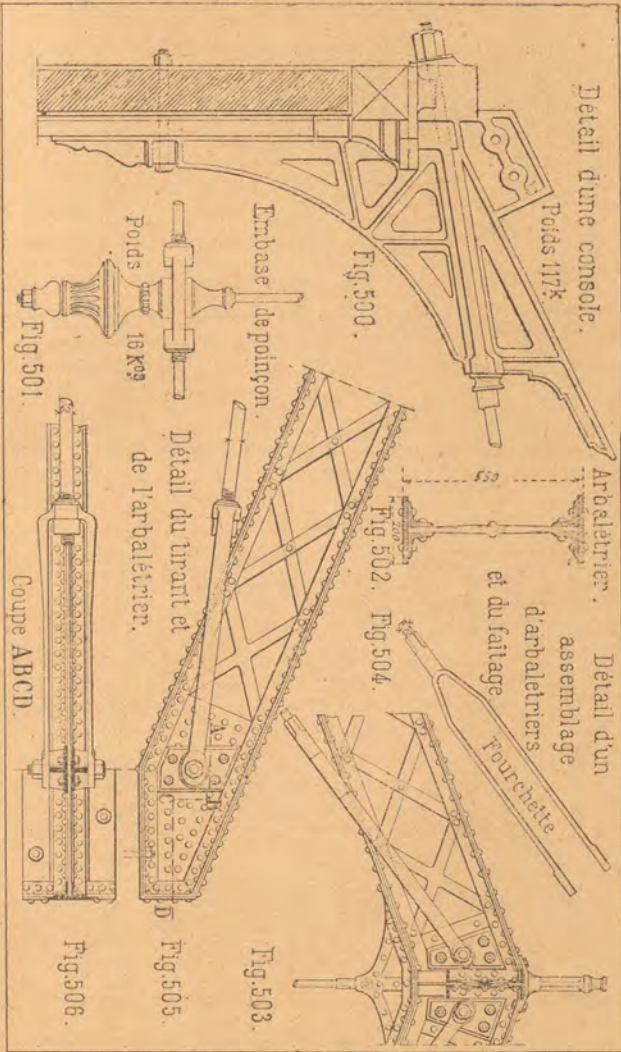
Consolle portant sur le mur

Fer à vitre.

Fig. 461.

Fig. 469.





dans les chevrons de jouée et servant de point d'appui au faitage *f* de la lucarne. Ce faitage est ancré dans le dernier joint. — *s* sont les sablières assemblées à embase avec les chevrons de jouée et ancrées dans le joint de linteau. La sablière de la charpente est entaillée au droit des jambages en maçonnerie de la lucarne ou bien elle est supprimée au droit de la lucarne et les abouts sont réunis par des plates-bandes noyées dans un joint de la maçonnerie.

Les fig. 453, 454 représentent un autre type de lucarnes en bois.

Les fig. 455 à 506 donnent des dispositions d'ensemble et de détail de combles en fer surmontés d'une lanterne.

Escaliers

Dans un escalier, on distingue : la *cage* formée par les murs qui soutiendront l'escalier ou ses points d'appui et le *limon*, pièce de bois rampante recevant un about de chaque marche dans un encastrement. Le limon, plus généralement, prend la forme d'une crémaillère; sur chacune des parties horizontales des crans on visse un about d'une marche. Le limon s'appelle alors *crémaillère*. L'about d'une marche, opposé à celui qui est porté par le limon, est généralement scellé dans la maçonnerie de la cage ou porte sur un *faux limon* posé contre le mur; et, dans tous les cas, un *boulon d'écartement*, dont un bout est scellé dans le mur, maintient le limon à sa place.

Pour la marche, fig. 507, 508, 509, on distingue le *gi-*

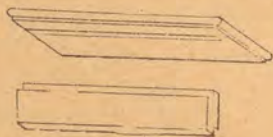


Fig. 507.



Fig. 508.

Fig. 509.

ron et l'*emmarchement*, le giron est sa largeur comptée au milieu; largeur de 0,25 dans les escaliers moyens

(non compris la moulure qui termine la marche et fait saillie) et de 0,30 à 0,45 dans les grands escaliers. L'embranchement est la longueur de la marche.

La marche porte au-dessous et près de l'*astragale* une rainure où vient s'engager la languette de la *contre-marche*, planche verticale qui s'applique à onglet sur les parties verticales de la crémaillère.

La hauteur de marche varie de 0,13 à 0,17 pour les escaliers faciles à monter; 0,19 est un chiffre exceptionnel pour les maisons d'habitation. Les escaliers de cave en pierre peuvent avoir 0,20, 0,21.

La *rampe* ou *volée* d'escalier est une suite non interrompue de marches. Le *palier* ou *repos* est un giron étendu, sur lequel on doit pouvoir faire un pas et dont le but est de reposer pendant l'ascension. Le palier est plus spécialement le giron où l'on stationne avant d'entrer dans les appartements.

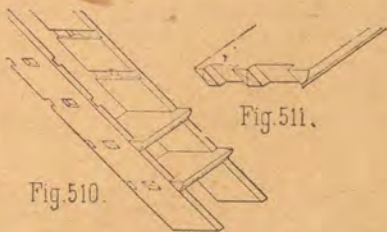
La première marche du rez-de-chaussée est posée sur le sol, elle sert de base au limon; on la termine du côté du limon par une volute. Elle est souvent en bois si le rez-de-chaussée est planchéié; dans d'autres cas, elle est en pierre.

On appelle mur d'*échiffre*, le mur rampant sur lequel porte le limon. Le *quartier tournant* reçoit aussi le nom d'échiffre.

L'escalier *échelle de meunier* est celui où l'on n'emploie pas de contre-marches, et dont les rampes sont droites, fig. 510, 511. Ils servent pour monter aux greniers.

Dans un escalier un peu soigné à rampe droite, il faut ménager un repos au milieu, si cela est possible, afin d'éviter le vertige qui prend certaines personnes en descendant.

Les escaliers dont un limon est dégagé, s'appellent *escaliers suspendus*. On distingue les escaliers à *rampes droites à jour*, suite de plusieurs rampes droites,



interrompues par des paliers et laissant un vide entre elles. Les escaliers à *quartier tournant* ont même disposition, mais les alignements des limons sont réunis par des parties circulaires. Les escaliers *ronds suspendus, vis à jour*, sont ceux dont la projection du limon intérieur est une demi-circonférence. L'*escalier en fer à cheval* est celui dont le limon se projette suivant un arc de cercle plus grand qu'une demi-circonférence.

Lorsqu'une rampe tourne, si l'on mettait toutes les marches perpendiculaires à la *ligne de foulée* (ligne passant par le milieu des marches), il arriverait qu'auprès d'une courbure du limon, les marches tournantes auraient trop peu de largeur, ce qui rendrait la montée difficile et la descente dangereuse. De plus le limon aurait une forme disgracieuse. Pour éviter ces inconvénients, on fait le *balancement* des marches, c'est-à-dire on répartit sur un certain nombre de marches droites sur le limon, les effets du tournant. Supposons que l'on ait développé la ligne passant

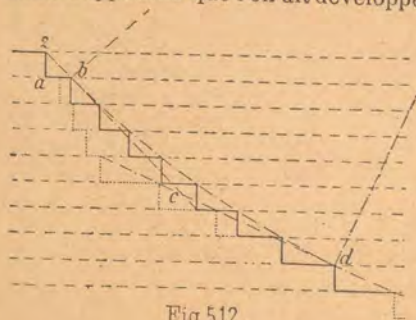


Fig. 512.

par les sommets des angles des marches à l'endroit du limon; on obtiendrait une figure analogue à celle qui est pointillée, fig. 512, et qu'il est d'ailleurs inutile de tracer entièrement

ment pour les marches droites convenables.

Portons de *a* en *b* la longueur qu'il paraît convenable d'attribuer à la première marche du tournant considéré, joignons $2b$ et prenons $cd = bc$. Elevons ensuite en *b* et *d* des droites respectivement perpendiculaires aux droites *bc* et *cd*; leur point de rencontre est le centre de l'arc de cercle qui limite les largeurs des marches. Après quelques essais, on obtiendra une bonne solution.

Les bois des quartiers tournants sont nécessairement affaiblis, aussi a-t-on soin de *ferrer* les escaliers au moyen de *plates-bandes* que l'on loge dans des entailles au limon, près des joints des pièces du quartier tournant. Ces mêmes pièces sont d'ailleurs consolidées par un boulon de serrage.

Afin de rendre les escaliers incombustibles, on les fait en pierre. Les marches d'escaliers en pierre sont pleines, c'est-à-dire offrent un giron, un joint et une douelle pris dans la même masse.

On fait encore les marches d'escaliers en pierre en plusieurs parties et d'une construction analogue à celle des marches en bois.

Depuis quelques années on fait des limons d'escaliers en fer, supportant des marches en pierre.

La dernière marche d'une volée, en montant, s'appelle *marche palière*. Elle a pour longueur la largeur de la cage et se scelle dans les murs de la cage à ses deux extrémités. Elle sert de point d'appui aux deux limons des rampes qui y aboutissent et reçoit dans une rainure la languette de la première contre-marche de la rampe ascendante.

Les escaliers se posent après le ravalement général, mais avant le ravalement de la cage. Pour préserver les marches des chocs, on cloue légèrement sur le bord une *tringle* que l'on n'enlève qu'après les travaux de peinture, au moment du rabotage des marches.

De la Série des prix

Le règlement des travaux se fait de deux manières principales, soit à forfait et d'après un devis descriptif et estimatif fait *a priori* par l'architecte et adopté par les parties; soit à la Série des prix et d'après un métré et une constatation par *attachements* des fournitures et des travaux cachés; de ce métré résultent des mémoires descriptifs et estimatifs qui sont soumis à la vérification des architectes.

La base des devis et des mémoires est la Série des prix qui contient, tout au moins, l'estimation relative

des travaux, et dont les prix peuvent subir, à la conve-
nance des contractants, une réduction d'un tant pour
cent sur l'ensemble des prix se rapportant à une même
espèce de travaux.

La *Série officielle des travaux de la Ville de Paris*
est celle qui a été publiée en 1882, au moment où les
travaux de construction s'arrêtèrent brusquement
après une période de prospérité considérable.

Elle comprend dix chapitres : 1° la Terrasse et la
Maçonnerie ; 2° la Charpente en bois ; 3° la Couverture
et la plomberie ; 4° la Menuiserie ; 5° la Serrurerie et
la Quincaillerie ; 6° les Paratonnerres et les Sonneries ;
7° la Fumisterie ; 8° la Marbrerie et le Stuc ; 9° la Pein-
ture et la Vitrierie ; 10° le Pavage, le Granit et l'As-
phalte.

Chaque chapitre est divisé en deux parties : l'une
comprend les *prix élémentaires* et l'autre, les *prix*
composés, prix d'application ou de *réglement*.

Les prix élémentaires comprennent les *déboursés*
faits sur les divers éléments dont se composent les tra-
vaux : le prix de la journée, des heures et des dépla-
cements des ouvriers de diverses catégories ; le prix des
matériaux, non façonnés, apportés à pied-d'œuvre et
majorés de 1 % sur les cours pour les doubles trans-
ports, pour la serrurerie, les paratonnerres et les son-
neries.

Les prix composés comprennent :

1° Les déboursés pour la main-d'œuvre et pour les
fournitures ;

2° Les faux-frais appliqués à la main-d'œuvre seule-
ment ;

3° Le bénéfice appliqué au prix des fournitures, de
la main-d'œuvre et aux faux-frais.

Il est accordé pour les faux-frais et le bénéfice ;

	Faux-frais	Bénéfice
Terrasse.	5 0/0	10 0/0
Maçonnerie.	15 0/0	10 0/0
Charpente.	15 0/0	10 0/0
Couverture et Plomberie	12 0/0	10 0/0
Menuiserie	15 0/0	10 0/0
Serrurerie, Quincaillerie.	20 0/0	10 0/0

	Faux-frais	Bénéfice
Paratounerres, Sonneries.	20 0/0	10 0/0
Fumisterie.	20 0/0	10 0/0
Marbrerie.	15 0/0	10 0/0
Peinture, Vitrerie	15 0/0	10 0/0
Pavage	10 0/0	10 0/0

Outre une estimation comparative des divers travaux, la série de prix impose les conditions qu'ils doivent remplir dans leur qualité, dans leur mise en œuvre, la manière dont ils doivent être constatés et évalués.

Elle peut servir à évaluer les travaux à faire dans une localité pour laquelle on connaîtrait une série de prix élémentaires. Connaissant ces derniers, pour en déduire les prix composés, il faut faire, pour tout ouvrage déterminé, ce qu'on appelle le *sous-détail*.

*Exemple du sous-détail de la maçonnerie
de brique de Bourgogne*

(Joints de 0^m,007)

Aux prix élémentaires, on trouve :

N ^o 11, 12 Briqueteur et aide (0 ^h ,85+0 ^h ,50) l'heure	1 fr. 35
N ^o 60, Brique de Bourgogne 1 ^{re} qualité, le mille	82 fr.
N ^o 278, Plâtre ordinaire et fin, prix moyen, le mètre cube.	20 fr.

Le sous-détail s'établit comme l'indique le tableau suivant qui, par sa simplicité, n'a pas besoin d'explications.

Briques de Bourgogne (69) de 0,054 × 0,11 et 0,22

	BRIQUES		PLATRE (278)		LITIGATEUR et aide (11, 12)		Enlèvement des gravois		Faux frais		Ensemble	Bénéfice 10 0/0	Produit
	quantité	prix du mille	quantité	prix du m ³	temps employé	prix de l'heure	quantité	prix	sur	soit			
Pour massifs et murs fondation	620 à 82 fr.		0 ^m 200 à 20 fr.	4 fr. 000	9 h. à 4 fr. 35	0 ^m 045 à 3 f. 48	12 fr. 202	12 fr. 202	68 fr. 872	6 fr. 887	75 fr. 759		
	50 fr. 840		4 fr. 000	12 fr. 450	12 fr. 450	0 fr. 052	1 fr. 83	1 fr. 83			75 fr. 75		
Pour murs en élévation à 10 m. réduits de hauteur	620 à 82 fr.		0 ^m 200 à 20 fr.	4 fr. 000	40 h. à 4 fr. 35	0 ^m 045 à 3 f. 48	13 fr. 532	13 fr. 532	70 fr. 425	7 fr. 043	77 fr. 468		
	50 fr. 840		4 fr. 000	13 fr. 500	13 fr. 500	0 fr. 052	2 fr. 033	2 fr. 033			77 fr. 45		
Pour voûte en berceau, hourdis de planchers, de comble et de poitrails, compris scellement et descellement des cintres.	620 à 82 fr.		0 ^m 230 à 20 fr.	4 fr. 600	11 h. à 4 fr. 35	0 ^m 060 à 3 f. 48	15 fr. 083	15 fr. 083	72 fr. 758	7 fr. 276	80 fr. 034		
	50 fr. 840		4 fr. 600	14 fr. 850	14 fr. 850	0 fr. 20)	2 fr. 239	2 fr. 239			- 0 fr. 05		

TROISIÈME PARTIE

RÉSUMÉS SUR L'ARCHITECTURE

Du Beau

L'architecture est, de tous les arts, celui qui tient la plus grande place dans les transformations de l'humanité, parce qu'elle fixe les proportions et les dimensions des édifices, petits ou grands, simples ou magnifiques, où s'agitent les passions et les intérêts humains; et les monuments sont des pages d'histoire retraçant les mœurs anciennes et les événements des temps écoulés.

