

## CONDUCTEURS CABLES ET CONDUIT

### 1 Mise en situation :

▫ **Dans le domaine domestique**, il y a une norme qui définit la section des conducteurs selon les récepteurs utilisés. Cela est possible car les modes de pose, la température ambiante et les isolants sont toujours sensiblement les mêmes.

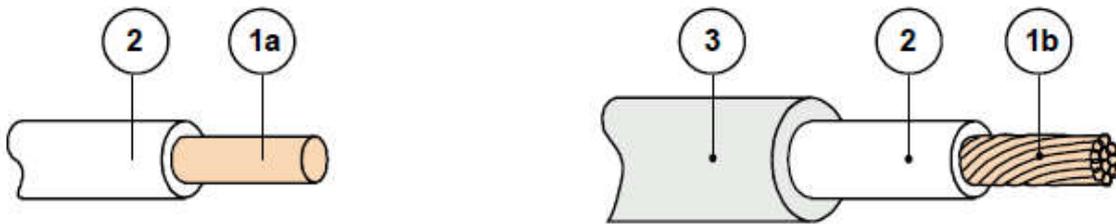
▫ **Dans le domaine industriel**, ces paramètres peuvent varier de façon importante et chaque cas est donc un cas particulier pour lequel des calculs sont nécessaires afin de déterminer le type de câble et la section à utiliser.

Le but de ce thème est donc d'être capable de choisir une canalisation (*câbles, conducteurs + conduits*) en s'appuyant sur les normes, tableaux et abaques fournies par les constructeurs de câbles.

### 2 Constitution d'un conducteur électrique.

Un conducteur électrique est constitué de deux ou trois éléments principaux

#### 2.1 L'âme ou conducteur



L'âme est l'élément conducteur du courant électrique.

C'est à travers elle que circulent les électrons.

Elle est soit en cuivre, soit en aluminium.

Elle peut être :

▫ massive ( $1a = \text{un seul brin} < 35\text{mm}^2$ )

▫ divisée ( $1b = \text{plusieurs brins}$ ).

	CUIVRE	ALUMINIUM
<b>Résistivité</b>	$1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$	$2,78 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
<b>Densité</b>	8,9	2,7
<b>Prix</b>	Cher	Bon marché
<b>Utilisation</b>	T.B.T. & B.T. Réseaux locaux et enterrés	H.T Réseaux aériens

La souplesse du conducteur dépend du nombre de brins utilisés. Elle est classée suivant 6 indices et un symbole la caractérisant est généralement reporté sur les emballages de conditionnement.

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
 médiocre <b>Rigide</b>	 Passable	 Bon	 Très bon	 Excellent	 Exceptionnel <b>Extra-souple</b>

Le degré de souplesse requis pour un conducteur dépend des conditions d'utilisation de ce conducteur

▫ Utilisation fixe ( ex: *conducteurs encastrés dans les murs*) type rigide

▫ Contraintes mécaniques sévères ( ex: *cordon d'alimentation d'un aspirateur*) type souple.

## 2.2 La gaine isolante

Son rôle est d'isoler les parties actives entre elles dans le but d'éviter les courts-circuits. Elle est réalisée avec des matériaux dits isolants.

De la qualité de l'isolant va dépendre la tension de service du conducteur qui doit toujours être supérieure à la tension nominale de l'installation.

