

4-4 Calcul et importance du courant de court-circuit minimal

(méthode conventionnelle) source page 165

il faut s'assurer que quelques soient le type et le lieu du court-circuit, la protection directement en amont du point de court-circuit sera activée par le courant de court-circuit minimal.

La connaissance de la valeur du courant de court-circuit minimal **est donc importante pour régler les seuils de courant des protections**. Il faut de plus s'assurer que l'appareil de coupure s'ouvrira en un temps compatible avec les protections des personnes et des matériels.

Le courant de court-circuit minimal doit être à calculer en aval de tous les appareils de coupure.

La procédure comporte les étapes suivantes:

- 1) déterminer le point le plus en aval de l'appareil de coupure: récepteur, ou appareil de coupure directement en aval.
- 2) déterminer la configuration amont du réseau entraînant un courant de court-circuit minimal:
 - détermination de la source de tension configurable de plus faible courant de court-circuit; en général l'alternateur s'il existe.
 - configuration entraînant la longueur de liaison la plus importante jusqu'à la source.
- 3) déterminer le type de court-circuit entraînant la plus faible valeur:
 - si le neutre n'est pas distribué, le courant de court-circuit minimal est le court-circuit biphasé isolé
 - si le neutre est distribué, le courant de court-circuit minimal est le court-circuit biphasé monophasé phase-neutre.
- 4) déterminer la longueur de la boucle de défaut la plus importante.
- 5) effectuer le calcul de court-circuit, par exemple, par la méthode des impédances **ou la méthode conventionnelle.**

Remarque concernant **le calcul du courant de court-circuit minimal** (UTE 15 105 voir tableau GA)

la résistivité à prendre en compte est:

- pour les fusibles $\rho_2 = 0,028 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ pour le cuivre et $0,044 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ pour l'aluminium
- pour les disjoncteurs $\rho_1 = 0,023 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ pour le cuivre et $0,037 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ pour l'aluminium

4.4.1.1 calcul du courant de court-circuit en schéma TN

(méthode conventionnelle) source page 166



La procédure comporte les étapes suivantes:

ETAPE 1 : déterminer le point le plus en aval de l'appareil de coupure: récepteur, ou appareil de coupure directement en aval.

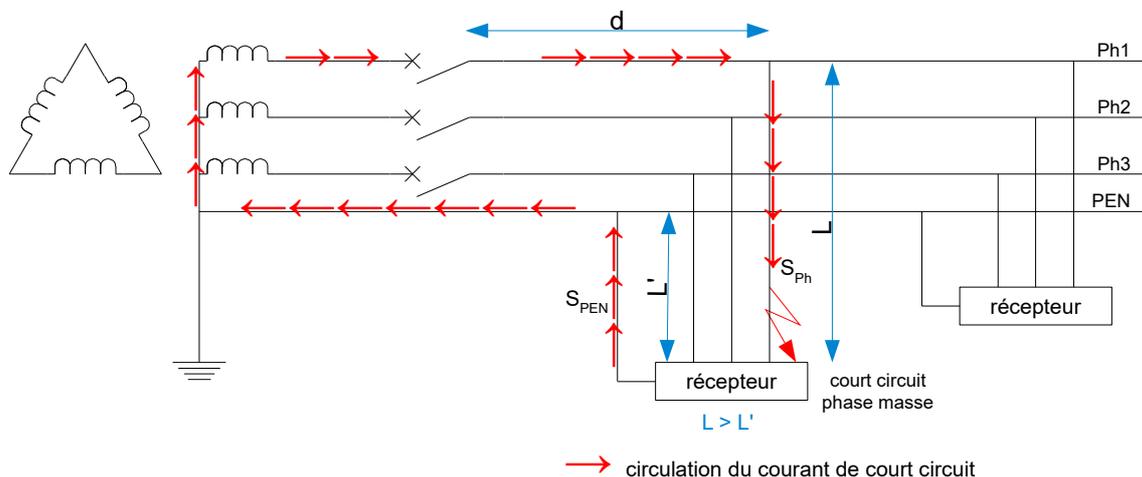
ETAPE 2 : déterminer la configuration amont du réseau entraînant un courant de court-circuit minimal:

- détermination de la source de tension configurable de plus faible courant de court-circuit.
- configuration entraînant la longueur de la liaison la plus importante jusqu'à la source.