Comme toutes les vérités se tiennent, c'est le même idéal qui préside aux actions nobles et aux belles œuvres. Le beau sous toutes ses formes, le beau moral, le beau intellectuel, le beau esthétique, c'est ce qui rattache l'homme à la vie, à son œuvre, à l'humanité, et le guide au milieu des événements les plus invraisemblables. C'est par le reflet du beau qu'elles peuvent porter en elles, que seront jugées les œuvres de notre siècle vieilli, qui a tant remué d'idées et auquel la science a livré tant de découvertes utiles.

Bien que les limites de cet ouvrage soient hors de proportion avec le sujet, il est permis—touchant à l'architecture, art qui met tous les autres en valeur,—de parler, même brièvement, du beau d'où vient précisément la raison des belles formes et il est néces-

saire de dire, en tous cas, que le goût n'est point le partage naturel de certains privilégiés, mais bien qu'il s'acquiert et se développe comme toute les facultés.

Le beau n'est pas définissable, parce que d'une part, on ne peut définir les notions premières; la force, le temps, l'espace, le beau, constituent des notions susceptibles de développement et d'application, mais irréductibles. D'autre part, l'absolu nous échappe et le beau, comme l'infini des mathématiciens, ne peut trouver complètement sa place dans notre intelligence. Mais nos impressions, notre raison, nous apprennent que le beau est; dès lors il a des propriétés, des qualités, des facultés, par lesquelles il nous saisit et se fait connaître.

Ce n'est pas par intuition, ni par le seul intermédiaire des sens que le beau se révèle à nous; la raison joue incontestablement le premier rôle dans l'admiration des choses. Il faut mettre de côté les pensées et les sentiments conventionnels qu'il est de mode d'exprimer dans des milieux où l'idée végète, et il faut remarquer que la divergence des jugements indépendants portés sur les mêmes sujets, provient de ce que les hommes ne sont pas élevés jusqu'à la même délicatesse d'appréciation, de ce que les hommes diffèrent bien plus par la noblesse de leurs pensées et la raison, qu'ils ne diffèrent par les sens.

Ce n'est pas par intuition qu'un sculpteur fait une belle statue, et l'impression de beauté qu'elle produit n'est pas intuitive. Le jour de l'inauguration d'une statue, le public s'est rappelé quel fut le héros que l'on veut honorer et s'est fait une idée sur la manière dont il faut le représenter. Quand le voile tombe, c'est un sentiment d'admiration qui fait explosion, si la statue rend le type du héros tel que la foule l'a compris. Dans le cas contraire, la foule insuffisamment préparée reste muette; et cependant la statue peut être belle, mais sa beauté n'apparaîtra qu'à ceux qui se pénétreront des pensées de l'artiste.

Dans les choses d'art l'engouement est bientôt suivi de la satiété, quand la raison fait voir des fautes dans l'ensemble, ou quand elle montre un manque d'har-

monie des détails avec l'ensemble; et un homme ayant quelque souci de sa dignité ne saurait, dans aucun cas, porter un jugement sans examen approfondi.

Donc une chose n'est belle qu'autant qu'elle peut supporter l'enquête répétée de la raison, et on doit dire que le beau est dans l'expression du vrai et que les choses recevront une empreinte de beauté par le caractère même de convenance à leur destination. Il est donc faux de dire que les manifestations du beau sont intuitives, ce serait attribuer à un capricieux hasard ce qui est le résultat du travail de l'intelligence; ce serait nier ce fait historique que les hommes se sont tous inspirés sainement des mêmes principes, si non des mêmes formes où l'indépendance de chacun est entière. On se forme au beau et au bien où l'on se laisse aller au laid et au mal. C'est par l'éducation et par de longues et fortes études des modèles que se fortifie la raison, que se développe le bon goût, que se forme le talent et que s'acquiert la facilité qui résulte de l'habitude de concentrer fortement la pensée sur un sujet et de donner une forme aux idées.

Le programme

Avant de commencer le travail de la composition il faut dresser un programme détaillé et parfaitement étudié des conditions que doit remplir l'édifice projeté au point de vue de son utilité, de sa commodité, de ses abords, de l'hygiène, de la construction, etc. Ce programme, quand il s'agit de travaux pour l'État ou pour les villes, est préparé par l'administration; quand il s'agit d'un bâtiment à construire pour des particuliers, industriels ou propriétaires, il faut que l'architecte, d'accord avec eux, arrête le programme.

Ce travail préparatoire est de la plus haute importance. Pour ne parler que de constructions privées, disons que le mérite d'une usine, d'un atelier, par exemple, dépendra de la bonne disposition de l'entrée des matières premières, de l'entente de la marche des matières dans l'usine aux divers points où elles doivent subir des transformations, de la bonne disposition des

magasins, des facilités d'emballage et de départ, de la commodité de la surveillance, des conditions matérielles où se trouveront les ouvriers et employés.

Supposons que dans une usine, présentant mille mètres couverts, on ait cinq cents ouvriers et employés perdant involontairement, par suite de fausses manœuvres, un temps représenté par une valeur de 0',10 par personne. Au bout de l'année, c'est une somme de 15 000 francs environ qui sont perdus pour l'entreprise. C'est absolument comme si l'on avait grevé les frais de premier établissement d'une somme de 300 000 francs, ou bien comme si l'on avait dépensé 300 francs de plus par mètre couvert. Ce calcul fait bien voir l'importance d'une bonne disposition et d'une surveillance facile, car 0',10 ne représente qu'une perte de temps non justifiée de quelques minutes par personne.

Le soin à apporter à l'étude du programme est le même quand il s'agit de constructions d'une importance moindre. Une maison particulière doit être construite dans des conditions de luxe, de confort, en rapport avec la fortune, les goûts et les besoins de celui qui la fait construire.

Ce qu'il faut prévoir, dans tous les cas, ce sont les conditions d'éclairage, de chauffage, d'aération, de propreté; c'est la facilité du service.

Règles de composition

C'est par l'étude du *plan* qu'il faut commencer le travail de la composition. Ce seront d'abord de simples lignes qui indiqueront les divisions générales, les subdivisions principales; dont l'ensemble, considéré par rapport à l'exposition, à la circulation intérieure et extérieure, constitue la bonne *disposition*.

Ce canevas se complètera par la *distribution* intérieure; puis viendra l'étude des supports, l'indication des baies et des épaisseurs de murs.

Il s'agit ensuite de disposer la *façade*. De simples lignes indiqueront d'abord la séparation des *étages*, dont la hauteur sera déterminée par celle des pièces

conformément aux types de *bonnes proportions*. Ils doivent décroître depuis le bas de l'édifice. S'il y avait nécessité d'échapper à cette règle, il faudrait comprendre deux étages dans le même système de construction et de distribution. C'est ce qui se fait pour le rez-de-chaussée et l'entresol des maisons de commerce de Paris.

Dans un *pavillon isolé*, une hauteur égale à la largeur constitue une bonne proportion. Pour un pavillon d'angle, le rapport de la hauteur à la largeur doit être plus grand que l'unité. Une *tour ronde* a les proportions d'une colonne, la hauteur est égale à 4 ou 6 fois le diamètre à la base. Pour un *édifice*, le rapport de la longueur à la hauteur varie entre $1\frac{1}{2}$ et 3. Si un édifice doit se soustraire à cette règle, on donne du mouvement à la façade par des *avant-corps* et des *arrière-corps*, dont la condition principale est d'indiquer, autant que possible, les grandes subdivisions de la composition.

Les chaînes, les piliers, les contre-forts, les consoles, tous les membres d'architecture qui concourent à la solidité, doivent apparaître sur la façade. Les linteaux et dossierets des fenêtres sont soulignés par un bandeau, dit *chambranle*, ou par des chaînes.

On évitera la monotonie dans le sens de la hauteur par des *bandeaux*, *cordons* ou *corniches*, au droit des planchers; par des *balcons*, des *balconnets*.



Fig. 513.



Fig. 515.

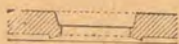


Fig. 514.

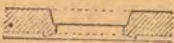


Fig. 516.

Les fenêtres sont surmontées, au-dessus du bandeau, d'une *frise*, et d'une *corniche*; la largeur de la frise et

celle de la corniche égalent celle du bandeau, savoir $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{6}$ de la largeur de la fenêtre; la saillie de la corniche est moindre que sa hauteur. On les surmonte



Fig. 517.



Fig. 519.

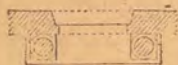


Fig. 520.

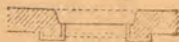


Fig. 518.

encore d'un fronton soutenu par deux consoles, dont la largeur est la moitié de celle du bandeau.

Les couleurs mêmes des matériaux se prêteront d'une manière, souvent originale, à donner de la variété à une façade : mais la variété, l'abondance même ne doivent pas nuire à l'ordre, ni même à une grande simplicité des lignes principales, car il faut qu'à la première vue d'un monument, on reçoive l'impression de l'élégance et de la grâce, de la hardiesse et de la vigueur, de l'originalité et de l'harmonie de ses éléments. Le caractère est d'autant plus saisissant qu'il est obtenu avec des moyens plus simples.

La symétrie absolue, quand elle est possible, ajoute à la noblesse de l'architecture d'un édifice. Mais il ne faut pas s'y astreindre au dépens d'autres qualités fondamentales. Le principe est que tout soit dans l'ordre, c'est-à-dire à sa place.

Quelle sera la pensée intime, le lien général des formes et aussi des proportions ? Le style, c'est la langue architecturale d'une époque et il faut être de

son temps. Mais on peut se servir des expressions du beau que nous ont laissées nos prédécesseurs, ayant soin de ne pas mélanger les styles. Cette règle est absolue; c'est le bon sens qui la dicte, car si les principes du beau ne varient pas essentiellement, les formes, au contraire, sont l'expression même des aspirations, des préoccupations du moment où elles ont été créées.

Les parties intérieures de l'édifice vont maintenant être étudiées au moyen de *coupes* supposées faites, les unes parallèlement et les autres perpendiculairement à la façade.

Le *porche*, espace couvert, a jour latéralement s'il forme avant-corps sur la façade; il est ouvert par devant seulement, s'il est à l'intérieur de l'édifice. Son ornementation doit être très simple. Dans les maisons de moindre importance qu'un édifice, le porche est remplacé par un auvent, une véranda.

Le *vestibule*, qui est la pièce par où l'on pénètre dans l'édifice, dans la maison, et qui peut servir quelquefois de salle d'attente, aura une ornementation plus recherchée; on y verra des niches, des pilastres adossés, s'il est petit; des piliers ou colonnes isolées, s'il est grand. Dans les maisons particulières, il reçoit des boiseries, des tentures, des lampes, des meubles. Dès le vestibule, on doit recevoir l'impression qui convient au lieu où l'on entre.

Les salles de grande largeur et longueur seront divisées par deux files de piliers en une nef et en deux bas côtés. L'éclairage latéral est mauvais pour ces salles, surtout si elles sont peu élevées. L'éclairage par le haut est préférable. Les salles très élevées pourront recevoir le jour par des fenêtres élevées. Le rapport de la hauteur à la largeur d'une salle est un, si elle est ronde; il est plus grand que un pour une salle oblongue et plus petit que un pour une salle carrée.

Les *galeries* sont des salles ayant une longueur plus grande que deux fois la largeur. Si la longueur est plus grande encore, on les subdivise en travées par des pilastres, des colonnes soutenant des arcs doubleaux. Le centre de la voûte de la galerie est d'autant plus élevée que la salle est plus longue.

Dans les salles en berceau, dont la longueur est petite relativement à la hauteur, on supprime les corniches de lambris qui gêneraient la vue de l'ornementation du berceau.

Dans les salles à plafond on garde les corniches, si toutefois elles y font bon effet.

Les proportions des salles dépendent de leur destination. Les salles à manger oblongues sont généralement d'un bon effet, tandis que les salles de réunion, les salons sont mieux quand ils sont carrés.

La symétrie est de règle absolue pour les appartements soignés. Si la disposition des lieux présentait des figures irrégulières, on les régulariserait par des cloisons, des menuiseries, utilisant les espaces retirés des salles à faire des dégagements ou des armoires. La symétrie doit exister dans les fenêtres, dans les portes, en faisant au besoin des portes figurées servant de pendant à des portes réelles.

Dimensions principales exigées par les règlements de police ou résultant des convenances

Sur rues

Les hauteurs des façades à Paris, prises au milieu, depuis le pavé jusqu'au haut de la corniche qui termine les constructions à l'aplomb du mur de face sont:

pour rues de 7 ^m ,80	et au-dessous	11 ^m ,70
—	8 ^m ,80 et au-dessus	14 ^m ,60
—	9 ^m ,75	— 17 ^m ,55
—	20 ^m .	+ 20 ^m .

Le faitage d'un comble ne peut être à une hauteur au-dessus de la corniche supérieure à la moitié de la largeur du bâtiment, compris les saillies et les corniches.

Dans les rues de 15 mètres et plus de largeur, le comble doit être compris dans un quart de cercle lais-

sant en dehors la saillie de l'entablement et ayant pour rayon la demi-largeur du bâtiment.

Les murs dossierés et tuyaux de cheminée ne peuvent percer les pentes de la couverture à moins de 1^m,50 du parement extérieur du mur de face, ni s'élever à plus de 0^m,60 du faitage.

Saillies sur rues

Pilastres et colonnes en pierre	{	rue au-dessous de 8 m.	0 ^m ,03
		au-dessus 8 m.	0 ^m ,04
		— 12 m.	0 ^m ,10

Les jambes étrières sont toujours à l'alignement et la saillie du socle en est 0^m,03 à 0^m,05 suivant la largeur des rues.

Grand balcon de 6 mètres au-dessus de la voie et dans les rues de 10 mètres et au-dessus .	0 ^m ,86
Auvent de boutique	0 ^m ,86
Corniche en menuiserie sur boutique	0 ^m ,86
Petits balcons, compris l'appui des fenêtres . .	0 ^m ,22
Appui des croisées	0 ^m ,08
Tuyaux de descente	0 ^m ,16
Barrières	1 ^m ,50
Socles, seuils	0 ^m ,22
Devanture de boutiques tous ornements com- pris	0 ^m ,46
Tableaux, enseignes	0 ^m ,16
Volets, contre-vents, fermeture de boutique .	0 ^m ,16
Entablements, avec ou sans balcon, saillie égale à l'épaisseur du mur à son sommet, s'ils sont en bois ou en pierre sur mur en pierre ou en moellons.	

Les lucarnes ont leur parement extérieur à plus 0^m,30 de celui du mur de face, elles ne peuvent s'élever à plus de 3 mètres de la base du comble, ni avoir une largeur de plus de 1^m,50. Les jouées doivent être parallèles entre elles.

Fosses d'aisance

Les fosses d'aisance doivent être établies sans angle saillant, et on doit pouvoir au moins y manœuvrer un double mètre dans tous les sens. Elles sont en maçonnerie de meulière de 0^m,45 d'épaisseur hourdée de mortier hydraulique et recouverte d'un ciment lissé à siccité. Les angles sont effacés par des arrondis de 0^m,25. Le fond de la fosse est en cuvette et la voûte est autant que possible en plein ceintre. L'extraction doit se faire le plus possible au milieu par une cheminée de 1^m,05 de hauteur, si possible, et de 1^m,50 au maximum. La cheminée est fermée par un tampon de 1^m,05 sur 0^m,65. Le tuyau de chute a 0^m,25 de diamètre, s'il est en terre, et 0^m,20, s'il est en fonte; il débouche au milieu de la fosse. A une partie extrême de la fosse débouche un tuyau d'évent de 0^m,25 de diamètre s'élevant à la hauteur des souches de cheminées.

