

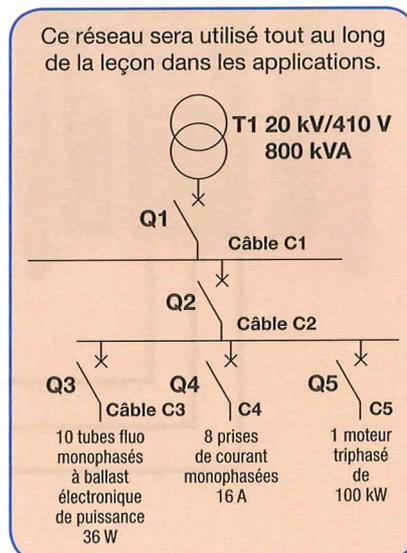
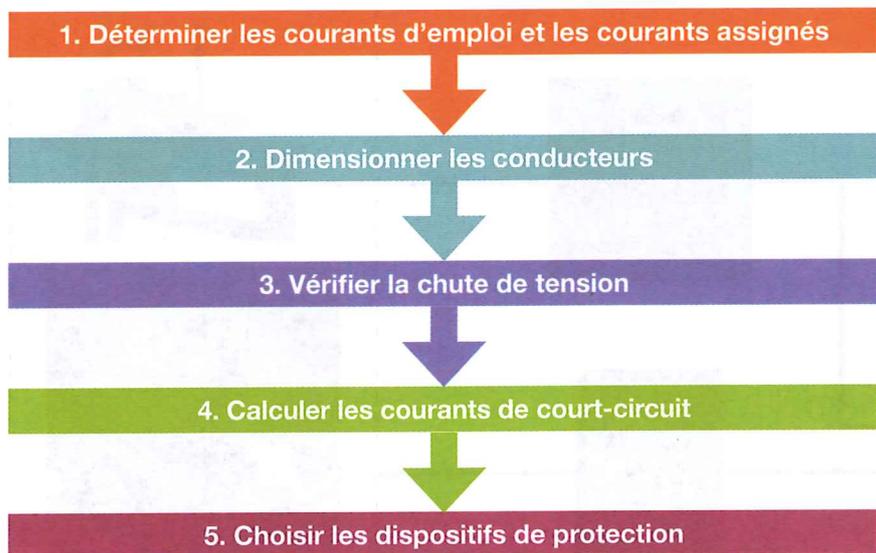
Dimensionnement d'une installation de distribution

Situation : Comment calcule-t-on les éléments d'une installation électrique ? Comment les choisit-on ?
À l'issue de la leçon, vous saurez déterminer les principales caractéristiques d'un réseau basse tension.

Référentiel :
Savoirs abordés : **S1. Distribution de l'énergie ; S1.4 Réseaux basse tension**
Compétences développées : **C1-3, C2-1, C2-4, C2-5, C2-8, C2-9**

Le dimensionnement d'une installation électrique commence lorsque toutes les études préalables ont été effectuées : schéma de principe, choix du schéma de liaison à la terre, bilan de puissance de l'installation, choix du ou des transformateurs.

La **méthode de dimensionnement** d'une installation électrique est la suivante :



Ces étapes du dimensionnement peuvent être réalisées :

- manuellement (avec calculs et utilisation d'abaques),
- informatiquement par un progiciel de conception.

1 COURANTS D'EMPLOI ET COURANTS ASSIGNÉS

Le **courant d'emploi I_b** correspond au courant maximal que peut transporter indéfiniment la canalisation en fonctionnement normal.

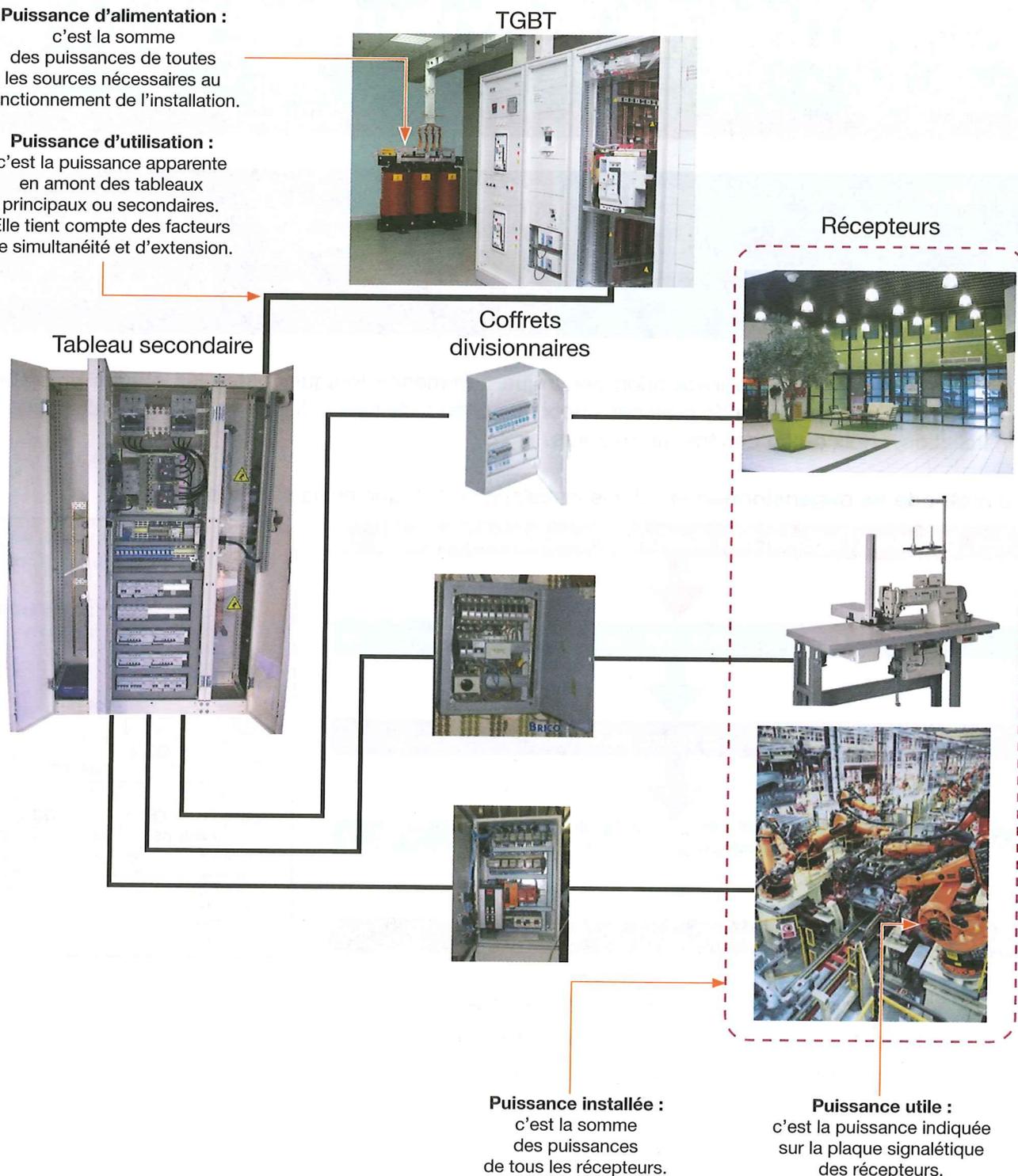
Le **courant assigné I_n** de la protection doit être choisi immédiatement supérieur à I_b parmi les valeurs normalisées suivantes :

...	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	...
-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-----

1.1 Puissances dans une installation

Puissance d'alimentation :
c'est la somme des puissances de toutes les sources nécessaires au fonctionnement de l'installation.

