

## Choix des déconnecteurs de parafoudres. Commentaires techniques.

Parmi les nombreuses caractéristiques techniques apparaissant dans les fiches techniques et les pages de catalogues pour les parafoudres, figurent généralement les caractéristiques maximales pour le déconnecteur à associer. Cette note propose un aperçu des aspects techniques et normatifs permettant de bien comprendre comment choisir les déconnecteurs associés aux parafoudres.

### Avant propos

Les parafoudres, notamment les parafoudres à varistances, doivent répondre à des caractéristiques électriques extrêmes. Ils doivent dévier des courants impulsionnels de grande amplitude (jusqu'à plusieurs dizaines de kiloampères, y compris dans le contexte d'installations domestiques) et ne pas créer de défaut en cas de défaillance due à une surcharge. En outre, ils doivent limiter la tension à des valeurs supportables par les équipements pendant l'écoulement de ces forts courants. Lorsque ceux-ci arrivent en fin de vie (par dépassement de leur caractéristiques ou cumul de sollicitations pour les varistances), ils ne doivent pas être à l'origine de défauts importants ou de dégâts dans l'installation.

Ainsi, le besoin d'intégrer ou d'associer aux parafoudres des dispositifs de déconnexion qui vont dépendre notamment de leur technologie et du mode de fin de vie souhaité par l'utilisateur est primordial.

Le choix de ce déconnecteur est en général dicté par le fabricant du parafoudre en fonction des exigences de la norme produit. Le développement de la réglementation incitant à s'équiper de parafoudre et notamment dans les milieux industriels a conduit à une augmentation du nombre de personnes confrontées au choix ou à la vérification de ceux-ci, et donc des déconnecteurs qui y sont associés. Certaines contraintes issues de la norme produit, de la norme d'installation des parafoudres, de la norme d'installation électrique générale et de la réalité du terrain sont parfois contradictoires.

Une fois le choix du parafoudre effectué, le choix du déconnecteur associé, ou de son absence, reste donc à être déterminé en fonction de toutes ces caractéristiques.

### Contexte normatif

Les principes de base ayant défini les fonctions de protection nécessaires pour les parafoudres sont exprimées clairement dans la norme NFC15-100 le parafoudre doit être protégé contre :

- L'emballage thermique ► c'est le rôle du déconnecteur thermique intégré dans les parafoudres à varistance mais qui n'est pas utile dans les parafoudres utilisant les autres technologies (éclateurs et diodes qui ne sont pas sujettes à la dégradation graduelle de leurs caractéristiques.)
- Les courants de défaut à la terre ► cette exigence a pour but d'éliminer le risque de contact indirect et est satisfaite si le parafoudre est installé en aval d'un disjoncteur différentiel (pas nécessairement le déconnecteur associé au parafoudre en fonction de la sélectivité souhaitée par l'exploitant), elle est satisfaite en domestique par la présence du disjoncteur de branchement et peut être assurée en fonction du choix de calibre des déconnecteurs sans différentiel en régime TN. En régime IT, cette condition est parfois difficile à remplir pour une déconnexion rapide au premier défaut.

- Les court-circuits ► En cas de fin de vie du parafoudre dans un autre mode que l'emballlement thermique, le parafoudre devient une impédance très faible créant dans le pire des cas un court-circuit, l'organe assurant cette fonction doit être adapté au courant de court-circuit au point d'installation.

Les parafoudres sont testés suivant la norme produit NF EN 61643-11 (ou IEC 61643-11) qui implique que le déconnecteur recommandé par le fabricant doit être présent dans le circuit de test lors de l'essai et ne pas se déclencher au passage du courant de décharge de test ( $I_N$  ou  $I_{imp}$  suivant le type de parafoudre).

Cela conduit souvent à des déconnecteurs associés recommandés type fusible de déconnexion de calibre 250 à 315A pour les parafoudres de type 1 ayant une valeur  $I_{imp}$  de 25kA ou plus et des calibres de 50 à 125A pour des type 2 avec une valeur  $I_N$  de 20kA. De tels calibres peuvent être inopérants suivant le type de branchement (exemple en tarif bleu ou tarif jaune) et/ou peuvent réduire la priorité donnée à la continuité de service prônée par la norme C15-100. De plus l'encombrement de tels appareils (en général des fusibles à couteaux) les rend difficilement utilisables hors des installations industrielles.