Cours

Dans les bâtiments d'une hauteur de 20 mètres et où des pièces prennent jour sur une cour, celle-ci aura 40 m. superficiels et au moins 4 mètres sur un des côtés. Toute courette qui sert à éclairer des cuisines doit avoir 9 mètres superficiels et une largeur moyenne minimum de 1^m,80. La courette pour éclairer les cabinets d'aisance et couloirs doit avoir au moins 4 mètres superficiels et une largeur minimum de 1^m,60.

Pour qu'une voiture puisse tourner sans la moindre difficulté dans une cour, il faut qu'elle ait 8 mètres de côté.

Proportions diverses

Les dimensions suivantes résultent des convenances. Les fenêtres ont en hauteur de 1¹/₂ à 2¹/₄ leur largeur: la hauteur des fenêtres diminue quand on s'élève, ainsi que le rapport de la hauteur à la largeur.

Largeur des grandes 1^m,65 à 1^m,90 salle de 7 à 9
 croisées } petites 1^m,05 à 1^m,50 maisons d'habit.
 Hauteur des appuis 0^m,89 à 1^m,96
 — balcons 0^m,54 à 0^m,65
 Châssis à tabatière pour comble, 0^m,81 sur 0^m,65, 0^m,97
 sur 0^m,73, 1,14 sur 0^m,81, 1^m,30 sur 0^m,97.
 Portes charnières 2^m,92 à 3^m,25 de largeur
 — cochères 2^m,60 2^m,92 —
 — bâtardes 1^m,30 1^m,62 —
 — d'appartements à 2 vantaux 1^m,30 sur 2^m,27,
 1^m,46 sur 2^m,60, 1^m,62 sur 2^m,92.
 à 1 vantail 0^m,73 sur 1^m,95, 0^m,81 sur 2^m,27, 0^m,89 sur 2^m,44.

SURFACE DES	PETITS	MOYENS	GRANDS
	m ²	m ²	m ²
Salons	15 à 23	34 à 45	57 — 68 — 80
Salles	13 — 19	28 — 38	16 — 57 — 68
Chambres à cou- cher	11 — 15	25 — 30	38 — 45 — 57
Antichambres .	8 — 11	15 — 19	25 — 30 — 38
Vestibules . . .			
Cabinets	6 — 8	11 — 15	19 — 23 — 30
Cages d'esca- liers	9 — 13	19 — 25	30 — 38 — 45

Voir les hauteurs d'étages à l'article *murs* :
 Pour les hauteurs d'appartement de 2^m,60, 2^m,90, 3^m,25,
 3^m,90, 5^m,50.

Les hauteurs des lambris d'appui sont respecti-
 vement 0^m,80, 0^m,86, 0^m,89, 0^m,97, 1^m,05.

Un escalier de dégagement peut avoir 0^m,65 à 0^m,81
 de largeur un moyen escalier aura de 1^m,20 à 1^m,50
 et un grand escalier de 1^m,50 à 2 mètres. La différence
 de hauteur de deux paliers ne doit pas dépasser 3 π.
 La hauteur des marches varie de 0^m,16 à 0^m,19; d'ailleurs,
 si *h* est la hauteur de la marche et *l* l'embranchement,
 on doit avoir $l + 2h = 0,65$, ce qui donne pour *l* la lon-
 gueur du pas de l'emjambée pour $h = 0$ et la distance
 de l'échelon d'une échelle pour $l = 0$.

Les proportions reconnues être les meilleures pour les combles à la Mansard sont les suivantes. Si on inscrit la silhouette du comble dans une demi-circonférence, le brisis est le côté du décagone inscrit, pour obtenir un comble plus élevé, on décrit une demi-circonférence sur sa base et au point le plus haut on mène une tangente dont la longueur est $\frac{4}{3}r$; c'est

l'entrait du faux-comble, lequel a pour hauteur $\frac{1}{3}r$.

Les fig. 531 à 536 donnent les proportions des grandes divisions des cinq ordres.

Les fig. 521 à 526 donnent les proportions des ar-

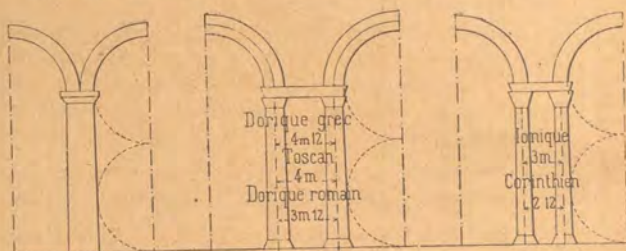


Fig. 521.

Fig. 522.

Fig. 523.

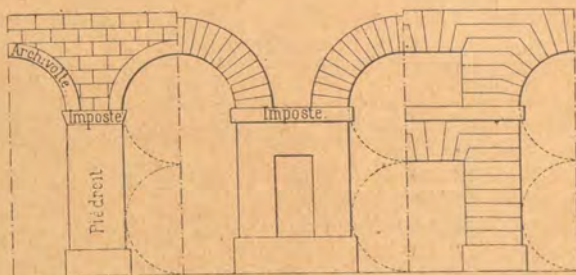


Fig. 524.

Fig. 525.

Fig. 526.

eades soit sur piliers isolés, soit sur colonnes accouplées

La dispositions de ces figures indique clairement les dimensions proportionnelles des corps principaux des colonnes, arcades et piliers.

Les Moulures

Les fig. 537 à 582 sont celles des moulures fondamentales et des corps de moulures employées dans l'architecture. Le nom de chacune d'elles est en regard de la figure qui la représente. Quelques remarques compléteront ce tableau.

On appelle *filet* une partie plane entre corps de moulures curvilignes et aussi la moulure portant ce nom, fig. 538.

Le *tore*, fig. 541, est comme la baguette, engendré par un demi-cercle, mais il est plus gros. Il sert à orner les bases de colonnes.

Le *tarabisco*, fig. 551, est un dégagement entre deux membres de moulures destiné à produire un noir. La figure représente une partie de table, un filet, compris dans le sens précédent, un tarabisco et un commencement de doucine.

L'*astragale* est une moulure à trois membres, fig. 552, qui entoure les fûts de colonnes, les fûts de pilastres.

Le *talon*, fig. 553-554, se compose d'un quart de rond et d'un cavet.

La *doucine*, fig. 555-556, a la même composition mais elle diffère du talon en ce qu'elle se raccorde avec les membres de moulures voisins.

La *scotie*, fig. 557 se compose de deux cavets.

La forme générale de la corniche est celle d'un onglet triangulaire; soit afin d'arrêter le ruissellement de l'eau sur la pente, soit afin de rompre l'uniformité de cette surface, on l'a ornée d'un larmier. Si la hauteur de la corniche est trop grande, on la compose d'une succession de cymaises et de larmiers. Quand deux larmiers se suivent, on remplace le second par des denticules, des modillons, etc.

On appelle *onglet* la section d'une moulure par un plan à 45°.

Une *crosse* est une moulure retournée deux fois à 90° dans le même champ.

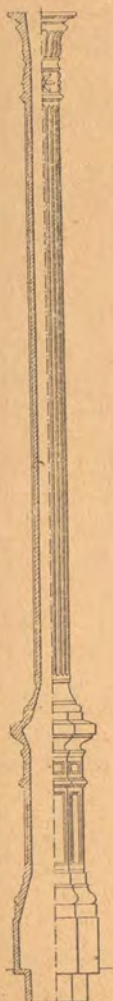


Fig. 527

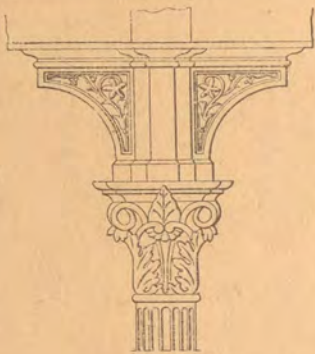


Fig. 528.



Fig. 529

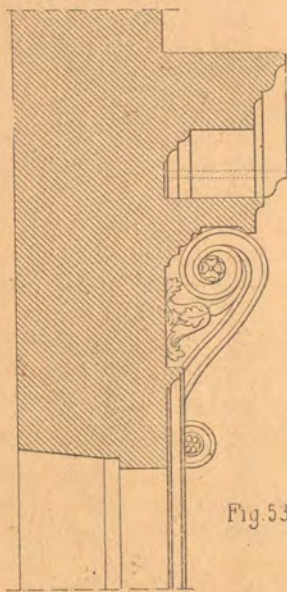





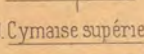



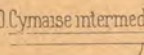







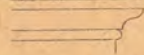
























Fig. 530.

Membres de moulures ou moulures simples.	Corps ou assemblages de moulures	Masses de moulures
Figures 	558. Larmier 	Plinthe 
537. Chanfrein 		571 1 corps 
538. Filet ou listel 	559. Cymaise supérieure 	572 Plinthe 2 corps 
539. Bande ou table 		Corniches de colonne 
540. Baguette 	560 Cymaise intermédiaire 	573 à 3 corps 
541. Tore 		574 à 4 corps 
542. Congé 	561 Cymaise inférieure 	575 à 5 corps 
543. Droit 		576 à 6 corps 
544. Renversé 	562 Cymaise de piédestal 	Architraves. 
545. Cavet. 		577 à 2 corps 
546. Renversé 	En menuiserie	578 à 3 corps 
547. Cannelures 	563. Baguette d'angle 	579 à 4 corps 
548. 	564 1/2 Baguette 	580 Chapiteaux 581 
549. Gorges 	565. Calfeutrement 	582. Corniche et base de piédestal 
550. 	566 Trèfle 	
551. Tarabisco 	567. Cadre 	
Moulures composées	568. Chambranle 	
552. Astragale 	569 Cymaise 	
553. Droit 	570. Corniche 	
554. Renversé 		
555. Doucine 		
556. Droite 		
557. Renversée 		
557. Scotie 		

On appelle *angle* la figure formé par la pénétration de deux corps de moulures.

On appelle *amortissement* la section d'une moulure par un plan perpendiculaire à sa direction.

Les moulures sont droites ou circulaires.

*Observations générales sur la composition
des moulures.*

Ne pas employer de moulures successives d'un même aspect.— Séparer par un filet ou listel deux moulures curviignes voisines. — Placer des moulures droites dans le haut des motifs décoratifs et des moulures renversés dans le bas. — Les moulures du haut ont une plus grande saillie que les moulures du bas, soit par ce que ces dernières sont plus à la vue et n'ont pas besoin pour être aperçues d'une saillie forte, soit parce que les moulures du haut semblent destinées à protéger les autres contre la pluie et la poussière, soit que les moulures basses seraient encombrantes et sujettes aux chocs si elles étaient saillantes.

Les moulures à l'intérieur, sauf pour des salles très vastes, seront aplaties afin de n'être point lourdes d'aspect.

Les détails saillants ne sont point nécessaires pour produire l'effet et ils sont sujets à s'encrasser, sous l'influence de l'humidité, par la poussière qui s'y amasse. D'ailleurs les détails de moulures basses seront plus simples et moins saillantes que pour les moulures hautes.

Enfin, les moulures doivent être en rapport avec la matière dans laquelle elles sont faites. Les moulures *trainées* en plâtre, *poussées* au bouvet dans le bois pourront avoir les profils fins; les moulures *enlevées* dans la pierre auront des profils robustes, accusés dans leur ensemble; ils pourront recevoir des détails très fins mais offrant des facilités pour le passage du ciseau; les profils pour les moulures de la fonte de fer seront les plus simples et offriront de la *dépouille* de l'évasement, c'est-à-dire, n'auront point d'angles rentrants trop aigus, ni de membres en retombée sur d'autres,

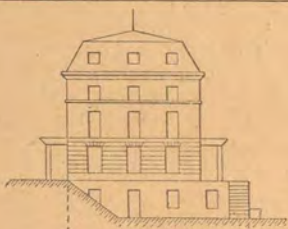


Fig.583.



Fig.585.

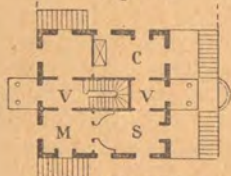


Fig.584.

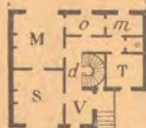


Fig.586.

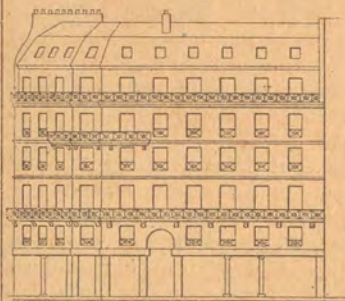


Fig.587.

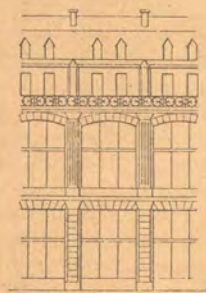


Fig.589.



Fig.588.

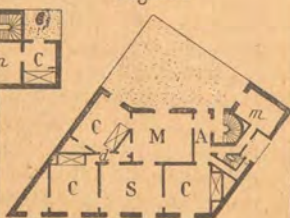


Fig.590.

afin d'obtenir les pièces fondues au moyen de modèles simples de fabrication, faciles à sortir du sable. Exemple : fig. 528 à 530.

Dans la répartition des moulures on observera la gradation des effets que l'on veut ménager, pour donner du caractère à une façade, à un *lambris*; quelles adoucissent, harmonisent et meublent les grandes lignes, mais qu'elles ne les affaiblissent point.

Les moulures elles-mêmes sont susceptibles de recevoir une ornementation qui parfait la composition. Il serait bien difficile dans ce peu de place d'essayer de donner des règles pour l'ornementation.

La fig. 527, représente une colonne en fonte ornée de moulures.

Les fig. 528, 529 représentent la coupe et l'élévation d'un chapiteau et de deux consoles en fonte.

La fig. 530, est la coupe d'un fronton soutenu au-dessus d'une baie par des consoles ornées de volutes.

Légende des figures 583 à 589

Les figures 583 à 590 sont une application des règles de la composition dans quelques cas simples. Les lettres ont la même signification dans unes et dans les autres. A antichambre, V vestibule, *d* dégagement, S salon, M salle à manger, *o* office, *m* cuisine, C chambre à coucher. Les cours sont indiquées en pointillé.