ETAPE 3 : le type de court-circuit entraînant la plus faible valeur est le court-circuit monophasé phase-neutre.

ETAPE 4 : La boucle de défaut la plus longue est le court-circuit monophasé phase-neutre au niveau du récepteur le plus éloigné.

L est la longueur de circuit la plus importante à partir du disjoncteur. On voit que le défaut parcourt la phase (S_{ph}) sur une longueur L et le PEN sur une longueur L' , puis remonte jusqu'à la source. La distance d du disjoncteur au point d'attache du circuit est négligée.



4-19 figure boucle de défaut d'un court-circuit monophasé phase terre en schéma TN

ETAPE 5 : on effectue le calcul de court-circuit

méthode conventionnelle source page 168

(cette méthode n'est pas applicable dans les installations alimentées par un alternateur)

le courant de court circuit minimal est donné par la formule:
$$I_{kI\text{mini}} = \frac{0,8 \cdot U_0}{\rho_1 \cdot L \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PEN}} \right)}$$

avec:

$I_{k1\text{ mini}}$: intensité du courant de court-circuit en ampères

U_0 : tension simple, en service normal à l'endroit où est installé le dispositif de coupure

L : longueur en mètres (voir la figure)

ρ_1 : résistivité des conducteurs = $0,023 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ (voir tableau GA du guide pratique UTE C15 105)

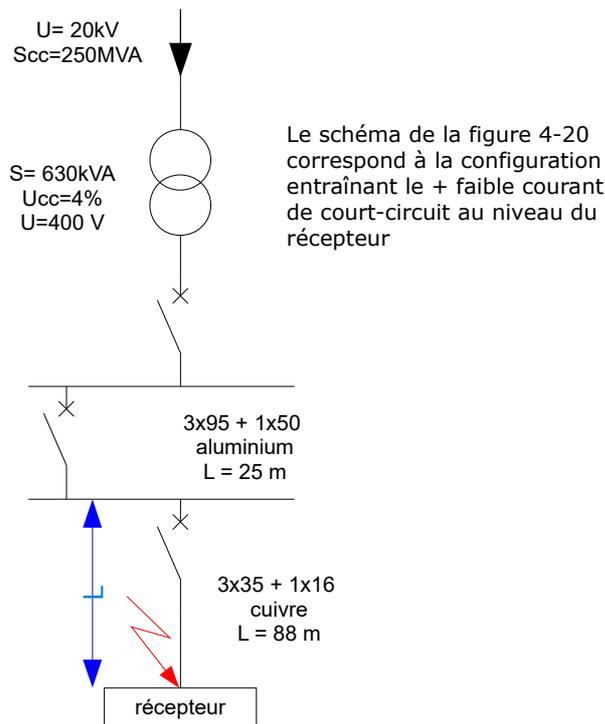
S_{ph} : section conducteurs de phase

S_{PEN} : section conducteur du PEN (*le neutre et le conducteur de protection sont confondus*)

cette méthode (**conventionnelle**) réalise les simplifications suivantes:

- on suppose qu'en cas de court-circuit la tension du dispositif de protection est égale à 80% de la tension assignée. Autrement dit, on suppose que la partie de la boucle de défaut en amont représente 20% de l'impédance totale de la boucle de défaut.
- L'influence de la réactance des conducteurs est négligée pour les sections < 150mm²
- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de:
 - 15% pour la section de 150mm²
 - 20% pour la section de 185mm²
 - 25% pour la section de 240mm²
 - 30% pour la section de 300mm²

le court-circuit est supposé franc, c'est-à-dire qu'il n'est pas tenu compte des résistances d'arc, des résistances de contact et analogues.



