

6.1.7. Vérification des chutes de tension

La chute de tension sur une canalisation est calculée par la formule :

$$\Delta V = b \left(r_1 \frac{L}{S} \cos j + I L \sin j \right) \times I_B$$

ΔV : chute de tension, en volt

b : coefficient $\begin{cases} = 1 \text{ pour circuit triphasé} \\ = 2 \text{ pour circuit monophasé} \end{cases}$

r_1 : résistivité du conducteur en service normal, soit 1,25 fois celle à 20°C
 $r_1 = 0,0225 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ pour le cuivre ; $r_1 = 0,036 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ pour l'aluminium

L : longueur de la canalisation, en mètre

S : section des conducteurs, en mm^2

$\cos j$: facteur de puissance ; en l'absence d'indication précise on peut prendre $\cos j = 0,8$ ($\sin j = 0,6$)

I_B : courant maximal d'emploi, en ampère

I : réactance linéique des conducteurs, en Ω/m

Les valeurs de I en BT sont :

- $0,08 \times 10^{-3} \Omega / m$ pour les câbles tripolaires 
- $0,09 \times 10^{-3} \Omega / m$ pour les câbles unipolaires serrés en nappe  ou en triangle 
- $0,15 \times 10^{-3} \Omega / m$ pour les câbles unipolaires espacés $d = 8 r$ 

d : distance moyenne entre conducteur

r : rayon des âmes conductrices

On définit la chute de tension relative :

$$\frac{\Delta V}{V_n} \quad \text{pour les circuits triphasés ou monophasés alimentés entre phase et neutre}$$

$$\frac{\Delta V}{U_n} \quad \text{pour les circuits monophasés alimentés entre phases (dans ce cas, } \Delta V \text{ représente une chute de tension entre phases)}$$

V_n : tension simple nominale

U_n : tension composée nominale

Conformément à la norme NFC 15-100 § 525, la chute de tension entre l'origine de l'installation et tout point d'utilisation ne doit pas être supérieure aux valeurs du tableau 6-19.

	Eclairage	Autres usages
A - Installations alimentées directement par un branchement à basse tension, à partir d'un réseau de distribution publique à basse tension.	3 %	5 %
B - Installations alimentées par un poste de livraison ou par un poste de transformation à partir d'une installation à haute tension (l'origine de l'installation est le point de raccordement HTA) *	6 %	8 %
(*) dans la mesure du possible, les chutes de tension dans les circuits terminaux ne doivent pas être supérieures aux valeurs indiquées en A.		

Tableau 6-19 : chutes de tension admissibles dans les réseaux BT

■ circuits alimentant des moteurs

La chute de tension est calculée en remplaçant le courant d'emploi I_B par le courant de démarrage du moteur.

La norme NF C 15-100 préconise que la chute de tension, en tenant compte de tous les moteurs pouvant démarrer simultanément, soit inférieure à 15%. Une limitation à 10% est préférable.

6.1.8. Longueurs maximales des canalisations pour la protection contre les contacts indirects (régime *TN* et *IT*)

La norme NF C 15-100 impose pour les schémas *TN* et *IT* que le courant de défaut soit éliminé dans un temps compatible avec la protection des personnes.

Ce temps est déterminé par une courbe en fonction de la tension de contact présumée ; il est basé sur les effets physiologiques du courant électrique sur le corps humain. Par mesure de simplification, à partir de cette courbe, il est possible de déterminer un temps de coupure maximal en fonction de la tension nominale de l'installation (voir tableau 6-20 et 6-21).

Tension nominale alternative V_n / U_n (Volts)	Temps de coupure (secondes) (*)	
	neutre non distribué	neutre distribué
127/220	0,8	5
220/380, 230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

Tableau 6-20 : temps de coupure maximaux dans le schéma *IT* (deuxième défaut)

Tension nominale alternative V_n (Volts) (**)	Temps de coupure (secondes) (*)
120, 127	0,8
220, 230	0,4
380, 400	0,2
> 400	0,1

Tableau 6-21 : temps de coupure maximaux dans le schéma *TN*

(*) ces valeurs ne sont pas valables dans les locaux contenant une baignoire ou une douche.