*Tensions de service usuelles : 250V, 500V, 750V, 1000V.*

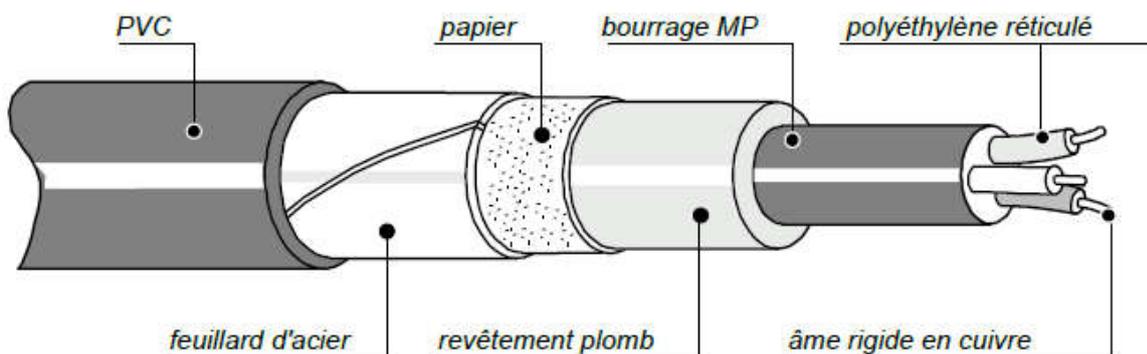
## 2.3 Gaine de protection mécanique :

La gaine isolante n'a pas toujours les qualités requises pour protéger le conducteur contre les contraintes du milieu extérieur. Ces contraintes sont de plusieurs types :

- ☐ Contraintes mécaniques : chocs, traction, torsion flexion
- ☐ Contraintes physiques : chaleur, froid, humidité, feu, UV.
- ☐ Contraintes chimiques : corrosion, résistance aux bases et aux acides.

On peut donc trouver d'autres matériaux que ceux possédant des qualités d'isolant électrique. Les constructeurs de câbles utilisent par exemple des feuillards d'acier, de plomb ou d'aluminium, du papier imprégné ou du jute bitumé.

Exemple de câble 3 conducteurs armé grâce au feuillard d'acier et étanche grâce au revêtement plomb.



## 3 Dénomination des conducteurs et câbles

La dénomination des conducteurs et câbles est définie par la norme européenne CENELEC mais l'ancienne norme française UTE est néanmoins conservée pour les câbles spécifiques non repris par la norme CENELEC.



**4 Dénomination des conduits.**

Un conduit a pour rôle essentiel d'assurer une protection continue des conducteurs contre les chocs mécaniques, l'eau, les risques d'incendie... De plus, les conduits doivent pouvoir être mis en forme facilement, être encastrés dans les murs ou enterrés dans le sol.

**4.1 Désignation des conduits cylindriques**

Un conduit est désigné par un ensemble de chiffres et de lettres définies dans le tableau ci-dessous.

Codes	Fonction	Signification
2 chiffres	Ref = Ø extérieur en mm	10, 20, 25, 32, 40, 50 ou 63
3 lettres	1 <sup>o</sup> lettre : isolant	I : isolant M : métallique
	2 <sup>o</sup> lettre : mise en œuvre	C : cintrable R : rigide S : souple
	3 <sup>o</sup> lettre : résistance à l'écrasement	B : blindé D : déformable O : ordinaire T : transversalement élastique
3 chiffres	1 <sup>o</sup> chiffre : contrainte mécanique	3 : moyenne 5 : très forte
	2 <sup>o</sup> et 3 <sup>o</sup> chiffre : tenue aux températures	00 : pas d'exigence particulière ou non applicable 05 : utilisation de -5°C à +60°C : IRO, ICD 90 : utilisation de -5°C à +60°C, temporaire jusqu'à 90°C

La désignation est parfois complétée par six chiffres relatifs à des propriétés électriques, mécaniques et chimiques.