4-20 exemple de calcul de court-circuit minimal en schéma TN

$$I_{kl\ mini} = \frac{0,8 \cdot U_0}{\rho_1 \cdot L \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PEN}} \right)}$$

On applique la formule $I_{kl\ mini} = \frac{0,8 \times 230}{0,023 \times 88 \left(\frac{1}{35} + \frac{1}{16} \right)} = 998 \text{ A}$

lcc mini schéma TN méthode conventionnelle						
voir nota	U ₀ (V)	résistivité $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$	Longueur (m)	S phase (mm ²)	S PEN (mm ²)	I _{kl mini} (A)
0,8	230	0,023	88	35	16	998

Nota
on suppose qu'en cas de court-circuit la tension du dispositif de protection est égale à 80% de la tension assignée. Autrement dit, on suppose que la partie de la boucle de défaut en amont représente 20% de l'impédance totale de la boucle de défaut.

$$=(A3*B3)/((C3*D3)*(1/E3+1/F3))$$

4.4.1.2 calcul du courant de court-circuit en schéma ITSN (*sans neutre distribué*) (méthode conventionnelle) source page172

La procédure comporte les étapes suivantes:

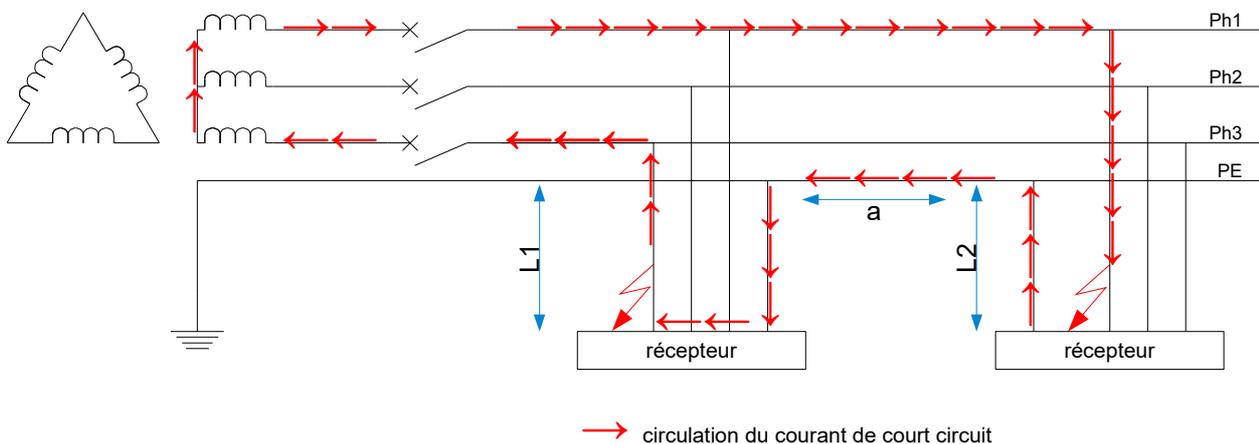
ETAPE 1 :déterminer le point le plus en aval de l'appareil de coupure: récepteur, ou appareil de coupure directement en aval.

ETAPE 2 :déterminer la configuration amont du réseau entraînant un courant de court-circuit minimal:

- détermination de la source de tension configurable de plus faible courant de court-circuit.
- configuration entraînant la longueur de la liaison la plus importante jusqu'à la source

ETAPE 3 :le type de court-circuit entraînant la plus faible valeur est le double défaut, le premier étant situé sur une phase d'un circuit (voir figure ci-après). Il s'agit d'un **court-circuit biphasé isolé**.

ETAPE 4 :la boucle de défaut est la plus longue pour le double défaut apparaissant au niveau des 2 récepteurs les plus éloignés des appareils de coupure.



boucle de défaut pour un double défaut sur les phases 1 et 3 en schéma IT sans neutre distribué

L_1 et L_2 sont les longueurs des 2 récepteurs les plus éloignés du disjoncteur. On voit que le défaut parcourt le chemin suivant :

- longueur L_2 sur la phase 1
- longueur L_2 sur le conducteur de terre
- longueur L_1 sur le conducteur de terre
- longueur L_1 sur la phase 3
- remontée jusqu'à la source

remarque : la longueur **a** entre les deux points d'attache est négligée.