(**) ces valeurs sont basées sur la norme CEI 38

Nota 1 : si le temps de coupure est supérieur au temps t_0 , mais inférieur à 5 secondes la protection est admise par la C 15-100 (§ 413.1.3.5) dans les cas suivants :

- dans les circuits de distribution lorsque le conducteur de protection à l'extrémité aval du circuit est relié directement à la liaison équipotentielle principale.
- dans les circuits terminaux n'alimentant que des matériels fixes et dont le conducteur de protection est relié à la liaison équipotentielle principale et qui sont situés dans la zone d'influence de la liaison équipotentielle principale.

Nota 2 : en schéma TT , la protection est en général assurée par des dispositifs à courant différentiel résiduel dont le réglage doit satisfaire la condition suivante (voir NF C 15-100, § 413.1.4.2) :

$$R_A I_A \leq 50 V$$

R_A : résistance de la prise de terre des masses

I_A : courant différentiel résiduel assigné du disjoncteur

Si une sélectivité est jugée nécessaire, un temps de fonctionnement au plus égal à 1 s est admis dans les circuits de distribution sans tenir compte de la tension de contact.

Nota 3 : en schéma IT , lorsque les masses sont mises à la terre individuellement ou par groupes, les conditions du schéma TT indiquées en Nota 2 doivent être respectées (voir NF C 15-100, § 413.1.5.3)

■ protection par disjoncteur

La norme NF C 15-100 impose pour les schémas TN et IT que le seuil de déclenchement magnétique du disjoncteur soit inférieur au courant de court-circuit minimal. De plus, la temporisation éventuelle du disjoncteur doit être inférieure au temps de coupure maximal défini dans les tableaux 6-20 et 6-21.

Pour un disjoncteur et une section de conducteur donnés, il existe donc une longueur maximale du circuit à ne pas dépasser afin de respecter les contraintes concernant la protection des personnes contre les contacts indirects.

Dans ce qui suit, on applique la méthode conventionnelle pour déterminer les longueurs maximales des circuits. Celle-ci est plus pénalisante que la méthode des impédances, mais peut être appliquée en effectuant manuellement les calculs .

Dans la méthode conventionnelle, on néglige l'influence de la réactance des conducteurs pour des sections inférieures à 150mm².

Pour les fortes sections, on tiendra compte de l'influence de la réactance en divisant L_{\max} par :

- 1,15 pour une section de 150 mm²
- 1,20 pour une section de 185 mm²
- 1,25 pour une section de 240 mm²
- 1,30 pour une section de 300 mm².

Nota : pour les calculs du courant de court-circuit minimal, se reporter au "Guide des protections des réseaux industriels" § 4.4.1.

□ schéma *TN*

La longueur maximale d'un circuit en schéma *TN* est :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times V_n \times S_{ph}}{r \times (1 + m) \times I_m}$$

L_{\max} : longueur maximale en m

V_n : tension simple en volts

S_{ph} : section des phases en mm²

r : résistivité des conducteurs prise égale à 1,5 fois celle à 20°C ($r = 0,027 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ pour le cuivre ;
 $r = 0,043 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ pour l'aluminium)

$$m = \left(\frac{S_{ph} : \text{section des phases}}{S_{PE} : \text{section du conducteur de protection}} \right)$$

I_m : courant de fonctionnement du déclencheur magnétique du disjoncteur

□ schéma *IT*

La longueur maximale d'un circuit en schéma *IT* est :

- si le conducteur neutre n'est pas distribué :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times \sqrt{3} \times V_n \times S_{ph}}{2 r \times (1 + m) \times I_m}$$

- si le conducteur neutre est distribué :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times V_n \times S_1}{2 r \times (1 + m) \times I_m}$$

$$S_1 : \begin{cases} = S_{ph} & \text{si le départ considéré ne comporte pas de neutre} \\ = S_{neutre} & \text{si le départ considéré comporte un neutre} \end{cases}$$

□ schéma *TT*

Aucune condition sur la longueur de la canalisation n'est imposée car la protection des personnes est réalisée par le dispositif différentiel résiduel.