Puissance d'utilisation :
c'est la puissance apparente en amont des tableaux principaux ou secondaires. Elle tient compte des facteurs de simultanéité et d'extension.



1.2 Courant d'emploi

Courant d'emploi des récepteurs

Le **courant d'emploi** I_b d'un récepteur dépend de sa **puissance utile** et de ses conditions d'utilisation. Il permet de déterminer le courant assigné I_n de la protection.

I_b est déterminé par la méthode décrite par la norme NF C15-105.

$$I_b = P_u \times a \times b \times c \times d \times e$$

P_u : puissance utile du récepteur en kW
 a, b, c, d, e : facteurs de correction

Facteur a : Ce facteur prend en compte le rendement η et le facteur de puissance $\cos \varphi$.

$$a = \frac{1}{\eta \times \cos \varphi}$$

Des valeurs moyennes sont fournies par le guide UTE C15-105.

- > Chauffage par résistance : $a = 1$
- > Moteurs (à charge nominale)

Puissance des moteurs	$\cos \varphi$	Rendement η	a
jusqu'à 1 000 W	0,5	0,5	4
de 1 à 4 kW	0,7	0,7	2
de 4 à 50 kW	0,8	0,8	1,5
plus de 50 kW	0,9	0,9	1,2

> Éclairage

Type de lampes	U (V) réseau	P (W) lampe	$\cos \varphi$	η	a
Incandescence et halogène	230	toutes puissances	1	1	1
Florescentes ballast ferromagnétique	230	15 à 58	0,82 à 0,87	0,82 à 0,84	1,40 à 1,90
Florescentes ballast électronique	230	16 à 50	0,92 à 0,95	0,89 à 0,84	1,18 à 1,29
Fluo-compactes ballast séparé	230	18 à 36		0,80 à 0,67	1,25 à 1,49
Lampe mixte à vapeur de Hg	230	100 à 150	0,95	1	1,05
Ballon fluorescent à vapeur de Hg	230	50 à 1 000	0,83 à 0,88	0,95 à 0,88	1,18 à 1,37
Sodium HP tubulaire ou ballon	230	50 à 1 000	0,75 à 0,94	0,94 à 0,83	1,13 à 1,59
Sodium HP tubulaire ou ballon	230	35 à 50	0,73 à 0,91	0,87	1,28 à 1,57
Sodium BP système hybride	230	18 à 180	0,79 à 0,96	0,83 à 0,68	1,25 à 1,86
Sodium BP système hybride économique	230	26 à 131	0,91 à 0,97	0,85 à 0,73	1,21 à 1,51
Iodures métalliques linéaires à 2 culots	230	70 à 250	0,78 à 0,88	0,91 à 0,87	1,25 à 1,48
Iodures métalliques linéaires culots E40	230 400	250 à 2 000 2 000	0,83 à 0,91 0,80	0,95 à 0,92 0,97	1,15 à 1,31 1,29
culots E27	230	100 150	0,76 0,86	0,87 0,88	1,51 1,32

- > Autres récepteurs : suivant les indications des constructeurs
- > Sans indication : prendre $a = 1$

Facteur b : ce facteur d'utilisation prend en compte le fait que les récepteurs ne fonctionnent pas en permanence.

- > MOTEURS en l'absence d'indications plus précises
- > AUTRES RÉCEPTEURS (chauffage, éclairage, prises) en l'absence d'indications plus précises

$$b = 0,75$$

$$b = 1$$

Facteur c : ce facteur de simultanéité prend en compte le fait que les récepteurs ne fonctionnent pas tous en même temps.

- > PRISES DE COURANT : le courant à prendre en considération dépend du nombre de prises de courant issues d'un même circuit (exemple avec un circuit de 8 prises $c = 8 \times 0,2$)
- > AUTRES RÉCEPTEURS en l'absence d'indications plus précises

$$c = 0,1 \text{ à } c = 0,2$$

$$c = 1$$

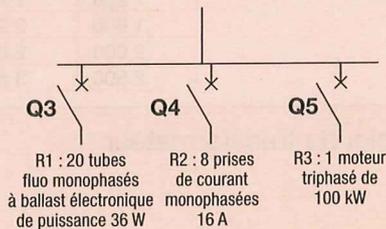
Facteur e : Ce facteur de conversion permet de convertir la puissance (kW ou kVA) en intensité (A).

Monophasé 127 V	$e = 7,87$	Monophasé 230 V	$e = 4,35$
Triphasé 230 V	$e = 2,51$	Triphasé 400 V	$e = 1,44$

Facteur d : ce facteur d'extension prend en compte d'éventuelles prévisions d'extension :

- pas d'extension prévue : $d = 1$
- si une extension future est prévue, la valeur recommandée par la norme : $d = 1,2$ (20 % d'extension).

Application 1 :



- Pour chacun des récepteurs (pas d'extension de l'installation prévue) :
 - Déterminer les facteurs a, b, c, d, e .
 - Calculer le courant d'emploi.
 - Déterminer le courant assigné de la protection.

Récepteur	P_u	a	b	c	d	e	I_b	I_n
R1								
R2								
R3								

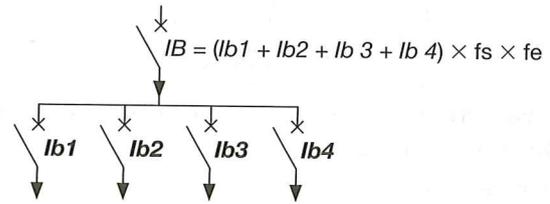
Courant d'emploi dans les lignes

Le courant d'emploi I_B dans une ligne alimentant plusieurs départs peut se déterminer d'après la norme EN 60439.

$$I_B = \sum I_{b \text{ aval}} \times f_s \times f_e$$

I_B : courant d'emploi du circuit de distribution

$\sum I_{b \text{ aval}}$: somme des courants d'emploi du niveau inférieur (circuits terminaux)



fs : facteur de simultanéité

Ce tableau indique le facteur de simultanéité en fonction du nombre de départs issus du même ensemble, coffret ou armoire (NF EN 60439-1).