ETAPE 5 : on effectue le calcul de court-circuit
(méthode conventionnelle) source page 174

(cette méthode n'est pas applicable dans les installations alimentées par un alternateur)
le courant de court circuit minimal est donné par la formule:

$$I_{k1\text{ mini}} = \frac{\sqrt{3} U_0 \times 0,8}{(L_1 + L_2) \rho_1 \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right)}$$

en supposant que $L_1 = L_2 = L$, où L est la valeur maximale de L_1 et L_2

on obtient :
$$I_{k1\text{ mini}} = \frac{\sqrt{3} U_0 \times 0,8}{\rho_1 \cdot 2L \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right)}$$

avec:

$I_{k1\text{ mini}}$: intensité du courant de court-circuit en ampères

U_0 : tension simple, en service normal à l'endroit où est installé le dispositif de coupure

L : longueur (en mètres) maximale des longueurs L_1 et L_2 (voir la figure)

ρ_1 : résistivité des conducteurs = $0,023 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ (voir tableau GA du guide pratique UTE C15 105)

S_{ph} : section conducteurs de phase

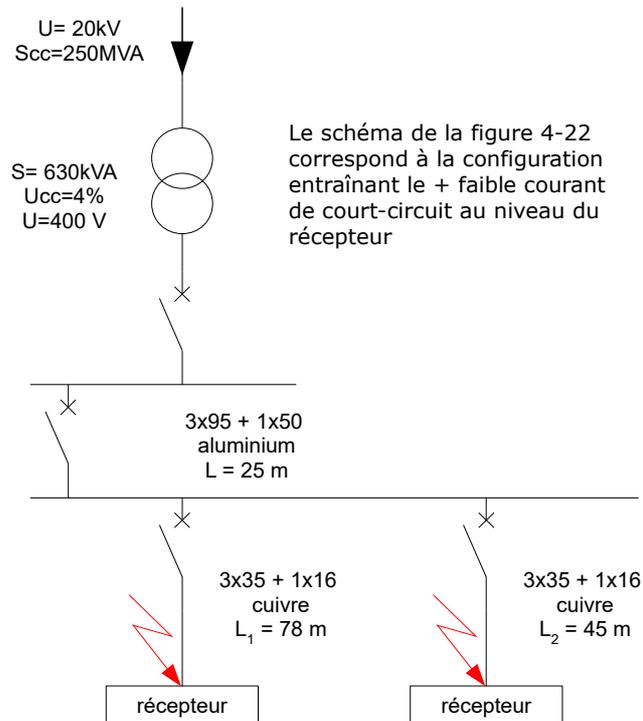
S_{PE} : section conducteurs de protection

cette méthode (conventionnelle) réalise les simplifications suivantes:

- on suppose qu'en cas de court-circuit la tension du dispositif de protection est égale à 80% de la tension assignée. Autrement dit, on suppose que la partie de la boucle de défaut en amont représente 20% de l'impédance totale de la boucle de défaut.
- L'influence de la réactance des conducteurs est négligée pour les sections <150mm²
- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de:
 - 15% pour la section de 150mm²
 - 20% pour la section de 185mm²
 - 25% pour la section de 240mm²
 - 30% pour la section de 300mm²

le court-circuit est supposé franc, c'est-à-dire qu'il n'est pas tenu compte des résistances d'arc, des résistances de contact et analogues.

