



UTE
C 15-443

Août 2004

**UNION TECHNIQUE DE L'ELECTRICITE
ET DE LA COMMUNICATION**

INSTALLATIONS ELECTRIQUES A BASSE TENSION

GUIDE PRATIQUE

**Protection des installations électriques
basse tension contre les surtensions
d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres**

Choix et installation des parafoudres

Protection of low-voltage electrical installations
against over voltages due to atmospheric discharges and switching

Selection and erection of surge protective devices

SOMMAIRE

1	DOMAINE D'APPLICATION	5
2	CLASSIFICATION DES MATERIELS PAR CATEGORIES DE SURTENSIONS	5
2.1	Catégorie I.....	5
2.2	Catégorie II.....	5
2.3	Catégorie III.....	6
2.4	Catégorie IV	6
3	LES PARAFOUDRES	6
3.1	Rôle des parafoudres à basse tension	6
3.2	Principe de fonctionnement.....	6
3.3	Caractéristiques des parafoudres.....	7
3.4	Caractéristique de raccordement des parafoudres.....	9
4	PROCESSUS À SUIVRE POUR LE CHOIX DES PARAFOUDRES.....	10
5	RAPPEL DES RÈGLES DE LA NF C 15-100	13
6	METHODE D'EVALUATION DU RISQUE	14
6.1	Evaluation du niveau d'exposition aux surtensions de foudre	14
6.2	Evaluation des conséquences des perturbations	14
6.3	Résultats de l'analyse	15
6.4	Prise en compte des surtensions de manœuvres.....	15
7	DÉMARCHE POUR LE CHOIX ET L'INSTALLATION DES PARAFOUDRES	21
7.1	Critères liés au réseau	21
7.2	Choix de I_n	24
7.3	Cas particulier de la présence d'un paratonnerre sur le bâtiment	24
7.4	Choix de U_p	24
7.5	Coordination des parafoudres	26
7.6	Choix du (ou des) dispositif(s) de protection associé(s) au parafoudre	27
7.7	Situation de l'installation suite à une défaillance du parafoudre.....	28
8	REGLES D'INSTALLATION DES PARAFOUDRES	30
8.1	Emplacement du parafoudre dans l'installation.....	30
8.2	Raccordement des parafoudres dans un tableau électrique.....	30
8.3	Mise à la terre de l'installation.....	31
8.4	Maintenance/Remplacement.....	31
9	PARAFOUDRES POUR RÉSEAUX DE COMMUNICATION	51
9.1	Domaine d'application.....	51
9.2	Surtensions dans les réseaux de communication	51
9.3	Matériels à protéger.....	52
9.4	Les parafoudres pour réseaux de communication.....	52
9.5	Processus de choix et d'installation des parafoudres pour réseaux de communication	55
9.6	Rappel de la NF C 15-100.....	57
9.7	Analyse du risque	57
9.8	Choix des parafoudres pour réseaux de communication	58
9.9	Installation des parafoudres pour réseaux de communication	60
	Tableau 1 – Règles de protection.....	13
	Tableau 2 – Valeurs de δ selon la situation de la ligne aérienne et du bâtiment	14
	Tableau 3 – Résultat de l'analyse du risque foudre	15
	Tableau 4 – Besoin en protection selon le schéma des liaisons à la terre	21
	Tableau 5 – Valeurs minimales prescrites de U_c et U_T des parafoudres en fonction des différents schémas des liaisons à la terre pour un réseau 230/400 V	23
	Tableau 6 – Choix de I_n dans le cas des parafoudres de type 2	24
	Tableau 7 – Définition des valeurs U_p pour les parafoudres complémentaires.....	26

Tableau 8 – Valeurs de δ selon la situation de la ligne aérienne et du bâtiment..... 58

Tableau 9 – Résultat de l'analyse du risque foudre..... 58

Annexe A – Rappel sur les risques de surtensions dans les installations basse tension 32

Annexe B – Différentes technologies des parafoudres 34

Annexe C – Exemple de schémas d'installation de parafoudre (cas d'un schéma TT) 35

Annexe D – Schémas d'installation des parafoudres selon les différents schémas
des liaisons à la terre..... 37

Annexe E – Niveaux kérauniques N_k en France et dans les DOM 42

Annexe F – Coordination entre parafoudres de type 2 43

Annexe G – Cas où le bâtiment est équipé de paratonnerres..... 46

Annexe H – Exemples pratiques de câblage pour répondre à la règle des 0,50 m
(cas du schéma TT)..... 48

AVANT-PROPOS

Les appareils électriques comportant des composants électroniques sont aujourd'hui largement utilisés à la fois dans les installations agricoles, industrielles, tertiaires et domestiques. De plus, un grand nombre de ces appareils reste en état de veille permanente et assure des fonctions de contrôle ou de sécurité. La tenue réduite de ces appareils aux surtensions a donné une importance accrue à la protection des installations électriques à basse tension, et notamment à l'utilisation des parafoudres pour leur protection contre les surtensions induites par la foudre et transmises à travers le réseau électrique.

Les règles de base de cette protection sont données en 443 et 534.1 de la NF C 15-100.

Le présent guide donne notamment, une méthode empirique d'analyse du risque destinée à évaluer la nécessité d'utiliser un parafoudre dans une installation donnée. Cette analyse n'est nullement exhaustive. Son résultat doit être pondéré en fonction des situations particulières et surtout du niveau de risque acceptable par l'utilisateur de l'installation.

Le guide donne aussi les éléments nécessaires pour le choix, l'installation et la coordination des parafoudres. Il est illustré par un certain nombre d'exemples pratiques. Même si la plupart de ces exemples traite d'installations en schéma TT, les règles données sont généralement applicables aux autres schémas des liaisons à la terre.

Dans le cas d'installations industrielles complexes ou d'installations particulièrement exposées aux risques de foudroiement, des mesures complémentaires peuvent s'imposer.

Ce guide ne traite pas de la protection contre les coups de foudre directs.

En ce qui concerne les installations classées pour la protection de l'environnement, soumises à autorisation (ICPE) relevant de l'arrêté et de la circulaire du 28 janvier 1993, celles-ci doivent faire l'objet d'une étude préalable du risque foudre.

Le guide donne également les éléments nécessaires pour le choix, la coordination et l'installation des parafoudres de protection des réseaux de communication.

Il est rappelé que la publication CEI 61643-12 donne des informations complémentaires à celles du guide UTE C 15-443 à destination des bureaux d'études et d'ingénierie concernant le choix et la coordination des parafoudres dans les réseaux basse tension.

Le présent guide ne traite pas toutes les situations ; il examine les cas les plus courants.

Ce guide ne se substitue pas à la norme et aux textes réglementaires qui restent les textes de référence.

Ce guide annule et remplace le guide UTE C 15-443 de juillet 1996 et son amendement 1 d'avril 2001. Il a été approuvé par le Conseil d'Administration de l'Union Technique de l'Electricité et de la Communication le 12 août 2004.

1 DOMAINE D'APPLICATION

Le présent guide indique les conditions relatives au choix et à la mise en œuvre de parafoudres dans les installations à basse tension. Il précise et complète les articles 443 et 534.1 de la NF C 15-100.

Il traite également des parafoudres dans les réseaux de communication.

Il donne des informations complémentaires permettant de guider la décision d'installation d'un parafoudre. Il indique comment choisir les parafoudres en tenant compte des matériels à protéger, du schéma des liaisons à la terre, de l'emplacement des parafoudres et de leur coordination.

Les installations doivent être réalisées conformément aux dispositions de la norme NF C 15-100. Les parafoudres basse tension doivent être conformes à la norme NF EN 61643-11 (C 61-740). Les parafoudres pour les réseaux de communication doivent être conformes à la norme NF EN 61643-21 (C 61-744-21).

Les différents types de surtensions ainsi que leur mode de propagation sont décrits dans l'annexe A.

