

Chapitre 3

Calculs des installations

Sections des conducteurs

Dans un conducteur isolé, ou dans un câble, parcouru par un courant d'emploi I_b , la section de son âme conductrice doit satisfaire la condition de l'échauffement en régime normal : *l'échauffement, en régime normal, ne doit pas entraîner une dégradation des propriétés des isolants et des gaines*. Ce qui conduit à considérer les influences suivantes lors du choix de la section :

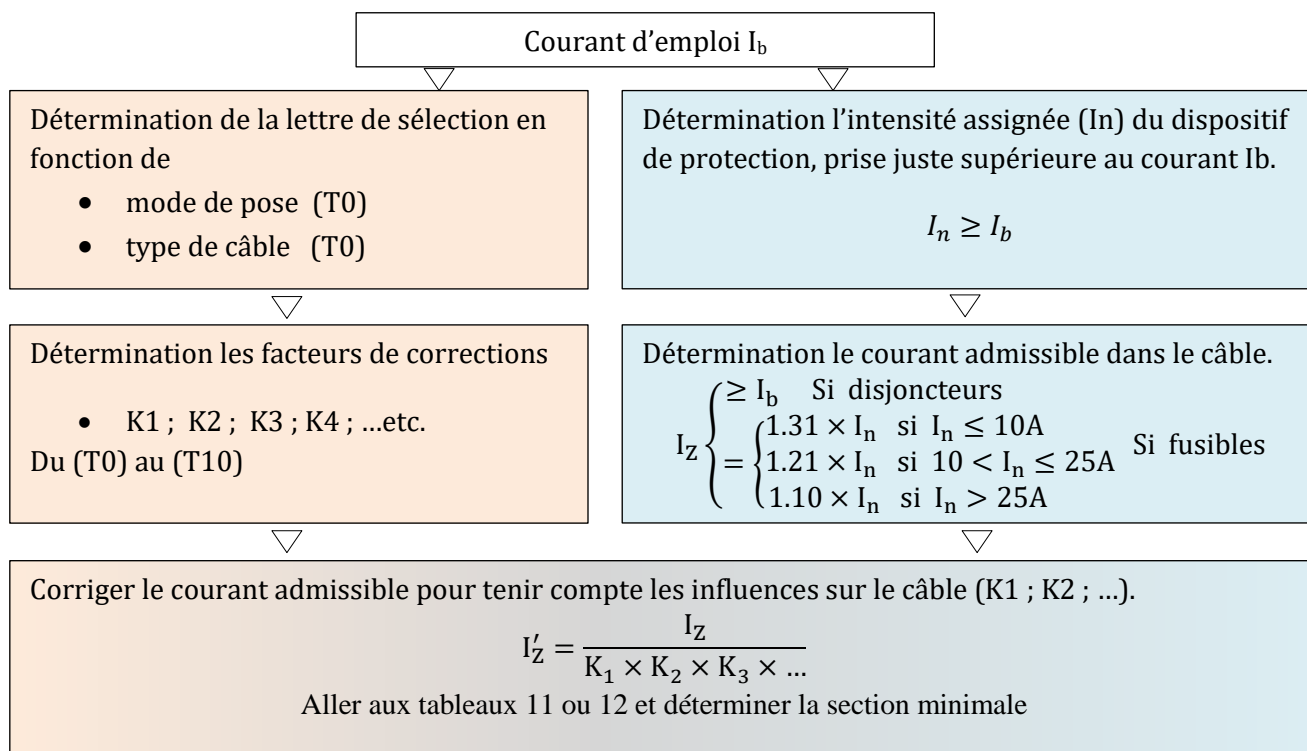
- Type d'isolant et de l'âme du câble
- Le mode de pose du câble (*limitation du refroidissement*)
- Température du milieu ambiant (ou de la terre, pour poses enterrés)
- Chutes de tensions et contraintes de court-circuit dans le câble

Ces influences seront matérialisées par des coefficients de correction K_i , qu'il faudra appliquer à l'intensité d'emploi I_b (ou à l'intensité nominale I_n) pour en déduire le courant admissible du câble. Les facteurs de correction K_i sont donnés dans des tableaux normalisés (voir tableaux annexes)

Pour déterminer la section minimale d'un câble, on suit les étapes suivantes :