Soit le schéma entraînant le plus faible courant de court-circuit au niveau des récepteurs.
 on calcule le courant de court-circuit minimal pour un double défaut :
 le premier entre une phase et la masse au niveau du **récepteur 1**
 le second entre une phase et la masse au niveau du **récepteur 2**



Le schéma de la figure 4-22 correspond à la configuration entraînant le + faible courant de court-circuit au niveau du récepteur

4-22 exemple de calcul de court-circuit minimal en schéma IT sans neutre distribué

$$I_{kl\ mini} = \frac{\sqrt{3} U_o \times 0,8}{\rho_1 (L_1 + L_2) \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right)} \quad \text{soit} \quad I_{kl\ mini} = \frac{3^{0,5} \times 230 \times 0,8}{0,023 (78 + 45) \left(\frac{1}{35} + \frac{1}{16} \right)} = 1237 \text{ A}$$

lcc mini schéma IT sans neutre distribué méthode conventionnelle									
voir nota	U ₀ (V)	√3	résistivité ρ ₁ Ω mm ² / m	Longueur L1(m)	Longueur L2(m)	S phase (mm ²)	S _{PE} (mm ²)	Ik1 mini (A)	
	0,8	230	1,73205	0,023	78	45	35	16	1237

Nota
 on suppose qu'en cas de court-circuit la tension du dispositif de protection est égale à 80% de la tension assignée. Autrement dit, on suppose que la partie de la boucle de défaut en amont représente 20% de l'impédance totale de la boucle de défaut.

4.4.1.3 calcul du courant de court-circuit en schéma ITAN (avec neutre distribué) (méthode conventionnelle) source page 178

La procédure comporte les étapes suivantes:

ETAPE 1 :déterminer le point le plus en aval de l'appareil de coupure: récepteur, ou appareil de coupure directement en aval.

ETAPE 2 :déterminer la configuration amont du réseau entraînant un courant de court-circuit minimal:

ETAPE 3:le type de court-circuit entraînant la plus faible valeur est le défaut double, le premier étant situé sur une phase du circuit, le second étant situé sur le neutre d'un autre circuit.

ETAPE 4:la boucle de défaut étant aussi longue que dans le schéma IT sans neutre distribué, la seule différence étant que pour le second défaut le courant de court-circuit parcourt le neutre au lieu d'une phase.

ETAPE 5:la section du conducteur neutre est \leq à la section d'une phase, ce qui minimise la valeur du courant de court-circuit par rapport au schéma IT sans neutre distribué.

La tension appliquée à la boucle de défaut est une tension simple (U_0) contrairement au cas du schéma IT sans neutre distribué pour lequel la tension appliquée est une tension composée (U).

le courant de court-circuit est donc diminué d'un facteur $\sqrt{3}$ par rapport au schéma IT sans neutre distribué.

$$\text{On aura } I_{k1\text{ mini}} = \frac{U_0}{Z_{\text{boucle}}}$$

En conclusion, on a donc un courant de court-circuit minimal au moins $\sqrt{3}$ fois inférieur au courant de court-circuit minimal dans le cas du schéma IT sans neutre distribué.

Cela impose des longueurs maximales de circuit plus faibles, c'est la raison pour laquelle la norme NF C15-100 recommande de ne pas distribué le neutre en schéma IT.

Dans le cas où la longueur des circuits ne permet pas d'assurer un déclenchement au deuxième défaut, il faut installer des dispositifs différentiels résiduels.

Particularité du régime de neutre IT

Calcul des conditions de déclenchement :

Dans une installation à neutre isolé (IT), en cas de deuxième défaut, on est ramené au cas du schéma TN avec deux particularités :

- Le neutre n'est pas forcément distribué ;
- Il est impossible d'effectuer la vérification pour tout les cas de défaut double ; On suppose une répartition identique de la tension entre chacun des deux défauts.

Cas des masses séparées :

Dans le cas d'un défaut double, si les masses sont séparées, on se retrouve dans la situation du régime TT.

Il faut alors installer une protection différentielle à courant résiduel de défaut en tête de chaque groupe de masse relié à une prise de terre distinct.

La sensibilité doit être adaptée à la résistance de la prise de terre ; on applique la

$$\text{relation : } R_a < \frac{U_L}{I_{\Delta} n}$$

4.4.1.4 calcul du courant de court-circuit en schéma TT

(méthode conventionnelle) source page 179

La procédure comporte les étapes suivantes:

ETAPE 1 : déterminer le point le plus en aval de l'appareil de coupure: récepteur, ou appareil de coupure directement en aval.