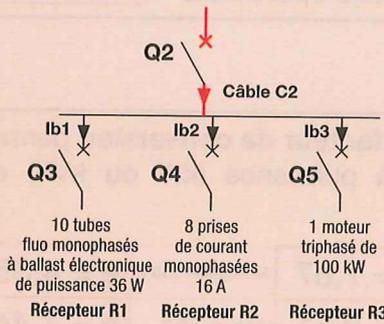
Nombre de circuits	fs
2 et 3	0,9
4 et 5	0,8
6 et 9	0,7
10 et plus	0,6

fe : facteur d'extension

Une valeur d'au moins 1,2 est recommandée pour les installations industrielles (valeur de 1 au minimum).

$$f_e = 1,2$$

Application 2 :



- Déterminer le courant d'emploi dans le câble C2 et le courant assigné de la protection associée Q2 (reprendre les I_b de l'application 1).

I_{b1}	I_{b2}	I_{b3}	f_s	f_e	I_B	I_n

Courant d'emploi du disjoncteur général (DGBT)

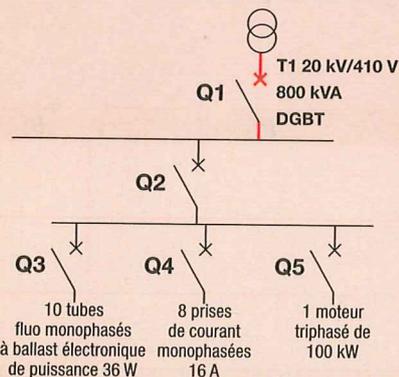
La puissance d'alimentation est déterminée après calcul de la **puissance installée** et application du coefficient d'extension.

La puissance d'alimentation détermine le courant d'emploi du DGBT. On l'obtient :

par calcul $I_b = \frac{S}{U \times \sqrt{3}}$ ou par **tableau constructeur**.

Transformateur	
P (kVA)	I_b (A)
50	70
100	141
160	225
250	352
400	563
630	887
800	1 127
1 000	1 408
1 250	1 760
1 600	2 253
2 000	2 816
2 500	3 521

Application 3 :



- Déterminer le courant d'emploi du transformateur :

a. par calcul :

b. à l'aide du tableau :

- Déterminer le courant assigné du DGBT.

- Choisir le DGBT.

transformateur				pdc mini source (kA)	disjoncteur de source
P (kVA)	I_n (kA)	Ucc (%)	Icc (kA)		
1 transformateur					
630	887	4	22	22	NS1000N
800	1127	6	19	19	NS1250N
1000	1408	6	23	23	NS1600N
1250	1760	6	29	29	NW20N1
1600	2253	6	39	39	NW25H1
2000	2816	6	47	47	NW32H1
2500	3521	6	59	59	NW40H1

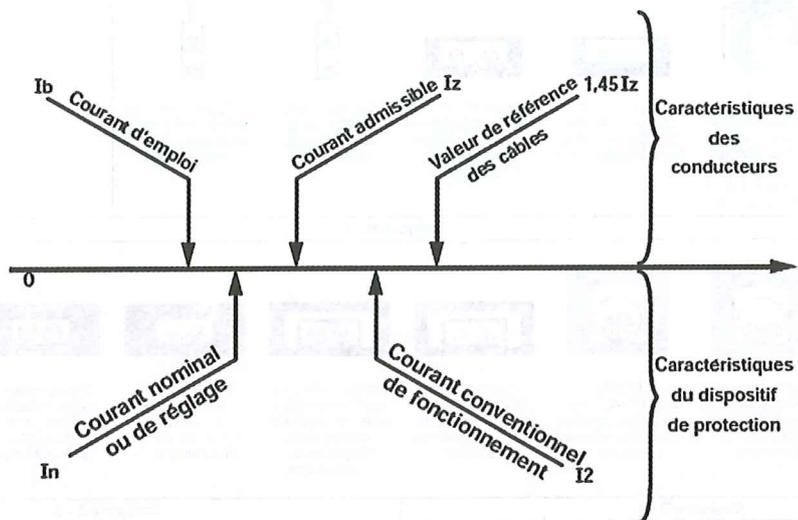
2 DIMENSIONNEMENT DES CONDUCTEURS

Les canalisations doivent supporter la circulation du courant d'emploi sans dommage pendant une période prolongée. Pour cela, il faut que les deux conditions suivantes soient satisfaites :

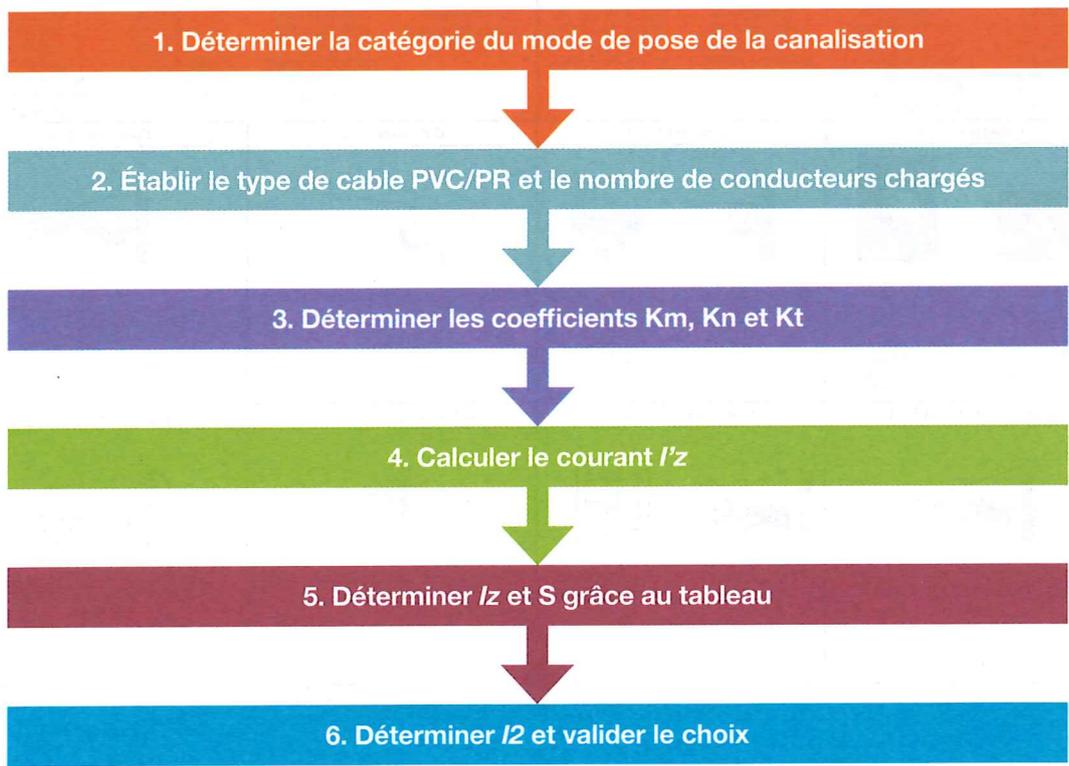
$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad \text{et} \quad I_2 \leq 1,45 I_z$$

Définition des différents courants (NF C15-100 ; CEI 60364)

- **I_b** : courant d'emploi du circuit
- **I_n** : courant assigné du dispositif de protection
- **I_z** : courant admissible du conducteur
- **I_2** : courant assurant effectivement le fonctionnement du dispositif de protection.