**4.3 Pose de conducteurs dans des conduits**

Les conduits, qu'ils soient de type cylindrique ou non, sont la plupart du temps utilisés pour passer des conducteurs H 07-VU, VR ou VK ou éventuellement des câbles mono ou multiconducteurs. Afin que les conducteurs et câbles puissent être posés ou retirés facilement, on applique la règle suivante :

$$n \cdot s \leq \frac{S}{3}$$

n : nombre de conducteurs  
s : section totale conducteur + isolant  
S : section intérieure du conduit



Section des conducteurs		
Section	Section totale isolant compris	
(mm <sup>2</sup> )	H 07-VU (mm <sup>2</sup> )	H 07-VK (mm <sup>2</sup> )
1,5	8,55	9,6
2,5	11,9	13,85
4	15,2	18,1
6	22,9	31,2
10	36,3	45,4
16	50,3	60,8
25	75,4	95

Section des tubes		
Diamètre extérieur	Section utile (mm <sup>2</sup> )	
(mm)	IRO	ICO, ICD, ICT
16	44	30
20	75	52
25	120	88
32	202	155
40	328	255
50	514	410
63	860	724

## 5. Calcul de la section des conducteurs

Pour calculer la section des conducteurs il faut tenir compte de plusieurs paramètres :

**Courant nominal** : courant nominal des récepteurs, ou de distribution ;

**Type de conducteurs** : multiconducteur ou monoconducteur ;

**Mode de pose** : disposition des câbles ;

**Type d'isolant** : PVC polychlorure de vinyle, Caoutchouc, PR polyéthylène réticulé ou EPR butyle éthylène réticulé.

### 5.1 Méthode de calcul

**1° Etape** Lettre de sélection

Elle est choisie en fonction du type de câble et du mode de pose, à l'aide du tableau lettre de sélection.

**Facteur de correction K1 :**

Il est déterminé en fonction du mode de pose et de la lettre de sélection, à l'aide du tableau facteur de correction K1.

**Facteur de correction K2 :**

Il est choisit en fonction de la lettre de sélection et du type de pose jointif ou non, à l'aide du tableau facteur de correction K2.

**Facteur de correction K3 :**

Il est déterminé en fonction du type de l'isolant et de la température ambiante, à l'aide du tableau facteur de correction K3.

**Facteur de correction K :**

$$K = K1 \times K2 \times K3$$

**2° Etape** Courant admissible I'z

Courant maximal que le câble peut véhiculer en permanence sans préjudice sur la durée de vie du câble  $I'z = Iz / K$  ; Iz correspond à la valeur normalisée du courant d'emploi.