ETAPE 2 : déterminer la configuration amont du réseau entraînant un courant de court-circuit minimal:

ETAPE 3 : les courts-circuits monophasés sont vus par les dispositifs différentiels résiduels car le neutre et la masse sont à la terre. Ces dispositifs différentiels résiduels sont obligatoires en schéma TT. Le type de court-circuit (non visible par le dispositif différentiel résiduel) entraînant la plus faible valeur est le défaut simple entre deux phases ; il s'agit d'un défaut biphasé isolé.

ETAPE 4 : la boucle de défaut la plus longue est le court-circuit biphasé isolé au niveau du récepteur le plus éloigné (voir la figure).

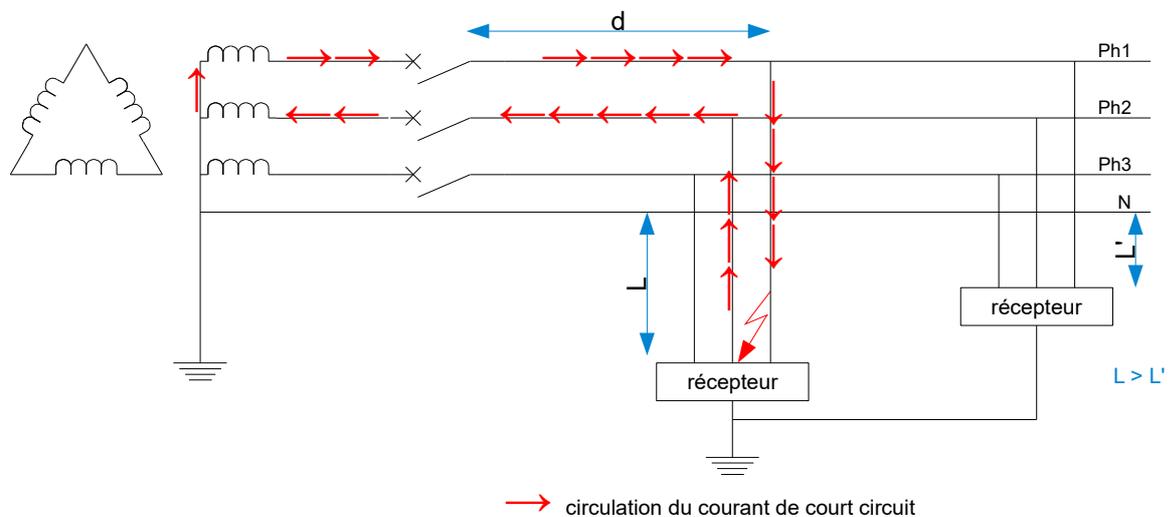


Figure 4-23: boucle de défaut d'un court-circuit biphasé-isolé en schéma TT

L est la longueur du circuit la plus importante à partir du disjoncteur. On voit que le défaut parcourt les deux phases sur une longueur L . la distance d du disjoncteur au point d'attache du circuit est négligée.

ETAPE 5 : on effectue le calcul de court-circuit

(méthode conventionnelle) source page 181

(cette méthode n'est pas applicable dans les installations alimentées par un alternateur)

le courant de court circuit minimal est donné par la formule
$$I_{k1\text{ mini}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_0 \times 0,8}{2 \rho_1 \left(\frac{L}{S_{ph}} \right)}$$

avec:

$I_{k1\text{ mini}}$: intensité du courant de court-circuit en ampères

U_0 : tension simple, en service normal à l'endroit où est installé le dispositif de coupure

L : longueur (en mètres)

ρ_1 : résistivité des conducteurs = $0,023 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ (voir tableau GA du guide pratique UTE C15 105)

S_{ph} : section conducteurs de phase

cette méthode (**conventionnelle**) réalise les simplifications suivantes:

- on suppose qu'en cas de court-circuit la tension du dispositif de protection est égale à 80% de la tension assignée. Autrement dit, on suppose que la partie de la boucle de défaut en amont représente 20% de l'impédance totale de la boucle de défaut.
- L'influence de la réactance des conducteurs est négligée pour les sections < 150mm²
- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de:
 - 15% pour la section de 150mm²
 - 20% pour la section de 185mm²
 - 25% pour la section de 240mm²
 - 30% pour la section de 300mm²

le court-circuit est supposé franc, c'est-à-dire qu'il n'est pas tenu compte des résistances d'arc, des résistances de contact et analogues.