Méthode de détermination de la section : elle consiste à déterminer les différents coefficients (K_m , K_n , K_t , K_3), à calculer $I'z$ et à déterminer la section.



2.1 Choix de la catégorie de mode de pose

Les différents modes de pose des canalisations (manière dont les conducteurs et câbles sont installés) sont regroupés par catégorie. Chaque catégorie est identifiée par une lettre B, C, D, E, F appelée **méthode de référence** et un chiffre (voir tableau ci-après).

Catégorie B - 1							
Conducteurs isolés dans des conduits encastrés dans des parois thermiquement isolantes.	Câbles multiconducteurs dans des conduits encastrés dans des parois thermiquement isolantes.	Conducteurs isolés dans des conduits en montage apparent.	Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits en montage apparent.	Conducteurs isolés dans des conduits-profiliés en montage apparent.	Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits-profiliés en montage apparent.	Conducteurs isolés dans des conduits encastrés dans une paroi.	Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits encastrés dans une paroi.
Catégorie B - 2							
Conducteurs isolés ou câbles mono- ou multiconducteurs dans des goulottes fixées aux parois : en parcours horizontal.	Conducteurs isolés ou câbles mono- ou multiconducteurs dans des goulottes fixées aux parois : en parcours vertical.	Conducteurs isolés dans des goulottes encastrés dans des planchers.	Câbles mono- ou multiconducteurs dans des goulottes encastrés dans des planchers.	Conducteurs isolés dans des goulottes suspendues.	Câbles mono- ou multiconducteurs dans des goulottes suspendues.		
Catégorie B - 3							
Câbles multiconducteurs dans des vides de construction.	Conducteurs isolés dans des conduits dans des vides de construction.	Câbles multiconducteurs dans des conduits dans des vides de construction.	Conducteurs isolés dans des conduits-profiliés dans des vides de construction.	Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits-profiliés dans des vides de construction.	Conducteurs isolés dans des conduits-profiliés noyés dans la construction.	Câbles mono- ou multiconducteurs dans des conduits-profiliés noyés dans la construction.	Câbles mono- ou multiconducteurs <ul style="list-style-type: none"> • dans les faux plafonds • dans des plafonds suspendus.
Catégorie B - 4				Catégorie B - 5			
Câbles multiconducteurs encastrés directement dans des parois thermiquement isolantes.	Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles multiconducteurs dans des caniveaux fermés, en parcours horizontal ou vertical.	Conducteurs isolés dans des conduits dans des caniveaux ventilés.	Câbles mono- ou multiconducteurs dans des caniveaux ouverts ou ventilés.	Conducteurs isolés dans des moulures.	Conducteurs isolés ou câbles mono- ou multiconducteurs dans des plinthes rainurées.	Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles mono- ou multiconducteurs dans des chambranles.	Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles mono- ou multiconducteurs dans les huisseries de fenêtres.
Catégorie C - 1		Catégorie C - 2		Catégorie C - 3		Catégorie C - 4	
Câbles mono- ou multiconducteurs encastrés directement dans des parois sans protection mécanique complémentaire.	Câbles mono- ou multiconducteurs encastrés directement dans des parois avec protection mécanique complémentaire.	Câbles mono- ou multiconducteurs avec ou sans armure fixé sur le mur.	Câbles mono- ou multiconducteurs avec ou sans armure fixé sur le plafond.	Conducteurs nus ou isolé sur isolateur.		Câbles mono- ou multiconducteurs sur des chemins de câble ou des tablettes non perforées.	
Catégories E - 1 ⁽¹⁾ et F - 1 ⁽²⁾		Catégories E - 2 ⁽¹⁾ et F - 2 ⁽²⁾		Catégories E - 3 ⁽¹⁾ et F - 3 ⁽²⁾		Catégories E - 4 ⁽¹⁾ et F - 4 ⁽²⁾	
Sur des chemins de câble ou des tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical.	Sur des corbeaux	Sur échelles à câbles.		Fixés par des colliers et espacés de la paroi.		Câbles mono- ou multiconducteurs suspendus à un câble porteur ou autoporteur.	

(1) Câble multiconducteur.

(2) Câbles monoconducteurs.

2.2 Classification des câbles

Suivant la nature de leur isolant, les câbles et conducteurs sont classés en deux catégories (PR – Polyéthylène Réticulé ou PVC – Polychlorure de Vinyle).

CABLES PR		CABLES PVC	
U 1000	R 12 N	FR-N 05	W-U,R
U 1000	R2V	FR-N 05	W-AR
U 1000	RVFV	FR-N 05	VL2V-U, R
U 1000	RGPFV	FR-N 05	VL2V-AR
H 07	RN-F	H 07	VVH2-F
FR-N 07	RN-F	H 07	VVD3H2-F
A 07	RN-F	H 05	VV-F
FR-N 1	X1X2	H 05	VVH2-F
FR-N 1	X1G1	FR-N 05	VV5-F
FR-N 1	X1X2Z4X2	FR-N 05	VVC4V5-F
FR-N 1	X1G1Z4G1	A 05	VV-F
FR-N 07	X4X5-F	A 05	VVH2-F
0,6/1	Torsadés		
FR-N 1	XDV-AR, AS, AU		
H 05	RN-F		
A 05	RN-F		

Application 4 :

Pour le câble C3 (H05VV-F) qui alimente un récepteur monophasé, déterminer :

1. La catégorie :
2. Le nombre de conducteurs chargés :
.....
3. La classification de C3 :

Un chiffre indique le nombre de conducteurs chargés : 2 (monophasé), 3 (triphase).

2.3 Facteurs de correction

Les facteurs Km, Kn, Kt et K3 permettent de calculer le courant admissible ($I'z$). Cette démarche prescrite par la norme permet de déterminer une section de conducteur qui pourra véhiculer le courant d'emploi sans dépasser sa température maximale.

Coefficient Km : dépend du mode de pose et du type (mono ou multiconducteurs) du câble.