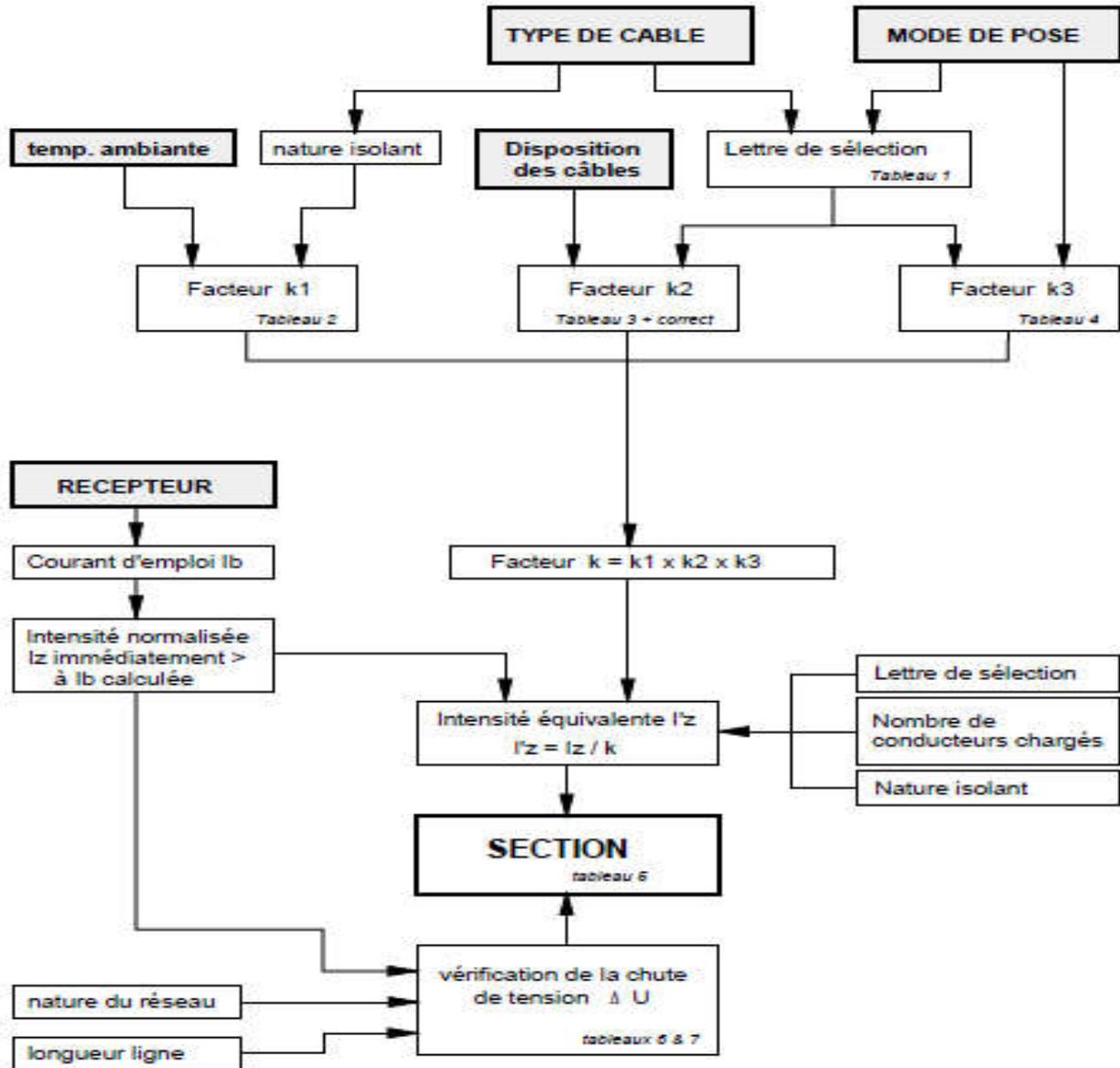
**3° Etape** Détermination de la section

Elle est choisie en fonction de l'isolant, du nombre de conducteurs chargés et de la lettre de sélection, dans le tableau détermination de la section minimale.

**4° Etape** Vérification de la chute de tension

Elle est vérifiée en fonction du courant admissible, de la nature du réseau et de la longueur du câble.

### 5.2 Récapitulatif de la méthode



**Tableau 1 détermination de la lettre de sélection**

Type d'élément conducteur	Mode de pose	Lettre de sélection
Conducteurs et câbles multiconducteur	- sous conduit, profilé ou goulotte, apparent ou encastré - sous vide de construction, faux plafond - sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles	B
	- en apparent contre mur ou plafond - sur chemin de câble ou tablettes mon perforées	C
Câbles multiconducteurs	- sur échelle, corbeaux, chemin de câbles perforé - fixé en apparent, espacés de la paroi - câbles suspendus	E
Câbles monoconducteur	- sur échelle, corbeaux, chemin de câbles perforé - fixé en apparent, espacés de la paroi - câbles suspendus	F

On entend par mode de pose la façon dont une canalisation est installée (encastrée, apparente, aérienne, etc.). Le mode de pose influant sur la qualité du refroidissement des conducteurs, il est important de l'identifier clairement afin de déterminer ultérieurement la section utile de l'âme (voir chapitre suivant).