Soit le schéma correspondant à la configuration entraînant le plus faible courant de court-circuit au niveau du récepteur.

On calcule le courant de court-circuit minimal au niveau du récepteur.

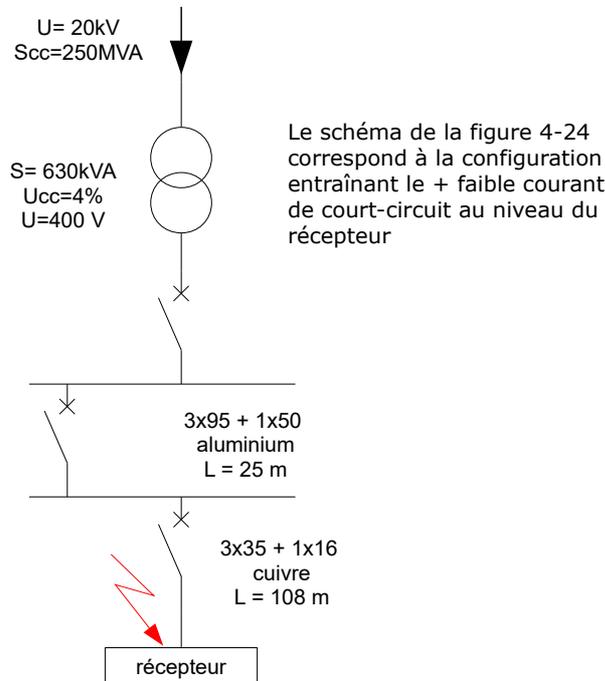


Figure 4-24 : exemple de calcul de court-circuit minimal en schéma TT

le courant de court circuit minimal est
$$I_{k1\text{ mini}} = \frac{3^{0,5} \times 230 \times 0,8}{2 \times 0,023 \left(\frac{108}{35} \right)} = 2245 \text{ A}$$

lcc mini schéma TT méthode conventionnelle						
voir nota	$\sqrt{3}$	Uo (V)	Résistivité Ω mm ² / m	Longueur L1(m)	S phase (mm ²)	Ik1 mini (A)
0,8	1,7321	230	0,023	108	35	2 245

Nota $=3^{0,5}$

on suppose qu'en cas de court-circuit la tension du dispositif de protection est égale à 80% de la tension assignée. Autrement dit, on suppose que la partie de la boucle de défaut en amont représente 20% de l'impédance totale de la boucle de défaut.

$$= \frac{(A^3 * B^3 * C^3)}{((2 * D^3) * (E^3 / F^3))}$$

4.4.1.5 influence du courant de court-circuit minimal sur le choix des disjoncteurs ou des fusibles de protection.

(méthode conventionnelle) source page 185-186

Protection par disjoncteur

la norme NF C 15-100 (§ 432) impose pour les schémas TN et IT que le seuil de déclenchement magnétique du disjoncteur **soit inférieur** au courant de court-circuit minimal.

Pour une longueur de circuit donnée et donc un court-circuit minimal imposé, il faudra choisir un disjoncteur avec un seuil de déclenchement adéquat. Ou inversement, pour un disjoncteur donné, on a une longueur maximale de circuit respectant la contrainte de déclenchement par le magnétique.

Exemple n°1 calcul de courant de court-circuit minimal en [schéma TN](#)

Soit le schéma ([voir folio 3](#)) correspondant à la configuration entraînant le plus faible courant de court-circuit au niveau du récepteur.