Catégorie	Mode de pose	Km			
		(a)	(b)	(c)	(d)
B	1. Sous parois thermiquement isolantes	0,77	-	0,70	0,77
	2. Montage apparent, encastré sous paroi ou sous profilé	1	-	0,9	-
	3. Sous vide de construction ou faux plafonds	0,95	-	0,865	0,95
	4. Sous caniveaux	0,95	0,95	-	0,95
	5. Sous goulottes, moulures, plinthes	-	1	-	0,9
C	1. Câbles mono- ou multiconducteurs encastrés directement dans une paroi sans protection mécanique	-	-	-	1
	2. Câbles fixés	-	-	-	1
		• sur un mur • au plafond	-	-	-
	3. Conducteurs nus ou isolés sur isolateur	-	1,21	-	-
4. Câbles sur chemins de câbles non perforés	-	-	-	1	
E OU F	Câbles multiconducteurs sur OU Câbles monoconducteurs sur	1. Chemins de câbles perforés	-	-	-
		2. Corbeaux, échelles	-	-	-
		3. Colliers éloignés de la paroi	-	-	-
		4. Câbles suspendus à un câble porteur	-	-	-

(a) Conducteur isolé placé dans un conduit.

(b) Conducteur isolé non placé dans un conduit.

(c) Câble placé dans un conduit.

(d) Câble non placé dans un conduit.

Application 5 :

Le câble C4 est placé dans un conduit en montage apparent.

1. Définir le mode de pose (voir tableau page précédente) :
2. Déterminer km :

Coefficient K_n : dépend du mode de pose et du nombre de circuits jointifs.

Catégorie	Disposition des câbles jointifs	Facteurs de correction K_n											
		Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	Encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles		
	Simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	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			
	Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Quand les câbles sont disposés en plusieurs couches, il faut multiplier K_n par :

Nombre de couches	2	3	4 et 5	6 à 8	9 et plus
Coefficient	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

Application 6 :

- Le câble C3 est posé sur deux couches au plafond, à côté de 5 autres câbles. Déterminer K_n .

.....

Coefficient K_t : dépend de la nature du câble, de l'isolant et de la température ambiante.

Température ambiante (°C)	Isolants		
	Élastomère (caoutchouc)	PVC	PR/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	1,06	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

Exemple

Pour un câble isolé au PVC qui se trouve dans un local où la température ambiante atteint 40 °C. $K_t = 0,87$.

Application 7 :

Le câble C3 H05 VV-F3G1.5 est placé dans un environnement à 35 °C. Déterminer :

- La catégorie du câble :
- K_t :

Facteurs divers : Dans certaines applications, d'autres facteurs peuvent être pris en compte : le facteur de neutre chargé ; le facteur de risque d'explosion ; le facteur de symétrie pour les câbles en parallèle.

Facteur K_3 : il ne s'applique que pour les fusibles et dépend de leur calibre.

$$\text{Fusibles gG} \left\{ \begin{array}{l} I_n < 16 \text{ A, } k_3 = 1,31 \\ I_n \geq 16 \text{ A, } k_3 = 1,10 \end{array} \right.$$

2.4 Détermination de I'z

On calcule la valeur de I'z (courant admissible).

Pour une protection par disjoncteur

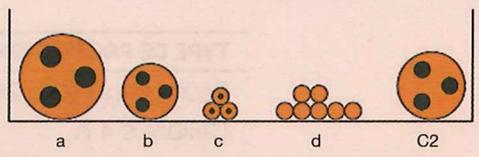
$$I'z = \frac{In}{Km \times Kn \times Kt}$$

Pour une protection par fusibles gG

$$I'z = \frac{K3 \times In}{Km \times Kn \times Kt}$$

Application 8 :

- On souhaite déterminer le courant I'z pour le câble tripolaire C2 placé conjointement sur une tablette perforée avec d'autres circuits :
 - circuits a et b : câbles tripolaires,
 - circuit c : 3 câbles unipolaires,
 - circuit d : 6 câbles unipolaires (2 par phase),
 - câble C2 : Ib = 190 A, température d'emploi 50 °C, U 1000R2V, cuivre.



- Nombre total de circuits
- Facteur Km
- Facteur K3
- Courant I'z
- Catégorie de mode de pose
- Facteur Kn
- Ib
- Facteur Kt
- In

2.5 Choix de la section

À l'aide des tableaux, on détermine la section des conducteurs.

Utilisation du tableau

- Catégorie de mode de pose → 2. Type de câble
- ↓
- Iz > I'z
- Section des conducteurs ←

Catégorie		I _a courant maximal admissible dans les conducteurs (A)							
B	PVC3	PVC2	PR3		PR2				
C	PVG3		PVG2	PR3		PR2			
E		PVC3		PVC2	PR3		FPR2		
F			PVC3		PVG2	PR3		FPR2	
S mm ² cuivre									
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					666	754	825		940
500					749	868	946		1083
630					855	1005	1088		1254
S mm ² aluminium									
2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	
4	22	25	26	28	31	32	35	38	
6	28	32	33	36	39	42	45	49	
10	39	44	46	49	54	58	62	67	
16	53	59	61	66	73	77	84	91	
25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	188	197	212	226	245	263	280	300	337
150		227	245	261	283	304	324	346	389
185		259	280	298	323	347	371	397	447
240		305	330	352	382	409	439	470	530
300		351	381	406	440	471	508	543	613
400					526	600	663		740
500					610	694	770		856
630					711	808	899		996

Exemple : pour un câble PVC3 avec une catégorie de mode de pose C et un courant I'z calculé = 92 A, on trouve une section de 25 mm².

Application 9 :

1. Pour le câble de l'application 8, déterminer la section de conducteur qui convient :
2. Donner la valeur de I_z :

2.6 Détermination du courant I_2

I_2 est le courant assurant le fonctionnement effectif du dispositif de protection.

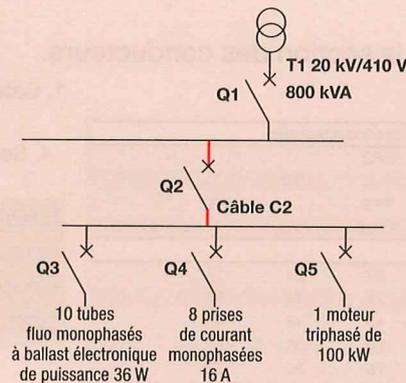
TYPE DE PROTECTION	COURANT I_2
Fusibles gG (CEI 269-2-1)	
Calibre ≤ 4 A	2,1 I_n
4 A < Calibre < 16 A	1,9 I_n
Calibre ≥ 16 A	1,6 I_n

2.7 Vérification

Les conducteurs sont protégés si les deux conditions sont satisfaites :

- ① : $I_b < I_n < I_z$;
- ② : $I_2 < 1,45 I_z$.

Application 10 :



1. Rappeler pour le câble C2 (applications 8 et 9) :

I_b : I_n : I_z :

2. Calculer I_2 :

3. Vérifier que les conditions liant les différents courants sont bien respectées.

.....

2.8 Section du conducteur neutre

- En **monophasé** : le conducteur neutre doit avoir la même section que le conducteur de phase.
- En **triphasé** : la section du conducteur neutre dépend du taux de courants harmoniques 3.

