

FUSIBLES MOYENNE TENSION EUROPEENS - CEI 60282

1. INTRODUCTION
2. LA NORME CEI 60282: FUSIBLES MOYENNE TENSION
 - 2.1. Deux classes principale
 - 2.2. Essais de coupure
 - 2.3. Essais d'échauffement
 - 2.4. Courbe temps courant
3. CONCEPTIONS DES FUSIBLES
 - 3.1. Fusibles d'accompagnement ou « fusible pour court circuit »
 - 3.2. Fusibles à usages généraux ou « fusibles pour toute surintensité »
4. TECHNOLOGIES DES FUSIBLES POUR LA PROTECTION DES TRANSFORMATEURS
 - 4.1. Fusibles intérieurs
 - 4.2. Fusibles extérieurs
 - 4.3. Fusibles immergés dans l'huile
5. SELECTION DE LA TENSION NOMINALE U_N DU FUSIBLE
 - 5.1. Système triphasé avec neutre à la terre
 - 5.2. Système monophasé
 - 5.3. Système triphasé avec neutre isolé
 - 5.4. Influence de l'altitude
6. INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LE COURANT NOMINAL I_N DU FUSIBLE
 - 6.1. Température ambiante
 - 6.2. Altitude
7. RECOMMANDATIONS GENERALES POUR LA PROTECTION DES TRANSFORMATEURS
 - 7.1. Courant d'appel du transformateur
 - 7.2. Tableaux de sélection des fusibles
 - 7.3. Fusibles immergés dans l'huile
8. RECOMMANDATIONS GENERALES POUR LA PROTECTION DES MOTEURS
 - 8.1. Calcul du courant nominal et du courant de démarrage du moteur
 - 8.2. Choix du fusible pour tenir le courant de démarrage du moteur
 - 8.3. Choix du fusible pour tenir le courant nominal du moteur I_{FLA} et les conditions d'environnement
9. RECOMMANDATIONS GENERALES POUR LA PROTECTION DES CONDENSATEURS
 - 9.1. Choix du type de fusible
 - 9.2. Choix de la tension nominale du fusible
 - 9.3. Choix du fusible : règle générale pour tenir le courant permanent
 - 9.4. Choix du fusible pour tenir le courant d'appel du condensateur
10. PROTECTION DES TRANSFORMATEURS DE POTENTIEL
11. RECOMMANDATIONS POUR LE REMPLACEMENT DES FUSIBLES FONDUS

1. INTRODUCTION

Les systèmes moyenne tension sont maintenant classés HTA

Tension maximum: 72 500V

Les fusibles FERRAZ SHAWMUT sont disponibles jusqu'à 40 500 volts

Comme pour les fusibles BT les fusibles moyenne tension assurent la sécurité des personnes et des équipements au meilleur coût grâce à un ensemble large de qualités comme :

- **Fiabilité**
- **Fusion enfermée**
- **Rapidité**
- **Pouvoir de coupure élevé**
- **Maintenance non nécessaire avant un court circuit**
- **Maintenance réduite après un court circuit**
- **Sélectivité**
- **Qualité de l'énergie améliorée**
- **Future extension des systèmes sans problèmes**
- **Universel**
- **Faible consommation de puissance**
- **Prix**

2. LA NORME CEI 60282: FUSIBLES MOYENNE TENSION

2.1. Deux classes principales

- Fusible d'accompagnement ou « fusible limiteur pour court circuit »: peut couper tous les courants compris entre le pouvoir de coupure (maximum) et le courant minimum de coupure.
- Fusible a usages généraux : peut couper tous les courants compris entre le pouvoir de coupure (maximum) et le courant entraînant la fusion des éléments fusibles au moins en 1 heure.

2.2. Essais de coupure

- **Courant I_1 : pouvoir de coupure (courant maximum)**

La tension d'essais est égale à 87% de la tension nominale du fusible

- **Courant I_2 : essai à énergie maximum**

La tension d'essais est égale à 87% de la tension nominale du fusible

Comme pour les fusibles basse tension le courant I_2 produit une énergie d'arc maximum pendant la coupure

- **Courant I_3 : courant minimum de coupure**

La tension d'essais est égale à 100% de la tension nominale du fusible

- Fusibles d'accompagnement: I_3 est le courant minimum de coupure
- Fusibles a usages généraux: I_3 est le courant entraînant la fusion des éléments fusibles au moins en 1 heure..