■ protection par fusible

A partir de la courbe de fusion du fusible, on détermine le courant I_a assurant la fusion du fusible dans le temps t_0 spécifié dans les tableaux 6-20 et 6-21 (voir fig. 6-10). On calcule alors la longueur maximale de la canalisation de la même façon que pour le disjoncteur en remplaçant I_m par I_a .

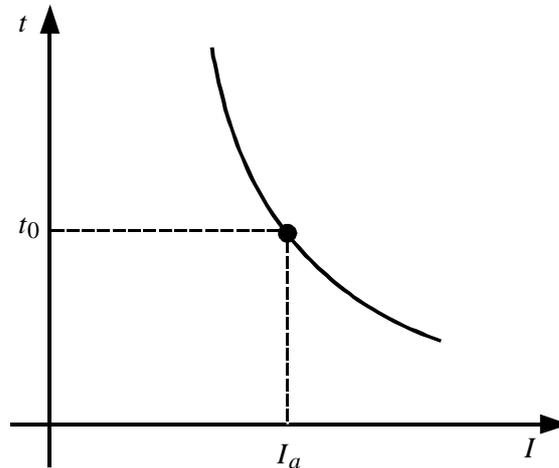


Figure 6-10 : courbe de fusion d'un fusible

■ application

En pratique, la vérification de la section de la canalisation par rapport à la protection des personnes contre les contacts indirects consiste à s'assurer que la longueur de la canalisation est inférieure à L_{\max} pour un schéma donné.

Si la longueur de la canalisation est supérieure à L_{\max} , on peut prendre les mesures suivantes :

- choisir un disjoncteur (ou un déclencheur) avec un seuil magnétique plus bas si les contraintes de sélectivité le permettent
- installer un disjoncteur différentiel résiduel pour les schémas *TNS* et *IT* (en *TNC*, il n'est pas possible d'utiliser des DDR)
- prendre des sections de conducteurs de phase et de protection plus importantes, vérifiant la condition sur la longueur maximale.

6.1.9. Vérification des contraintes thermiques des conducteurs

Lors du passage d'un courant de court-circuit dans les conducteurs d'une canalisation pendant un temps très court (jusqu'à cinq secondes), l'échauffement est considéré adiabatique ; cela signifie que l'énergie emmagasinée reste au niveau du métal de l'âme et n'est pas transmise à l'isolant. Il faut donc vérifier que la contrainte thermique du court-circuit est inférieure à la contrainte thermique admissible du conducteur :

$$t_c I_{cc}^2 \leq k^2 S^2$$

t_c : temps de coupure du dispositif de protection en seconde

S : section des conducteurs en mm²

I_{cc} : courant de court-circuit en A

La valeur de k dépend du matériau de l'âme et de la nature de l'isolant (voir tableau 6-22).

Isolant	PVC	PR
Ame		
Cuivre	115	135
Aluminium	74	87

Tableau 6-22 : valeur du coefficient k conformément à la norme NF C 15-100

Si le temps de coupure est donné, la section doit satisfaire la condition :

$$S \geq \frac{I_{cc}}{k} \times \sqrt{t_c}$$

■ protection par disjoncteur

La vérification doit être faite pour le courant de court-circuit maximal au niveau du disjoncteur considéré.

Les courbes des catalogues des constructeurs donnent le temps de coupure maximal du disjoncteur. Lorsque le déclenchement du disjoncteur est temporisé, le temps de coupure est pris égal à la temporisation.