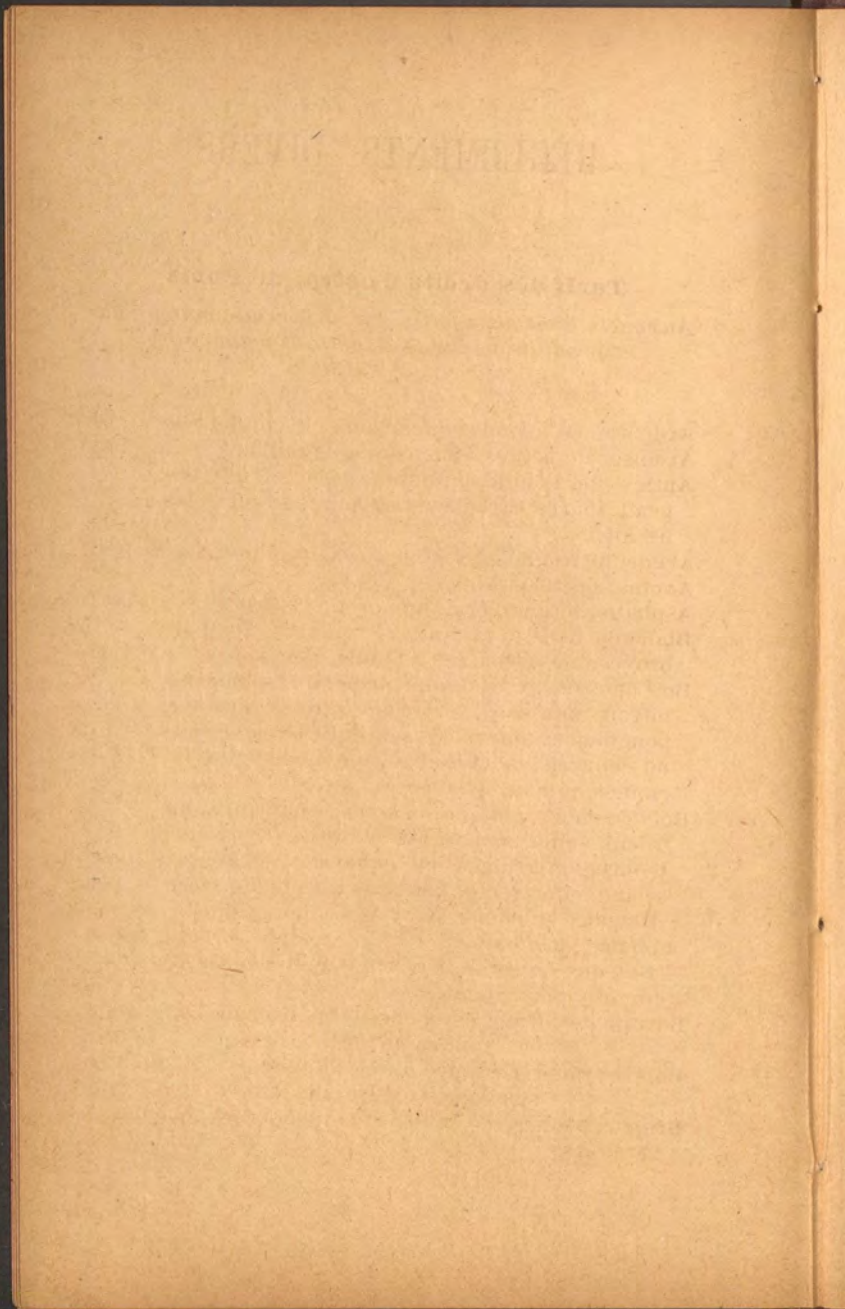
Les fig. 583 et 584 sont l'élévation et le plan d'un pavillon construit sur un terrain inégal.

Les fig. 585 et 584 sont l'élévation et le plan d'un pavillon de moindre importance que le premier, à rez-de-chaussée élevé.

Les fig. 587 et 588 sont l'élévation et le plan d'une maison à loyer de Paris construite à l'angle de deux rues sur un terrain irrégulier.

La fig. 590 est une distribution sur un terrain de forme irrégulière.

La fig. 580 représente l'élévation de la façade d'une maison dont tous les étages sont destinés à une même industrie. Plusieurs étages sont compris dans le même mode apparent de disposition et de construction.



RÈGLEMENTS DIVERS

Tarif des droits d'octroi de Paris

*Auxquels sont assujettis les différents matériaux
et produits employés dans la construction
(décimes compris)*

Ardoises, de grandes dimensions, le millier. . .	6 00
Ardoises de petites dimensions, le millier. . .	3 60
Anthracite, houille de toute espèce, lignite bo- gead, tourbe carbonisée et épurée et coke, les 100 kil.	0 72
Argile, terre glaise et sable gras, le mètre cube.	1 80
Avoine, les 100 kil.	1 50
Asphalte, bitume, brai, goudron, les 100 kil. . .	0 72
Blanc de céruse et autres couleurs en pâte broyées ou préparées à l'huile, l'hectolitre. . .	11 40
Bois de chêne, chataignier, orme, frêne, charme, noyer, mérisier, accacia, érable, prunier, pommier et autres d'essence dure, en grumes ou équarris, débités en sciage ou en fente, fa- çonnés ou non, le stère	11 28
Bois de sapin, platane, peuplier, bouleau, aune, tilleul, saule, marronnier et autres d'essence tendre, en grumes ou équarris, débités en sciage ou en fente, façonnés ou non, le stère.	9 00
— Bateaux en chêne, par bateau (dimension or- dinaire), par bateau.	28 80
— Bateaux en sapin, par bateau (dimension or- dinaire), par bateau.	14 40
Bois de déchirage en chêne, le mètre carré. . .	0 216
— — en sapin, le mètre carré. . .	0 12
Bois à brûler d'essence dure, le stère.	3 00
— — d'essence tendre, le stère	2 22
Briques pleines, de dimensions ordinaires, les 100 kilos.	0 30

*(Les briques, tuiles et carreaux cassés ne paient
que demi-droit)*

Briques creuses, tuiles, les 100 kilos	0 36
Carreaux de terre cuite, les 100 kilos	0 60
Carreaux et panneaux de faënce, les 100 kilos..	2 70
Charbon de bois, l'hectolitre	0 60
Charbon de terre, les 100 kilos.	0 30
Chaux de toute espèce, les 100 kil.	1 20
Ciments de toute provenance, les 100 kilos. . .	1 20
Cotrets de bois dur, menuise de bois dur et bois blanc, cotrets de menuise et fagots de toute espèce, le stère	1 80
Essence de térébenthine, l'hectolitre	10 20
Fers tors et à croix, fers à moulures et à vi- trage, fers creux, les 100 kilos.	3 60
Foin, sainfoin, luzernes et fourrages secs, les 100 bottes de 5 kilos.	6 00
Fonte (toute nature) les 100 kilos.	2 40
Glaces (miroirs), les 100 kilos.. . . .	14 40
Goudrons liquides à l'état brut, et liquides pro- venant de la distillation des goudrons, les 100 kilos.	0 72
Huiles de lin et autres provenant de substances animales ou végétales, l'hectolitre.	32 79
Huiles et essences minérales, l'hectolitre. . . .	21 60
Lattes et treillages, les 100 bottes	11 28
Marbres et granits, le mètre cube	30 00
Menuise de bois dur ou de bois blanc, cotrets de menuise et fagots divers, le stère	1 80
Mitres et poteries de toutes espèces, les 100 kil.	0 60
Moellons de toute espèce et meulière de toute dimension, le mètre cube.	1 20
Paille es 105 bottes de 5 kilos	2 40
Pierres de tailles, caïles et carreaux de pierres de toute espèce, le mètre cube.	4 20
Plâtre, l'hectolitre	0 42
Poitrails, solives, pièce pour combles, marches d'escalier et autres pièces en fer façonnées en- trant dans les constructions, les 100 kilos. . .	3 60
— les mêmes pièces, id. en fonte, les 100 kilos..	2 40
Pots creux, mitres, tuyaux et poterie de toute	

espèce employés dans la construction et le jardinage, les 100 kilos.	0 60
Sable gras, le mètre cube.. . . .	1 80
Tuiles de dimension ordinaire, le mille	8 40
Vernis de toute espèce autre que ceux à l'alcool, l'hectolitre	21 60
Verres à vitres, en table, les 100 kil.	1 80

Tarif des droits de voirie

Arrêté du Préfet de la Seine du 25 août 1874 déclarant applicables à partir du 1^{er} septembre 1874, les nouveaux droits de voirie, autorisés par le décret présidentiel du 28 juillet 1874.

TARIF POUR LA GRANDE VOIRIE

SECTION 1^{re}. — TRAVAUX NEUFS

Construction d'un bâtiment. Droit au mètre linéaire, 2 fr. — Mesuré sur la longueur totale du rez-de-chaussée.

Droit au mètre superficiel, 1 fr. — Mesuré sur le produit de la hauteur moyenne de la façade par la longueur totale.

La taxe à percevoir au mètre superficiel pour la construction des bâtiments est réduite de moitié pour les façades ou portion de façade construites en moellons ou en pans de bois avec enduits en plâtre, sous la réserve du droit de l'Administration de refuser l'autorisation de construire des façades de cette nature qui présenteraient des dangers au point de vue des incendies ou de la sécurité publique.

Construction d'un mur de clôture ou d'une grille. Droit au mètre linéaire, 2 fr.

Construction d'une clôture en planches, en treillage ou tout autre clôture légère. Droit au mètre linéaire, 0 fr. 50 centimes. — Il est expliqué qu'il ne s'agit ici que de clôtures à demeure fixe et non des

clôtures dites *provisoires* servant à entourer momentanément une fouille, un atelier de construction, etc.

Baie. Droit fixe 1 fr. — Dans n'importe qu'elle partie d'un mur ou d'un bâtiment neuf ou surélevé et quelles que soient ses dimensions, aussi bien que sur les étages d'attique ou en retraite qui se trouvent dans un plan vertical au-dessus de l'entablement que dans les étages sis au-dessous de l'entablement.

Balcon grand (dépassant 0^m,22 de saillie). Droit au mètre linéaire, 20 fr. — Mesuré sur longueur du balcon non compris les retours.

Balcon petit (ne dépassant pas 0^m,22 de saillie). — Droit au mètre linéaire, 10 fr. — Mesuré sur longueur du balcon non compris les retours.

Barre d'appui, garde-fou. — Droit au mètre linéaire, 5 fr. — Il s'agit ici des barres d'appui placées au droit des croissées avec une très faible saillie et complétées ensuite par un ouvrage en fonte ou en fer qui garnit le vide dans la partie inférieure.

Barrière provisoire. — Droit au mètre linéaire 0^m,50. — Mesuré non pas en raison du développement linéaire de la barrière, mais en raison de la longueur de face du terrain clos.

Un droit de 0 fr. 50 centimes par trimestre s'applique à la superficie du sol de la voie publique temporairement occupé. Il est valable pour un trimestre et renouvelable ; le trimestre considéré comme unité toujours exigible.

SECTION II. — TRAVAUX MODIFIANT DES CONSTRUCTIONS EXISTANTES

Surélévation d'un bâtiment. — Droit au mètre superficiel, 1 fr. — Mesuré sur le produit de sa surélévation par la longueur totale de sa partie surélevée.

Surélévation d'un mur de clôture. — Droit au mètre linéaire, 1 fr.

Chaperon. — Droit au mètre linéaire, 1 fr.

Le dérasement d'un mur pour la conversion en mur

bahut orné d'une grille, donne lieu à la perception du droit complet d'alignement.

Conversion d'un mur de clôture en mur de face d'un bâtiment. — Voir construction d'un bâtiment neuf, sauf la déduction du droit d'alignement déjà perçu.

Ravalement. Entier. Droit fixe, 20 fr., non compris le droit d'échafaud.

Ravalement. Partiel. Droit fixe, 10 fr.

Ne sera considéré comme partie de ravalement donnant lieu à la taxe, que celle qui atteindra un mètre superficiel.

Baie ouverte après coup ou agrandie :

1° Dans un bâtiment au rez-de-chaussée, de 2 mètres et plus. Droit fixe, 20 fr. — Droit de poitrail non compris ;

2° Dans un bâtiment au rez-de-chaussée, de 0^m,80 à 2 mètres. Droit fixe, 10 fr. — Droit de linteau ou fermeture non compris ;

3° Dans un bâtiment au-dessus du rez-de-chaussée, de 0^m,80 et au-dessus. — Droit fixe, 10 fr. — Droit de linteau ou fermeture non compris.

Au rez-de-chaussée, ne sont pas considérés comme baie les soupiraux de caves, ni les ouvertures pratiquées dans les devantures sur remplissage en menuiserie.

Toutefois les soupiraux servant à l'éclairage des sous-sols destinés à l'habitation, au commerce ou à l'industrie, seront taxés comme baies de rez-de-chaussée.

4° Dans un mur de clôture. Baie de porte charretière ou cochère. Droit fixe, 15 fr.

5° Dans un mur de clôture. Baie de porte bâtarde. Droit fixe, 10 fr., compris le droit de linteau ou fermeture.

Baie de moins de 0^m,80 (dans sa plus grande dimension). Droit fixe 10 fr., compris le droit de linteau ou fermeture.

Poitrail ou toute fermeture de baie, de 2 mètres et au-dessus (soit en bâtiment, soit en mur de clôture). Droit fixe, 20 fr.

Linteau ou toute fermeture de baie, plate-bande, arc en pierre, etc., de 0^m,80 à 2 mètres (soit en bâtiment, soit en mur de clôture). Droit fixe, 10 fr.

Pied-droit, dosseret (soit en bâtiment, soit en mur de clôture), à rez-de-chaussée, pour baies de 2 mètres et au-dessus. Droit fixe, 20 fr. — Dans les murs de clôture, les poteaux en bois sont considérés comme dosserets.

Pied-droit, dosseret pour une baie de moins de 2 mètres. Droit fixe, 10 fr.

Ces droits ne seront dus que pour le cas où les pieds-droits ou dosserets seront véritablement construits dans une largeur excédant 16 centimètres. Lorsque le constructeur, après avoir ouvert une baie, ne fera pas autre chose que d'en dresser les tableaux et de créer par conséquent des dosserets dans la maçonnerie ancienne, sans rien n'y ajouter, la taxe ne sera pas appliquée.

Reprise dans la face d'un bâtiment. *Trumeau* construit au rez-de-chaussée. *Bouchement* de baie. Droit au mètre superficiel, 3 fr. — Mesuré sur la superficie de l'ouvrage effectué.

Point d'appui intermédiaire au rez-de-chaussée. — *Pile, colonne, poteau, jambe, étrière*. Droit fixe, 20 fr. pour chaque objet.

Échafaud. Droit au mètre linéaire, 1 fr. — Mesuré sur la longueur de la face de la partie du bâtiment échafaudé. Les échafauds volants ne sont pas taxés. Ne sont pas taxés non plus les échafauds placés à l'intérieur d'une barrière provisoire.

Entablement. Corniche. Réfection entière. Droit fixe, 20 fr.

Entablement. Corniche. Réfection partielle. Droit fixe, 10 fr.

Ces droits ne comprennent pas celui qui sera dû pour l'échafaud.

Étais. Droit fixe, 5 fr. Comptés par chaque groupe d'étais, par chaque chevalement, par chaque ensemble de contrefiches réunies par des moises.

TARIF POUR LA PETITE VOIRIE

SECTION I^{re}. — SAILLIES CONSIDÉRÉES COMME FIXES.

Appui de croisée, tablette, le plus ordinairement en bois, posée au-dessus du soubassement d'une baie, et ne dépassant pas 0 m. 16 centimètres de saillie — Droit fixe, 5 fr.

Barreau ou grille au droit d'une croisée. — Droit fixe, 10 fr.

Chardon ou herse. — Droit fixe, 5 fr.

Tuyau de descente. — Droit fixe, 10 fr.

Croisée en saillie, volet, persienne. — Droit fixe, 5 fr. — Un volet fermant une baie tout entière doit la totalité du droit; deux volets réunis pour clore une même baie, formant une paire ne paieront qu'un seul droit.

Jalousie. — Droit fixe, 20 fr.