2 CLASSIFICATION DES MATERIELS PAR CATEGORIES DE SURTENSIONS

Dans la classification des matériels par catégories de surtensions, seule la tenue au choc de l'isolation principale (entre les conducteurs actifs et la masse) est prise en compte.

Les matériels sont classés selon 4 catégories de surtensions correspondant à la tenue aux chocs de l'isolation principale (voir NF C 20-040-1).

Les valeurs de tenue aux chocs données dans le présent article correspondent à une tension nominale du réseau de 230/400 V.

Pour les tensions supérieures, se reporter au tableau 44B de la norme NF C 15-100.

Il convient aussi de tenir compte de la tenue aux chocs des isolations fonctionnelles (entre conducteurs actifs). Ceci est particulièrement justifié pour les matériels comportant de l'électronique.

2.1 Catégorie I

Les matériels de tenue aux chocs de catégorie I sont des matériels ou des composants électroniques dont la tension de tenue aux chocs est faible. Cette tension de tenue aux chocs est spécifiée par le constructeur et des mesures de protection doivent être prises.

Exemple : circuits électroniques à protéger au niveau spécifié par le constructeur.

Lorsque des circuits électroniques sont intégrés par construction à l'intérieur de matériels de catégorie supérieure, les mesures de protection ont été prises par le constructeur.

La protection des matériels ou circuits de catégorie I ne fait pas l'objet du présent guide.

2.2 Catégorie II

Les matériels de tenue aux chocs de catégorie II sont des matériels d'utilisation destinés à être connectés à l'installation électrique fixe du bâtiment.

Leur tenue aux chocs est au moins égale à 2,5 kV.

Exemples :

- outils portatifs, appareils électroménagers sans électronique ;
- postes de travail informatiques, micro-ordinateurs, TV, HiFi, vidéo, alarmes, appareils électroménagers à programmation électronique, etc. Cependant, ces matériels peuvent être sensibles à des surtensions entre conducteurs actifs en raison de la présence de composants de filtrage. En l'absence d'information sur le niveau de tenue correspondant de ces matériels, un niveau de tenue aux chocs de 1,5 kV est considéré.

2.3 Catégorie III

Les matériels de tenue aux chocs de catégorie III sont des matériels appartenant à l'installation fixe et d'autres matériels pour lesquels un plus haut niveau de fiabilité est demandé. Leur tenue aux chocs est au moins égale à 4 kV.

Exemples :

- armoires de distribution, appareillage (disjoncteurs, interrupteurs, socles de prises de courant...) ;
- canalisations et leurs accessoires (câbles, jeux de barres, boîtes de jonction...) ;
- matériels à usage industriel et matériels tels que moteurs fixes avec une connexion permanente à l'installation fixe.

2.4 Catégorie IV

Les matériels de tenue aux chocs de catégorie IV sont utilisés à l'origine ou au voisinage de l'origine de l'installation en amont du tableau de distribution. Leur tenue aux chocs est au moins égale à 6 kV.

Exemples :

- compteurs électriques ;
- matériels principaux de protection contre les surintensités ;
- dispositifs de télémessure, etc.

3 LES PARAFOUDRES

3.1 Rôle des parafoudres à basse tension

Les parafoudres sont destinés à écouler les courants de foudre à la terre. Ils limitent ainsi le niveau des surtensions à un niveau compatible avec la tension de tenue aux chocs des matériels de l'installation et des matériels alimentés par cette installation.

Ces surtensions sont :

- transmises par le réseau de distribution et peuvent être d'origine atmosphérique et/ou dues à des manœuvres ;
- générées par des coups de foudre à proximité des bâtiments, ou sur les paratonnerres des bâtiments qui en sont équipés conformément aux normes NF C 17-100 et NF C 17-102.

Les parafoudres n'assurent pas la protection contre les surtensions temporaires générées par le réseau BT mais sont capables de les supporter sans dommage (voir 8.1.3).

Les parafoudres ne sont pas prévus pour protéger contre les surtensions temporaires d'origine HT ni les ruptures de neutre BT, mais ces surtensions sont prises en compte afin de garantir une fin de vie du parafoudre sans danger.

3.2 Principe de fonctionnement

En l'absence de coups de foudre, le parafoudre n'a pas d'influence significative sur les caractéristiques de fonctionnement de l'installation où il est connecté.

Pendant les chocs de foudre, le parafoudre répond à ces contraintes en diminuant sa propre impédance et en dérivant ainsi le courant de choc afin de limiter la tension. Sa capacité à limiter la tension à ses bornes assure le niveau de protection.

Les chocs de foudre peuvent initier un courant de suite traversant le parafoudre, voir 3.3.2.5.

Après les coups de foudre, le parafoudre retrouve une impédance élevée.

L'annexe B décrit les différentes technologies de parafoudres.

Les modes de défaillance en fin de vie du parafoudre et le choix des dispositifs de protection du parafoudre sont indiqués en 7.6.

3.3 Caractéristiques des parafoudres

3.3.1 Généralités

Les parafoudres doivent être conformes à la norme NF EN 61643-11 (C 61-740).

A l'origine de l'installation, la norme NF C 15-100 prescrit les deux types de parafoudres suivants :

- Type 1 : parafoudre à utiliser dans le cas de bâtiment équipé de paratonnerre (voir annexe G)

Le parafoudre de type 1 est caractérisé par un courant d'écoulement de forme d'onde 10/350, L'onde conventionnelle de courant 10/350 est celle qui se rapproche le plus de l'onde de courant de foudre direct. Ce parafoudre a donc une forte capacité d'écoulement d'énergie.

Ce parafoudre de type 1 est utilisé pour réduire la différence de potentiel entre le système de protection contre la foudre et l'installation électrique lors de l'écoulement du courant de foudre du paratonnerre de l'installation.

- Type 2 : parafoudre d'utilisation générale

Le parafoudre de type 2 est caractérisé par un courant d'écoulement de forme d'onde 8/20.

L'onde conventionnelle de courant 8/20 est celle qui se rapproche le plus des ondes de courant dû aux effets indirects de la foudre.

3.3.2 Caractéristiques électriques principales

Les paramètres à prendre en compte pour le choix, le dimensionnement et l'installation des parafoudres sont :

- U_p niveau de protection
- U_c tension maximale de régime permanent
- U_T tension de tenue aux surtensions temporaires dues à des défauts sur le réseau BT
- tenue au court-circuit
- valeur assignée d'interruption du courant de suite
- I_n courant nominal de décharge
- I_{max} courant maximal de décharge caractérisant les parafoudres de Type 2
- I_{imp} courant de choc caractérisant les parafoudres de Type 1

Ces caractéristiques sont définies par branche (neutre – PE, phase – PE ou phase – neutre).

Toutes ces caractéristiques sont données par le constructeur, soit marquées sur le parafoudre, soit précisées dans les catalogues.

3.3.2.1 Niveau de protection U_p

C'est la valeur maximale de tension, exprimée en kV, aux bornes du parafoudre dans les conditions normales de son fonctionnement. C'est le paramètre qui caractérise les performances de protection du parafoudre.

Le niveau de protection U_p est la caractéristique principale du parafoudre et doit être inférieur à la tension de tenue aux chocs du matériel à protéger. Ainsi, le parafoudre installé à l'origine d'une installation alimentée en 230/400 V, doit avoir un niveau maximal de protection U_p de 2,5 kV.

Pour la protection des matériels qui contiennent de l'électronique (appareils électroménagers, matériels de traitement de l'information, etc.), sensibles à des surtensions à un niveau plus faible, le niveau de protection U_p doit être de 1,5 kV.

3.3.2.2 Tension maximale de service permanent U_c

C'est la tension maximale que le parafoudre peut supporter en permanence (en valeur efficace).

Cette tension doit donc être supérieure à la tension maximale du réseau.

Elle est fonction :

- de la tension simple du réseau,
- du schéma des liaisons à la terre,
- du mode de connexion du parafoudre (mode commun / mode différentiel).

Le tableau 5 du présent guide donne la valeur minimale pour les distributions 230/400 V.