Pour la vérification des contraintes thermiques, la valeur du courant de court-circuit doit être calculée avec une résistivité r des conducteurs prise égale à 1,5 fois celle à 20°C :

- $r = 0,027 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ pour le cuivre
- $r = 0,043 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ pour l'aluminium

□ cas des disjoncteurs limiteurs de courant

Lors d'un court-circuit, les disjoncteurs limiteurs ont la particularité de ne laisser passer qu'un courant inférieur au courant de défaut présumé (voir fig. 6-11).

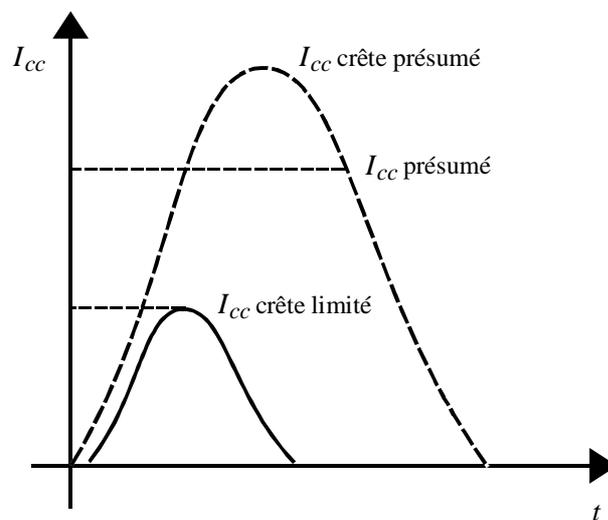


Figure 6-11 : courbe de limitation de courant

La canalisation protégée par ce type d'appareil ne subit donc pas la contrainte thermique de I_{cc} calculé (présumé), mais une contrainte plus faible définie par les courbes de limitation des constructeurs données pour chaque type de disjoncteur.

Les courbes de limitation fournissent la contrainte thermique $t_c I_{cc}^2$ exprimée en $A^2 \times \text{seconde}$.

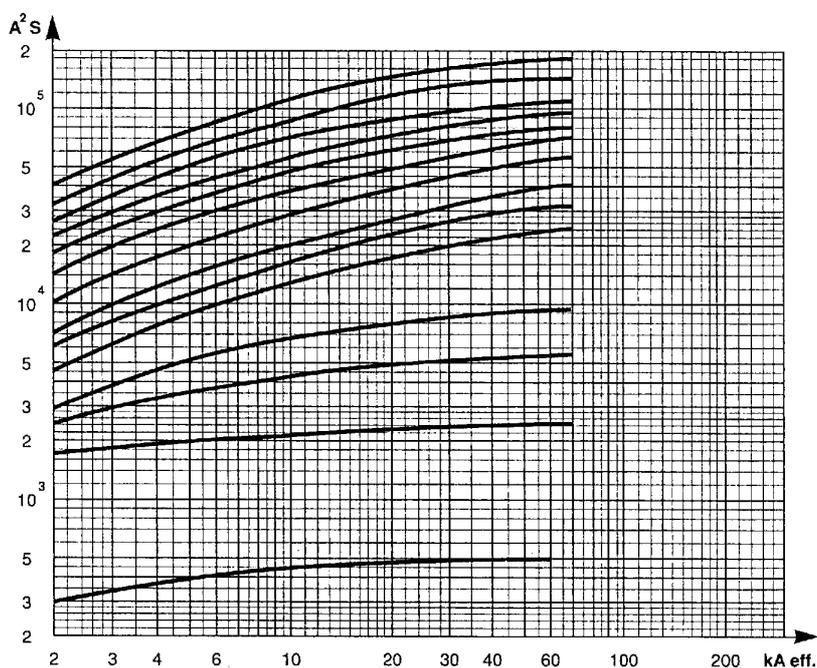
□ exemple

On désire vérifier la contrainte thermique d'un conducteur en cuivre de 6 mm² isolé au PVC protégé par un disjoncteur Compact NS 80H-MA 380/415 V équipé d'un relais thermique LR2-D33 63.