Taux d'harmoniques 3 < 15 %	La section du neutre peut être réduite de moitié si elle est supérieure à 16 mm ² (cuivre) ou 25 mm ² (alu)
15 % < Taux d'harmoniques 3 < 33 %	Pas de réduction du conducteur neutre
Taux d'harmoniques 3 > 33 %	Pour les câbles multipolaires, on choisit la section en majorant I_b par un facteur 1,45
	Pour les câbles unipolaires, seule la section du neutre est augmentée



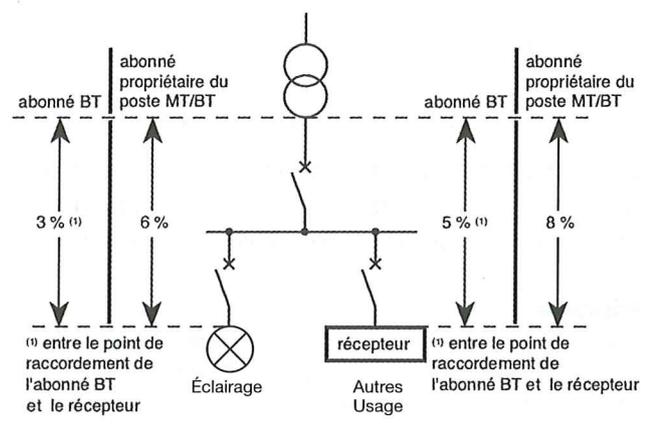
3 VÉRIFICATION DES CHUTES DE TENSION

Pour assurer le bon fonctionnement des récepteurs, la norme NF C15-100 fixe la valeur maximale de la chute de tension.

Ces valeurs s'appliquent à une installation qui fonctionne en régime établi. Les valeurs fournies sont exprimées en pourcentage de la tension nominale d'alimentation.

Lorsqu'il y a plusieurs câbles en série, les chutes de tension s'additionnent.

Pour les récepteurs ayant de forts courants de démarrage, il faut vérifier que pendant la phase de démarrage la chute de tension n'excède pas 15 %.



Détermination par abaque

L'abaque permet, en fonction du type de câble, de la phase de fonctionnement et de la section des conducteurs, de déterminer le coefficient K_u puis de calculer $\Delta U \%$.

Valeurs de K_u

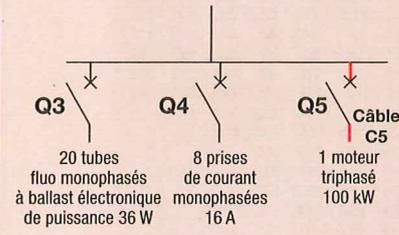
Section câble mm^2	Câbles multiconducteurs ou monoconducteurs en tréfile		Câbles monoconducteurs jointifs en nappe		Câbles monoconducteurs séparés	
	cos 0,3	cos 0,8	cos 0,3	cos 0,8	cos 0,3	cos 0,8
1,5	4,68	12,31	4,69	12,32	4,72	12,34
2,5	2,84	7,41	2,85	7,41	2,88	7,44
4	1,80	4,65	1,81	4,65	1,85	4,68
6	1,23	3,11	1,24	3,12	1,27	3,14
10	0,77	1,89	0,78	1,89	0,81	1,92
16	0,51	1,20	0,52	1,20	0,55	1,23
25	0,35	0,78	0,36	0,78	0,40	0,81
35	0,27	0,57	0,28	0,58	0,32	0,60
50	0,21	0,42	0,22	0,42	0,26	0,45
70	0,17	0,31	0,18	0,32	0,22	0,34
95	0,15	0,24	0,16	0,25	0,20	0,27
120	0,13	0,20	0,14	0,21	0,18	0,23
150	0,12	0,17	0,13	0,18	0,17	0,20
185	0,11	0,15	0,12	0,15	0,16	0,18
240	0,10	0,12	0,11	0,13	0,15	0,15
300	0,10	0,11	0,11	0,12	0,15	0,14
400	0,09	0,09	0,10	0,10	0,14	0,12

Circuits monophasés : multiplier les valeurs par 2. Régime établi $\cos \varphi = 0,8$, démarrage $\cos \varphi = 0,3$

$$\Delta u \% = K_u \times I \text{ (Ampère)} \times L \text{ (km)}$$

Exemple : en régime établi, un câble multiconducteurs de section 25 mm^2 et de longueur 50 m est traversé par une intensité de 100 A.
 $\Delta u = 0,78 \times 100 \times 0,05 = 3,9 \%$

Application 11 :



Le moteur absorbe 155 A sous 400 V. Il est alimenté par un câble C5 multiconducteurs de 70 mm^2 et de longueur 100 m.

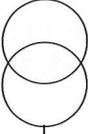
- En marche normale ($\cos \varphi = 0,8$), déterminer :
 - Le coefficient K_u :
 - La chute de tension dans le câble :
- Au démarrage ($\cos \varphi = 0,3$) et $I_d = 6 \times I_b$, déterminer :
 - Le coefficient K_u :
 - La chute de tension dans le câble :
- Dans les deux cas, la norme est-elle respectée ? Oui Non
 Que faut-il faire ?

4.2 Méthode des impédances

Cette méthode consiste à décomposer le schéma de l'installation en tronçons. On calcule :

- la résistance et la réactance de chaque tronçon,
- l'impédance globale du circuit en défaut suivant le type de court-circuit,
- les courants de court-circuit.