Le tableau 53C de la NF C 15-100 donne la valeur de U_c pour les autres réseaux.

3.3.2.3 Surtensions temporaires dues aux défauts BT (U_T)

La norme NF EN 61643-11 (C 61-740) prévoit deux possibilités pour la tenue des parafoudres aux surtensions temporaires (U_T) générées par le réseau BT :

- a) soit, ils résistent et continuent à fonctionner,
- b) soit, ils sont détruits sans créer de situation dangereuse.

Dans le cadre de la NF C 15-100, seuls les parafoudres a) (qui résistent et continuent à fonctionner) sont utilisables dans les installations BT.

Pour le réseau 230/400V la valeur minimale U_T selon le schéma de mise à la terre est donnée dans le tableau 5 de ce guide.

Les valeurs minimales de U_T , pour les autres réseaux sont données dans le tableau 53C de la norme NF C 15-100.

3.3.2.4 Tenue au court-circuit

Valeur maximale, définie par le constructeur, du courant de défaut 50 Hz qui peut transiter dans une branche du parafoudre (voir 7.1.4) lors d'un défaut interne au parafoudre.

Cette valeur doit être supérieure au courant maximal de court-circuit présumé au point d'installation.

3.3.2.5 Valeur assignée d'interruption du courant de suite

Cette notion s'applique uniquement aux parafoudres ayant un courant de suite (exemple : parafoudre à éclateur).

C'est le courant de court-circuit que le parafoudre est capable d'interrompre par lui-même sans l'aide de son dispositif de protection associé.

Dans ce cas, cette valeur doit être supérieure au courant maximal de court circuit présumé au point d'installation (voir 7.1.4).

3.3.2.6 Courant nominal de décharge I_n

C'est la valeur de crête du courant de forme d'onde 8/20 pour lequel sont testés et caractérisés les parafoudres.

I_n caractérise le courant que peut écouler plusieurs fois le parafoudre sans dommage.

Pour les parafoudres installés à l'origine d'une installation alimentée par le réseau public, le courant nominal de décharge recommandé est 5 kA.

3.3.2.7 Courant maximal de décharge I_{\max}

C'est la valeur maximale du courant de forme d'onde 8/20 que peut écouler le parafoudre de Type 2 sans modification de ses caractéristiques mais sans assurer nécessairement le niveau de protection U_p .

A noter que si I_{\max} est égal à I_n , le niveau de protection U_p est toujours assuré.

I_{\max} , qui est supérieur ou égal à I_n , correspond à un courant de foudre exceptionnel dans l'installation mais que le parafoudre peut supporter au minimum une fois, alors que I_n correspond à un courant de foudre relativement fréquent.

La valeur I_{\max} n'entre pas dans le processus de choix du parafoudre. Elle est néanmoins déclarée par le constructeur et marquée sur le produit.

3.3.2.8 Courant de choc I_{imp}

C'est le courant de choc, généralement de forme d'onde 10/350, pour lequel sont testés et caractérisés les parafoudres de Type 1.

Les parafoudres de Type 1 sont exclusivement destinés à être installés dans les bâtiments équipés de paratonnerre.

La valeur minimale de I_{imp} est 12,5 kA.

3.4 Caractéristique de raccordement des parafoudres

3.4.1 Parafoudre à un port

Généralement les parafoudres sont raccordés entre conducteurs actifs et PE des matériels à protéger, ils sont appelés parafoudres « un port ».

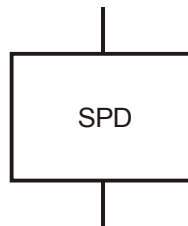


Figure 1 – Exemple de parafoudre à un port

NOTE – SPD signifie « Surge Protective Device », en français « parafoudre ».

3.4.2 Parafoudre à deux ports

D'autres parafoudres existent qui comprennent un élément de découplage (filtre, impédance,...) qui sont alors montés en série avec le matériel à protéger, ils sont appelés parafoudres « deux ports ».



Coté alimentation

Utilisation protégée

Figure 2 – Exemple de parafoudre à deux ports

Ces parafoudres ne sont pas considérés dans le présent guide.

3.4.3 Parafoudre à une branche

Les parafoudres sont constitués d'une ou plusieurs branches de protection.

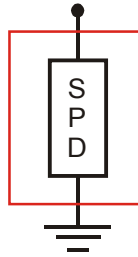


Figure 3 – Exemple de parafoudre « 1 port » à une branche

3.4.4 Parafoudre à plusieurs branches

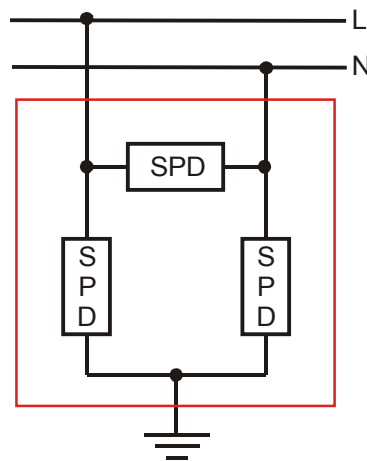


Figure 4 – Exemple de parafoudre « 1 port » à trois branches

4 PROCESSUS A SUIVRE POUR LE CHOIX DES PARAFOUDRES

Le choix et les règles d'installation des parafoudres doivent suivre un ordre logique donné dans les articles 5, 6, 7 et 8. Par ailleurs les conditions réelles d'installation peuvent modifier l'efficacité de la protection du parafoudre ce qui impose une nouvelle itération dans le choix du parafoudre.

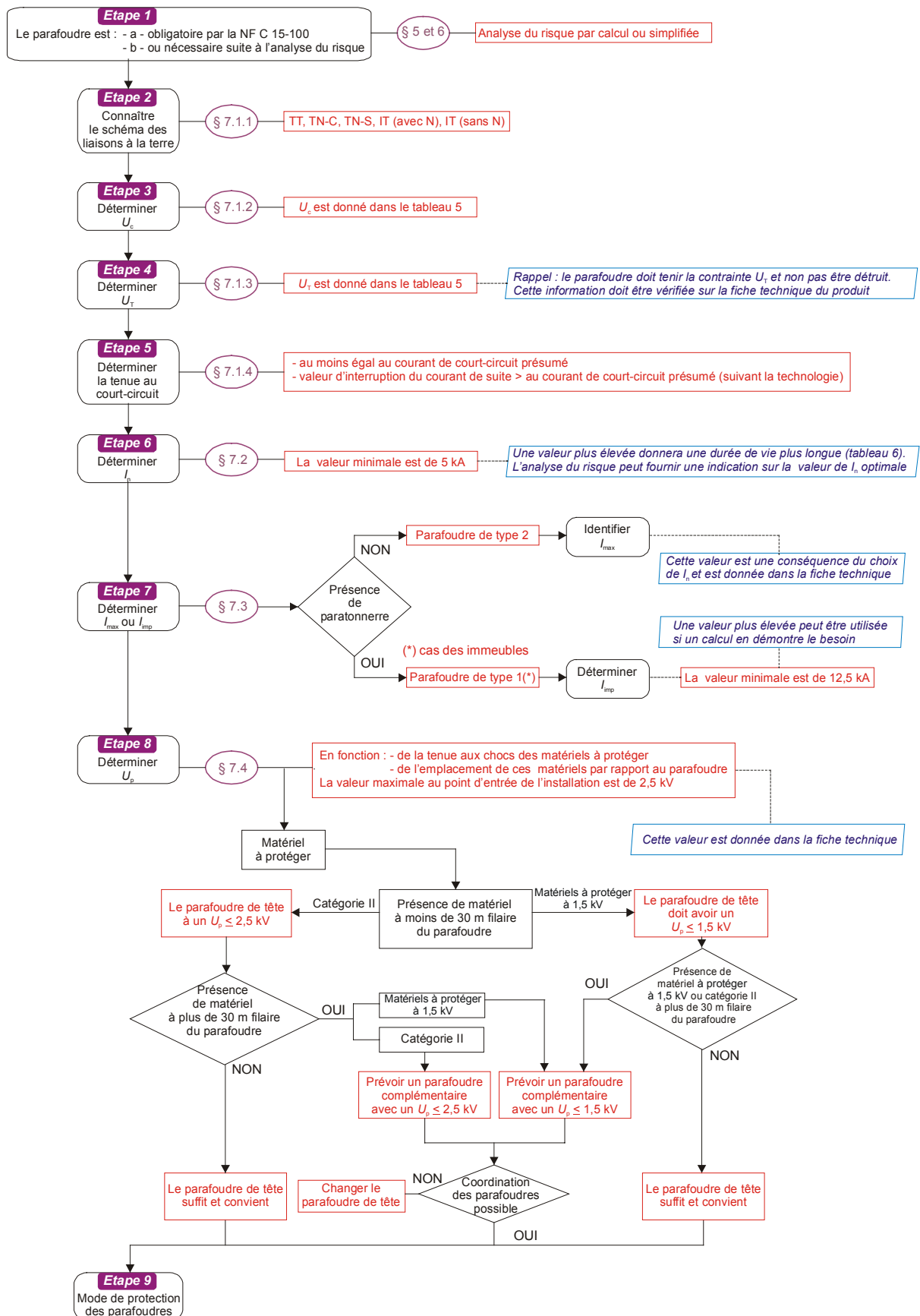
Un logigramme présentant les différentes étapes à suivre est donné ci-après.