La contrainte thermique admissible par le câble est : $k^2 S^2 = (115)^2 \times 6^2 = 4,76 \times 10^5 A^2 \times s$.

Les courbes de limitation de la figure 6-12 donnent la contrainte thermique maximale du disjoncteur : $2 \times 10^5 A^2 \times s$.

Le câble est donc protégé jusqu'au pouvoir de coupure du disjoncteur.



disjoncteur NS80H-MA	relais thermique
cal. 80 A	LR2-D33 63
cal. 80 A	LR2-D33 59
cal. 50 A	LR2-D33 57
cal. 50 A	LR2-D33 55
cal. 50 A	LR2-D33 53
cal. 25 A	LR2-D33 22
cal. 25 A	LR2-D13 21
cal. 12,5 A	LR2-D13 16
cal. 12,5 A	LR2-D13 14
cal. 12,5 A	LR2-D13 12
cal. 6,3 A	LR2-D13 10
cal. 6,3 A	LR2-D13 08
cal. 2,5 A	LR2-D13 07
cal. 2,5 A	LR2-D13 06

Les courbes sont dans l'ordre du tableau

Figure 6-12 : courbes de limitation en contrainte thermique des disjoncteurs Compact NS 80H-MA-380/415V

■ protection par fusible

Le courant le plus contraignant est le courant de court-circuit **minimal** à l'extrémité de la canalisation.

Le temps de fusion t_f du fusible correspondant à $I_{cc \min}$ doit vérifier la relation :

$$t_f I_{cc \min}^2 \leq k^2 S^2$$

La méthode pour calculer $I_{cc \min}$ est indiquée dans le paragraphe 4.4.1 du *Guide des protections*.

6.1.10. Exemple d'application

■ hypothèses

Considérons le schéma de la figure 6-13 dont les données sont indiquées ci-après.

L'installation alimentant des récepteurs nécessitant une bonne continuité de service, on choisit le schéma de liaison à la terre IT sans neutre distribué.

□ canalisation C2

Elle est constituée d'un câble tripolaire en cuivre isolé au PVC, en pose jointive avec 3 autres câbles multiconducteurs, sur des tablettes perforées dans une température ambiante de 40 °C. Elle est protégée par des fusibles. Elle alimente un récepteur dont les caractéristiques sont :

- puissance utile $P_u = 15 \text{ kW}$
- rendement $r = 0,89$
- $\cos \mathbf{j} = 0,85$
- facteur d'utilisation $b = 0,9$.

□ canalisation C1

Elle est constituée de 3 câbles unipolaires en cuivre isolés au PR, serrés en triangle. Les câbles sont enterrés seuls, sans protection mécanique complémentaire dans un sol de résistivité thermique 0,85 K.m/W et de température 35 °C. Ils sont protégés par un disjoncteur. La canalisation alimente le récepteur R_1 et 3 autres départs dont les valeurs des courants I_B sont données par la figure 6-13.