Résistance et réactance de chaque élément de l'installation

Désignation	Résistance et réactance																																																				
<p>Réseau</p> 	<p>Réseau amont Valeurs de « R » et « X » en amont des transformateurs HT/BT (400 V), en fonction de la puissance de court-circuit (P_{cc} en MVA) de ce réseau.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MVA</th> <th>Réseau</th> <th>R (mΩ)</th> <th>X (mΩ)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500</td> <td>> 63 kV</td> <td>0,04</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>> 24 kV près des centrales</td> <td>0,07</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>125</td> <td>> 24 kV loin des centrales</td> <td>0,14</td> <td>1,4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Si la puissance de court-circuit (P_{cc}) est connue U_0 tension à vide (400 V ou 230 V en AC 50 Hz).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;">$R \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,1 \times X \text{ (m}\Omega\text{)}$</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;">$X \text{ (m}\Omega\text{)} = \frac{3,3 \times U_0^2}{P_{cc} \text{ (kVA)}}$</div> </div>	MVA	Réseau	R (mΩ)	X (mΩ)	500	> 63 kV	0,04	0,35	250	> 24 kV près des centrales	0,07	0,7	125	> 24 kV loin des centrales	0,14	1,4																																				
MVA	Réseau	R (mΩ)	X (mΩ)																																																		
500	> 63 kV	0,04	0,35																																																		
250	> 24 kV près des centrales	0,07	0,7																																																		
125	> 24 kV loin des centrales	0,14	1,4																																																		
<p>Transformateur HT/BT</p> 	<p>Transformateurs immergés à secondaire 400 V Valeurs de « R » et « X » en fonction de la puissance du transformateur.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>P (kVA)</th> <th>50</th> <th>100</th> <th>160</th> <th>200</th> <th>250</th> <th>400</th> <th>630</th> <th>1 000</th> <th>1 250</th> <th>1 600</th> <th>2 000</th> <th>2 500</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I_{cc3} (kA)</td> <td>1,80</td> <td>3,60</td> <td>5,76</td> <td>7,20</td> <td>9,00</td> <td>14,43</td> <td>22,68</td> <td>24,01</td> <td>30,03</td> <td>38,44</td> <td>48,04</td> <td>60,07</td> </tr> <tr> <td>R (mΩ)</td> <td>43,7</td> <td>21,9</td> <td>13,7</td> <td>10,9</td> <td>8,7</td> <td>5,5</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>2,6</td> <td>2,0</td> <td>1,6</td> <td>1,31</td> </tr> <tr> <td>X (mΩ)</td> <td>134</td> <td>67</td> <td>41,9</td> <td>33,5</td> <td>26,8</td> <td>16,8</td> <td>10,6</td> <td>10,0</td> <td>8,0</td> <td>6,3</td> <td>5,0</td> <td>40,1</td> </tr> </tbody> </table>	P (kVA)	50	100	160	200	250	400	630	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	I_{cc3} (kA)	1,80	3,60	5,76	7,20	9,00	14,43	22,68	24,01	30,03	38,44	48,04	60,07	R (mΩ)	43,7	21,9	13,7	10,9	8,7	5,5	3,5	3,3	2,6	2,0	1,6	1,31	X (mΩ)	134	67	41,9	33,5	26,8	16,8	10,6	10,0	8,0	6,3	5,0	40,1
P (kVA)	50	100	160	200	250	400	630	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500																																									
I_{cc3} (kA)	1,80	3,60	5,76	7,20	9,00	14,43	22,68	24,01	30,03	38,44	48,04	60,07																																									
R (mΩ)	43,7	21,9	13,7	10,9	8,7	5,5	3,5	3,3	2,6	2,0	1,6	1,31																																									
X (mΩ)	134	67	41,9	33,5	26,8	16,8	10,6	10,0	8,0	6,3	5,0	40,1																																									
<p>Conducteurs, jeux de barres</p>	<div style="border: 1px solid red; padding: 10px; text-align: center;"> $R \text{ (m}\Omega\text{)} = \frac{\rho \times L \text{ (m)}}{S \text{ (mm}^2\text{)}}$ </div> <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>ρ = résistivité en 10^{-6} mΩ.m</th> <th>Cuivre</th> <th>$\rho = 18,51$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <th>Aluminium</th> <th>$\rho = 29,4$</th> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px;"> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,08 \times L \text{ (m)}$</td> <td>câbles multipolaires ou câbles monopolaires en trèfle</td> </tr> <tr> <td>$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,13 \times L \text{ (m)}$</td> <td>câbles monopolaires jointifs en nappe</td> </tr> <tr> <td>$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,09 \times L \text{ (m)}$</td> <td>câbles monoconducteurs séparés</td> </tr> <tr> <td>$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,15 \times L \text{ (m)}$</td> <td>jeux de barres</td> </tr> </tbody> </table> </div>	ρ = résistivité en 10^{-6} mΩ.m	Cuivre	$\rho = 18,51$		Aluminium	$\rho = 29,4$	$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,08 \times L \text{ (m)}$	câbles multipolaires ou câbles monopolaires en trèfle	$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,13 \times L \text{ (m)}$	câbles monopolaires jointifs en nappe	$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,09 \times L \text{ (m)}$	câbles monoconducteurs séparés	$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,15 \times L \text{ (m)}$	jeux de barres																																						
ρ = résistivité en 10^{-6} mΩ.m	Cuivre	$\rho = 18,51$																																																			
	Aluminium	$\rho = 29,4$																																																			
$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,08 \times L \text{ (m)}$	câbles multipolaires ou câbles monopolaires en trèfle																																																				
$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,13 \times L \text{ (m)}$	câbles monopolaires jointifs en nappe																																																				
$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,09 \times L \text{ (m)}$	câbles monoconducteurs séparés																																																				
$X \text{ (m}\Omega\text{)} = 0,15 \times L \text{ (m)}$	jeux de barres																																																				
<p>Disjoncteur</p> 	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> $R = 0 \quad X = 0,15 \text{ m}\Omega$ </div> <p style="margin-left: 20px;">en position fermée</p>																																																				

Calcul des impédances et des courants de court-circuit

Type de court-circuit	Calcul de l'impédance de boucle	Calcul du courant de court-circuit
I_{cc3} court-circuit entre trois phases	$Z3 = \sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}$	$I_{cc3} = m \times c \times (U/\sqrt{3}) \times Z3$
I_{cc2} court-circuit entre deux phases		$I_{cc2} = 0,86 \times I_{cc3}$
I_{cc1} court-circuit entre phase et neutre	$Z1 = \sqrt{(R_{ph} + R_n)^2 + (X_{ph} + X_n)^2}$	$I_{cc1} = 1,1 \times (U/Z1)$

Avec m facteur de charge à vide (1,05) et c facteur de tension (1,05)

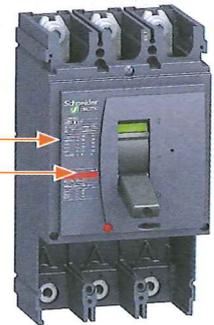
Remarque : c'est la méthode utilisée par les progiciels de calcul d'installation. Elle fournit une valeur proche de la réalité.

5 CHOIX DES PROTECTIONS

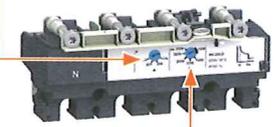
Lorsque tous les calculs sont effectués, il faut choisir et régler les protections.

- a. **Calibre de la protection** : le **courant d'emploi I_b** a permis de déterminer la valeur du **courant assigné I_n** de la protection.
- b. **Pouvoir de coupure** : l'appareil de protection doit posséder un pouvoir de coupure supérieur au courant de court-circuit présumé situé à son niveau.
- c. Pour les disjoncteurs de distribution muni d'un module magnéto-thermique ou d'un module électronique :
 - **réglage du seuil de déclenchement thermique** : le **courant I_r** est réglé le plus proche possible de I_b (par excès),
 - **réglage du seuil de déclenchement magnétique** : le **courant I_m** est réglé immédiatement supérieur au courant de pointe de la ligne.