Mouluures en menuiserie, formant cadre ou chambranle. — Droit fixe, 5 fr.

SECTION II. — SAILLIES CONSIDÉRÉES COMME MOBILES.

Abat-jour. — Appareil placé au-devant d'une baie pour modifier l'introduction de la lumière. — Droit fixe, 10 fr.

Réfecteur. — Appareil disposé au-dessus des baies pour y faire affluer plus de lumière. Droit fixe, 10 fr.

Baldaqin, marquise, transparent. Droit au mètre linéaire, 4 fr.

Banne. — Droit au mètre linéaire, 2 fr. Sont considérés comme bannes et taxés comme telles, les stores qui embrassent plusieurs croisées ou qui s'étendent devant les larges baies ouvertes le plus souvent dans la hauteur des entre-sols.

Store, en élévation, posé au droit d'une seule croisée et se développant en saillie. Droit fixe, 5 fr.

Borne. Droit fixe, 5 fr.

Grande marquise ayant plus de 0 m. 80 centimètres

de saillie. Droit au mètre superficiel, 5 fr. — Mesuré sur la projection horizontale. Ne sont pas considérées comme grandes marquises les grandes tentures en saillie disposées exceptionnellement, les jours de fête, devant les boutiques et portes cochères.

Devanture de boutique. — Distinction faite du seuil, Droit au mètre linéaire, 5 fr.

Socle ou seuil. — Parpaing recevant une devanture. — Droit au mètre linéaire, 2 fr. — Mesuré entre les deux points extrêmes de la saillie.

Tableau d'enseigne de boutique, sans corniche en bois ou en pierre. Droit au mètre linéaire, 2 fr. — Mesuré entre les deux points extrêmes de la saillie.

Devanture en réparation. — Toute réparation ou renouvellement de châssis, porte-tableau, caisson ou soubassement. Droit fixe, 5 fr.

Parement de décoration. — Lambris appliqués sur les murs en élévation. Droit au mètre linéaire, 5 fr. — Ces lambris sont appliqués le plus souvent au-dessus des devantures de boutique et leur saillie est limitée, par les termes de l'ordonnance royale de 1823, à l'épaisseur du bois et par l'usage à 0 m. 06 centimètres.

Étalage. Droit fixe 20 fr. — Il est bien entendu qu'il ne s'agit ici que des étalages placés *sur le mur* bordant la voie publique et ne dépassant pas 0 m. 16 centimètres de saillie.

Montre ou vitrine. Droit fixe, 10 fr.

Enseigne, tableau enseigne, attribut, écusson. Droit fixe, 5 fr.

Enseignes découpées. Lettres appliquées sur les balcons. Droit fixe, 10 fr. — Comptées pour une enseigne complète, quel que soit le nombre de mots.

Grand tableau. — Frise courante portant enseigne. Droit au mètre linéaire, 1 fr.

Marche, seuil. — Interdit, n'est accordé par exception que par suite du nivellement, et à seul titre de tolérance et révoicable.

Pilastres, caissons isolés en menuiserie. Droit fixe, 5 fr.

Lanterne. Droit fixe, 5 fr. — Sera considéré comme lanterne isolée chaque appareil soit directement, sur le nu d'un mur ou d'une devanture, soit sur une tringle courante et consistant en support, conduite ou tringle avec globe, verre ou réflecteur.

Rampe et appareil d'illumination formant une saillie spéciale, composés de tubes droits ou recourbés et sur lesquels sont greffés de petits brûleurs avec ou sans globe. Droit au mètre linéaire, 1 fr. — Mesuré sur la projection horizontale. — Les rampes posées sur des objets en saillie, corniches, moulures, etc., et ne formant point par elles-mêmes une saillie spéciale, ne devront aucun droit. Les appareils formant une enseigne, un attribut, un chiffre, etc., seront considérés comme des enseignes, des attributs, etc., et taxés comme tels.

Échoppes. Construction mobile non scellée, posée sur le sol de la voie publique. — Droit proportionnel à la surface occupée et à la valeur du terrain. La valeur du terrain est délibérée par le conseil municipal.

(N. B. — Voir pour tables, chaises et bancs sur terrasse ou trottoir, au-devant des établissements et faisant l'objet d'un droit annuel, calculé d'après le classement des voies publiques). (Droit perçu d'après l'évaluation du terrain).

Grande Voirie de Paris

Décret du 26 mars 1852

Article premier. — Les rues de Paris continueront d'être soumises au régime de la grande voirie.

Art. 2. — Dans tout projet d'expropriation pour l'élargissement, le redressement ou la formation des rues de Paris, l'administration aura la faculté de comprendre la totalité des immeubles atteints, lorsqu'elle jugera que les parties restantes ne sont pas d'une étendue ou d'une forme qui permette d'y élever des constructions salubres.

Elle pourra pareillement comprendre, dans l'expro-

priation, des immeubles en dehors des alignements, lorsque leur acquisition sera nécessaire pour la suppression d'anciennes voies publiques jugées inutiles.

Les parcelles de terrain acquises en dehors des alignements, et non susceptibles de recevoir des constructions salubres, seront réunies aux propriétés contiguës, soit à l'amiable, soit par l'expropriation de ces propriétés, conformément à l'art. 53 de la loi du 16 septembre 1807.

La fixation du prix de ces terrains sera faite suivant les mêmes formes et devant la même juridiction que celle des expropriations ordinaires.

L'art. 38 de la loi du 3 mai 1841 est applicable à tous les actes et contrats relatifs aux terrains acquis pour la voie publique par simple mesure de voirie.

Art. 3. — A l'avenir, l'étude de tout plan d'alignement de rue devra nécessairement comprendre le nivellement, celui-ci sera soumis à toutes les formalités qui régissent l'alignement.

Tout constructeur de maison, avant de se mettre à l'œuvre, devra demander l'alignement et le nivellement de la voie publique au devant de son terrain, et s'y conformer.

Art. 4. — Il devra pareillement adresser à l'administration un plan et des coupes cotées des constructions qu'il projette et se soumettre aux prescriptions qui lui seront faites dans l'intérêt de la sûreté publique et de la salubrité.

Vingt jour après le dépôt de ces plan et coupe au Secrétariat de la préfecture de la Seine, le constructeur pourra commencer les travaux d'après son plan, s'il ne lui a été notifié aucune injonction.

Une coupe géologique des fouilles pour fondation de bâtiments sera dressée par tout architecte constructeur et remise à la préfecture de la Seine.

Art. 5. — Les façades des maisons seront constamment tenues en bon état de propreté. Elles seront grattées, repeintes ou badigeonnées au moins une fois tous les dix ans, en vertu de l'injonction qui sera faite au propriétaire par l'autorité municipale. Les contrevenants seront passibles d'une amende qui ne pourra excéder cent francs.

Art. 6. — Toute construction nouvelle dans une rue pourvue d'égout, devra être disposée de manière à y conduire les eaux pluviales et ménagères.

La même disposition sera prise pour toute maison ancienne, en cas de grosses réparations, et, en tous cas, avant dix ans.

Art. 7. — Il sera statué par un décret ultérieur, rendu dans la forme des règlements d'administration publique, en ce qui concerne la hauteur des maisons, les combles et les lucarnes.

Art. 8. — Les propriétaires riverains des voies publique, empierrées supporteront les frais de premier établissement de travaux, d'après les règles qui existent à l'égard des propriétaires riverains des rues pavées.

Art. 9. — Les dispositions du présent décret pourront être appliquées à toutes les villes qui en feront la demande, par des décrets spéciaux rendus dans la forme des règlements d'administration publique.

Préfecture de la Seine

DIRECTION DES TRAVAUX

Branchements d'égouts

Le sénateur, préfet de la Seine,

Vu les arrêtés préfectoraux, en date des 2 juillet 1879 et 14 janvier 1880, qui ont fixé les dimensions réduites des branchements particuliers d'égout pour le drainage des maisons aux proportions suivantes :

1^o Pour les branchements d'une longueur inférieure à 2 mètres, savoir :

Hauteur sous clef	1 ^m ,00
Largeur aux naissances	0 60
— au radier	0 40

2^o Pour les branchements d'une longueur supérieure à 2 mètres, savoir :

Hauteur sous clef	1 ^m ,40
Largeur aux naissances	0 60
— au radier	0 40

Vu le procès-verbal de la séance du 22 mai dernier, dans lequel la commission d'études pour la ventilation et l'assainissement des égouts expose les inconvénients de l'application de ce nouveau type d'égout qui ne permet, ni de curer complètement ces galeries, ni de les réparer en cas d'engorgement ou de dégradations, ni de poser ou de réparer les conduites d'eau ou autres ouvrages qu'elles doivent renfermer ;

Vu le rapport de l'inspecteur général des ponts et chaussées, directeur des travaux de Paris, en date du 28 juin ;

Vu la délibération du conseil municipal, en date du 6 août 1881, portant qu'il y a lieu pour remédier aux inconvénients signalés, de donner aux branchements, particuliers d'égout une section minima de deux mètres de hauteur et de un mètre trente centimètres de largeur.

Vu la délibération rectificative du conseil municipal, en date du 22 de ce mois, ramenant la section des branchements particuliers d'égout à une hauteur de 1 m., 80 centimètre et une largeur de 90 centimètres ;

Vu le décret du 25 mars 1852 sur la décentralisation administrative et la loi du 24 juillet 1867 sur les conseils municipaux.

Arrête :

Article premier. — La délibération sus-visée du conseil municipal de Paris, en date du 22 octobre 1881 est approuvée. En conséquence, les arrêtés des 2 juillet 1879 et 14 janvier 1880 sont rapportés dans celles de leurs dispositions qui sont contraires aux dimensions prescrites par les articles qui suivent.

Art. 2. — Les branchements particuliers d'égout desservant les propriétés devront désormais avoir, quelle que soit leur longueur, une section minima de 1 mètre 80 cent. de hauteur et de 0 mètre 90 cent. de largeur.

Art. 3. — Les propriétaires d'immeubles d'un revenu imposable inférieur à 3,000 francs et situés en bordure

sur les voies de petite communication continueront à bénéficier de la faculté de poser des tuyaux en grès ou en fonte pour l'écoulement de leurs eaux.

Art. 4. — L'inspecteur des ponts et chaussées, directeur des travaux de Paris, est chargé de l'exécution du présent arrêté dont ampliation sera transmise :

1° à M. le ministre de l'intérieur ;

2° à M. le préfet de police ;

3° aux maires des 20 arrondissements de Paris ;

4° à l'ingénieur en chef de la voie publique (1^{re} division) ;

5° à l'ingénieur en chef de la voie publique (2^e division) ;

6° à l'ingénieur en chef des eaux et des égouts (1^{re} division) ;

7° à l'ingénieur en chef des eaux et des égouts (2^e division) ;

8° à l'ingénieur en chef des promenades et plantations ;

9° au secrétariat général, 1^{re} division, 2^e bureau, pour insertion au *Recueil des Actes administratifs* ;

10° à la Compagnie générale des eaux.

Fait à Paris, le 28 octobre 1881.

Le sénateur, préfet de la Seine,

Signé : F. HÉROLD

Règlement sur les nivellements dans Paris

(Arrêté du préfet de la Seine, 31 mai 1856)

Article premier. A l'avenir les nivellements pour tous les travaux publics et privés dépendant de la Préfecture de la Seine, seront rapportés au niveau moyen de la mer, en conséquence les cotes de nivellement exprimeront la distance, ou ordonnée de chaque point, considéré à ce niveau pris pour zéro.

La vérification des cotes sera rapportée à des repères de fonte, aux Armes de la Ville, placés aux carrefours, aux angles des rues sur les soubassements des monu-

ments, sur les murs des quais et sur les autres points jugés nécessaires ; ces repères indiqueront les ordonnées de comparaison. — Savoir : la cote relative au niveau de la mer, et deux autres cotes se rapportant, l'une au zéro du pont de la Tonnelles, l'autre au plan de comparaison passant à 50 mètres au-dessus du niveau légal des eaux du bassin de la Villette.

Art. 2. Les projets du premier pavage des rues anciennes ou nouvelles devront toujours être accompagnés de plans et profils de nivellement, avec cote indiquant les ordonnées du sol actuel et celles du sol futur. — Il en sera de même des projets de remaniement de pavages anciens pour l'amélioration des pentes.

Les nivellements pour les constructions particulières seront déterminés conformément à des projets dûment approuvés.

Art. 3. Les propriétaires, les Architectes et les Entrepreneurs qui voudront bâtir dans les rues non pavées devront, avant de poser les seuils des portes, et sous peine d'une amende de 50 fr. prononcée par les lettres patentes de 1725, ci-dessus visées, demander l'indication du nivellement de la voie publique.

Art. 4. Ceux qui bâtiront dans des rues pavées, mais dont les pentes mal réglées, seraient susceptibles d'améliorations, sont invités à demander pareillement ce nivellement et à disposer leurs constructions nouvelles en vue des améliorations ultérieures.

Art. 5. Toute construction nouvelle, dans une rue pourvue d'égout doit être disposée de manière à y condire les eaux pluviales et ménagères, ainsi que toute maison ancienne, en cas de grosses réparations.

Tarif des honoraires des architectes des Experts, vérificateurs et métreurs

Les difficultés que soulève parfois le règlement des honoraires dus aux architectes ont fait penser qu'il serait bon de rééditer la copie exacte de l'*Avis du*

Conseil des bâtiments civils du 12 pluviôse an VIII (1^{er} février 1800), avis qui fait jurisprudence en pareille matière, mais qui, bien souvent, a été reproduit inexac-tement ou tout au moins incomplètement.

AVIS DU CONSEIL DES BATIMENTS CIVILS
du 12 pluviôse an VIII

Vu la lettre adressée au Ministère de l'intérieur, etc.,

Vu enfin la lettre du Ministre de l'intérieur,

Et considérant que s'il n'existe pas de loi positive sur cette matière, *il est au moins un usage qui a toujours servi de règle et qui doit fixer à cet égard la jurisprudence des tribunaux.*

Considérant que les émoluments attachés aux fonctions d'architecte sont légitimes, et qu'ils doivent être gradués en raison de l'importance de leurs travaux et de la situation des lieux où ils les font exécuter :

Article premier. Estime qu'à Paris, pour les travaux ordinaires, il est dû aux architectes pour la confection des plans et des projets dont ils sont chargés :

Un centime et demi par franc, ci. 1^e 1/2

Art. 2. Pour la conduite des ouvrages 1^e 1/2

Art. 3. Pour la vérification et règlement des mémoires. 2^e »

Art. 4. Ensemble cinq centimes par franc du montant des mémoires en règlement 5^e »

Art. 5. Quant à la rédaction des devis d'ouvrages qui ne seraient pas exécutés, le conseil pense qu'il doit être payé un centime par franc sur cet objet. 1^e »

Art. 6. Il estime, en outre, qu'il leur est dû le double de cette fixation pour les mêmes travaux, lorsqu'ils sont projetés et exécutés à plus de cinq kilomètres de distance des lieux de leur résidence, et les frais de voyage sont à leur charge.

Observant que lorsque les constructions exigent, comme cela arrive quelquefois, des dessins et des modèles qui leur occasionnent des dépenses extraordinaires, ils doivent être estimés et payés séparément.

Fait au Conseil des bâtiments civils, le 12 pluviôse
an VIII de la République française une et indivisible.