1. Déterminer le courant admissible I_z du conducteur selon le courant d'emploi I_b et/ou selon le courant nominal I_n du dispositif de protection choisi.
 - $I_n \geq I_b$
 - $I_z \geq I_n$ si protection par disjoncteur
 - $I_z = \begin{cases} 1.31 \times I_n ; & \text{si } I_n \leq 10 \text{ A} \\ 1.21 \times I_n ; & \text{si } 10 < I_n \leq 25 \text{ A} \\ 1.10 \times I_n ; & \text{si } I_n \geq 25 \end{cases}$ si protection par fusible
2. Déterminer la méthode de référence, désignée par une lettre de sélection, qui prend en compte
 - le mode de pose (apparent, enterré, encastré, sur chemin de câble, ...)
 - le type du câble (mono-conducteur, multiconducteurs)
3. Déterminer les coefficients K_i de correction, qui résument les influences sur le circuit
 - K_1 : influence de mode de pose
 - K_2 : influence mutuelle entre circuits placés côte à côte
 - K_3 : influence de la température sur l'isolant ...
4. Corriger le courant admissible I_z par l'ensemble de facteur de correction :
 - $I'_z = \frac{I_z}{K_1 \times K_2 \times K_3 \times \dots}$
5. Déterminer la section S correspondante à I'_z d'après le tableau normalisé en annexe.
6. Vérifier la chute de tension par $u = a \cdot \left(\frac{\rho \cdot l}{S} \cdot \cos \varphi + \lambda \cdot l \cdot \sin \varphi \right) \cdot I_b \Rightarrow \Delta u \% = \frac{u}{U} \times 100$
 - $a=1$ pour câbles triphasés, et $a=2$ pour circuits monophasés
 - ρ : résistivité en ($\Omega \text{mm}^2/\text{m}$), 0.023 pour Cu et 0.037 pour Al.
 - λ : réactance linéique en ($\text{m}\Omega/\text{m}$), 0.08 circuits en trèfle, 0.09 nappe jointif et 0.13 autres
 - S : section (mm^2), l longueur (m), $\cos \varphi=0.8$ (en absence d'information)
 - U chute de tension, $\Delta u\%$ chute relative, U tension nominale (V), I_b courant d'emploi (A)
7. Vérifier la contrainte thermique lors de court-circuit ($I^2 t = K^2 \times S^2$)
 - A comparer avec celle du dispositif de protection (disjoncteur ou fusible)
8. Si tout va bien, section S (ok), sinon passer à la section suivante et refaire tout.

Ces étapes sont résumées dans l'organigramme de la page suivante :



Exemple : une liaison triphasée, par câbles monoconducteurs en cuire isolés au PR, entre deux tableaux électrique. L'estimation des charges ont permis d'évaluer le courant d'emploi à 600A. Les conducteurs sont posés jointifs dans un chemin de câbles perforé d'ambiance normale. Une préférence est donnée à la pose de câbles en parallèle pour limiter la section unitaire à 150 mm².

Quelle est la section de la liaison ?

Solution :

La pose correspond au mode de pose n° **13A**. Le tableau indique la méthode de référence **F**, et le tableau des facteurs liés au groupement des circuits, **T1** ligne **D4**, (simple couche).

K=0.88 (car deux câbles par phase, deux circuits en //)

$I'_Z = \frac{I_b}{K} = \frac{600}{0.88} = 682$ soit 341 A par câble mono-conducteur, le tableau 11 donne pour conducteurs PR3 en cuivre, et pour un courant admissible de 382A (le plus proche supérieur à 341A) la section est 120mm². Ici, on a supposé une protection par disjoncteur de courant nominal égale au courant d'emploi.

S'il n'y a pas préférence de pose en parallèles, **K=1** (un seul circuit), $I'_Z = 682 A$ et S=300mm² en Cu ou 500mm² Al.

Exemple 2 : Refaire le calcul si la liaison est dans un conduit enterré dans un sol de température moyenne 25°C. La pose en deux câbles parallèles/phase est toujours préférée.

Pose n°61, $K_1=0.8$, Lettre D,




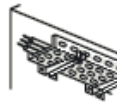
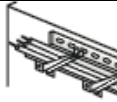
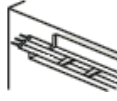
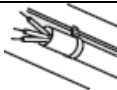

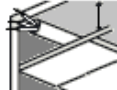
T3 : deux circuit dans le même conduit $K_2=0.71$




T9 : 25°C, $K_3=0.96$

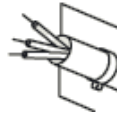
$K_T=K_1.K_2.K_3=0.55 \rightarrow I'_Z = \frac{I_b}{K} = \frac{600}{0.55} \approx 1100$ (550A par circuit mono-conducteur)

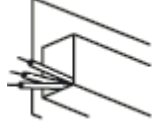
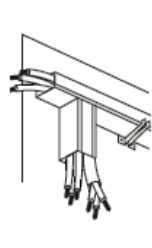
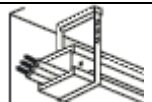