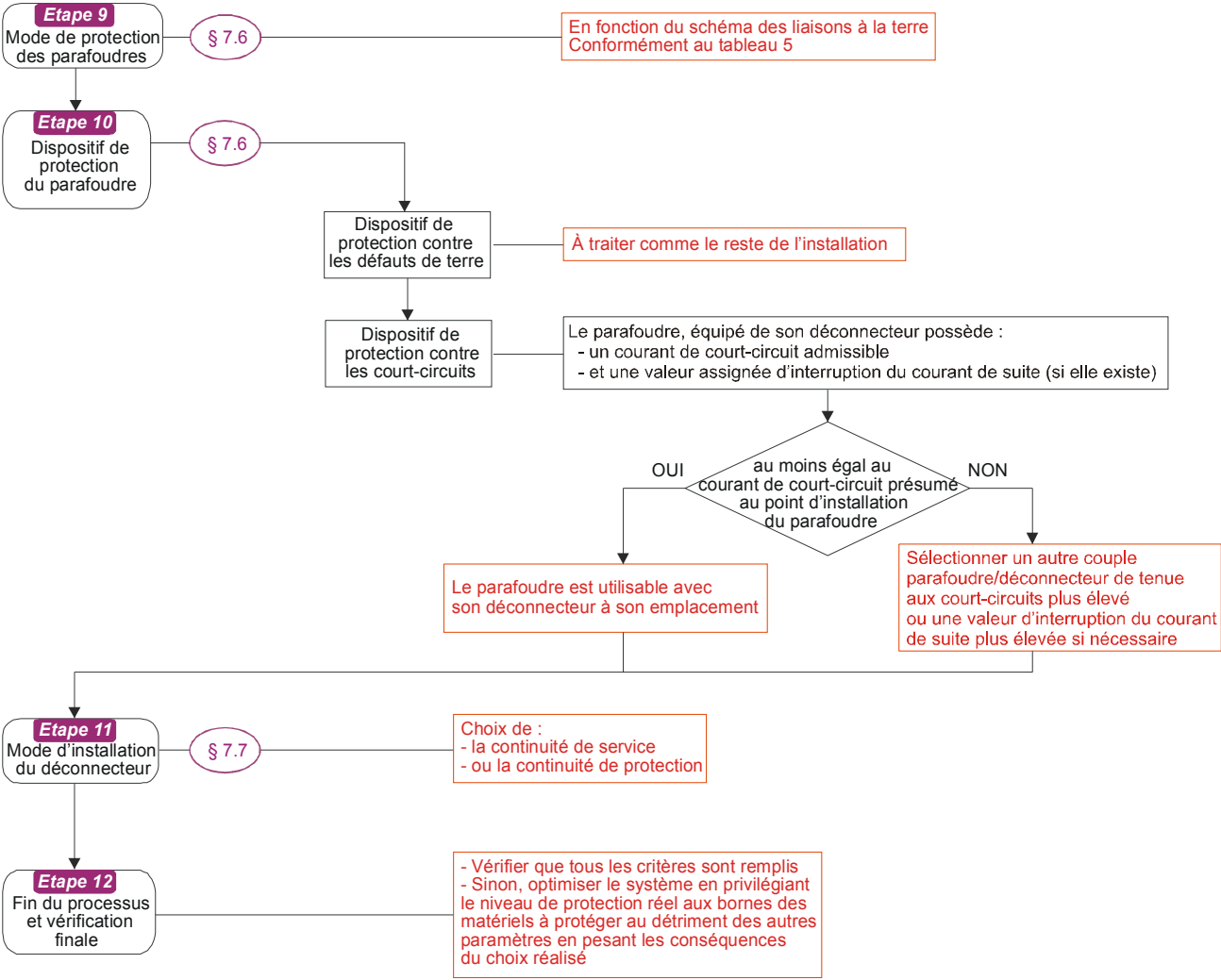
A la fin de la démarche, il y a lieu de vérifier que tous les critères sont remplis.

Dans tous les cas le niveau de protection réel aux bornes des matériels à protéger doit être privilégié au détriment éventuel des autres caractéristiques.

Logigramme pour le choix des parafoudres

Ce logigramme décrit et résume le processus de sélection des parafoudres.





5 RAPPEL DES REGLES DE LA NF C 15-100

Le tableau 1 ci-après reprend les règles de l'article 443 de la norme NF C 15-100 en prenant en compte en complément l'indisponibilité de l'installation.

Tableau 1 – Règles de protection

Caractéristiques et alimentation du bâtiment	Densité de foudroiemnt (N_g) Niveau kérauniqué (N_k)	
	$N_g \leq 2,5$ $N_k \leq 25$ (AQ1)	$N_g > 2,5$ $N_k > 25$ (AQ2)
Bâtiment équipé d'un paratonnerre	Obligatoire ⁽²⁾	Obligatoire ⁽²⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne ⁽³⁾	Non obligatoire ⁽⁴⁾	Obligatoire ⁽⁵⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Non obligatoire ⁽⁴⁾	Non obligatoire ⁽⁴⁾
L'indisponibilité de l'installation et/ou des matériels concerne la sécurité des personnes ⁽¹⁾	Selon analyse du risque	Obligatoire
<p>⁽¹⁾ c'est le cas par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none">- de certaines installations où une médicalisation à domicile est présente ;- d'installations comportant des Systèmes de Sécurité Incendie, d'alarmes techniques, d'alarmes sociales, etc. <p>⁽²⁾ Dans le cas des bâtiments intégrant le poste de transformation, si la prise de terre du neutre du transformateur est confondue avec la prise de terre des masses interconnectée à la prise de terre du paratonnerre (voir annexe G), la mise en œuvre de parafoudres n'est pas obligatoire. Dans le cas d'immeubles équipés de paratonnerre et comportant plusieurs installations privatives, le parafoudre de type 1 ne pouvant être mis en œuvre à l'origine de l'installation est remplacé par des parafoudres de type 2 ($I_n \geq 5$ kA) placés à l'origine de chacune des installations privatives (voir annexe G).</p> <p>⁽³⁾ Les lignes aériennes constituées de conducteurs isolés avec écran métallique relié à la terre sont à considérer comme équivalentes à des câbles souterrains.</p> <p>⁽⁴⁾ L'utilisation de parafoudre peut également être nécessaire pour la protection de matériels électriques ou électroniques dont le coût et l'indisponibilité peuvent être critique dans l'installation comme indiqué par l'analyse du risque.</p> <p>⁽⁵⁾ Toutefois, l'absence d'un parafoudre est admise si elle est justifiée par l'analyse du risque définie en 6.2.2.</p>		

Lorsque le parafoudre n'est pas obligatoire il peut être justifié par une évaluation du risque (voir 6) dans les cas suivants :

- le coût des matériels et/ou de leur indisponibilité est élevé.
- les conséquences de l'indisponibilité sont intolérables.