Le guide d'utilisation des parafoudres basse tension IEC 61643-12 Ed 2.0 indique dans une annexe seulement informative, les tenues en courant impulsionnel des fusibles gG Cylindriques en onde 8/20 et à couteaux NH en onde 10/350. Pour que le déconnecteur tienne un courant impulsionnel aussi élevé que ceux demandés par la norme NFEN62305-3 (de 12.5 à 25kA en onde 10/350µs) les calibres de fusibles à utiliser sont compris entre 200A et 315A, ces calibres sont assez élevés et peuvent dans de nombreux cas dépasser le calibre du disjoncteur principal ou ne pas permettre la continuité de service.

En complément, les documents d'INERIS relatifs à l'application de l'arrêté foudre pour les ICPE ou arrêté du 4 octobre 2010 (note INERIS de 2013 et FAQ V1.0 de septembre 2019) vont jusqu'à suggérer l'utilisation de fusibles 630A pour la déconnexion des parafoudres type 1 les plus fortement dimensionnés.

En complément la norme C15-100 indique qu'il est souhaitable de donner la priorité à la continuité de l'alimentation.

Le choix du déconnecteur de parafoudre est donc bien souvent un compromis.

Il est intéressant de noter que la norme elle-même est contradictoire sur l'amplitude  $I_{imp}$  considérée. En effet, l'annexe E.2 de NFEN62305-1 (annexe informative il est vrai) précise que dans les cas simples (ou en absence d'informations précises sur les longueurs et impédances des câbles et des mises à la terre ce qui est le cas le plus courant), le courant de foudre pouvant s'écouler dans les lignes connectées à la structure peut se calculer avec l'expressions suivante :

$$I_f = k_e I$$

Avec

$$k_e = 0,5 / (n_1 + n_2)$$

$I$  étant la valeur de base du courant de foudre défini à l'annexe A (elle aussi informative), définie en fonction du niveau de protection (soit respectivement 200, 150 ou 100kA).

$n_1$  et  $n_2$  sont le nombre de conducteurs actifs ou non, respectivement enterrés ou aériens reliés à la structure.

Ce calcul conduit à demander des valeurs de  $I_{imp}$  de 12.5 à 50kA suivant le niveau et la configuration de l'alimentation.

Dans cette même annexe, le tableau ci-dessous est présenté :

Le choix de la valeur  $I_{imp}$  peut se fonder sur les valeurs données dans le Tableau E.2 si les valeurs préférentielles de  $I_{imp}$  sont associées à un niveau de protection contre la foudre (NPF).

**Tableau E.2 – Surintensités de foudre susceptibles d'apparaître lors des impacts de foudre**

	Réseaux de puissance BT			Réseaux de communication		
	Impacts directs sur le service	Impacts près du service	Près ou sur la structure	Impacts directs sur le service	Impacts près du service	Près ou sur la structure
<b>NPF</b>	Source de dommage S3 (impact direct)  Forme d'onde: 10/350 $\mu$ s (kA)	Source de dommage S4 (impact indirect)  Forme d'onde: 8/20 $\mu$ s (kA)	Source de dommage S1 ou S2 (courant induit seulement pour S1)  Forme d'onde: 8/20 $\mu$ s (kA)	Source de dommage S3 (impact direct)  Forme d'onde: 10/350 $\mu$ s (kA)	Source de dommage S4 (impact indirect)  mesuré: 5/300 $\mu$ s (estimé:8/20 $\mu$ s) (kA)	Source de dommage S2 (courant induit)  Forme d'onde: 8/20 $\mu$ s (kA)
<b>III-IV</b>	5	2,5	0,1	1	0,01 (0,05)	0,05
<b>I-II</b>	10	5	0,2	2	0,02 (0,1)	0,1

Les valeurs de la 1<sup>ère</sup> colonne sont à comparer aux valeurs suggérées précédemment, il y a ainsi un rapport 2 à 5 entre les valeurs susceptibles d'arriver et les valeurs recommandées cela correspond certes à une marge de sécurité souhaitable mais peut entraîner dans certains cas des difficultés techniques notamment pour le choix des déconnecteurs de parafoudres.

## Contexte technique

Ainsi, certaines exigences contradictoires nécessitent des compromis sur les caractéristiques des déconnecteurs choisis.

*Exemple* : en situation résidentielle, si on choisit un parafoudre à varistance avec une valeur  $I_n$  élevée (20kA), le calibre du déconnecteur associé permettant de laisser transiter l'onde 8/20 correspondante sera élevé (de 32A à 50A en disjoncteur jusqu'à 100 ou 125A gG pour les fusibles). Il y a un risque important que le disjoncteur de branchement déclenche si le courant dépasse 5kA même s'il est de type S. Si le calibre du déconnecteur installé est inférieur à celui préconisé par le fabricant de parafoudre il est possible que celui-ci déclenche sur une onde de surtension correspondant à la valeur  $I_n$  ainsi la nécessité d'assurer la continuité d'alimentation est parfois impossible à remplir de manière garantie.