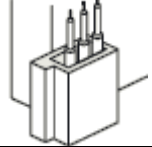
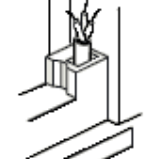
T12 : PR (3 conducteurs) 550 \rightarrow 565 \rightarrow 300 mm² Cu (pas d'équivalence Al)

TABLEAUX ANNEXES
UTILISES POUR LES CALCULS DES SECTIONS DES CONDUCTEURS

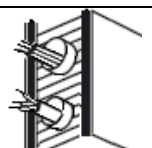
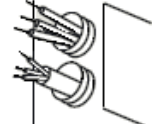


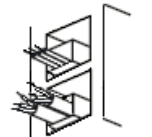
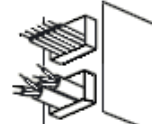
T0 : Câbles et conducteurs posés à l'air libre							
N° mode de pose	Exemple	Description	Méthode de référence	Facteur de correction	Référence des tableaux spécifique des facteurs liés aux groupements		
					Circuits	Couches	Conduits
11		Câbles mono ou multiconducteurs, avec ou sans armure, fixés aux murs	C	1	T1, D2	T2	-
11A		Câbles mono ou multiconducteurs, avec ou sans armure, fixés aux plafonds	C	0.95	T1, D3	T2	-
12		Câbles mono ou multiconducteurs, posés sur des chemins de câbles ou tablettes non perforées	C	1	T1, D2	T2	-
13		Câbles multiconducteurs, posés sur des chemins de câbles ou tablettes perforées	E	1	T1, D4	T2	-
13A		Câbles mono conducteurs, posés sur des chemins de câbles ou tablettes perforées	F	1	T1, D4	T2	-
14		Câbles multiconducteurs, sur de corbeaux, sur des chemins de câbles en treillis soudés	E	1	T1, D5	T2	-
14A		Câbles mono conducteurs, sur de corbeaux, sur des chemins de câbles en treillis soudés	F	1	T1, D5	T2	-
16		Câbles multiconducteurs, sur échelles de câbles	E	1	T1, D5	T2	-
16A		Câbles mono conducteurs, sur échelles de câbles	F	1	T1, D5	T2	-
17		Câbles multiconducteurs suspendus à un câble porteur ou autoporteur	E	1	T1, D5	T2	-
17A		Câbles mono conducteurs suspendus à un câble porteur ou autoporteur	F	1	T1, D5	T2	-
18		Conducteurs nus ou isolés sur isolateurs	C	1.21	-	-	-
25		Câbles mono ou multiconducteurs, dans des faux plafonds ou dans des plafonds suspendus non démontables.	B	0.95	T1, D1	-	-

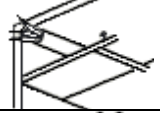





T0 : Câbles enterrés							
61		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits ou dans des conduits profilés enterrés	D	0.8	T3	-	T7
62		Câbles mono ou multiconducteurs enterrés sans protection mécanique complémentaire	D	1	T4	-	-
63		Câbles mono ou multiconducteurs enterrés avec protection mécanique complémentaire	D	1	T4	-	-

T0 : Câbles sous conduits ou goulottes posés à l'air libre							
N° mode de pose	Exemple	Description	Méthode de référence	Facteur de correction	Référence des tableaux spécifique des facteurs liés aux groupements		
					Circuits	Couches	Conduits
3		Conducteurs isolés dans des conduits en montage apparent	B	1	T1, D1	-	T5
3A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits en montage apparent	B	0.9	T1, D1	-	T5

4		Conducteurs isolés dans des conduits profilés en montage apparent	B	1	T1, D1	-	T5
4A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits profilés en montage apparent	B	0.9	T1, D1	-	T5
31		Conducteurs isolés dans des goulottes fixées aux parois en parcours horizontal	B	1	T1, D1	-	-
31A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des goulottes fixées aux parois en parcours horizontal	B	0.9	T1, D1	-	-
32		Conducteurs isolés dans des goulottes fixées aux parois en parcours vertical	B	1	T1, D1	-	-
32A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des goulottes fixées aux parois en parcours vertical	B	0.9	T1, D1	-	-
34		Conducteurs isolés dans des goulottes suspendues	B	1	T1, D1	-	-
34A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des goulottes suspendues	B	0.9	T1, D1	-	-
71		Conducteurs isolés dans des plinthes et moulures en bois	B	1	T1, D1	-	-
73		Conducteurs isolés ou câbles mono conducteurs dans des chambranles	B	1	-	-	-
73A		Câbles multiconducteurs dans des chambranles	B	0.9	-	-	-
74		Conducteurs isolés ou câbles mono conducteurs dans des huisseries de fenêtres	B	1	-	-	-
74A		Câbles multiconducteurs dans des huisseries de fenêtres	B	0.9	-	-	-