La notion de niveau kérauniqué N_k utilisée dans la classification AQ (nombre de jours par an où l'on entend le tonnerre) est supplantée par celle de densité de foudroiemnt N_g (nombre de coups de foudre au km² par an).

Le passage de l'un à l'autre se fait par l'approximation suivante :

$$N_k = 10 N_g$$

L'annexe E donne l'information du niveau kérauniqué (N_k) par département. A noter que des conditions locales peuvent être différentes de la valeur indiquée pour le département. Ce type d'information peut être directement donné par des réseaux spécialisés.

6 METHODE D'EVALUATION DU RISQUE

La méthode décrite ci-dessous est basée sur l'expérience actuelle des phénomènes considérés. Elle pourra être complétée en fonction de l'évolution des connaissances. Cette méthode tient compte des facteurs suivants :

- la probabilité de foudroiement de la zone,
- le mode de distribution BT(aérien ou souterrain dans la limite de 500 m, voir annexe A),
- la topographie du site,
- la nature et la valeur des matériels à protéger,
- les conséquences de l'indisponibilité.

La prise en compte des phénomènes a été volontairement simplifiée en vue d'en faciliter l'analyse.

Pour estimer l'intérêt de l'installation d'un parafoudre, trois étapes sont à considérer :

- 1) - évaluation du niveau d'exposition du site aux surtensions de foudre,
- 2) - évaluation des conséquences des perturbations sur les matériels et la sécurité des personnes,
- 3) - résultat de l'analyse.

D'autres approches, tenant compte de facteurs supplémentaires ou de pondérations différentes, sont possibles en fonction des situations particulières et du risque tolérable par l'utilisateur.

6.1 Evaluation du niveau d'exposition aux surtensions de foudre

Le niveau d'exposition aux surtensions de foudre dénommé F est évalué par la formule suivante :

$$F = N_k (1,6 + 2.L_{BT} + \delta)$$

où :

N_k : est le niveau kéraunique local, (voir annexe E)

L_{BT} : est la longueur en km de la ligne BT aérienne alimentant l'installation.
⇒ Pour des valeurs supérieures ou égales à 0,5 km, on retient $L_{BT} = 0,5$.

δ : est un coefficient prenant en compte la situation de la ligne aérienne et celle du bâtiment.
⇒ La valeur de δ est donnée dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 – Valeurs de δ selon la situation de la ligne aérienne et du bâtiment

Situation de la ligne aérienne (BT) et du bâtiment	Complètement entouré de structures	Quelques structures à proximité ou inconnue	Terrain plat ou découvert	Sur une crête, présence de plan d'eau, site montagneux
δ	0	0,5	0,75	1

6.2 Evaluation des conséquences des perturbations

L'évaluation des conséquences des perturbations dénommée G est donnée par la formule suivante :

$$G = M + I + P$$

où :

M : représente le prix du matériel et vaut :
⇒ 1 pour un matériel de prix faible,
⇒ 2 pour un matériel de prix moyen,
⇒ 3 pour un matériel de prix élevé.

NOTE – Le niveau, faible-moyen-élevé, est estimé par rapport au coût de la mise en place de la protection.

I : représente le coût de l'indisponibilité du matériel et vaut :
 ⇒ 1 pour une indisponibilité sans incidence sur l'activité,
 ⇒ 2 pour une indisponibilité entraînant une interruption partielle de l'activité,
 ⇒ 3 pour une indisponibilité entraînant une interruption totale ou une conséquence économique inacceptable.

P : représente les conséquences de l'indisponibilité du matériel sur la santé et ou la sécurité des personnes :
 ⇒ 0 pour une indisponibilité sans incidence,
 ⇒ 5 pour une indisponibilité avec incidence.

6.3 Résultats de l'analyse

A partir des deux estimations F et G, l'intérêt d'installer une protection peut être évalué comme indiqué dans le tableau 3 :

Tableau 3 – Résultat de l'analyse du risque foudre

G	F	$F \leq 20$	$20 < F \leq 40$	$40 < F \leq 80$	$F > 80$
G > 6		Utile	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
G = 5 ou 6		Utile	Utile	Obligatoire	Obligatoire
G = 3 ou 4		peu utile	Utile	Utile	Obligatoire
G ≤ 2		peu utile	peu utile	peu utile	Utile

6.4 Prise en compte des surtensions de manœuvres

La prise en compte de ces surtensions doit se faire après l'évaluation du risque lié aux surtensions atmosphériques.

L'installation de parafoudres destinés à protéger contre les surtensions d'origine atmosphérique permet, en général, de se prémunir contre les surtensions de manœuvre.

Exemples d'évaluation du risque

Exemple 1 :

Maison dans une zone urbaine complètement entourée de structures ($\delta = 0$) avec un niveau kéraunique faible ($N_k = 10$), alimentée par une ligne aérienne BT de 20 m ($L_{BT} = 0,02$) en conducteurs torsadés. Une personne est sous assistance médicale ($P = 5$) et le matériel à protéger est de prix assez élevé ($M = 3$), l'indisponibilité du matériel est inacceptable ($I = 3$)



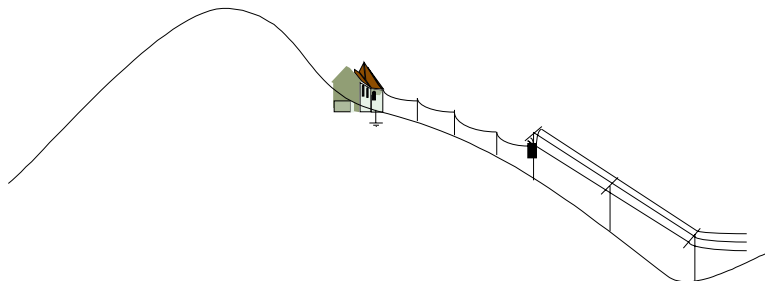
δ	=	0		
N_k	=	10	M	= 3
L_{BT}	=	0,02	I	= 3
			P	= 5
F	=	16,4	11	= 3

Le tableau 3 indique qu'un parafoudre est utile.

Exemple 2 :

Maison isolée sur une crête ($\delta = 1$) dans une zone de niveau kéraunique relativement élevé ($N_k = 30$) alimentée par une ligne aérienne BT de 50 m ($L_{BT} = 0,05$) en conducteurs torsadés.

Le matériel à protéger est à tenue normale d'un coût relativement faible ($M = 1$) et son indisponibilité est sans incidence sur l'activité (domestique).



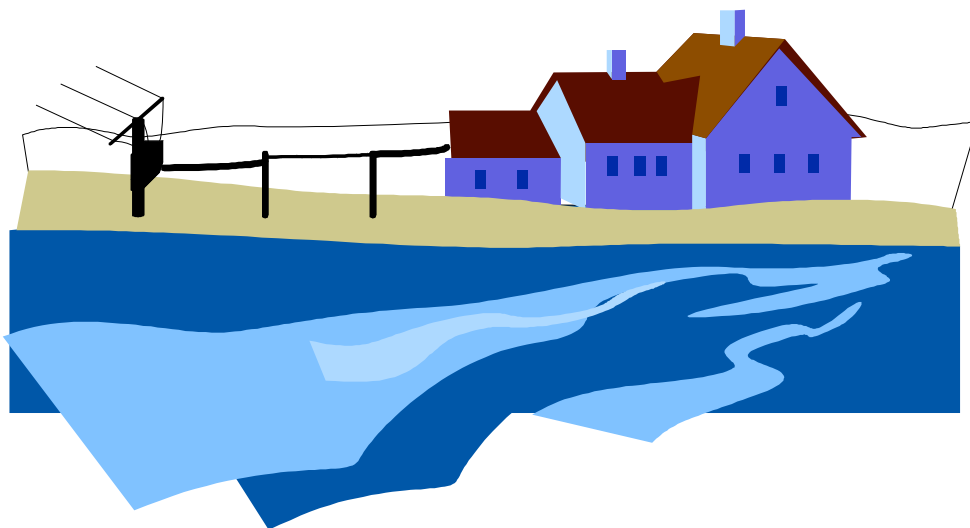
δ	=	1		
N_k	=	30		
L_{BT}	=	0,05		
F	=	81		
			M	= 1
			I	= 1
			G	= 2

Le tableau 3 indique qu'un parafoudre est utile.