De plus l'encombrement des appareillages de calibres important (ex : fusibles à couteau NH00 ou NH0) peut être rédhibitoire dans certains cas dans l'existant et la maintenance des fusibles à couteaux nécessite un personnel compétent pour être réalisée en toute sécurité.

En outre, les informations pour les disjoncteurs ne sont pas disponibles (sauf pour les fabricants ayant les 2 gammes de produits comme Schneider Electric par exemple).

Fort heureusement, les courants réels générés par la foudre dans les installations de l'ordre du courant  $I_N$  des parafoudres sont des valeurs très rarement atteintes qui sont demandées par les normes principalement en raison du phénomène d'usure des varistances.

Ainsi plusieurs cas sont possibles (8 précisément décrits dans une note diffusée par INERIS) et les deux plus courants sont décrits ci-dessous :

- Si le calibre de la protection contre les surintensités (disjoncteur ou Fusible) en amont du circuit alimenté est supérieur au déconnecteur prescrit par le fabricant de parafoudre, le calibre du déconnecteur préconisé par le fabricant peut être respecté. Dans ce cas, il faut s'assurer de la sélectivité entre le déconnecteur de parafoudre et le disjoncteur principal pour assurer la continuité d'alimentation recommandée par la norme (en fonction des calibres et courbes de déclenchement respectifs et/ou de la présence de dispositif différentiel cela peut impliquer des contraintes supplémentaires au seul calibre de déconnecteur indiqué par le fabricant de parafoudres).
- Si le calibre de la protection contre les surintensités (disjoncteur ou Fusible) en amont du circuit alimenté est inférieur au déconnecteur prescrit par le fabricant, le calibre du déconnecteur peut être réduit et adapté à celui du disjoncteur de branchement. Dans ce cas, la continuité de protection peut éventuellement être réduite. Dans des cas rares notamment lorsque l'on prend en compte la valeur  $I_{imp}$  calculée pour une installation suivant NFEN62305, qui est une valeur pouvant intervenir avec une probabilité réduite (moins de 1% des cas toujours suivant la même norme), le courant de décharge pourra faire fonctionner le déconnecteur du parafoudre sans nécessairement détruire le parafoudre.

Il est utile de mentionner que le disjoncteur principal peut être endommagé par la surtension (notamment pour les installations tarif bleu en présence de paratonnerre) et ce même en présence d'un parafoudre type 1 immédiatement en aval.

Il peut être envisagé d'installer le parafoudre et son déconnecteur en amont du disjoncteur principal, ce qui dispense de considérer la tenue aux chocs en courant du disjoncteur principal mais ce n'est possible qu'en tarif vert et très rarement envisagé car les contraintes de maintenances sont fortes (nécessité d'une coupure au niveau HTA pour assurer l'éventuel

changement du parafoudre et de son déconnecteur si c'est un fusible et si aucun autre organe de coupure n'est présent en amont de l'installation concernée entre elle et son transformateur d'alimentation).

La note de INERIS conclu que cette dernière solution bien que très difficilement réalisable dans la pratique est la plus souhaitable D'autre part si un risque de voir le déconnecteur associé déclencher avant que le parafoudre ne soit en fin de vie existe il doit être signalé à l'utilisateur ou l'exploitant d'une installation.

Enfin la norme n'exclut pas de pouvoir installer un parafoudre sans déconnecteur associé supplémentaire si le disjoncteur ou les fusibles placés en amont ont un calibre inférieur au calibre de déconnecteur associé préconisé par le fabricant de parafoudres. Si cette situation qui peut entraîner des interruptions de l'alimentation est connue de l'utilisateur c'est dans le cas des petites installations la moins mauvaise des solutions pour s'assurer de la protection des équipements.

La norme IEC 61643-12 propose dans son annexe P des calibres de fusibles tenant compte du fait que les chocs de courant appliqués au déconnecteur qui est dans le circuit de test du parafoudre lors des essais de type de la norme dégradent celui-ci. Un coefficient moyen de 0.7 est proposé entre le calibre théorique nécessaire pour passer les ondes de courant de l'essais de type basé sur l'I<sup>2t</sup> de préarc et la tenue obtenue à la suite d'essais (voir tableau ci-dessous).