Quelques fusibles à usages généraux peuvent être altérés par un échauffement excessif lorsqu'ils sont soumis à un courant entraînant un temps de fusion nettement plus long qu'une heure.

2.3. Essais d'échauffement

Le courant nominal du fusible est défini pour température ambiante de 40°C.

2.4. Courbe temps courant

Les essais sont réalisés pour couvrir les échelles de temps suivantes:

Fusibles d'accompagnement: de 0.01s à 600s

Fusibles a usages généraux: de 0.01s à 1h

3. CONCEPTIONS DES FUSIBLES

3.1. Fusibles d'accompagnement :

Ils sont utilisés en association avec un disjoncteur.

Comme pour les fusibles basse tension les composants principaux sont :

- Un ou plusieurs éléments fusibles en parallèle.
- Un corps en céramique ou en fibre de verre
- Deux pièces de connexion
- La matière de remplissage : du sable.

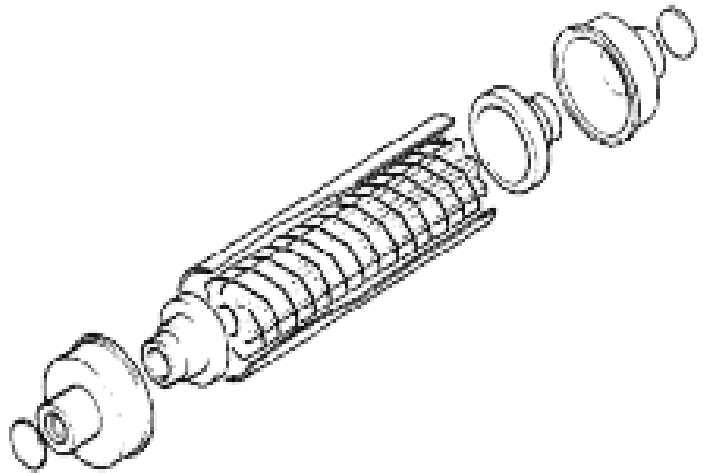


Figure 1

3.2. Fusibles a usages généraux:



Figure 2

Ils sont utilisés dans les applications avec des courants de défaut peu élevés.

Il existe deux concepts principaux:

- Utilisation d'un alliage à bas point de fusion.
- Utilisation du principe du « Dual element » soit deux systèmes en série dans la même enveloppe.
 - Le premier système contient des éléments fusibles classiques pour interrompre les courants de court circuit
 - Le deuxième système contient un élément avec ressort pour interrompre les faibles surcharges.

Le concept b. est le plus souvent utilisé.

Outre les systèmes d'éléments fusibles on retrouve comme pour tous les fusibles:

- Corps
- Deux pièces de connexion
- Matière de remplissage = sable

4. TECHNOLOGIES POUR LA PROTECTION DES TRANSFORMATEURS

Trois types principaux

4.1. Fusibles intérieurs

Dimensions selon les normes:
UTE 64 210
DIN 43 625

Lorsque le fusible est équipé d'un indicateur – percuteur actionnant un disjoncteur le percuteur doit être capable de fournir une énergie suffisante.



Figure 3: fusibles type intérieurs installés au primaire d'un transformateur

4.2. Fusibles extérieurs

Les fusibles sont des Fusibles d'accompagnement et du type DIN 43 625 ou HM 24.94.035 C
Les applications extérieures exigent des équipements étanches aussi bien que la capacité de supporter les rayons ultra violets et les tempêtes de sable.