Les modes de pose étant nombreux et variés et la norme NFC 15-100 les a classés dans 9 grandes familles

**Tableau 2 détermination du facteur de correction K1**

Lettre de sélection	Cas d'installation	K1
B	- câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	- conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	- câbles multiconducteurs	0,90
	- vide de construction et caniveaux	0,95
C	- sous plafond	0,95
B, C, E, F	- autres cas	1

**Tableau 3 Détermination du facteur de correction K2**

Lettre de sélection	Disposition des câbles jointifs	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12
B, C	encastré ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45
C	simple couche sur les murs ou sur les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78

nota : lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer un facteur de correction de :

nombre de couches	2	3	4 ou 5	6 à 8	9 et +
facteur de correction	0,8	0,73	0,7	0,68	0,66

**Tableau 4 Détermination du facteur de correction K3**

température ambiante en °C	Nature de l'isolant		
	élastomère ( caoutchouc )	polychlorure de vinyle ( PVC )	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	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

### Intensités normalisées en A

1 - 2 - 3 - 5 - 10 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 70 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 320 - 400 - 500

**Tableau 5 Détermination de la section minimale des conducteurs**

		isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
		caoutchouc ou PVC			butyle ou PR ou éthylène PR					
Lettre de sélection	B	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2			
	C		PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2		
	E			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2	
	F				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2
Section cuivre (mm <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	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	

**Détermination de la chute de tension :**

Un câble électrique, si bon conducteur soit il, possède une certaine impédance Z (équivalent de la résistance en alternatif). Or, d'après la loi d'ohm, toute impédance traversée par un courant présente à ses bornes une tension valant :

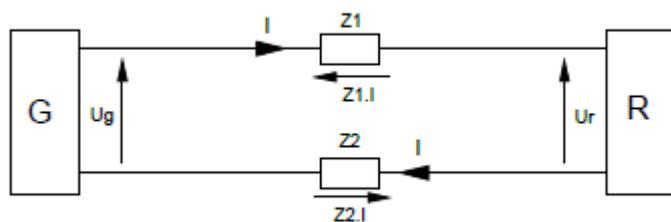
$$U = Z \times I$$

Loi des mailles

$$U_g = Z_2.I + U_r + Z_1.I$$

Avec  $Z_1 = Z_2 = Z$

$$U_r = U_g - 2.Z.I$$



La norme C 15-100 limite les valeurs de chute de tension admissibles selon le type de réseau et la nature du récepteur. La chute de tension à considérer est mesurée entre le point de raccordement BT et le récepteur.

	Eclairage	Autres usages
Abonné alimenté par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Abonné propriétaire de son poste HTA / BT	6%	8%

*Application numérique.*

Pour alimenter un radiateur de 2300W à partir du réseau 230V monophasé EDF, on utilise un câble 2x1,5mm<sup>2</sup>, de 30 m de longueur et présentant une impédance par fil de 0,42 W.

le courant dans le circuit vaut :  $I = 2300/230=10A$

la chute de tension absolue vaut :  $DU = 2. 0,42.10 = 8,4V$

et la tension aux bornes du radiateur  $230-8,4 = 221,6V$

En pourcentage de la tension de départ, la chute de tension vaut:  $DU = 8,4/230 = 0,036$  soit 3,6%

Attention, en dessous d'une certaine valeur, on considère que le radiateur ne fonctionne plus correctement.

Dans le cas de l'application numérique précédente, la norme est respectée. Si tel n'était pas le cas, il faudrait revoir la section du câble puisqu'on ne peut jouer ni sur le courant consommé, ni sur la longueur de la ligne. C'est ce type de démarche qui est proposé à l'aide des tableaux suivants.