Pour copie conforme :

Signé : MERMET, *secrétaire.*

Copie conforme et les minutes déposées entre mes
mains.

Signé : BÉLANGER.

Avis de la direction. — Il est d'usage d'adopter le
tarif suivant :

Pour travaux d'architecture faits pour le *compte de
particuliers*, au-dessous de 5,000 fr. Il sera du 7 0/0
pour plans, devis, conduites et travaux ; vérification
et règlement desdits ; — De même que pour vérifica-
tion et règlement de mémoires seuls, et dont le mon-
tant ne dépasse pas 5,000 fr., il sera dû 2 1/2 0/0.

Pour tous travaux au-dessous de 400 fr., il sera dû
une ou deux vacations selon le cas, attendu qu'un
architecte ou un vérificateur ne peuvent se déplacer,
à moins d'une vacation fixée comme ci-dessous.

Dans les travaux exécutés pour le compte des *parti-
culiers*, il est de toute équité que les honoraires soient
payés à l'architecte après le règlement du mémoire
et sur le chiffre brut de ce règlement, *avant* l'appli-
cation du rabais qu'ont pu consentir les entrepreneurs.

VACATION ET FRAIS DE VOYAGE

*Pour Expertise près les Tribunaux auxquelles peu-
vent être commis les architectes.*

Pour chaque vacation de trois heures de tout archi-
tecte. Expert ou Artiste opérant dans le lieu de leur
domicile ou dans la distance de deux myriamètres, il
est dû :

Dans le département de la Seine 8 00

Dans les autres départements 6 00

Au-delà de deux myriamètres, il est alloué pour
chaque myriamètre à titre de frais de voyage et de
nourriture, soit pour aller, soit pour venir :

Aux architectes et artistes de Paris	6 00
A ceux des départements	4 50
Pour quatre vacations par jour sans déplacement :	
Aux architectes et artistes de Paris	32 00
A ceux des départements	24 00

S'il y a moins de quatre vacations, la réduction est proportionnelle.

ÉTATS DE LIEUX

Pour *Etats de lieux* régulièrement établis faits en circonstances ordinaires et sans déplacement, il est dû, pour chaque rôle de 25 lignes à la page et compris la première expédition :

En cas de rédaction par un seul architecte	3 00
En cas de rédaction contradictoire et simultanée par deux architectes	4 00
Pour chaque expédition en plus, par rôle	0 50
Pour tous états de lieux et estimations de matériel d'établissements agricoles ou industriels, des théâtres, des usines, etc., et, pour plans ou dessins y annexés, contre-vérification, revision ou modification d'anciens états de lieux, par vacation, après estimation	8 00

Les déplacements pour états de lieux (rédaction et vérification) donnent droit, en sus des prix du rôle ci-dessus mentionnés, à toute demande d'honoraires et de frais, conformément au Tarif des expertises près les tribunaux, ci-dessus rapporté.

(Décision de la Société centrale des Architectes, du 2 juillet 1850).

Le prix d'un Etat des lieux, régulièrement établi, soit dans les circonstances ordinaires et sans déplacement, doit être payé pour chaque rôle, et compris les deux expéditions	3 50
Chaque expédition en sus payée	0 50

HONORAIRES DE MÉTREURS

Pour mètres et expéditions de travaux de Terrasse, Maçonnerie, Charpente et Carrelage, 1 fr. 20 pour cent,

selon le montant en demande du mémoire, ou 12 fr. pour mille.

Idem, de Couverture, Peinture, Menuiserie, Serrurerie, Fumisterie, à 1 fr. 50 du cent, ou 15 fr. pour mille.

Nous avancerons que pour ces cinq parties, lorsque les travaux à métrer dépassent 10,000 fr.; il se fait souvent une réduction à 12 fr. du mille.

Plomberie de bâtiment, pour les eaux et le gaz, 2 fr. du cent ou 20 fr. du mille.

Lorsque la plomberie est métrée simultanément avec la couverture, souvent le prix d'honoraires est confondu comme à la couverture. Lorsqu'il y a métrage de plomberie seule, on portera le prix qui lui est appliqué.

Etant observé que, dans les départements où il se fait journellement de nombreux travaux à façon, il est d'usage de porter les honoraires à 2 fr. pour cent du montant desdits travaux en demande; et il y a lieu de les estimer en vacations toutes les fois que le montant ne s'élève pas au-dessus de 100 fr.

Réparations locatives

C. civ., art. 1754.

Arbres et arbustes, morts pendant la jouissance, sont remplacés par le locataire, s'il est possible de mettre à leur place des arbres du même âge. Les arbustes, arbrisseaux, fleurs, plantés par le locataire peuvent être enlevés par lui à la fin de la jouissance.

Armoires sont rendues avec les fermetures et les tablettes; s'il en manque, le locataire les remplace. L'intérieur doit être propre; toutefois, il existe une certaine tolérance pour les armoires des salles à manger, lorsqu'elles ne sont pas peintes à l'huile.

Baguettes dorées, posées en bordure sur les papiers de tenture, sont entretenues par le locataire (qui ne doit cependant aucune indemnité, lorsque l'or est terni).

Bassins et Jets d'eau. Le locataire répond des conduits de fer, plomb ou grès, quand il a laissé des eaux et que la gelée a fait crever ces conduits. Il est tenu d'entretenir les robinets.

Cheminées. Le foyer brûlé en avançant trop le feu, ou brisé par la chute d'un objet, est réparé par le locataire. Le carrelage, le rideau en tôle, la plaque de fonte doivent également être entretenus par lui.

Cuvettes d'aisances. Entretien à la charge du locataire. Le propriétaire doit faire les réparations occasionnées par la rouille ou l'oxyde, mais dans les parties seulement de ces cuvettes où le locataire ne peut accéder.

Écuries, râteliers. Les râteliers avec leurs rouleaux les piliers et les barres servant à séparer les chevaux sont entretenus par le locataire.

Espagnolettes, poignées, supports, crochets, à la charge du locataire.

Évier ou pierre à laver. Le locataire répond de leurs brisures ou écornures, à moins qu'elles ne résultent d'un défaut dans la pierre.

Fourneaux de cuisine. Le locataire répond des carreaux sur les planches qui reçoivent les cendres, des carreaux sur le dessus des fourneaux, des scellements, des réchauds et des grilles.

Glaces. Les glaces cassées par le locataire doivent être remplacées en même qualité; les morceaux lui en restent. S'il prouve que les glaces ont été cassées par l'effet du parquet en se déjetant, par tassement ou gonflement du plâtre, il n'est pas tenu de la réparation.

Papier de tenture. Le locataire doit une indemnité pour les dégâts dont il est l'auteur; mais le chiffre de l'indemnité variera en raison de l'importance des dégâts et de la durée de l'occupation des lieux.

Parquets. Les taches d'encre, de graisse, d'huile, etc. les brûlures sont à la charge du locataire; de même pour les trous des clous qui retenaient un tapis.

Propreté. Les lieux doivent être rendus en bon état de propreté, éponsetés, balayés, ordures enlevées, parquet encaustiqué et frotté.

Ramonage des cheminées; c'est une réparation locative. Les locataires sont tenus de faire ramoner assez souvent pour que le feu ne puisse prendre aux cheminées, par la quantité de suie qui se serait amassée dans les tuyaux.

Tapis posés dans les escaliers, sont entretenus par le locataire, s'il occupe seul la maison. S'il y a plusieurs locataires, l'entretien regarde le propriétaire.

Trous faits pour fixer des rideaux, suspendre des tableaux ou des glaces, doivent être bouchés par le locataire.

Vitres et glaces nettoyées, etc.

TABLE DES MATIÈRES

Tables des carrés, cubes, racines carrées et cubiques, des logarithmes, des circonférences et surfaces des cercles des nombres de 1 à 1000.	1
Tables trigonométriques.	24
Arithmétique et algèbre.	27
Géométrie.	48
Applications de la géométrie.	92
Mécanique.	116
Résistance des matériaux.	125
Tables des poids spécifiques, des moments d'inertie, des poids des fers carrés et ronds. .	144
Étude du terrain.	161
Échafauds, étré sillonnements.	167
Mortier et plâtre.	172
Maçonnerie de pierre de taille	178
Maçonnerie de moellon	180
Maçonnerie de meulière	182
Maçonnerie de brique	183
Légers ouvrages, ravalement	186
Murs.	191
Voûtes en arcs.	196
Baies et cheminées.	198
Pans de bois, pans de fer.	201
Points d'appui, supports	203
Assemblages des bois de charpente.	207
Planchers.	213
Hourdis de planchers, plafonds	219
Combles.	221
Escaliers.	236
Série des prix	239
Le Beau.	243
Programmes.	245
Règles de la composition.	246
Dimensions résultant d'ordonnances ou des conventions	250
Moulures.	255
Droits d'octroi à Paris, droits de voirie, risques locatifs, honoraires des architectes	262

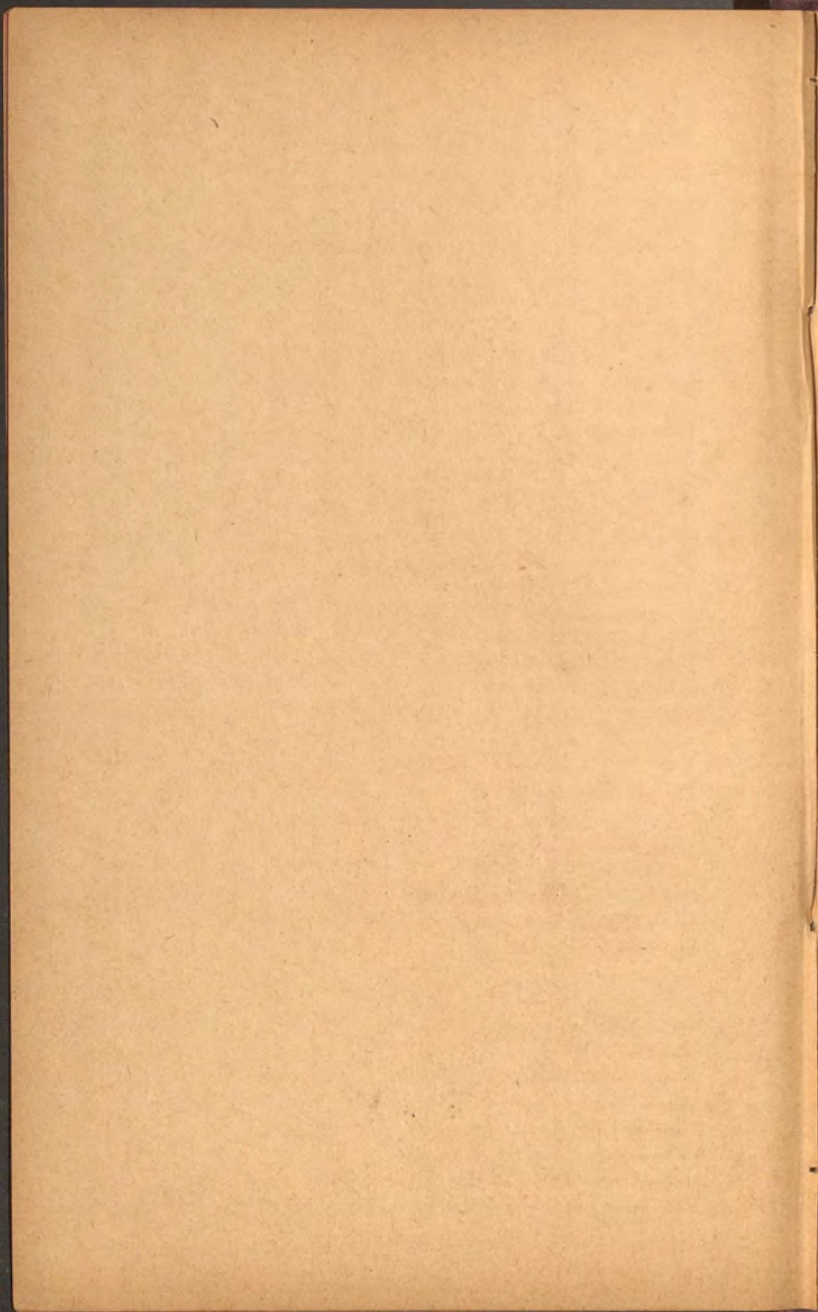


TABLE ALPHABÉTIQUE

A	
Abattage.	179
Aires (géométriques)	103
Aires (maçonnerie).	219
Algèbre.	27
Amortissement	259
Angles (géométrie) . .	48
Angle (moulure). . . .	259
Applications de la géométrie.	92
Arbalétriers.	223
Ares.	198
Arithmétique.	27
Arcades.	254
Assemblages de bois de charpente.	207
Astragale.	255
Atre	200
Augets.	219
B	
Baies.	198
Bandes de trémie. . . .	216
Barbacanes.	191
Bardeaux.	186 219
Beau (le).	243
Béton.	176
Boisseaux.	189
Boutisses.	201
Brisis.	228 231
C	
Calfeutremments. . . .	190
Calibre.	189
Carillons.	218
Carreaux de plâtre. . .	177
Centres de gravité. . .	110
Chaines.	193 195
Chambranle.	199 200
Cheminées à la capu- cine, à modillons, Pompadour.	199
Chaux.	173
Chevalement.	170
Chevêtres.	214
Ciments.	174
Cintres.	170
Circonférence. 54, 94	114
Cisaillement.	128
Compression	127 142
Combles.	221
Composition (règles de la)	246
Cônes.	72
Consolidation du ter- rain.	161
Consolidation des ma- çonneries.	195
Coordonnées.	80
Cornières.	159
Corps de révolution. . .	78
Côtes de vache.	218
Couchis.	172
Cours.	252
Couvre-joint.	216
Coyau.	223
Coyer.	223
Crémaillère.	236
Crépis.	188
Crosse.	255
Croupe.	224

	Pages
Cueillie d'angle.	188
Cylindres.	71

D

Dosseret	193	197
--------------------	-----	-----

E

Eau (tarif).	282
Échafaudages.	167
Échelle de meunier.	237
Échiffre	237
Ellipse	88 101
Emmarchement.	236
Enduits.	186
Entrait, faux, re- troussé.	221
Entretoise	218
Enture.	207
Épannelage.	179
Équations	46
Équilibre.	119
Escaliers	236
Étages.	195
Étalements.	170
Étrésillons.	167 214
Étrier	215
Évidements	179

F

Façades	246	250
Fermes	132	221
Fers laminés, carrés et ronds	154	
Feuillure	188	198
Filets	206	
Flexion	128	145
Fonctions circulaires	80	
Forces (composition des)	116	
Fosses d'aisance	252	

	Pages
Fourrure	218
Foyer.	200
Fractions.	26
Fractions (décimales périodiques)	30
Frottement	123

G

Galleries	249
Géométrie	48
Giron	236
Gousset	218
Grandeurs propor- tionnelles	37
Gril	167
Guettes	201

H

Hachement	188
Harpe.	194
Honoraires des ar- chitectes	276
Hourdis de planchers, de plafonds.	219
Hyperbole	90 102

I

Inertie (moments d')	129	146
Intérêts simples et composés.	40	

J

Jambage	196	199
Jambe, étrière, bou- tisse.	205	

L

Lambourdes	214
Lattis.	186

	Pages
Légers ouvrages . . .	186
Lever de plans . . .	110
Libages	195
Ligne droite . 63 88	92
Limon, faux-limon .	236
Lingoir	215
Linteau	198 201
Logarithmes	39