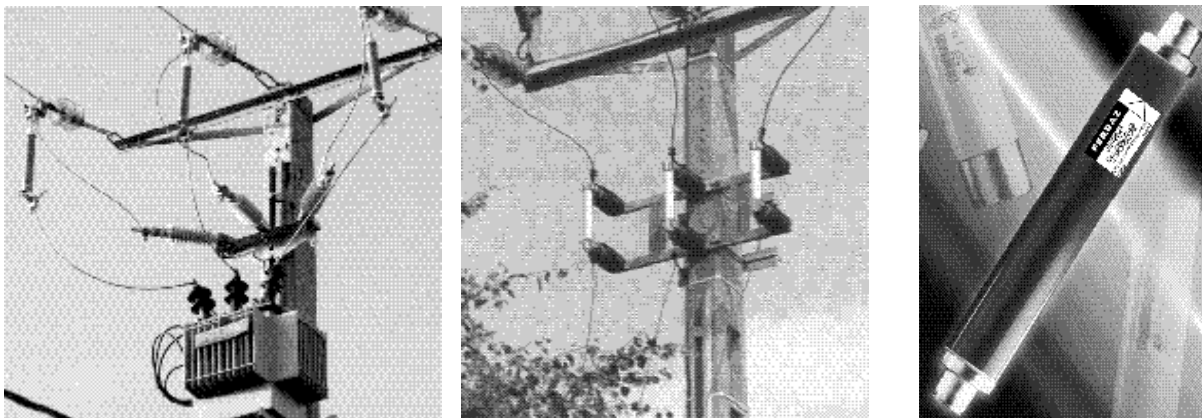


Figure 4 : fusibles type extérieur protégeant un transformateur de haut de poteau

4.3. Fusibles immergés dans l'huile

Les fusibles étanches à l'huile sont immergés dans le liquide diélectrique:

- Ils sont totalement étanches à l'huile.
- Ils doivent fonctionner à des températures généralement proches de 100°C
- Ils sont installés à l'intérieur des transformateurs HT / BT au dessus des enroulements.
- Des fusibles à usages généraux ou des fusibles d'accompagnement peuvent être utilisés.



Figure 5: Fusible étanches pour immersion dans l'huile

5. SELECTION DE LA TENSION NOMINALE U_N DES FUSIBLES

5.1. Système triphasé avec neutre à la terre

U_N = la tension entre phases la plus élevée

5.2. Système monophasé

U_N = 115% de la tension monophasée la plus élevée

5.3. Système triphasé avec neutre isolé

discussion sur le double défaut à la terre & discussion sur les courants capacitifs dans le cas d'un défaut phase - terre.

5.4. Influence de l'altitude

CEI 282-1 §2.1 b) : les tensions assignées et les niveaux d'isolement spécifiés dans cette norme s'appliquent aux fusibles prévus pour utilisation à des altitudes ne dépassant pas 1000 m

Les valeurs données par la CEI concernent plus particulièrement les porte-fusibles et les isolateurs. La CEI spécifie un déclassement de 5% de la tension à 1500 m et 20% à 3000 m. Notre fusible 40.5 KV avec un corps en époxy peut fonctionner avec certitude sous 32 KV à 3000 m alors qu'il est long seulement de 300 mm. Par conséquent tous nos fusibles de notre catalogue 2005 jusqu'à 36 KV n'ont pas besoin d'être déclassés pour des altitudes inférieures à 3500 m.

6. INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LE COURANT NOMINAL I_N DU FUSIBLE

6.1. Température ambiante

Les conditions normales de service sont :

- Maximum: 40°C
- Moyenne: 35°C
- Minimum : - 25°C

Lorsque la température ambiante θ_a est au dessus de 40°C le courant nominal I_N du fusible est obtenu avec un coefficient correcteur K_θ appliqué sur le courant de service I_B du circuit.

$$A_1 = \sqrt{\frac{120 - \theta_a}{80}}$$

$$K_\theta = \frac{1}{A_1}$$

$$I_N = I_B \times K_\theta$$

TABLEAU 1

θ_a	K_θ
40	1
45	1.03
50	1.07
55	1.11
60	1.16
65	1.21
70	1.27

6.2. Altitude

CEI 282-1 §2.1 b): " Les tensions nominales et les niveaux d'isolement dans cette recommandation s'appliquent aux fusibles utilisés à des altitudes ne dépassant pas 1000 m"

TABLEAU 2

ALTITUDE (m)	COEFFICIENT CORRECTEUR DU COURANT NOMINAL K_A
1000	1
1500	0.99
2000	0.98
2500	0.97
3000	0.96

Les coefficients sont cumulés, donc :

$$I_N = I_B \times K_\theta \times K_A$$

7. PROTECTION DES TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

- Le court-circuit entre phases génère des grands courants. Les fusibles interrompent facilement de tels courants en quelques millisecondes, limitant la crête de courant à des valeurs très basses.
- Dans le cas d'un défaut à l'intérieur du transformateur, la valeur du courant augmente en général progressivement. Il peut atteindre des valeurs élevées tout en produisant des gaz dans de nombreux cas. L'absence de protection peut être catastrophique avec un réel danger d'explosion lorsque le courant de court circuit atteint des valeurs très élevées. Dans ce cas, le courant est limité et très rapidement interrompu par les fusibles.