T0 : Câbles posés encastrés (sous conduits ou non)

N° mode de pose	Exemple	Description	Méthode de référence	Facteur de correction	Référence des tableaux spécifique des facteurs liés aux groupements		
					Circuits	Couches	Conduits
1		Conducteurs isolés dans des conduits encastrés dans les parois thermiquement isolantes	B	0.77	T1, D1	-	T5
2		Câbles multiconducteurs dans des conduits encastrés dans les parois thermiquement isolantes	B	0.7	T1, D1	-	T5
5		Conducteurs isolés dans des conduits encastrés dans une paroi	B	1	T1, D1	-	T6
5A		Câbles multiconducteurs dans des conduits encastrés dans une paroi	B	0.9	T1, D1	-	T6
21		Câbles mono ou multiconducteurs dans des vides de construction	B	0.95	T1, D1	-	-
22		Conducteurs isolés dans des conduits dans des vides de construction	B	0.95	T1, D1	-	T5
22A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits dans des vides de construction	B	0.865	T1, D1	-	T5
23		Conducteurs isolés dans des conduits profilés dans des vides de construction	B	0.995	T1, D1	-	T5
23A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits profilés dans des vides de construction	B	0.865	T1, D1	-	T5
24		Conducteurs isolés dans des conduits profilés noyés dans la construction	B	0.95	T1, D1	-	T6
24A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits profilés noyés dans la construction	B	0.865	T1, D1	-	T6

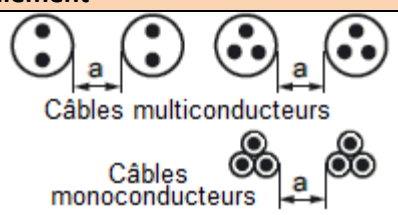
25		Câbles mono ou multiconducteurs dans des faux plafonds ou des plafonds suspendus	B	0.95	T1, D1	-	-
33		Conducteurs isolés dans des goulottes encastrées dans des planchers	B	1	T1, D1	-	-
33A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des goulottes encastrées dans des planchers	B	0.9	T1, D1	-	-
41		Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles mono ou multiconducteurs dans des caniveaux fermés, en parcours horizontal ou vertical	B	0.95	T1, D1	-	T5
42		Conducteurs isolés dans des conduits dans des caniveaux ventilés	B	1	T1, D1	-	T5
43		Câbles mono ou multiconducteurs dans des caniveaux ouverts ou ventilés	B	1	T1, D1	-	-

T1 : Facteurs de correction pour groupement de plusieurs circuits ou plusieurs câbles multiconducteurs												
Disposition de circuits ou de câbles jointifs	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
D1 : enfermés	1	0.80	0.70	0.65	0.60	0.55	0.55	0.50	0.50	0.45	0.40	0.40
D2 : simple couche sur les murs, les planchers ou les tablettes perforées	1	0.85	0.79	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	PAS DE FACTEUR DE REDUCTION SUPPLEMENTAIRES POUR PLUS DE 09 CABLES		
D3 : simple couche aux plafonds	1	0.85	0.76	0.72	0.69	0.67	0.66	0.65	0.64			
D4 : simple couche sur tablettes horizontales perforées ou verticales	1	0.88	0.82	0.77	0.75	0.73	0.73	0.72	0.72			
D5 : simple couche sur échelles à câbles, corbeaux, treillis soudés, etc.	1	0.88	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78			

T2 : Facteurs de correction pour pose en plusieurs couches					
N ^{bre} couches	2	3	4-5	6-8	≥9
Facteurs	0.8	0.73	0.7	0.68	0.66

T3 : Facteurs de correction dans le cas de plusieurs circuits/câbles dans un même conduit enterré													
N ^{bre} Circuits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
Facteurs	1	0.71	0.58	0.5	0.45	0.41	0.38	0.35	0.3	0.29	0.25	0.22	

T4 : Facteurs de correction pour groupement de plusieurs câbles posés directement dans le sol. Câble mono ou multiconducteurs disposés horizontalement ou verticalement						
N ^{bre} câbles ou circuits	Distance « a » entre câbles multi ou entre groupement de câbles mono					
	jointifs	1 φ	0.25m	0.5m	1m	
2	0.76	0,79	0,84	0,88	0,92	
3	0.64	0,67	0,74	0,79	0,85	
4	0.57	0,61	0,69	0,75	0,82	
5	0.52	0,56	0,65	0,71	0,80	
6	0.49	0,53	0,60	0,69	0,78	



