

VERIFICATION DES CONTRAINTES THERMIQUES DES CONDUCTEURS (NF C 15-100, Partie 5-54, annexe A)

E.1 Généralités

La vérification des contraintes thermiques des conducteurs consiste à s'assurer que le temps de fonctionnement du dispositif de protection (le temps de fusion des fusibles) n'est pas supérieur au temps t égal :

$$t = \frac{(I^2 \cdot t)}{I_{cc}^2}$$

t en seconde
 S en mm²
 I en ampère

$(I^2 \cdot t)$ étant la contrainte thermique admissible dans les conducteurs, soit :
 $(I^2 \cdot t) = k^2 \cdot S^2$ pour les conducteurs et les câbles.

Le facteur k est donné dans le tableau EA ci-dessous :

Tableau EA – Valeurs du facteur k pour le calcul des contraintes thermiques des conducteurs (NF C 15-100, Tableaux A.54B à A.54F)		
	nature des conducteurs	
	cuivre	aluminium
Conducteurs actifs et conducteurs de protection faisant partie de la même canalisation :		
- isolés au PVC à 70 °C ≤ 300 mm ²	115	76
- isolés au PVC à 70 °C > 300 mm ²	103	68
- isolés au PRC ou à l'EPR à 90 °C	143	94
- isolés au caoutchouc à 60°C	141	93
- isolés au caoutchouc à 85°C	134	89
Conducteurs de protection séparés :		
Isolés au PVC à 70 °C ≤ 300 mm ²	143	95
Isolés au PVC à 70 °C > 300 mm ²	133	88
- isolés au PRC ou à l'EPR à 90 °C	176	116
- isolés au caoutchouc à 60°C	159	105
- isolés au caoutchouc à 85°C	166	110
- nus en l'absence de risque d'incendie et d'explosion	159	105
- nus en présence de risque d'incendie ou d'explosion	138	91
NOTES –		
1 - Un courant de défaut élevé peut entraîner des contraintes mécaniques excessives dans les conducteurs isolés et les câbles.		
2 - Les valeurs de k pour d'autres types d'isolation peuvent se déduire de la CEI 60724. Le facteur 0,85 doit être pris pour les calculs des courants admissibles dans des emplacements à risque d'explosion (condition d'influence externe BE3).		

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 :

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

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

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

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

E.2 Conducteurs de protection (UTE C15 105 page 85)

Pour la vérification des contraintes thermiques des conducteurs de protection, le courant à prendre en considération est le courant minimal de défaut I_f entre un conducteur actif et la masse à l'extrémité du circuit considéré, quel que soit le type de dispositif de protection. Le courant de défaut I_f est calculé comme indiqué en D.2.5 (page 67). La vérification n'est pas nécessaire si les sections des conducteurs de protection sont conformes au tableau 54C de la NF C 15-100.



E.3 Conducteurs actifs

La vérification des contraintes thermiques des conducteurs actifs n'est à effectuer que dans les cas suivants :

- la canalisation ne comporte pas de dispositif de protection contre les surcharges à son origine, conformément aux dispositions des paragraphes 433.3 et 433.4 de la NF C 15-100.
- la section du conducteur neutre est inférieure à celle des conducteurs de phase, conformément aux dispositions des paragraphes 431.2 et 524.2 de la NF C 15-100.

La contrainte thermique que laisse passer le disjoncteur ne doit pas être supérieure à $k^2 \cdot S^2$. La vérification dépend de la nature du dispositif de protection :

E.3.1 Lorsque la protection est assurée par des disjoncteurs, le courant à prendre en considération est le courant maximal de court-circuit à l'origine de la canalisation considérée, soit :

- le courant de court-circuit triphasé I_{k3max} dans les circuits triphasés,
- le courant de court-circuit biphasé I_{k2max} dans les circuits monophasés entre phases,
- le courant de court-circuit monophasé I_{k1max} dans les circuits monophasés entre phase et neutre.

Lorsque le disjoncteur n'est pas volontairement retardé, il n'est généralement pas nécessaire de vérifier la contrainte thermique des conducteurs actifs.

Les valeurs de courant indiquées sont utilisées pour la vérification du pouvoir de coupure du dispositif de protection et il suffit de s'assurer que le courant de court-circuit minimal est au moins égal au courant de fonctionnement instantané du disjoncteur.

E.3.2 Lorsque la protection est assurée par fusibles, le temps de fusion du fusible t correspondant au courant de court-circuit minimal à l'extrémité de la canalisation doit satisfaire à la condition du paragraphe E.1 (voir page 1).

Le courant à prendre en considération est : (voir page 4)

- le courant de court-circuit I_{k1mini} dans les circuits avec neutre,
- le courant de court-circuit biphasé I_{k2mini} dans les circuits sans neutre.

Dans tous les cas, les courants de court-circuit sont calculés comme indiqué en C2 (page 44). Dans le cas de conducteurs en parallèle, la contrainte thermique admissible est vérifiée pour la section d'un seul conducteur.

NOTE – Dans tous les cas, les valeurs de courant inférieures au courant de court-circuit minimal à l'extrémité de la canalisation ne sont pas prises en considération ; de tels courants seraient en effet dus à des défauts non francs dont l'expérience montre que de tels défauts non francs évoluent très rapidement soit vers le défaut franc, soit vers la coupure.

Il suffit de s'assurer que le courant minimal, calculé comme indiqué en C2 pour les courts-circuits et en D2 pour les courants de défaut, assurent effectivement le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps compatible avec les contraintes thermiques des conducteurs ou, si le dispositif assure la protection contre les contacts indirects, dans le temps prescrit à ce sujet (NF C 15-100, Tableau 41A, voir D2 et D4).