7.1. Courant d'appel du transformateur

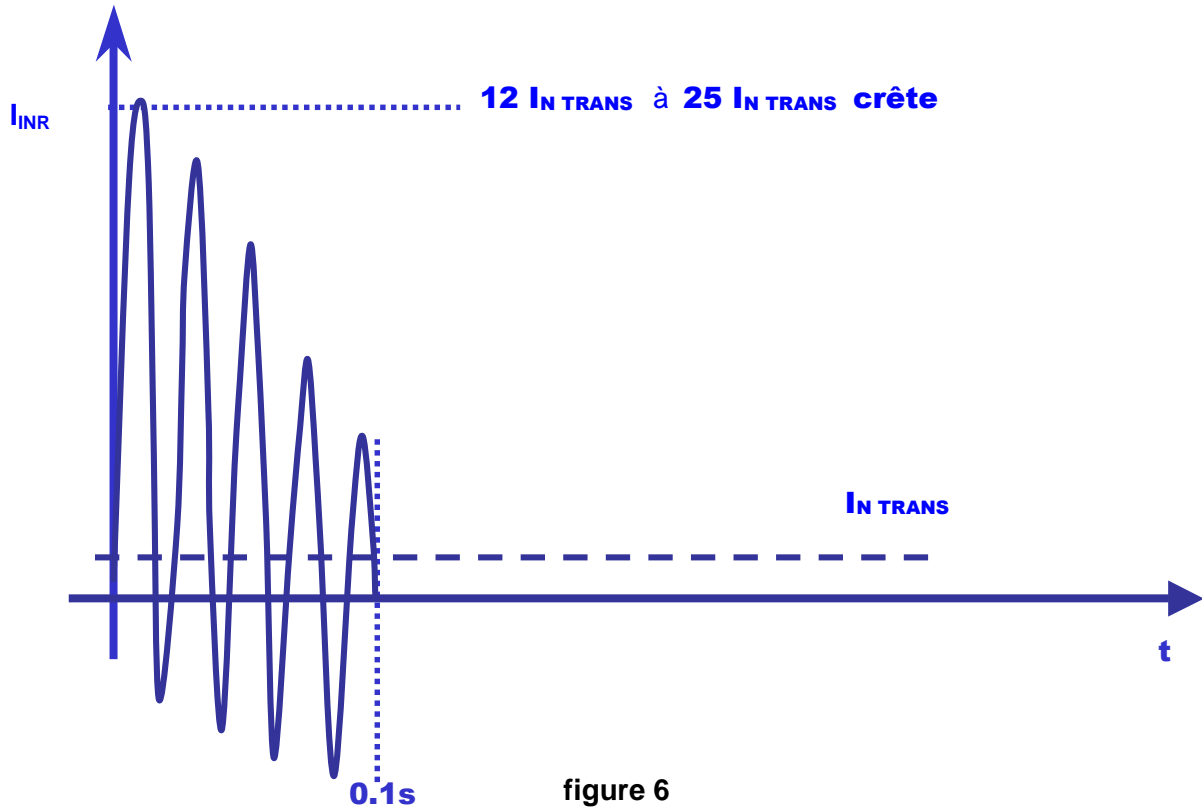


figure 6

la sélection des fusibles doit tenir compte de:

- Des courants crêtes transitoires très élevés se produisant à la mise sous tension du transformateur au primaire ; des valeurs typiques sont :
 Jusqu'à 25 fois le courant nominal du transformateur à 0.01 seconde
 10 à 15 fois le courant nominal du transformateur à 0.10 seconde
- Les surcharges de courant liées au transformateur et capables d'accélérer leur vieillissement.

La valeur efficace du courant d'appel à 10 ms est: $I_{APPEL} = \frac{I_{CRETE}}{1.6}$

La courbe de fusion du fusible doit être au dessus du courant de prearc calculé I_F au temps T_{APPEL} (dans ce cas $T_{APPEL} = 10$ millisecondes) comme indiqué dans la figure 7.