M

Maçonneries . . .	136 142
Maçonnerie de pierre de taille	179
Maçonnerie de moellon	180
Maçonnerie de meulière	182
Mansard (comble) 228	254
Manteau de cheminée	200
Marches, contre-marches, balancement des marches . 237	253
Marche palière . . .	239
Matériaux (résistance des)	125
Mesures françaises . et étrangères . . .	32
Métrique (système décimal)	32
Meulière	182
Mitoyenneté	285
Moellon brut, smillé, piqué, moellon d'ap- pareil	181
Mortier	175
Mouchettes	176
Mouchetis	188
Moulures	255
Murs de soutènement 171	190
Murs de clôture, de fondations, de face-pignon de re-	

fend, dossierets, de soubassement, al- lèges	193
Murs (épaisseur) . .	195

N

Nivellements	108
Nombres décimaux .	29
Noe	224
Nu (battre un) . . .	187

O

Octroi de Paris . . .	264
Ordres (les cinq) 254	257

P

Pans de bois, pans de fer	201
Parabole	91 102
Pigeonnage	189
Piles en maçonnerie	203
Plan dans l'espace .	63
Planches	213 219
Plâtre	175
Poitrails	206
Polonceau (ferme) . .	224
Polyèdres (réguliers)	74
Polygones	57
Porche	249
Poteriers	177
Poussée des terres .	140
Poutres . 130 146 214	216
Prismes	66
Prix	239
Programme	245
Progressions	18
Puits	163
Puissances	30
Pyramide	49

Q

Quartier tournant 237	238
-----------------------	-----

	Pages
R	
Raccord.	189
Racineaux	167
Racines	30
Ravalement . 180 186	190
Recouvrement	187
Refouillement.	179
Renformis	188
Réparations locatives	280
Rétrécissements des cheminées	200
Résistance des ma- tériaux.	125
Rocailage.	182
Rouet.	164

S	
Saillies sur rues	251
Salles (dimensions des).	253
Série des prix	239
Solives	214
Solins	190
Sommier	197
Sonnettes	164
Sous-détail.	241
Soutènement . . 141	190

	Pages
Sphère.	77
Symétrie.	248 250

T	
Tableau	198
Tarabisco	255
Teintes convention- nelles	113
Terrain (étude du).	161
Terrassements	106
Torsion	128
Traction.	126
Trait de force.	113
Triangles	49
Triangles (résolution)	86
Trièdres,	63
Trigonométrie	80
Trousse picotée.	164

V	
Variété	248
Veaux.	172
Vestibule.	249
Voirie (droits)	265
Voirie (permission)	265
Voûtes	138 196

W	
Wagons	199

INSTRUMENTS ET FOURNITURES

POUR INGÉNIEURS, CONDUCTEURS, GÉOMÈTRES
AGENTS-VOYERS, ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS
ARCHITECTES, ETC., ETC.

H. MORIN

FOURNISSEUR

DES MINISTÈRES DE LA GUERRE, DE LA MARINE, DES TRAVAUX PUBLICS
DE L'INTÉRIEUR ET DE L'AGRICULTURE
DES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER, DES FORÊTS, DU GÉNIE
DU SERVICE VICINAL

ET DE PLUS DE
MILLE ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS
ADJUDICATAIRES DE L'ÉTAT

PARIS. — 3, rue Boursault, 3. — PARIS

Ateliers annexes, 91, rue Lecourbe

NIVEAUX DE TOUS SYSTÈMES

JALONS, MIRES, PIQUETS

Tachéomètres

THÉODOLITES

LIBRAIRIE TECHNIQUE

COMPAS ET POCHETTES

COULEURS, CRAYONS

ENCRE DE CHINE

Fournitures de dessin

COMPTABILITÉ
POUR ENTREPRENEURS

Envoi franco au-dessus de 100 francs

CATALOGUE FRANCO

Extrait du Catalogue général

THÉORIE ET PRATIQUE DE L'ART DE L'INGÉNIEUR du Constructeur de machines et de l'Entrepreneur de travaux publics, par L. VIGREUX, ingénieur civil. La publication **THÉORIE ET PRATIQUE DE L'INGÉNIEUR**, comprend deux grandes divisions : la Partie Didactique et la Partie d'Application. Les séries de la partie Didactique seront précédées chacune d'une Introduction. D'après les prévisions de l'auteur et des éditeurs, l'ouvrage devra coûter, les livraisons étant achetées isolément, environ **400 francs**; mais cette œuvre se publiant par livraisons de 3, 4 et 6 francs, et paraissant à des époques indéterminées, il a fallu, pour éviter des frais de correspondance considérables surtout pour nos Abonnés de l'Étranger, adopter un mode de souscription. Nous avons donc décidé que le prix, pour les souscripteurs à l'ouvrage complet, quel que soit le nombre de livraisons serait de **300 francs**. De plus pour faciliter l'acquisition de cet important ouvrage, nous accepterons la souscription payable 25 francs en souscrivant et 25 francs par trimestre. — Pour l'étranger 100 francs comptant et 50 francs tous les six mois. Une remise de 10 0/0 sera accordée aux souscripteurs qui payeront en souscrivant. Il paraît régulièrement tous les mois une Introduction ou un Projet. 43 séries parues.

**Séries complètes déjà parues
et se vendant séparément**

TRAITE THÉORIQUE ET PRATIQUE HYDRAULIQUE APPLIQUÉE, par VIGREUX, ingénieur civil. 2 volumes in-8° avec figures intercalées et un atlas de 11 planches. Prix 45 fr.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE DE LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX 2 volumes in-8° avec figures intercalées dans le texte et 1 atlas de 13 planches. Prix 30 fr.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE THÉORIE ET PRATIQUE. 2 vol. grand in-8 avec 105 figures intercalées dans le texte et un atlas de 8 pl. grand format. Prix. 30 fr.

PROJET DE DISTRIBUTION D'EAU pour une ville industrielle. Un vol. de texte grand in-8 et un atlas de 7 grandes planches dont une en 3 couleurs 12 fr.

ÉLEVATION D'EAU par moteur hydraulique et machine à vapeur de secours. Un volume de texte grand in-8 et un atlas de 8 grandes planches. Prix 12 fr.

Sous presse : **Utilisation de la puissance d'une chute d'eau pour l'éclairage électrique d'une ville.**

NOTES ET FORMULES DE L'INGÉNIEUR ET DU CONSTRUCTEUR-MÉCANICIEN, par M. Cl. de Laharpe, Ingénieur des Arts et Manufactures 6^e édition, revue et considérablement augmentée. Carnet de poche, format 17/10, comprenant 624 pages de texte et 670 figures sur bois [intercalées dans le texte. Prix cartonné à l'anglaise 7 fr. 50

GUIDE PRATIQUE POUR L'ÉTUDE & L'EXÉCUTION DES CONSTRUCTIONS EN FER à l'usage des Ingénieurs, Architectes, Conducteurs de travaux, Élèves des écoles, etc., par L. CORNU, Ingénieur. Un vol. in-8^e et un atlas de 20 planches. Prix de l'ouvrage complet 12 fr.

COURS PRATIQUE DE COUPE DES PIERRES, publié sous la direction de MM. LEFEUIL, DUVERT et ECHENOZ, Ingénieur-Professeur de coupe des pierres du cercle des maçons Un atlas in-4^e de 42 planches avec texte explicatif à chaque planche. Prix en carton 25 fr.

GUIDE PRATIQUE SUR LES ÉTUDES, LES EXPROPRIATIONS ET LA CONSTRUCTION D'UN CHEMIN DE FER, par CAMBIER chef de section principal aux chemins de fer de l'Etat. 1 volume in-8^e de 160 pages. Prix broché 4 fr.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE DES MOTEURS A GAZ, par M. Aimé WITZ, ingénieur des Arts et Manufactures, carnet format 17/10 de 287 pages et 93 fig. intercalées Prix. . . 7 fr. 50

TRAMWAYS ET LES CHEMINS DE FER SUR ROUTES, par F. SERAFON, ingénieur civil, ancien directeur des Tramways de Lille. Carnet de poche format 17/10 de 384 pages et 176 figures. Prix cartonné. 7 fr. 50

TRAITE THÉORIQUE ET PRATIQUE DES MACHINES SOUFFLANTES par Ed. DENY, ingénieur-Directeur de l'Usine de Metzwiller, Membre correspondant de l'Académie de Metz et de l'Académie de Stanislas, à Nancy. Ancien élève de l'École nationale d'Arts et Métiers de Châlons. L'ensemble de l'ouvrage comprend un volume grand in-8^e avec 150 fig. intercalées dans le texte et un atlas de 14 planches in-folio. Prix . . . 20 fr.

MANUEL DU CONDUCTEUR DE TRAVAUX. Etudes et constructions de chemins de fer et de routes, par F.-J. KOHLER, sous-chef de section à la compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. *Extrait de la Table des Matières*. Méthodes diverses pour le tracé de cercle. — Calculs de terrassements. — Cubage des bois. — Types des surfaces de déblais et remblais. — Table des carrés et des cubes. — Table des logarithmes naturels de 1 à 10. — Racines carrées et cubiques de quelques fractions. — Table trigono-

métrique. — Trigonométrie. — Surfaces planes. — Formules pour le calcul des points de rencontre. — Méthode pour calculer les remblais et les déblais. — Méthodes expéditives pour le calcul des terrassements, etc., etc. Carnet 17/10 de 300 pages et 53 figures. Prix cartonné 5 fr.

ESSAI D'UN PROGRAMME DE MÉCANIQUE GÉNÉRALE pour la première année d'études de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, par Al. GOULLY, ingénieur des Arts et Manufactures, membre de la Société des ingénieurs-civils. Brochure in-4. Prix. 2 fr.

REGAINS SCIENTIFIQUES, par J. DUBUISSON, ingénieur, ancien élève de l'Ecole centrale.

Cette publication a pour objet de présenter, sous formes de fascicules indépendants, des séries de questions théoriques et pratiques, des exposés de méthodes, de tracé ou de construction les plus nouvelles et reconnues les meilleures après expériences, des analyses critiques et techniques, des études et solutions qui ne figurent pas dans les ouvrages généraux concernant l'établissement des chemins de fer, même dans ceux les plus connus jusqu'à ce jour.

FASCICULE N° 1. Essai sur la détermination des Puits et Galeries nécessaires au percement d'un tunnel. 1 brochure in-8° de 27 pages, avec 41 figures intercalées dans le texte 1 fr. 50

FASCICULE N° 2. Essai sur le tracé des courbes circulaires de raccordement. 1 brochure in-8° raisin de 32 Pages, avec 21 figures intercalées dans le texte. 1 fr. 50

FASCICULE N° 3. Notes sur la conservation des tracés et l'implantation des ouvrages d'art. 1 Brochure in-8° raisin de 23 pages, avec 13 figures intercalées dans le texte. 1 fr. 50

FASCICULE N° 4. Complément des projets de travaux d'art. 1 volume in-8° raisin de 104 pages en autographie, avec 70 figures intercalées dans le texte 3 fr.

FASCICULE N° 5. Chainages officiels des chemins de fer. — Tables pour le tracé des courbes à l'aide du Théodolite. 1 volume in-8° raisin de 88 pages en autographie, avec 33 figures intercalées dans le texte 3 fr.

FASCICULE N° 6. Calcul des terrassements en matière d'avant-projet. 112 pages in-8° raisin en autographie, avec 78 figures et plusieurs tableaux intercalés dans le texte

FASCICULE N° 7. De la forme des terrassements en matière d'avant-projets et réalisations. 1 vol. in-8° raisin de 178 pages en autographie, avec 220 figures et de nombreux tableaux intercalés dans le texte. En réimpression. 4 fr. 50

FASCICULE N^o 8. Particularités des voies ferrées en plan et en profil. Exposé d'un *Journal de Travaux*. Un fort volume de 168 pages avec de nombreuses figures intercalées dans le texte 4 fr. Fascicules 9 et 10 sous presse.

DU MÊME AUTEUR

CONSOLIDATION DES TERRAINS ÉBOULEUX par masses. Grand in-8 avec figures 7 fr.

ÉTUDE DÉFINITIVE D'UNE VOIE FERRÉE ENTRE DEUX POINTS DONNÉS, 1 volume in-8 jésus de 312 pages comportant un grand nombre de figures intercalées dans le texte 2^e édition. 15 fr.

DETERMINATION PRÉCISE DE LA STABILITÉ DES MURS DE SOUTÈNEMENT et de la **POUSSÉE DES TERRES**, par A. GOBIN, ingénieur des Ponts et Chaussées. 1 volume in-8^o, de 150 pages avec figures. Prix 5 fr.

L'AIR COMPRIMÉ. Application à la fondation d'un pont, avec tablier métallique composé de 3 traverses indépendantes de 34 mètres d'ouverture chacune, total 106^m,20. Description détaillée des travaux exécutés pour la fondation à l'aide de l'air comprimé des 2 piles en rivières du pont de Gilly-sur-Isère, par TESSIER, ingénieur. 1 volume in-8^o avec planches. Prix 5 fr.

SÉRIE PRATIQUE SPÉCIALE DE SERRURERIE ET CONSTRUCTIONS EN FER, paratonnerres, sonneries diverses, porte-voix, etc., par V. SAVIGNY, mètreur-vérificateur. Un vol. 17/10 cartonné 6 fr. 50

TRAITÉ PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ appliquée à l'exploitation des chemins de fer par GEORGES DUMONT, ingénieur des Arts et Manufactures. Carnet de poche format 17/10 de plus de 300 pages avec 250 fig. dans le texte. Prix cartonné 7 fr. 50

TRAITÉ PRATIQUE DU LEVER DES PLANS SOUTERRAINS, par F. VILLET. Ingénieur des Mines. *Extrait de la table des Matières*. — Lever un plan de mine avec la boussole. Calcul des proportions horizontales et verticales des stations. Raper porter un plan souterrain avec le rapporteur. Méthode numérique ou des 3 plans coordonnés. Tracé d'une méridienne. Théodolite, niveau, compas, courbes, pantographe. Méthode graphique et numérique. Principe d'Archimède. etc., etc. In-8^o avec 11 planches. 6 fr.

ALBUM DU PETIT MATÉRIEL des chemins de fer de l'Ouest. 29 planches. Prix 29 fr.

RECUEIL DE TABLES ET DE FORMULES. Chemins de fer, routes, canaux, etc. Contenant une table pour le calcul des surfaces de talus. théorie du calcul des profils en trayers. Une table pour la cubature des bois. Deux tables pour le tracé des courbes et une note sur les métrés des ponts voûtés. Une brochure de 36 pages en autographie. 2 fr.

APPAREILS DE DISTRIBUTION PAR TIROIRS, ETC. Procédés théorique et pratique pour établir et vérifier les distributions de machines à vapeur, etc. par S. PICHULT, Ancien élève de l'Ecole centrale de Paris, Ancien Ingénieur chef de section au Bureau d'études de la Société Cockerill, à Seraing, ingénieur en chef des ateliers de construction de la Société de Selessin (Belgique). L'ensemble de l'ouvrage comprend un volume grand in-8° de 400 pages et un atlas de 74 planches, grand in-4°. Prix de l'ouvrage complet. 25 fr.

ALBUM DE MÉTALLURGIE, par ARMENGAUD aîné. Prix cartonné. 15 fr.