Exemple 3 :

Maison individuelle située à proximité d'un plan d'eau ($\delta = 1$), avec un niveau kéraunique relativement élevé ($N_k = 30$) alimentée par une ligne aérienne BT de 300 m ($L_{BT} = 0,3$).

Le matériel à protéger est une alarme avec transmission téléphonique ($M = 2$) dont il est important d'assurer la continuité de service pour la protection des biens ($I = 3$).



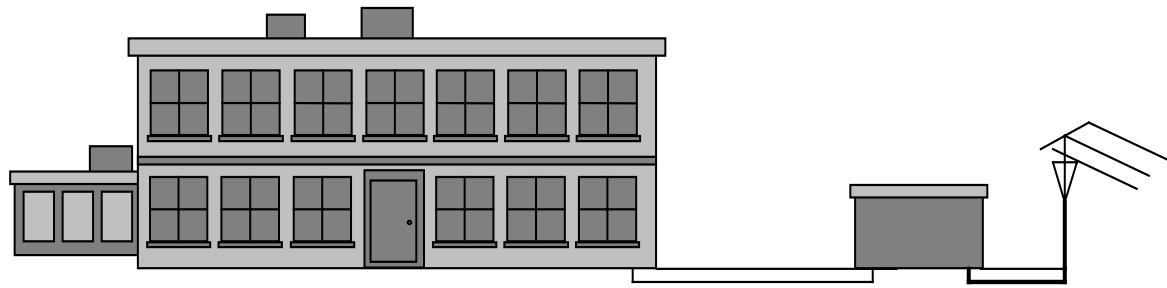
δ	=	1		
N_k	=	30		
L_{BT}	=	0,3		
F	=	96		
			M	= 2
			I	= 3
			G	= 5

Le tableau 3 indique qu'un parafoudre est obligatoire.

Exemple 4 :

Immeuble de bureaux complètement entouré de structures ($\delta = 0$) dans une zone à faible niveau kéraunique ($N_k = 10$) et alimenté par une ligne souterraine BT de faible longueur ($L_{BT} = 0$).

Les équipements sont du type bureautique individuelle ($M = 1$) dont l'indisponibilité a une grande incidence sur l'activité professionnelle ($I = 3$).



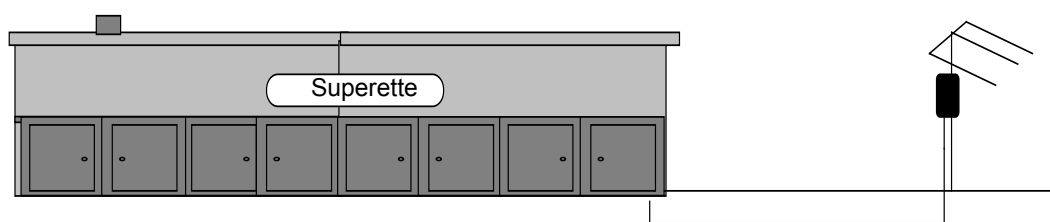
δ	=	0		
N_k	=	10	M	= 1
L_{BT}	=	0	I	= 3
T_{HTA}	=	1		
F	=	16	G	= 4

Le tableau 3 indique qu'un parafoudre est peu utile.

Exemple 5 :

Grand magasin situé en banlieue d'une ville moyenne avec quelques structures à proximité ($\delta = 0,5$) dans une zone de niveau kéraunique relativement élevé ($N_k = 30$) et alimenté par une ligne souterraine BT de faible longueur ($L_{BT} = 0$).

Les équipements sont du type bureautique individuelle ($M = 1$) dont l'indisponibilité a une grande incidence sur l'activité professionnelle ($I = 3$).



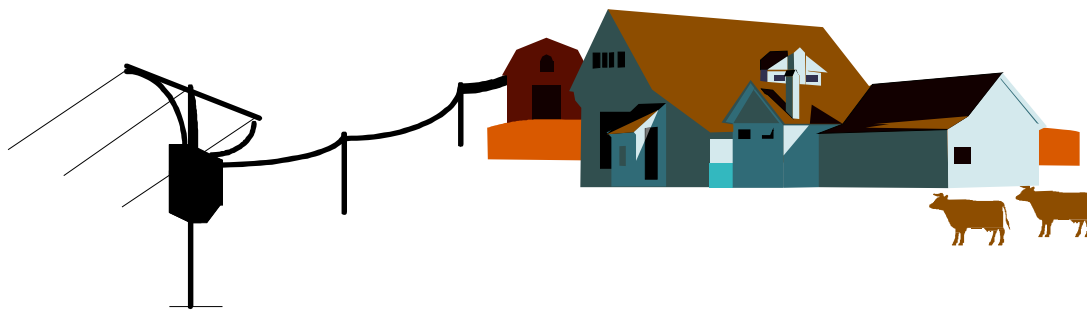
δ	=	0,5		
N_k	=	30	M	= 1
L_{BT}	=	0	I	= 3
F	=	63	G	= 4

Le tableau 3 indique qu'un parafoudre est utile.

Exemple 6 :

Ferme isolée ($\delta = 0,75$) dans une zone de niveau céramique élevé ($N_k = 36$) alimentée par une ligne aérienne BT de 200 m ($L_{BT} = 0,2$).

Les équipements sont très sensibles d'un coût moyen ($M = 2$) et le maintien de leur disponibilité est vital pour l'entreprise ($I = 3$).



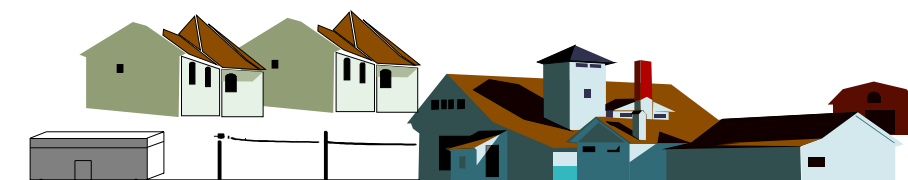
δ	=	0,75		
N_k	=	36	M	= 2
L_{BT}	=	0,2	I	= 3
F	=	99	G	= 5

Le tableau 3 indique qu'un parafoudre est obligatoire.

Exemple 7 :

Menuiserie industrielle dans une zone industrielle ($\delta = 0,5$), avec un niveau céramique faible ($N_k = 10$), alimentée par une ligne aérienne BT de 200 m ($L_{BT} = 0,2$).

Les équipements ne sont composés que de machines de fabrication d'un coût élevé ($M = 3$) de bonne tenue aux surtensions, la gestion étant exécutée sur un autre site (pas de liaison informatique). L'indisponibilité des équipements a une incidence moyenne sur l'activité professionnelle ($I = 2$).