N	I_F
2 000	$1.7 \times I_{APPEL}$
10 000	$1.8 \times I_{APPEL}$
100 000	$2 \times I_{APPEL}$

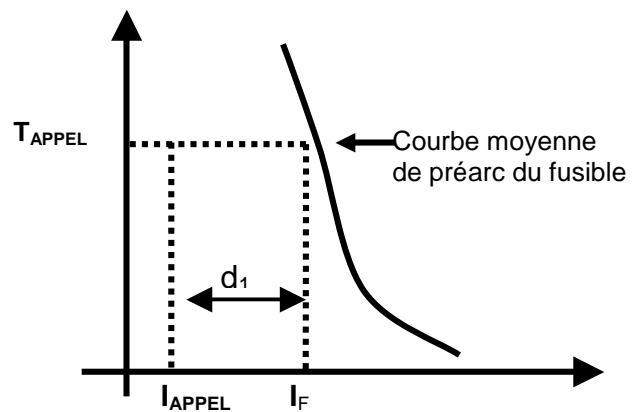


Figure 7

7.2. Tableaux de sélection des fusibles

- Selon une règle approximative basée sur l'expérience le courant nominal I_N du fusible doit être au moins égal à:

$I_N = 1.7 \times$ courant nominal du transformateur

Mais si on considère une surcharge de 133 % il faut appliquer la règle suivante:

$I_N = 2.3 \times$ courant nominal du transformateur

- Il est également possible d'utiliser le tableau 3.

Ce tableau tient compte d'un courant transitoire de 8 à 15 fois le courant nominal du transformateur et d'une surcharge de 130 %.

L'utilisation de ce tableau signifie qu'il faut appliquer le coefficient correcteur de la température A_1 au courant nominal sélectionné si la température ambiante dépasse 40°C.

TABLEAU 3

Puissance du transformateur (KVA)	Tension de fonctionnement (KV)							
	3.3	5/5.5	6/6.6	10/11	13.8	15	20/22	30/33
25	16	10	10	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
50	25	16	16	10	10	10	6.3	6.3
63	25	20	20	16	10	10	6.3	6.3
80	31.5	25	25	16	16	10	10	6.3
100	40	31.5	25	20	16	16	10	6.3
125	50	31.5	31.5	25	16	16	16	10
160	50	40	31.5	25	20	16	16	10
200	63	50	40	31.5	20	20	16	16
250	80	63	50	40	25	25	20	16
315	100	100	63	50	31.5	25	25	16
400	-	100	80	63	40	31.5	25	20
500	-	-	100	63	50	40	31.5	25
630	-	-	-	80	50	50	40	31.5
800	-	-	-	100	63	63	50	31.5
1000	-	-	-	-	80	80	50	40
1250	-	-	-	-	100	100	63	-
1600	-	-	-	-	-	-	80	-
2000	-	-	-	-	-	-	100	-

TABLEAU 4 : SELECTION DES FUSIBLES UTE

NETWORK RATED VOLTAGE (kV)	EDF SELECTION TRANSFORMER RATED POWER						
	50	100	160	250	400	630	1000
10	6,3	16	32	32	63	63	
15	6,3	16	16	16	43	43	63
20	6,3	6,3	16	16	43	43	43*

NETWORK RATED VOLTAGE (kV)	C13100 RECOMMANDATION TRANSFORMER RATED POWER																
	25	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
10	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	32	32	32	63	63	63	63			
15	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63	
20	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63

7.3. Fusibles immergés dans l'huile

L'utilisation d'un fusible dans le liquide diélectrique d'un transformateur exige une sélection particulière étant donné que les différents composants de l'équipement interviennent dans le processus d'échauffement. Mais comme le courant nominal du fusible est plus grand dans le liquide qu'à l'air libre il faut appliquer un coefficient particulier pour déterminer le fusible. Dans ce cas il faut nous consulter.

8. RECOMMANDATIONS GENERALES POUR LA PROTECTION DES MOTEURS

Comme pour les fusibles basse tension les fusibles MT doivent tenir le courant de démarrage du moteur.