**Tableau P.1 – Exemples de rapport entre la tenue à une onde de choc et l'ensemble de l'essai de préconditionnement/fonctionnement**

Courant assigné type du fusible	Valeur de pré-arc type, courant de crête d'après la formule simplifiée de P.2 et essais réels							
	Cyl gG				NH gG			
	Pré-arc	Calculé e	Après l'essai	Rapport	Pré-arc	Calculée	Après l'essai	Rapport
	$I_t$	8/20	8/20		$I_t$	10/350	10/350	
25	800	7,6	5	0,66				
32	1 300	9,6	7	0,73				
40	2 500	13,4	10	0,75				
50	4 200	17,3	15	0,87				
63	7 500	23,1	17	0,73				
80	14 500	32,2	25	0,78				
100	24 000	41,4	30	0,72	20 000	8,8	5	0,57
125	40 000	53,4	40	0,75	33 000	11,3	7	0,62
160					60 000	15,3	10	0,65
200					100 000	19,75	15	0,76
250					200 000	27,93	20	0,72
315					300 000	34,21	25	0,73

Il faut noter que la tenue en courant impulsionnel des fusibles varie fortement d'un fabricant à l'autre et que c'est une caractéristique qui ne fait pas partie des tests habituellement réalisés sur les fusibles ou les disjoncteurs suivant leur normes produit respectives.



## L'interprétation d'ADEE electronic

Les niveaux de courant demandés par les normes sont basés sur des jeux de données et des hypothèses conduisant à des marges de sécurité très importantes et faisant parfois débat au sein même des comités normatifs (tant sur l'amplitude que sur la forme d'onde<sup>1</sup>). Les parafoudres sont dimensionnés pour résister à des niveaux de courant parfois bien supérieurs à ce que le reste de l'installation peut tenir (cas des branchements tarif bleu).

En outre la tenue aux courants de chocs 10/350 $\mu$ s des disjoncteurs principaux des installations est bien souvent inconnue et pour des calibres faibles à moyen (tarif bleu), il y a de fortes chances qu'un courant de choc d'une amplitude suggérée par la norme NFEN62305 endommage cet organe. Ainsi, une installation conforme aux textes actuels n'est possible que dans les installations de forte puissance et ne peut être garantie qu'en présence de fusibles pour la protection principales contre les surintensités ce qui diminue le nombre de d'installations concernées.

Pour les parafoudres dédiés aux surtensions induites (les parafoudres de type 2), les valeurs de courants préconisées sont en grande partie dues au phénomène d'usure graduelle des varistances qui est moins rapide avec les plus gros composants ( $I_N > 15\text{kA}$ ) et aux contraintes de test en laboratoire pour la qualification des produits. Cet état de fait est d'ailleurs pris en compte dans les textes de norme (guide C15-443 §7.2).

Pour les parafoudres FUSADEE, le courant  $I_N$  déclaré est en général inférieur et le choix du déconnecteur est plus aisé (dans tous les cas un calibre 16A permettra de laisser passer l'onde de courant sans déclenchement et les calibre maxi sont respectivement 100 et 160A pour les cartouches en  $\varnothing 15$  et  $\varnothing 22\text{mm}$ . En outre, la fin de vie en court-circuit des cartouches FUSADEE permet d'écouler des courants jusqu'à 19kA 10/350 $\mu$ s après sa mise en court-circuit.

l' $I_{2t}$  maximal équivalent des cartouches FUSADEE est indiqué et permet un choix direct des fusibles de déconnexion pour une bonne sélectivité. Le calibre de 16A suffisamment bas permet également un choix aisé pour obtenir une bonne sélectivité.

Pour les parafoudres conventionnel de type 1, nous préconisons en général d'utiliser des fusibles de calibre 125A type gG en tant que déconnecteur de parafoudre de type 1. Ce calibre peut s'avérer insuffisant au regard des informations contenues dans la norme NF EN 61643-12 et des niveaux de courant de décharge requis par la norme NF EN 62305, cependant cela permet une installation plus aisée car ce calibre est disponible en format cylindrique 22x58 et cela autorise un courant d'écoulement de 7kA par pôle en onde 10/350 $\mu$ s pour 5 chocs sans déclenchement et 15kA pour 1 choc suivant les données du fabricant. Ce calibre permet de faire face à au moins 95% des cas suivant les données statistiques de la norme sur l'amplitude et la durée<sup>1</sup> des impulsions de courants générées par la foudre.

- (1) : suivant les données figurant dans la norme, la forme d'onde des éclairs négatifs qui représentent 90% des cas est plus courte que 200 $\mu$ s dans 95% des cas ce qui a pour conséquence de limiter l' $I_{2t}$  équivalent des ondes de surtension ces données sont actuellement remises en cause par le CIGRE (electra n°269 d'aout 2013), le CIGRE est l'organisme éditeur des publications de 1975 et 1980 utilisées comme références dans le norme pour établir les valeurs des paramètres du courant de foudre.