ÉTUDES SUR LES LOCOMOTIVES ANGLAISES, par Maurice DEMOULIN, ingénieur des Arts et Manufactures. Un volume in-8° avec planches in-fol. Prix 7 fr. 50

LEÇON SUR L'ÉNERGIE ET LE RENDEMENT DES MACHINES. D'après l'Essai d'un programme de mécanique générale pour l'Ecole Centrale, par Al. GOUILLY ingénieur des Arts et Manufactures. Prix 2 fr.

STATIQUE GRAPHIQUE DES MÉCANISMES pour la détermination du rendement des machines et des efforts subis par leurs organes, par G. Hermann, édition française par Schmitz et Castin, ingénieurs civils.
1° Le rendement des mécanismes; 2° Equilibre des mécanismes; 3° Frottement de glissement; 4° Frottement de tourillons; 5° Frottement de roulement; 6° Frottement des chaînes; 7° Roideur des cordes; 8° Frottement des engrenages; 9° Courroies et Freins; 10° Exemples. Un volume in-4° raisin avec 8 planches Prix 12 fr.

MACHINES-OUTILS TRAVAIL DES MÉTAUX, machines à percer, à river, à mortaiser, à raboter, à fraiser, à tarauder, à faire les engrenages, etc., par ARMENGAUD aîné, ingénieur des arts et manufactures. Atlas in-folio de 40 planches en gravure. Prix en carton 20 fr.

REVUE GÉNÉRALE DES **MACHINES-OUTILS** ET DES APPAREILS DE LEVAGE ET PESAGE, publiée sous le patronage d'un comité d'Ingénieurs, de Constructeurs, de Mécaniciens. Publication mensuelle paraissant le 15 de chaque mois. Chaque numéro comprend: 8 pages de texte et 4 planches grand in-4°. Prix de l'abonnement: Paris, Province, 12 fr.; Étranger, 15 fr. L'année parue en carton. 18 fr.

LES MACHINES MARINES Cours professé à l'École d'application du Génie maritime, Par A.-F.-A. BIENAYMÉ, Ingénieur, Officier de la Légion d'honneur, Directeur de l'École d'application du Génie maritime. Ouvrage couronné par l'Académie des sciences. L'ensemble de l'ouvrage comprend un volume de texte grand in-4° de 500 p. et un atlas de 162 planches doubles. Prix 60 fr.

CHEMIN DE FER D'INTÉRÊT LOCAL. Avantages de la voie étroite, par A. MOREAU, ingénieur, secrétaire de la Société des ingénieurs civils de France. Brochure in-8°. Prix 2 fr.

SERIE DE PRIX POUR TRAVAUX DE GROSSE CHAUDRONNERIE, par V. GOSSELIN. Un volume 17/10 cartonné, prix 5 fr.

PONTS BIAIS. Tracé des épures. Coupe des pierres et détails sur la construction des différents systèmes d'appareils de voûtes biaises, mises à la portée de tous les agents de travaux et appareilleurs, par LOIGNON. 1 vol. in-8° et 1 atlas de 14 planches. Prix 10 fr.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE DES POMPES ET MACHINES A ÉLEVER LES EAUX, par L. POILLON, ingénieur des Arts et Manufactures. L'ensemble de l'ouvrage comprend 2 vol. grand in-8° raisin de 500 pages, avec un atlas comprenant 94 planches hors texte. Prix de l'ouvrage complet 60 fr.
Chaque volume séparément. 35 fr.

CONSTRUCTION D'UN RÉSERVOIR EN MAÇONNERIE, par Frédéric PAUWELS. Un volume in-8 avec planches. Prix 6 fr

RÉSUMÉS D'ARCHITECTURE ET DE CONSTRUCTIONS. Ouvrage comprenant : toutes les connaissances qui constituent la science de l'architecture, de l'entrepreneur et du conducteur de travaux publics. Par Al. GOULLY, ingénieur des arts et manufactures répétiteur à l'école centrale, officier d'Académie.

Carnet de poche format 17/10 de plus 300 pages et plus de 600 figures intercalées dans le texte. Prix cartonné. 5 fr.

FONDERIE EN FRANCE. Traité général de ses procédés de fabrication et de ses applications à l'industrie. Par A. GUETTIER. Nouvelle édition revue, augmentée et mise au niveau de tous les perfectionnements récents.

L'ensemble de cet important ouvrage comprend : 5 volumes de texte et un atlas de 41 pl. Prix de l'ouvrage complet. 60 fr.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE DE LA FABRICATION DU SUCRE
Guide pratique du Chimiste-Fabricant, par Paul HORSIN-DEON, Ingénieur-Chimiste. Un fort volume in-8° raisin de 640 pages, orné de 129 figures intercalées dans le texte et de 5 grandes planches.
Prix 25 fr.

LES EXPLOSIFS MODERNES TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE à l'usage des Ingénieurs civils et militaires, des Entrepreneurs de travaux publics par A. CHALON, ingénieur des Arts et Manufactures. Un vol. grand in-8 de 400 pages avec 150 fig intercalées dans le texte.
Prix 20 fr.

AGENDA DU FABRICANT DE SUCRE, par SPENLÉ, à l'usage des raffineurs, distillateurs, chimistes, chefs de fabrication, etc., suivi d'un traité d'analyse chimique par PELLET-BIART, carnet de poche de 469 pages, et nombreuses figures intercalées
Prix cartonné 7 fr. 50

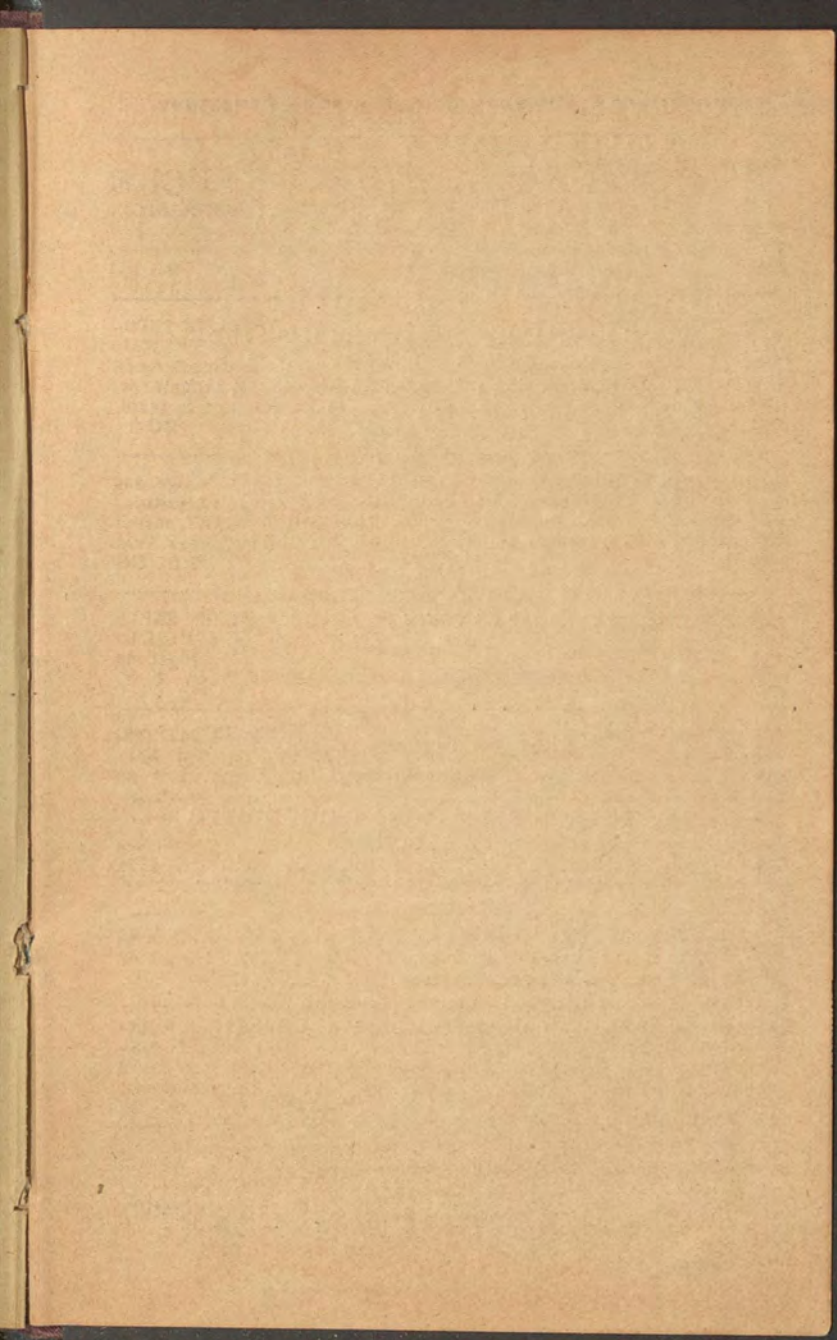
APPAREILS A VAPEUR DESCRIPTION, APPLICATION, EXPLICATION DES LOIS ET RÉGLEMENTS, APPAREILS DE SURETÉ par HERVIER, ingénieur. Carnet de poche format 17/10 de 220 pages et 119 figures intercalées dans le texte. Prix, cartonné 5 fr.

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE SES APPLICATIONS, par Similien MAISONNEUVE, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 volume in-8° de de 160 pages et 5 tableaux. Prix. 5 fr.

MANUEL DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE, revue de tous les ouvrages ayant trait à l'éclairage électrique 1831 à 1881 par ARMENGAUD aîné. Un vol. in-8° de 250 p. Prix cart. 5 fr.

AGENDA à l'usage des fabricants, contre-maitres de filatures et tissages, etc., par SPENLÉ et BIPPER, carnet de poche avec nombreuses figures intercalées. Prix cartonné . 5 fr.

TRAITÉ PRATIQUE DE CONSTRUCTIONS CIVILES, par G. WANDERLEY. Édition française revue et corrigée par A. BIEBER, ingénieur des Arts et Manufactures. 1^{er} volume. — LE FER DANS LA CONSTRUCTION, couvertures, escaliers, serrureries, fondations, in-8° de 500 pages, 572 figures et 16 planches. Prix. 15 fr.
2^e volume. — LA PIERRE ET LA BRIQUE, murs en briques, moellons et pierres de taille, arcs, voûtes, baies, moulures, exécutions, in-8° de 505 pag., 572 figures et 16 planches. Prix. 15 fr.
3^e volume. — LE BOIS DANS LA CONSTRUCTION. Prix. 15 fr.
Les 3 volumes pris ensemble. 40 fr.



LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ARCHITECTURE ET DES TRAVAUX PUBLICS
ANDRE, DALY FILS & C^{IE}
ÉDITEURS

Paris — 51, rue des Écoles, 51 — Paris

LA
SEMAINE DES CONSTRUCTEURS

JOURNAL HEBDOMADAIRE ILLUSTRÉ
DES TRAVAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Sous la direction générale de M. CÉSAR DALY
Sous-Directeur : M. MARCEL DALY, Ingénieur
ARCHITECTURE. — GÉNIE CIVIL
TRAVAUX PUBLICS ET PARTICULIERS.
INDUSTRIES DU BATIMENT. — MATÉRIAUX. — CHANTIERS
ÉTUDES TECHNIQUES. — JURISPRUDENCE. — EXPOSITIONS
CURIOSITÉS. — ADJUDICATIONS
PROPRIÉTÉ FONCIÈRE. — CHRONIQUE FINANCIÈRE, ETC.

52 numéros grand in-4° par année
1040 pages de texte. Nombreuses figures et illustrations
12^e année en cours de publication

ABONNEMENT ANNUEL

Paris un an 25 fr. — six mois 13 fr.
Départements un an 27 fr. — six mois 14 fr.
Étranger : le port en sus

Envoi franco de spécimens

AUTRES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES
de la

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ARCHITECTURE & DES TRAVAUX PUBLICS

La Revue générale de l'architecture et des travaux publics. (46^e année)

Les Croquis d'architecture. (22^e année)

Le Recueil d'architecture. (16^e année)

Matériaux d'architecture et de sculpture. (17^e année)

L'Art et l'Industrie. (12^e année)

L'Art pratique. (10^e année)

Recueil de menuiserie pratique. (12^e année)

Recueil de serrurerie pratique. (12^e année)

Menuiserie. — Ebénisterie. (6^e année)

Les métaux ouvrés || La revue des musées.

ENVOI FRANCO DU CATALOGUE SUR DEMANDE

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ARCHITECTURE ET DES TRAVAUX PUBLICS

ANDRE, DALY FILS & C^{IE}

ÉDITEURS

Paris — 51, rue des Écoles, 51 — Paris

OUVRAGES DIVERS

Traité pratique d'Aquarelle enseignée par l'aspect. — La figure et le genre, par GASTON GÉRARD. — 22 leçons et 12 aquarelles. — Texte explicatif. — Prix, en carton. 30 fr.

Manuel des Lois du bâtiment, élaboré par la *Société centrale des Architectes*. — Cinq forts volumes grand in-8°. — Prix brochés..... 40 fr.

Dictionnaire de la Propriété bâtie. — Code du bâtiment, par RAYON, architecte et COLLET-CORBINIÈRES, avocat. — 3 forts volumes. — Prix brochés..... 36 fr.

Traité des Réparations, par A. LE BÈGUE, architecte-expert. Prix broché..... 8 fr.

Manuel des Entrepreneurs. — Publié par la *Chambre syndicale des Entrepreneurs de maçonnerie de Paris*. — 3 volumes grand in-8°. — Prix brochés..... 24 fr.

La Décoration géométrique, par P. FAURÉ, architecte. — 532 compositions variées. — Prix broché..... 25 fr.

L'École industrielle. — Enseignement pratique. — Album de 24 planches et texte. — Prix..... 10 fr.

Monument Gambetta sur la place du Carrousel à Paris. — Monographie par BOILEAU, architecte. — Album de 80 pages de texte illustré et de 20 planches gravées. — Prix, en carton. 80 fr.

La Brique ordinaire au point de vue décoratif, par LACROUX, architecte. — 1^{re} Partie: Construction proprement dite. — 73 planches in-f° en couleurs. — Prix en carton. 125 fr.

2^e Partie: Applications pratiques. — 80 planches en couleurs. — Prix, en carton..... 175 fr.

Histoire générale de l'architecture, par D. RAMÉS, architecte. — 2 volumes. — Prix broché..... 30 fr.

Cours pratique de coupe des pierres, par LAUNOY. — 24 planches et texte. — Prix broché..... 10 fr.

Charpentes en bois. — Atlas in-4° de 120 planches, par LOYAU. — Prix..... 25 fr.

Dictionnaire encyclopédique et biographique de l'Industrie et des arts industriels, par O. LAMÉ. — 8 forts volumes in-4°. — Prix, en souscription..... 250 fr.

HYGIÈNE. — **La Plomberie au point de vue de la salubrité des habitations,** par HELLVER. — Traduit de l'anglais par POUFARD aîné. — Prix, 2 volumes brochés. 15 fr.

La Céramique des constructions, par FOY. — 1 vol. de texte et 12 planches. Prix..... 15 fr.

Ouvrages de M. O. Masselin, entrepreneur de travaux publics. — **Murs mitoyens,** 22 fr. — **Responsabilité des Architectes et Entrepreneurs,** 12 fr. — **Devis dépassés,** 6 fr. — **Locations d'immeubles,** 10 fr. — **Dictionnaire du Mètre,** 10 fr. — etc.

ENVOI FRANCO DU CATALOGUE SUR DEMANDE