8.1. Calcul du courant nominal et du courant de démarrage du moteur

Le courant nominal I_{FLA} (FLA = Full Load Amps) d'un moteur triphasé asynchrone est donné par:

$$I_{FLA} = \frac{P_{KW}}{V_{AC} * \sqrt{3} * \eta * \cos \Phi}$$

P_{KW}	Puissance nominale du moteur (généralement en Kilowatt)
V_{AC}	Tension nominale entre phases
η	Rendement du moteur
$\cos \Phi$	Facteur de puissance

8.2. Choix du fusible pour tenir le courant de démarrage du moteur

Le fusible capable de tenir N fois le courant de démarrage du moteur doit avoir une courbe de préarc nettement au dessus de la valeur efficace I_{START} du courant de démarrage pour le même temps de démarrage T_{START} (figure 8). Le courant de démarrage I_{START} est généralement autour de 6 fois le I_{FLA}

Le courant de fusion I_F du fusible est donc donné par le tableau 5.

TABLEAU 5

N	I_F
2 000	$1.8 \times I_{START}$
10 000	$2.2 \times I_{START}$
100 000	$2.85 \times I_{START}$

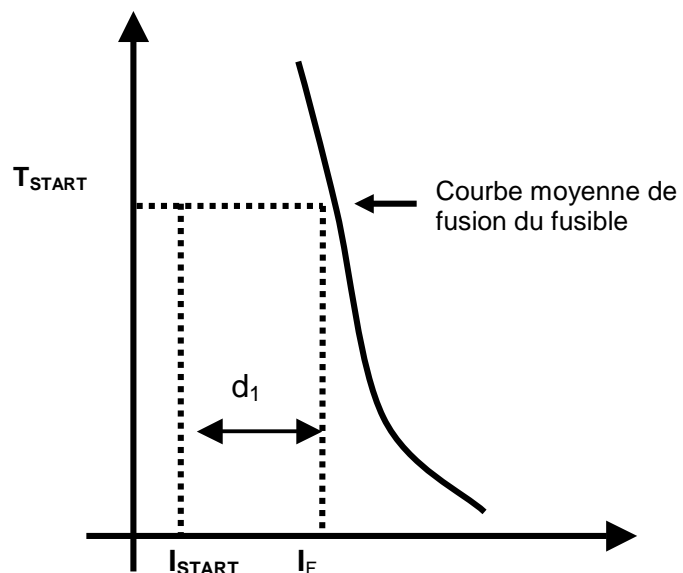


Figure 8

8.3. Choix du fusible pour tenir le courant nominal du moteur I_{FLA} et les conditions d'environnement

Le calcul du courant nominal I_N du fusible capable de tenir en permanence le I_{FLA} doit également être réalisé selon les règles exposées dans le § 6. La règle générale est d'avoir au moins $I_N = 1.25 \times I_{FLA}$

9. RECOMMANDATIONS GENERALES POUR LA PROTECTION DES CONDENSATEURS

La sélection du fusible doit tenir compte de:

- Le courant d'appel du condensateur se produisant à la mise sous tension
- Les courants harmoniques pendant le fonctionnement normal du réseau
- La tension de rétablissement aux bornes du fusible après l'interruption d'un défaut.

9.1. Choix du type de fusible

On utilise généralement des fusibles du type « g » pour la protection des condensateurs. Cependant il faut toujours prévoir un autre dispositif de protection pour interrompre les faibles surcharges car le calibre des fusibles est souvent supérieur à 2 fois le courant nominal théorique du condensateur. (§ 9.3. et § 9.4.)

Il n'est donc pas interdit d'utiliser des fusibles « a », à condition de prévoir un dispositif de protection contre les surcharges tenant compte du courant minimum de coupure du fusible sélectionné.

9.2. Choix de la tension nominale du fusible

Il arrive que la tension de service augmente de 20 % pendant plusieurs minutes pendant les périodes de surcharge. Il convient de bien vérifier ce point car si ce phénomène doit effectivement se produire, la tension maximum d'emploi $U_{\text{FUSIBLE MAX}}$ du fusible devra être supérieure ou égale à 1.2 fois la tension nominale du circuit.

9.3. Choix du fusible : règle générale pour tenir le courant permanent

Les normes indiquent que le condensateur peut être parcouru par un courant efficace 30 % plus élevé que le courant nominal calculé à partir de la puissance nominale en KVAR. Les normes indiquent aussi une variation possible de 10 %. Mais il faut considérer que les harmoniques entraînent aussi une mauvaise répartition du courant entre les éléments fusibles. Finalement le fusible peut être parcouru par un courant de service I_B tel que :

$$I_B = 1.7 \times \text{courant nominal du condensateur}$$

Les coefficients tenant compte des conditions d'environnement (§ 6) doivent également être appliqués. D'où la règle générale suivante :