G - La protection des circuits (page G32)

5 Cas particuliers relatifs aux courants de court-circuit

G5.1-Calcul du courant de court-circuit minimal présumé -wiki schneider

Il faut que le dispositif de protection vérifie :

- $I_m < I_{cc_{\text{mini}}}$ pour une protection par disjoncteur,
- $I_a < I_{sc_{\text{mini}}}$ pour une protection **par fusibles.**

Le dispositif de protection contre les courts-circuits doit alors satisfaire aux deux conditions suivantes :

- son pouvoir de coupure doit être supérieur au courant de court-circuit triphasé I_{cc} en son point d'installation,
- assurer l'élimination du courant minimum de court-circuit pouvant se développer dans le circuit protégé en un temps t_c compatible avec les contraintes thermiques des conducteurs soit :

$$t_c \leq \frac{k^2 \cdot S^2}{I_{cc}^2} \quad (t_c < 5s)$$

La comparaison des courbes de fonctionnement (ou de fusion) des dispositifs de protection contre les courts-circuits et des courbes limites de contrainte thermique d'un conducteur montre que cette condition est vérifiée si :

- $I_{cc}(\text{min}) > I_m$ (ou I_{sd}) ou I_i (I_m : seuil de la protection contre les courants de courts-circuits, I_i : seuil de la protection Instantané) (cf. **Fig. G43**),
- $I_{cc}(\text{mini}) > I_a$ **pour la protection par fusibles**, la valeur de courant I_a correspondant au croisement des courbes de protection et de contrainte admissible du câble

(cf. **Fig. G44** et **G45**).

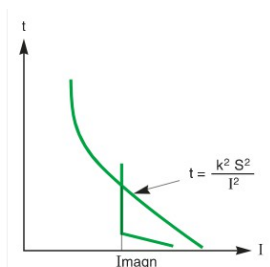


Fig. G43 – Protection par disjoncteur

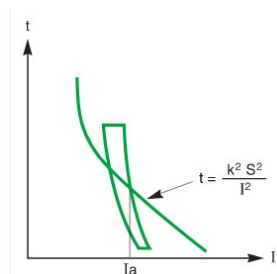


Fig. G44 – Protection par fusible aM

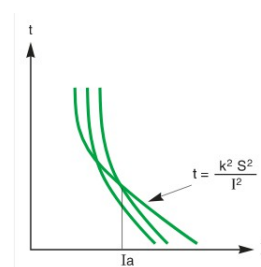


Fig. G45 – Protection par fusible gl

schéma IT sans neutre

Courants minimaux

Dans un circuit triphasé sans neutre, le courant de court-circuit minimal est calculé par la même formule que I_{k2max} , mais dans laquelle la résistivité des conducteurs ρ_0 est remplacée par la résistivité ρ_1 pour un disjoncteur

et par ρ_2 pour un fusible, C_{max} étant remplacé par C_{min} .

Si le temps t (la durée) de coupure est donné, la section doit satisfaire la condition:

$$S \geq \frac{I_{cc}}{k} \times \sqrt{t_c} = S \geq \frac{1143}{115} \times \sqrt{0,4} = 6,26 \text{ mm}^2$$

$$t_c = 0,4$$

$$I_{cc} (I_{k2mini}) = 1,143 \text{ kA}$$

$$S = 6^2 \text{ cuivre}$$

$$k = 115$$

$$\rho_2 = 0,028 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m} \text{ (pour le cuivre)}$$

$$\rho_2 = 0,044 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m} \text{ (pour l'aluminium)}$$

$$C_{min} = 0,95$$

on recherche la durée

temps de fonctionnement du dispositif de coupure (i.e temps de coupure I_{cc})

température des conducteurs à la limite admissible

t_c = temps de coupure du dispositif de protection en seconde

$$I_{cc}(I_{k2mini}) = 1,143 \text{ kA}$$

$$S = 6^2 \text{ cuivre}$$

$$k = 115$$

$$\sqrt{t_c} = k \frac{S}{I_{cc}}$$

$$\sqrt{t_c} = 115 \frac{6}{1143} = 0,7 \text{ s}$$

$$I_{ccmini} = \frac{0,8U}{2L\rho_2 \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right)}$$

Icc mini en schéma IT (sans neutre distribué)

	U_0 (V)	Icc mini en A	résistivité ρ_2 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$	S phase (mm^2)	S_{PEN} (mm^2)	longueur en m
0,8	400	1 143 A	0,028	6	6	15

le temps de fonctionnement des dispositifs, c'est à dire de coupure de courant résultant d'un court-circuit franc se produisant en un point quelconque du circuit, n'est pas supérieur au temps nécessaire pour élever pour la température des conducteurs à la limite admissible ; pour les court-circuits d'une durée $\leq 5 \text{ s}$, la durée nécessaire pour qu'un courant de court-circuit élève la température des conducteurs à la limite admissible peut être déduite de la formule

suyvante où t est donné en seconde : $\sqrt{t_c} = k \frac{S}{I_{cc}}$

MÉTHODE DES IMPÉDANCES

CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT

Courants minimaux

Dans un circuit **triphase sans neutre** le courant de court-circuit minimal I_{k1min} est calculé par la même formule que I_{k2max} , mais dans laquelle :

- la résistivité des conducteurs ρ_o est remplacée par ρ_1 pour un disjoncteur
- et par ρ_2 pour un fusible,
- C_{max} étant remplacé par C_{min} .

Dans un circuit **triphase avec neutre** ou **monophasé phase neutre**, le courant de court-circuit minimal I_{k1min} est calculé par la même formule que I_{k1max} mais dans laquelle :

- la résistivité des conducteurs ρ_o est remplacée par ρ_1 pour un disjoncteur
- et par ρ_2 pour un fusible,
- C_{max} étant remplacé par C_{min} .