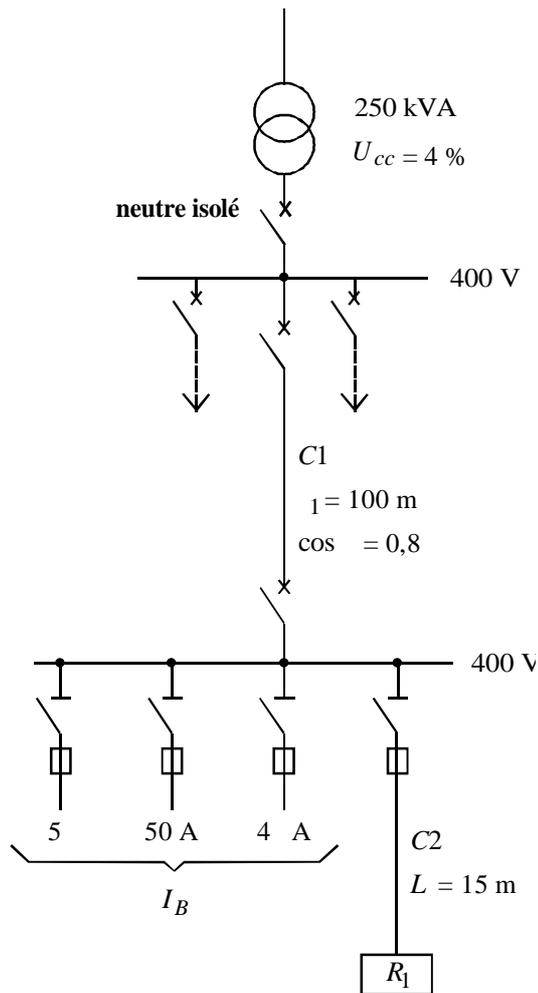


Figure 6-13 : schéma d'une installation

■ détermination du courant maximal d'emploi

□ canalisation C2

- $P_u = 15 \text{ kW}$
- le facteur $a = \frac{1}{r \cos \phi} = 1,32$
- le facteur d'utilisation $b = 0,9$
- pour un seul récepteur le facteur de simultanéité est $c = 1$
- aucune extension n'est prévue, donc $d = 1$
- pour un réseau triphasé 400 V, le facteur de conversion des puissances en intensité est $e = 1,4$.

On a alors : $I_B = P_u \times a \times b \times c \times d \times e = 15 \times 1,32 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 1,4 = 24,9 \text{ A}$.

□ canalisation C1

Le courant maximal d'emploi de la canalisation C1 est obtenu en sommant les courants (I_B) de tous les départs alimentés par C1 et en appliquant un facteur de simultanéité estimé à 0,8 (voir tableau 6-2) :

$$I_B = (25 + 50 + 40 + 24,9) \times 0,8 = 115,9 \text{ A}$$

■ facteurs de correction

□ canalisation C2

Le tableau 6-3 donne le mode de pose N° 13 et la lettre de sélection E .

Les facteurs de correction à appliquer sont:

- température ambiante (voir tableau 6-6) : $f_1 = 0,87$
- groupement de câble (voir tableaux 6-9 et 6-10) : $f_4 = 0,77$ et $f_5 = 1$

Le facteur de correction global est :

$$f = 0,87 \times 0,77 \times 1 = 0,67$$

□ canalisation C1

Le tableau 6-3 donne le mode de pose N° 62 et la lettre de sélection D .

Les facteurs de correction à appliquer sont:

- température du sol (voir tableau 6-7) : $f_2 = 0,89$
- résistivité thermique du sol (voir tableau 6-8) : $f_3 = 1,05$
- groupement de câble (voir tableau 6-15) : $f_{10} = 1$

Le facteur de correction global est :

$$f = 0,89 \times 1,05 \times 1 = 0,935$$

■ détermination de la section et choix du dispositif de protection

□ canalisation C2

$$I_B = 24,9 \text{ A}$$

$$f = 0,67$$

Le courant nominal du fusible doit vérifier la condition $I_n \geq I_B$.

On choisit le fusible de calibre $I_n = 25 \text{ A}$.

Pour $10 \text{ A} < I_n \leq 25 \text{ A}$, le courant I_z de la canalisation protégée par ce fusible est :

$$I_z = k_3 I_n = 1,21 I_n = 30,3 \text{ A}$$

Le courant équivalent que la canalisation doit pouvoir véhiculer dans les conditions standards d'installation est : $I'_z = \frac{I_z}{f} = 45,1 \text{ A}$

Le tableau 6-16 (lettre de sélection E , PVC3, cuivre) donne une section minimale $S = 10 \text{ mm}^2$ qui a un courant admissible $I_0 = 60 \text{ A}$.