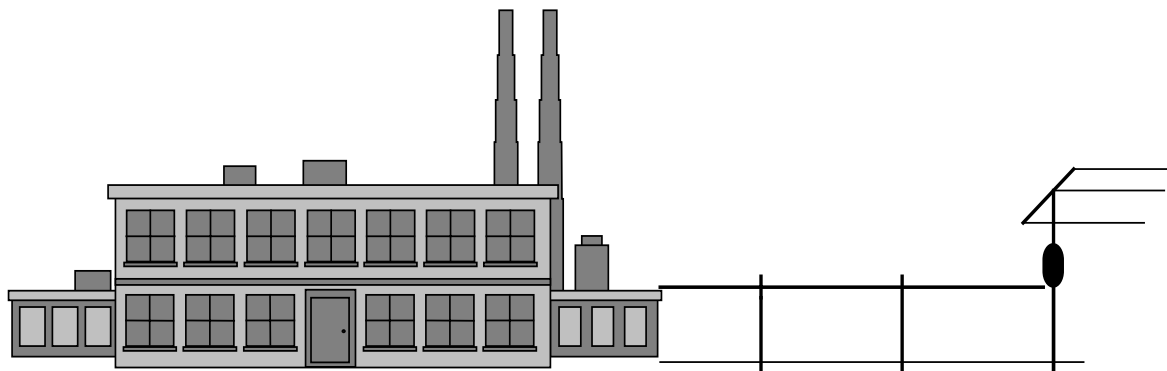
δ	=	0,5		
N_k	=	10	M	= 3
L_{BT}	=	0,2	I	= 2
F	=	25	G	= 5

Le tableau 3 indique qu'un parafoudre est utile.

Exemple 8 :

Usine isolée en terrain plat découvert ($\delta = 0,75$) dans une zone de niveau kéraunique faible ($N_k = 10$), alimentée par une ligne aérienne BT de 100 m ($L_{BT} = 0,1$).

Le matériel à protéger (informatique, machines outils de faible puissance etc.) est à tenue réduite, d'un coût moyen ($M = 2$) et son indisponibilité est inacceptable ($I = 3$).



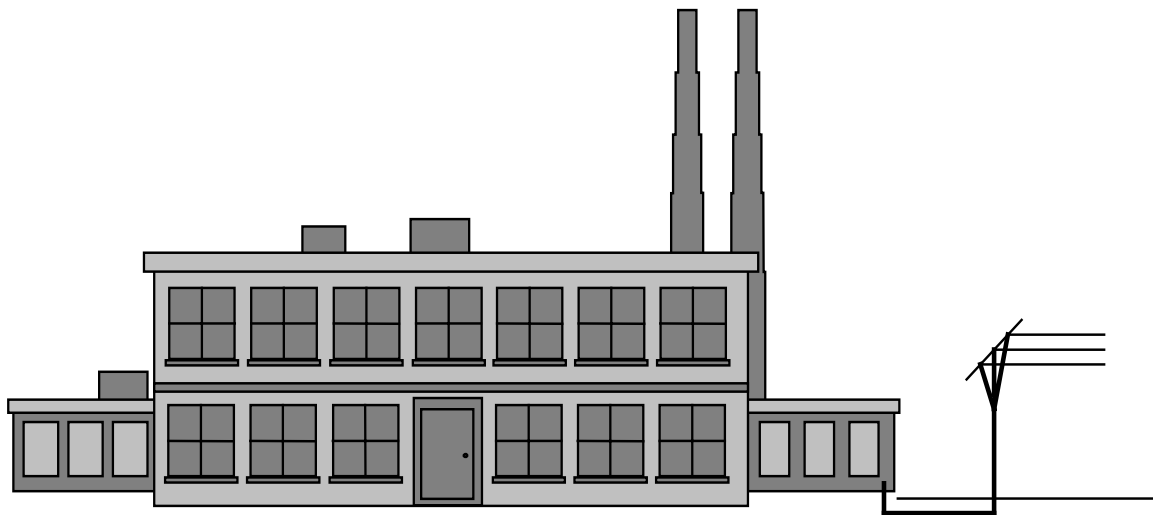
δ	=	0,75		
N_k	=	10	M	= 2
L_{BT}	=	0,1	I	= 3
F	=	25,5	G	= 5

Le tableau 3 indique qu'un parafoudre est utile.

Exemple 9 :

Usine avec usager en tarif vert dans une zone industrielle à la périphérie d'une ville ($\delta = 0,75$) dans une zone de niveau kéraunique élevé ($N_k = 30$) alimentée par une ligne HTA aérienne.

Le matériel à protéger (informatique, machines outils de faible puissance, etc.) est à tenue réduite d'un coût moyen ($M = 2$) et son indisponibilité est inacceptable ($I = 3$).



δ	=	0,5		
N_k	=	30	M	= 2
L_{BT}	=	0	I	= 3
F	=	63	G	= 5

Le tableau 3 indique qu'un parafoudre est obligatoire.

7 DEMARCHE POUR LE CHOIX ET L’INSTALLATION DES PARAFOULDRES

Cette démarche est indiquée dans le logigramme de l’article 4. Les différentes étapes sont décrites en détail ci-après.

Les règles, complémentaires spécifiques, dans le cas ou le bâtiment comporte un paratonnerre sont détaillées dans l’annexe G.

7.1 Critères liés au réseau

7.1.1 Protection selon le schéma des liaisons à la terre

Les parafoudres installés à l’origine de l’installation doivent assurer la protection selon le tableau 4. Cette protection dépend des schémas des liaisons à la terre.

Tableau 4 – Besoin en protection selon le schéma des liaisons à la terre

	TT	TN-C	TN-S	IT
Phase-neutre	Recommandé (1)	OUI	Recommandé (1)	Non utile
Phase-terre (PE ou PEN)	OUI		OUI	OUI
Neutre-terre (PE)	OUI	Sans objet	OUI	OUI lorsque le neutre est distribué
(1) La protection entre phase et neutre peut soit être intégrée dans le parafoudre placé à l’origine de l’installation, soit être déportée à proximité des équipements à protéger.				

Les besoins en protection exprimés dans le tableau ci-dessus peuvent être réalisés pour les schémas TT, TNS et IT par deux modes de connexion interne des parafoudres (connexions C1 et C2).

NOTE – Dans la pratique, les surtensions entre phases sont négligeables. La mise en place de protection entre phases n’est donc pas nécessaire.

Modes de connexion

Il existe deux modes de connexion :

- **C1** : installation entre chaque conducteur de phase et le conducteur PE ainsi qu’entre le neutre et le conducteur PE.
- **C2** : installation entre chaque conducteur de phase et le conducteur de neutre ainsi qu’entre le neutre et le conducteur PE.

Etape 2 du logigramme

En schéma triphasé, les connexions C1 et C2 peuvent être représentées selon la figure ci-après.

Les parafoudres, à l'origine de l'installation, sont installés comme indiqué dans les schémas de l'annexe D et selon les indications du tableau 4 :