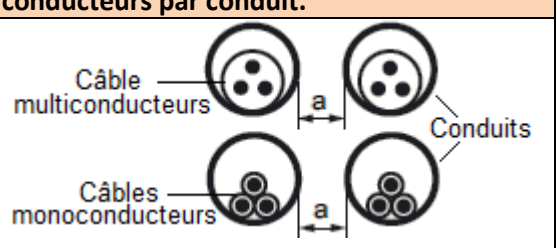
Câbles multiconducteurs

Câbles monoconducteurs

T5 : Facteurs de correction en fonction du nombre et disposition de conduits dans l'air						
N ^{bre} vertical	N ^{bre} de circuits disposés horizontalement					
	1	2	3	4	5	6
1	1,00	0,94	0,91	0,88	0,87	0,86
2	0,92	0,87	0,84	0,81	0,80	0,79
3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
4	0,82	0,78	0,74	0,73	0,72	0,72
5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68

T6 : Facteurs de correction en fonction du nombre et disposition de conduits noyés dans le béton						
N ^{bre} vertical	N ^{bre} de circuits disposés horizontalement					
	1	2	3	4	5	6
1	1,00	0,87	0,77	0,72	0,68	0,65
2	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,50
3	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
4	0,72	0,57	0,48	0,44	0,40	0,38
5	0,68	0,53	0,45	0,40	0,37	0,35
6	0,65	0,50	0,42	0,38	0,35	0,32

T7 : Facteurs de correction pour conduits enterrés disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble multiconducteur ou groupement de 3 câbles mono conducteurs par conduit.				
N ^{bre} de conduits	Distance « a » entre conduits			
	jointifs	0.25m	0.5m	1m
2	0,87	0,93	0,95	0,97
3	0,77	0,87	0,91	0,95
4	0,72	0,84	0,89	0,94
5	0,68	0,81	0,87	0,93
6	0,65	0,79	0,86	0,93



T8 : Facteur de correction pour les températures ambiantes dans l'air			
T _{air} (°C)	Isolation du câble		
	Caoutchouc	PVC	PR
10	1.29	1.22	1.15
15	1.22	1.17	1.12
25	1.15	1.12	1.08
30	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55		0,61	0,76
60		0,50	0,71
65			0,65
70			0,58
75			0,50
80			0,41

T9 : Facteur de correction pour les températures du sol différentes de 20°C		
T _{sol} (°C)	Isolation du câble	
	PVC	PR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65		0,60
70		0,53
75		0,46
80		0,38

T10 : Facteurs de correction pour les câbles enterrés en fonction de la résistivité thermique du sol (Km/W)			
Résistivité thermique du sol (km/W)	Facteur de correction	Observations	
		Humidité	Nature du terrain
0.40	1.25	Pose immergée	Marécages et sables
0.50	1.21	Terrain très humide	
0.70	1.13	Terrain humide	
0.85	1.05	Terrain normal	Argiles et calcaires
1.00	1.00	Terrain sec	
1.20	0.94		
1.50	0.86	Terrain très sec	
2.00	0.76		
2.50	0.70		
3.00	0.65		Cendres et mâchefers

T11 : Sections des conducteurs pour canalisations non enterrées

Lettre de sélection	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
Section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
	500					749	868	946		1083
630					855	1005	1088		1254	
Section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
	300		351	381	406	440	497	508	543	613
	400					526	600	663		740
	500					610	694	770		856
	630					711	808	899		996

T12 : Sections des conducteurs pour canalisations enterrées

I_0		Caoutchouc ou PVC		Butyle ou PR ou éthylène PR	
		3 conducteurs	2 conducteurs	3 conducteurs	2 conducteurs
Section cuivre [mm ²]	1,5	26	32	31	37
	2,5	34	42	41	48
	4	44	54	53	63
	6	56	67	66	80
	10	74	90	87	104
	16	96	116	113	136
	25	123	148	144	173
	35	147	178	174	208
	50	174	211	206	247
	70	216	261	254	304
	95	256	308	301	360
	120	290	351	343	410
	150	328	397	387	463
	185	367	445	434	518
	240	424	514	501	598
	300	480	581	565	677
Section aluminium [mm ²]	10	57	68	67	80
	16	74	88	87	104
	25	94	114	111	133
	35	114	137	134	160
	50	134	161	160	188
	70	167	200	197	233
	95	197	237	234	275
	120	224	270	266	314
	150	254	304	300	359
	185	285	343	337	398
	240	328	396	388	458
	300	371	447	440	520