□ canalisation C1

$$I_B = 115,9 \text{ A}$$

$$f = 0,935$$

Pour un disjoncteur réglable, le courant de réglage doit vérifier la condition $I_r \geq I_B$; on choisit $I_r = 120 \text{ A}$.

Le courant I_z de la canalisation protégée par ce réglage est :

$$I_z = I_n = 120 \text{ A}$$

Le courant équivalent que la canalisation doit pouvoir véhiculer dans les conditions standards d'installation est : $I'_z = \frac{I_z}{f} = 128,3 \text{ A}$

Le tableau 6-17 (lettre de sélection D , PR3, cuivre) donne une section minimale $S = 25 \text{ mm}^2$ qui a un courant admissible $I_0 = 144 \text{ A}$.

■ longueur maximale de la canalisation

□ canalisation C2

Pour $S_{ph} = 10 \text{ mm}^2$, on a $S_{PE} = S_{ph} = 10 \text{ mm}^2$

$$\text{d'où } m = \frac{S_{ph}}{S_{PE}} = 1$$

Le tableau 6-20 donne un temps de coupure maximal $t = 0,4 \text{ s}$ pour un réseau à neutre non distribué.

La caractéristique temps-courant du fusible de calibre 25 A nous donne un courant $I_a = 200 \text{ A}$ pour un temps de coupure de 0,4 s.

Le neutre n'est pas distribué, on a donc :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times \sqrt{3} \times V_n \times S_{ph}}{2 r (1 + m) I_a} = \frac{0,8 \times \sqrt{3} \times 230 \times 10}{2 \times 0,027 \times 2 \times 200} = 147,5 \text{ m}$$

La longueur de la canalisation C2 (15 m) est très inférieure à L_{\max} , la protection des personnes contre les contacts indirects est donc assurée.

□ canalisation C1

Pour $16 \text{ mm}^2 < S \leq 35 \text{ mm}^2$, on a $S_{PE} = 16 \text{ mm}^2$

$$\text{d'où } m = \frac{S_{ph}}{S_{PE}} = \frac{25}{16} = 1,56$$

Le disjoncteur choisi est un Compact NS 125E avec un déclencheur STR 22SE dont le seuil magnétique de déclenchement est réglé à $I_m = 1\,250 \text{ A}$ pour des raisons de sélectivité.

Le neutre n'est pas distribué, on a donc :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times \sqrt{3} \times V_n \times S_{ph}}{2 r (1 + m) I_m} = \frac{0,8 \times \sqrt{3} \times 230 \times 25}{2 \times 0,027 \times 2,56 \times 1\,250} = 46,1 \text{ m}$$

La longueur de la canalisation C1 (100 m) est supérieure à L_{\max} .

En prenant des sections supérieures $S_{ph} = 35 \text{ mm}^2$ et $S_{PE} = 35 \text{ mm}^2$ ($m = 1$), on trouve $L_{\max} = 82,6 \text{ m} < 100 \text{ m}$; ce qui n'est pas suffisant.

Afin de ne pas surdimensionner les conducteurs, on décide d'équiper le départ d'un dispositif différentiel résiduel qui assure la protection des personnes contre les contacts indirects.

■ vérification de la chute de tension

□ canalisation C2

$$S = 10 \text{ mm}^2, \quad L = 15 \text{ m}, \quad I_B = 24,9 \text{ A}$$

Le câble est tripolaire, on a donc $I = 0,08 \times 10^{-3} \Omega / m$.