Le courant nominal I_N du fusible est généralement proche de : $I_N = 2 \times \text{courant nominal du condensateur}$

9.4. Choix du fusible pour tenir le courant d'appel du condensateur

La durée T_{INRUSH} du courant d'appel est habituellement inférieure à 400 millisecondes, Le fusible doit avoir une courbe de préarc passant au dessus du point I_F / T_{INRUSH} (figure 9)

I_F est calculé avec les valeurs **données dans le tableau 6.**

TABLEAU 6

N	I_F
2 000	$1.7 \times I_{\text{START}}$
10 000	$1.8 \times I_{\text{START}}$
100 000	$2 \times I_{\text{START}}$

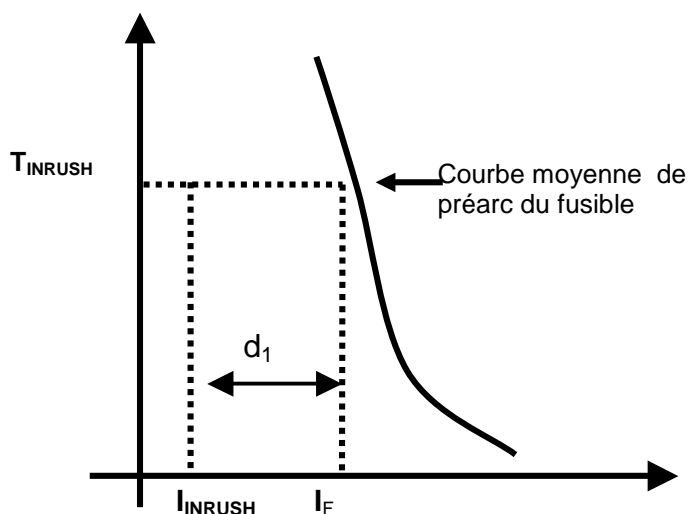


Figure 9

10. PROTECTION DES TRANSFORMATEURS DE POTENTIEL

Il faut tenir des courants d'appel élevés

Il faut dimensionner le calibre du fusible à 200% minimum

Il faut utiliser un fusible au secondaire pour la protection contre les surcharges

Le tableau 7 et la figure 10 en dernière page décrivent notre gamme de fusibles pour la protection des transformateurs de potentiel.

FUSIBLES POUR LES TRANSFORMATEURS DE POTENTIEL

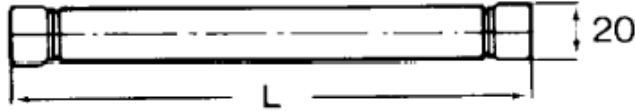


Figure 10

TABLEAU 7

Tension nominale (KV)	L (mm)	Calibre (A)	désignation
5,5	127	0,63	5 500 CP gL 20x127 / 0,63
		1	5 500 CP gL 20x127 / 1
		2	5 500 CP gL 20x127 / 2
		3,15	5 500 CP gL 20x127 / 3,15
7,2	190	0,63	7 200 CP gL 20x190 / 0,63
		1	7 200 CP gL 20x190 / 1
		2	7 200 CP gL 20x190 / 2
		3,15	7 200 CP gL 20x190 / 3,15
8,25	190	0,63	8 250 CP gL 20x190 / 0,63
		1	8 250 CP gL 20x190 / 1
		2	8 250 CP gL 20x190 / 2
		3,15	8 250 CP gL 20x190 / 3,15
12	254	0,63	12 000 CP gL 20x254 / 0,63
		1	12 000 CP gL 20x254 / 1
		2	12 000 CP gL 20x254 / 2
		3,15	12 000 CP gL 20x254 / 3,15
15,5	254	0,63	15 500 CP gL 20x254 / 0,63
		1	15 500 CP gL 20x254 / 1
		2	15 500 CP gL 20x254 / 2
		3,15	15 500 CP gL 20x254 / 3,15
24	340	0,63	24 000 CP gL 20x340 / 0,63
25,5	340	0,5	25 500 CP gL 20x340 / 0,5
40.5 KV 6.3 A 55x300			

11. RECOMMANDATIONS POUR LE REMPLACEMENT DES FUSIBLES FONDUS

- Le circuit doit être ouvert
- Il est conseillé de remplacer les trois fusibles sauf si il est absolument certain qu'aucune surcharge ait passé dans les fusibles non fondus.