On calcule le courant de court-circuit minimal au niveau du récepteur.

Pour
$$I_{kI\text{ mini}} = \frac{0,8 \times 230}{0,023 \times 88 \left(\frac{1}{35} + \frac{1}{16} \right)} = 998 \text{ A}$$
 le seuil de déclenchement magnétique du

disjoncteur devra être inférieur à 998 A.

Réciproquement on suppose que le seuil de déclenchement magnétique I_m du disjoncteur soit 600A, on peut calculer la longueur maximale (L_{max}) autorisée du circuit protégé par ce disjoncteur en schéma TN

par **la méthode conventionnelle** la formule
$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_0}{I_m \rho_1 \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PEN}} \right)}$$

d'où pour un seuil de déclenchement de 600A, la longueur maximale du circuit est égale à :

$$L_{max} = \frac{0,8 \times 230}{600 \times 0,023 \left(\frac{1}{35} + \frac{1}{16} \right)} = 146 \text{ m}$$

la formule est notée aussi
$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_{ph}}{I_m \cdot \rho_1 (1+m)}$$

avec
$$m = \frac{S_{ph}}{S_{PEN}}$$

longueur maximale du circuit en schéma TN suivant I_m du disjoncteur							
$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_0}{I_m \rho_1 \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PEN}} \right)}$	U_0 (V)	I_m du disjoncteur	résistivité ρ_1 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$	S phase (mm ²)	S PEN (mm ²)	longueur max	
	0,8	230	600	0,023	35	16	146
longueur maximale du circuit en schéma TN suivant I_m du disjoncteur							
$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_{ph}}{I_m \cdot \rho_1 (1+m)}$ avec $m = \frac{S_{ph}}{S_{PEN}}$	U_0 (V)	I_m du disjoncteur	résistivité ρ_1 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$	S phase (mm ²)	S PEN (mm ²)	1+ m avec $m = S_{ph} / S_{PEN}$	longueur max
	0,8	230	600	0,023	35	16	3,188
							146

Exemple n°2 calcul de courant de court-circuit minimal en [schéma ITSN sans neutre distribué](#)

Soit le schéma ([voir folio 6](#)) correspondant à la configuration entraînant le plus faible courant de court-circuit au niveau du récepteur.

On calcule le courant de court-circuit minimal au niveau du récepteur.

Pour
$$I_{kl\text{ mini}} = \frac{3^{0,5} \times 230 \times 0,8}{0,023(78+45) \left(\frac{1}{35} + \frac{1}{16} \right)} = 1237 \text{ A}$$
 le seuil de déclenchement du magnétique

du disjoncteur devra être inférieur à 1237 A.

Réciproquement on suppose que le seuil de déclenchement magnétique I_m du disjoncteur soit 600A, on peut calculer la longueur maximale (L_{max}) autorisée du circuit protégé par ce disjoncteur en schéma IT sans neutre distribué

par **la méthode conventionnelle** la formule
$$L_{max} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot U_0}{2 \cdot I_m \cdot \rho_1 \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right)}$$

d'où pour un seuil de déclenchement de 600A, la longueur maximale du circuit est égale à :

$$L_{max} = \frac{3^{0,5} \times 0,8 \times 230}{2 \times 600 \times 0,023 \left(\frac{1}{35} + \frac{1}{16} \right)} = 127 \text{ m}$$

longueur maximale du circuit en schéma ITSN suivant I_m du disjoncteur						
	U_0 (V)	I_m du disjoncteur	résistivité ρ_1 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$	S phase (mm ²)	S _{PE} (mm ²)	longueur max
0,8	230	600	0,023	35	16	127

$$L_{max} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot U_0}{2 \cdot I_m \cdot \rho_1 \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right)}$$

remarque :

si le neutre est distribué, la longueur sera diminuée d'un facteur **$\sqrt{3}$** par rapport au

schéma IT [sans](#) neutre distribué : $L_{max} = \frac{127}{\sqrt{3}} = 73 \text{ m}$

[voir le folio 7](#)