Le facteur de puissance est $\cos j = 0,85$, d'où $\sin j = 0,53$.

$$\text{On en déduit } \Delta V = \left(0,0225 \times \frac{15}{10} \times 0,85 + 0,08 \times 10^{-3} \times 15 \times 0,53 \right) \times 24,9$$

$$\Delta V = 0,73 \text{ V}$$

$$\text{d'où } \frac{\Delta V}{V_n} = \frac{0,73}{230} = 0,3 \%$$

La chute de tension totale est 4,2 % (la chute de tension dans la canalisation C1 est 3,9 %, voir ci-dessous). Elle est inférieure à la chute de tension admissible (5%) indiquée dans le tableau 6-19.

□ canalisation C1

$$S = 25 \text{ mm}^2, \quad L = 100 \text{ m}, \quad I_B = 115,9 \text{ A}$$

Les 3 câbles unipolaires sont serrés en triangle, on a donc :

$$I = 0,09 \times 10^{-3} \Omega / m$$

Le facteur de puissance global de l'installation est $\cos j = 0,8$, d'où $\sin j = 0,6$.

Pour un circuit triphasé $b = 1$.

Pour le cuivre $r_1 = 0,0225 \Omega \text{ mm}^2 / m$.

$$\text{On en déduit } \Delta V = \left(0,0225 \times \frac{100}{25} \times 0,8 + 0,09 \times 10^{-3} \times 100 \times 0,6 \right) \times 115,9$$

$$\Delta V = 8,97 \text{ V}$$

$$\text{d'où } \frac{\Delta V}{V_n} = \frac{8,97}{230} = 3,9 \%$$

■ vérification de la contrainte thermique

□ canalisation C2

Pour une protection par fusible, le courant à prendre en compte est le courant de court-circuit minimal à l'extrémité de la canalisation. Pour le schéma *IT*, c'est le courant de court-circuit pour un double défaut phase-terre.

En appliquant la méthode conventionnelle (voir § 4.4.1.2 du *Guide des protections*), on calcule :

$$I_{cc \min} = \frac{\sqrt{3} \times V_n \times 0,8}{2 L_2 r \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right)} = \frac{\sqrt{3} \times 230 \times 0,8}{2 \times 15 \times 0,027 \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10} \right)} = 1,97 \text{ kA}$$

La caractéristique temps-courant du fusible de 25 A nous donne un temps de fusion $t_f = 5 \text{ ms}$ pour un courant de 1,97 kA.

La contrainte thermique maximale est donc :

$$I_{cc \min}^2 \times t = (1,97 \times 10^3)^2 \times 5 \times 10^{-3} = 19,4 \times 10^3 \text{ A}^2 \times \text{s}$$

La contrainte thermique admissible par le câble est : $k^2 S^2 = (115)^2 \times 10^2 = 1322 \times 10^3 \text{ A}^2 \times \text{s}$.

La section $S = 10 \text{ mm}^2$ supporte donc largement la contrainte thermique du fusible.

□ canalisation C1

Le courant de court-circuit maximal au niveau du disjoncteur (en négligeant la liaison reliant le disjoncteur au transformateur) est :

$$I_{cc} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n} \times \frac{1}{U_{cc}} = \frac{250 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} \times \frac{100}{4} = 9,02 \text{ kA}$$

On suppose que le déclencheur du disjoncteur est temporisé à 0,1 seconde, la contrainte thermique maximale du court-circuit est alors :

$$I_{cc}^2 t = (9,02 \times 10^3)^2 \times 0,1 = 8,14 \times 10^6 \text{ A}^2 \times \text{s}$$

La contrainte thermique admissible par le câble est : $k^2 \times S^2 = 143^2 \times 25^2 = 12,78 \times 10^6 \text{ A}^2 \times \text{s}$

La section $S = 25 \text{ mm}^2$ supporte donc la contrainte thermique du disjoncteur.

■ conclusion

Les sections à retenir sont :

- canalisation C1 : $3 \times 35 \text{ mm}^2 + 1 \times 16 \text{ mm}^2$ cuivre
- canalisation C2 : $3 \times 10 \text{ mm}^2 + 1 \times 10 \text{ mm}^2$ cuivre