Bloc principal

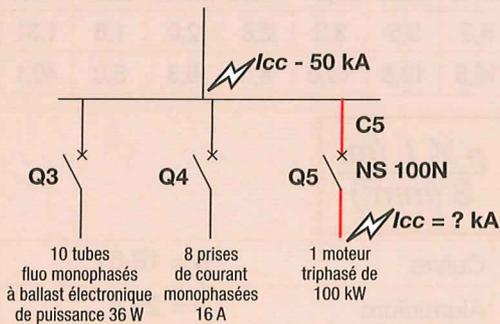


Module magnéto-thermique



Remarque : Pour les disjoncteurs divisionnaires, le courant I_r est fixe et égal à I_n , le courant I_m dépend du type de courbe de déclenchement (B, C, D).

Application 12



Le moteur triphasé de 100 kW consomme 155 A sous 400 V. Il est alimenté par un câble multiconducteurs C5 de 95 mm² et de longueur 100 m.

1. Déterminer le courant assigné de la protection :

2. Déterminer I_{cc} aux bornes du moteur :

3. Le disjoncteur choisi convient-il ? Oui Non
Justifier :

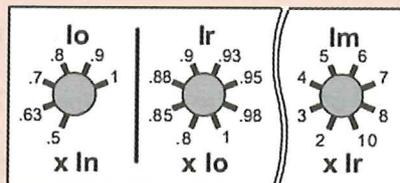
4. Quelle référence choisir en tenant compte du pouvoir de coupure (voir documentation technique en page suivante) ? Justifier

Remarque : Pour répondre aux questions, utiliser la documentation technique de la page suivante.

5. Ce disjoncteur est muni d'un déclencheur électronique STR22SE. Sur quelles valeurs faut-il régler les deux commutateurs $x I_n$ et $x I_o$? Justifier.

6. La pointe d'intensité lors du démarrage sera de $6 \times I_b$, sur quelle valeur faut-il régler I_m ? Justifier.

7. Tracer les réglages de I_r et I_m .



6 PROGICIELS DE CALCUL D'INSTALLATION

Le calcul complet d'une installation de distribution BT à l'aide des formules, des tableaux et des abaques peut se révéler long, fastidieux et source d'erreurs. Il existe des **progiciels de calcul** qui permettent de calculer les paramètres d'une installation BT, de les vérifier et de les mettre en conformité avec les évolutions de la norme.

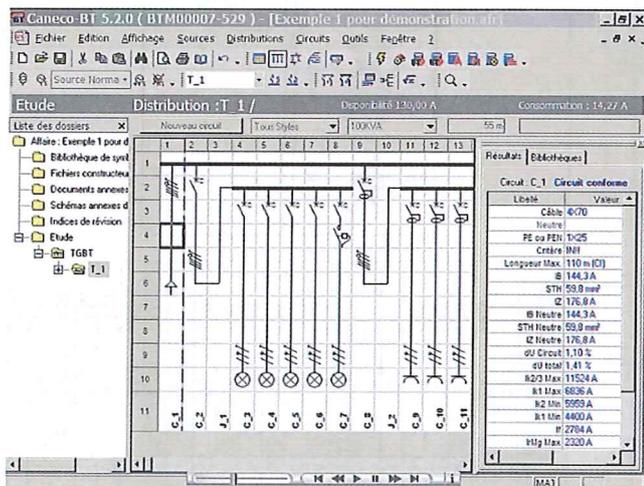
Ces progiciels permettent d'éditer un dossier de calculs complet :

- Schéma unifilaire du réseau électrique
- Calcul des sections des conducteurs et câbles
- Détermination des disjoncteurs avec prise en compte de la sélectivité et de la filiation
- Vérification de la protection des personnes
- Courbes de déclenchement des disjoncteurs et mise en évidence de la sélectivité

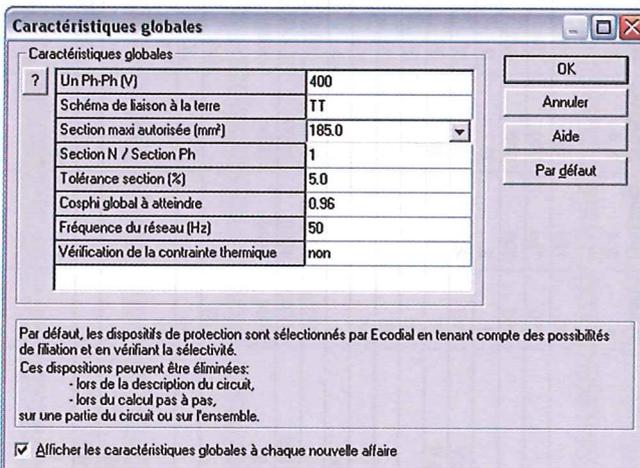
Parmi ces progiciels, on peut citer :

Nom	Caractéristique	Constructeur
ECODIAL	progiciel dédié au matériel	Schneider Electric
XL PRO	progiciel dédié au matériel	Legrand
CANECO	progiciel non dédié	ALPI
SEE calculation	progiciel multiconstructeurs	IGE-XAO
DIPROCEL	calculatrice C15-100	Daim'soft

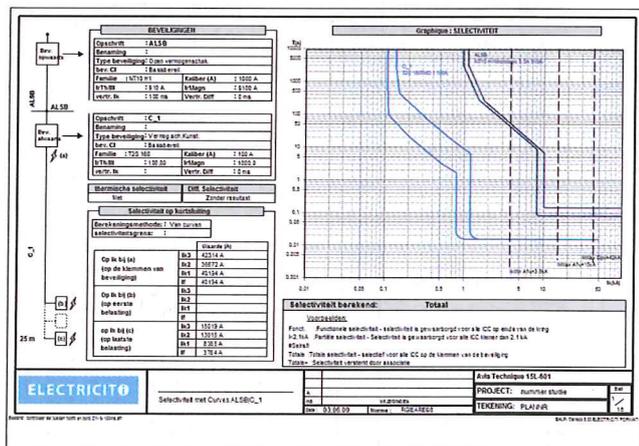
Écrans de différents progiciels



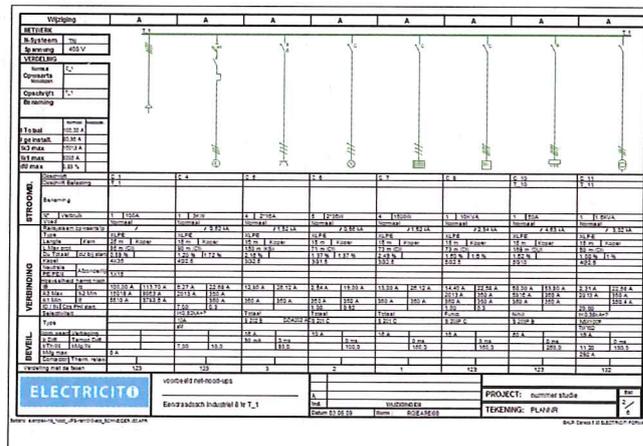
Saisie du schéma unifilaire d'une armoire



Entrée des caractéristiques de l'installation



Analyse de la sélectivité des protections



Caractéristiques des éléments d'un tableau