**Tableaux 6 et 7 - Détermination des chutes de tension en ligne**

Chutes de tension en % pour 100m de câble et un cosφ = 0,85																		
In (A)	Câble en cuivre S en mm <sup>2</sup>											Câble en aluminium S en mm <sup>2</sup>						
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	10	16	25	35	50	70	95
1	0,5	0,4																
2	1,1	0,6	0,4															
3	1,5	1	0,6	0,4								0,4						
5	2,6	1,6	1	0,6	0,4							0,6	0,4					
10	5,2	3,2	2	1,4	0,8	0,5						1,3	0,8	0,5				
16	8,4	5	3,2	2,2	1,3	0,8	0,5					2,1	1,3	0,8	0,6			
20		6,3	4	2,6	1,6	1	0,6					2,5	1,6	1,1	0,7	0,5		
25		7,9	5	3,3	2	1,3	0,8	0,6				3,2	2	1,3	0,9	0,6	0,5	
32			6,3	4,2	2,6	1,6	1,1	0,8	0,5			4,1	2,6	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5
40			7,9	5,3	3,2	2,1	1,4	1	0,7	0,5		5,1	3,2	2,1	1,5	1,1	0,8	0,6
50				6,7	4,1	2,5	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5	6,4	4,1	2,6	1,9	1,4	1	0,7
63				8,4	5	3,2	2,1	1,5	1,1	0,8	0,6	8	5	3,2	2,3	1,7	1,3	0,9
70					5,6	3,5	2,3	1,7	1,3	0,9	0,7		5,6	3,6	2,6	1,9	1,4	1,1
80					6,4	4,1	2,6	1,9	1,4	1	0,7		6,4	4,1	3	2,2	1,5	1,3
100					8	5	3,3	2,4	1,7	1,3	1			5,2	3,8	2,7	2	1,5
125						5,4	4,1	3,1	2,2	1,6	1,3			6,5	4,7	3,3	2,4	1,9
160							5,3	3,9	2,8	2,1	1,6				6	4,3	3,2	2,4
200							6,4	4,9	3,5	2,6	2					5,6	4	3

Chutes de tension en % pour 100m de câble et un $\cos \varphi = 1$																		
In (A)	Câble en cuivre S en mm <sup>2</sup>										Câble en aluminium S en mm <sup>2</sup>							
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	10	16	25	35	50	70	95
1	0,6	0,4																
2	1,3	0,7	0,5															
3	1,9	1,1	0,7	0,5								0,5						
5	3,1	1,9	1,2	0,8	0,5							0,7	0,5					
10	6,1	3,7	2,3	1,5	0,9	0,5						1,4	0,9	0,6				
16	11	5,9	3,7	2,4	1,4	0,9	0,6					2,3	1,4	1	0,7			
20		7,4	4,6	3,1	1,9	1,2	0,7					3	1,9	1,2	0,8	0,6		
25		9,3	5,8	3,9	2,3	1,4	0,9	0,6				3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5	
32			7,4	5	3	1,9	1,2	0,8	0,6			4,8	3	1,9	1,4	1	0,7	0,5
40			9,3	6,1	3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5		5,9	3,7	2,3	1,7	1,2	0,8	0,6
50				7,7	4,6	2,9	1,9	1,4	0,9	0,6	0,5	7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8
63				9,7	5,9	3,6	2,3	1,6	1,2	0,8	0,6	9	5,9	3,7	2,7	1,9	1,4	1
70					6,5	4,1	2,6	1,9	1,3	0,9	0,7		6,5	4,1	3	2,1	1,4	1,1
80					7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8		7,4	4,8	3,4	2,3	1,7	1,3
100					9,3	5,8	3,7	2,6	1,9	1,4	1			5,9	4,2	3	2,1	1,5
125						7,2	4,6	3,3	2,3	1,6	1,2			7,4	5,3	3,7	2,6	2
160							5,9	4,2	3	2,1	1,5				6,8	4,8	3,4	2,5
200							7,4	5,3	3,7	2,6	2				5,9	4,2	3,2	

Les tableaux 6 & 7 sont donnés pour des longueurs de câble de 100m. Si votre ligne n'a pas cette longueur, il faut effectuer une règle de trois.

Par ailleurs, ces tableaux sont donnés pour des réseaux triphasés 400V. Pour des réseaux monophasés 230V, il faut multiplier les valeurs par 2.

*Prenons pour exemple le cas de l'application numérique de la page précédente :*

*pour  $I=10A$  ,  $s = 1,5mm^2$  et  $\cos j = 1$  (circuit résistif)  $Du = (2 \cdot 6,1) \cdot 30/100 = 3,66 \%$*