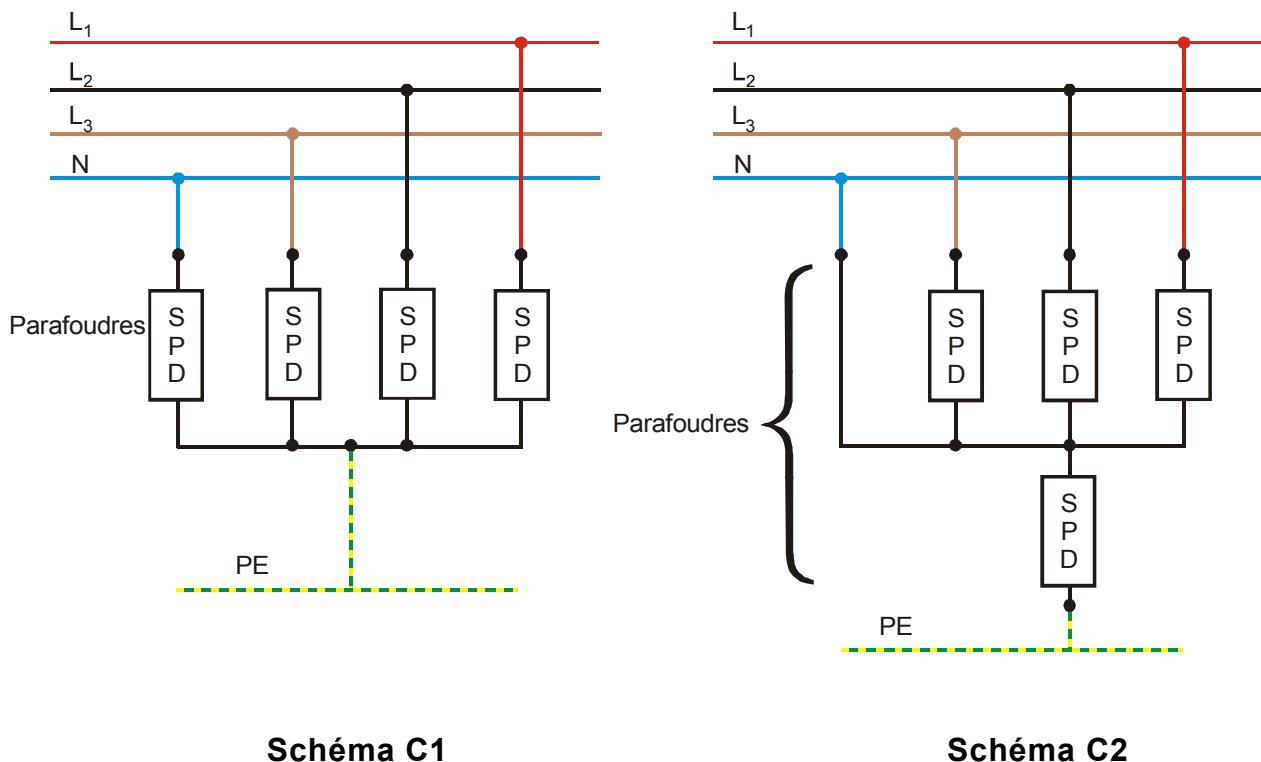


Figure 5 – Différents modes de connexion

Lorsque le schéma de connexion est du type C2, des précautions particulières sont à prendre pour le dimensionnement de la branche Neutre / PE des parafoudres.

Dans le cas où des parafoudres unipolaires assemblés par l'installateur sont utilisés, ils doivent être associés selon les instructions du constructeur. L'assemblage doit avoir été validé par des essais et conforme à la norme NF EN 61643-11 (C 61-740) selon le schéma C2.

L'utilisation de parafoudres monoblocs ou pré assemblés par le constructeur conformes à la NF EN 61643-11 (C 61-740) selon le schéma C2 est une garantie du respect de ces précautions.

Etape 3 du logigramme

7.1.2 Choix de la tension maximale de régime permanent U_c du parafoudre

La valeur de U_c est choisie en fonction de la tension simple (U_0) du réseau électrique ainsi que du schéma des liaisons à la terre de l'installation.

Le parafoudre doit avoir une valeur U_c supérieure ou égale à la valeur donnée dans le tableau 5 ci-dessous pour un réseau de tension 230/400 V.

Pour les autres tensions de réseaux, se référer au tableau 53C de la NF C 15-100.

Tableau 5 – Valeurs minimales prescrites de U_c et U_T des parafoudres en fonction des différents schémas des liaisons à la terre pour un réseau 230/400 V

Parafoudre connecté entre	Schémas des liaisons à la terre du réseau									
	TT		TN-C		TN-S		IT avec neutre distribué		IT sans neutre distribué	
	U_c	U_T	U_c	U_T	U_c	U_T	U_c	U_T	U_c	U_T
Conducteur de phase et conducteur neutre	253 V	334 V	-	-	253 V	334 V	253 V	334 V	-	-
Chaque conducteur de phase et PE	253 V	400 V	-	-	253 V	334 V	400 V	-	400V	400 V
Conducteur neutre et PE	230 V	-	-	-	230 V	-	230 V	-	-	-
Chaque conducteur de phase et PEN	-	-	253 V	334 V	-	-	-	-	-	-

Etape 4 du logigramme

7.1.3 Choix de la tenue aux surtensions temporaires U_T

Le parafoudre doit résister aux surtensions temporaires U_T minimales dues à des défauts BT sans modification de ses caractéristiques ou fonctionnalités.

Il existe aussi d'autres types de surtensions temporaires dues à des défauts HT. Ces surtensions sont prises en compte par la norme NF EN 61643-11 (C 61-740) afin de garantir une fin de vie sans danger du parafoudre.

Le tableau 5 ci-dessus donne les valeurs pour un réseau de tension 230/400 V.
Pour les autres tensions de réseaux, se référer au tableau 53C de la NF C 15-100.

Etape 5 du logigramme

7.1.4 Choix en fonction du courant de court-circuit et du courant de suite éventuel

a) La tenue aux courts-circuits du parafoudre associé à son dispositif de protection (disjoncteur ou fusible) doit être au moins égal au courant maximal de court-circuit présumé au lieu de l'installation du parafoudre.

Lorsque l'installation est alimentée par le réseau de distribution publique à basse tension par un branchement à puissance limitée, compte tenu des protections amonts (fusible AD), la valeur de 3 kA est suffisante.

b) Pour les parafoudres ayant un courant de suite, il y a lieu de s'assurer que la valeur d'interruption de ce courant de suite (déclarée par le constructeur) est au moins égale au courant maximal de court-circuit présumé au lieu de l'installation.

Les parafoudres susceptibles de générer un courant de suite sont ceux qui correspondent au mode de fonctionnement par amorçage.

Etape 6 du logigramme

7.2 Choix de I_n

A l'origine d'une installation alimentée par le réseau de distribution publique, le courant nominal de décharge I_n recommandé est de 5 kA pour les parafoudres de type 2.

Une valeur plus élevée donnera une durée de vie plus longue.

Le tableau ci-dessous permet d'optimiser le choix de I_n en fonction du paramètre F (voir analyse du risque au paragraphe 6.1)

Tableau 6 – Choix de I_n dans le cas des parafoudres de type 2

Estimation du risque F	I_n (kA)
$F \leq 40$	5
$40 < F \leq 80$	10
$F > 80$	20

Etape 7 du logigramme

7.3 Cas particulier de la présence d'un paratonnerre sur le bâtiment

Lorsqu'un paratonnerre (voir NF C 17-100 et 17-102) est installé sur le bâtiment, le parafoudre installé à l'origine de l'installation doit être de Type 1 caractérisé par I_{imp} (voir annexe G).

Le parafoudre installé à l'origine d'une installation doit avoir un courant I_{imp} mini de 12,5 kA.

Etape 8 du logigramme

7.4 Choix de U_p

U_p est le paramètre le plus important pour caractériser le parafoudre. Il indique le niveau de surtension aux bornes du parafoudre.

La détermination de U_c , U_T et I_n donne des limites au choix de la valeur U_p . En conséquence pour éviter des itérations successives U_p n'est fixé qu'après U_c , U_T et I_n .

Le niveau de protection (U_p) du parafoudre doit être coordonné à la tension de tenue aux chocs du matériel à protéger (voir article 2).

A l'origine d'une installation, la valeur maximale de U_p est de 2,5 kV. Si un matériel sensible est installé à moins de 30 m de canalisation de l'origine de l'installation, la valeur maximale de U_p est de 1,5 kV. Dans le cas de matériels installés à plus de 30 m de canalisation de l'origine de l'installation, voir le tableau 7.

7.4.1 Choix de U_p en fonction de la tenue aux chocs du matériel

Pour assurer une protection efficace des matériels, les valeurs de U_p (définies par branches) doivent être inférieures à la valeur de tenue aux chocs des matériels à protéger.

Un parafoudre de niveau de protection U_p donné ne peut protéger un matériel de tenue aux chocs de valeur égale à U_p que s'il est installé directement à ses bornes, ce qui est rarement possible en pratique.

Il convient de prendre en compte les deux paramètres suivants :

- La distance entre le parafoudre et le matériel à protéger est un facteur important. Dans le pire des cas (voir annexe K), la surtension aux bornes du matériel peut atteindre 2 fois la valeur U_p du parafoudre.
- La longueur des liaisons entre le parafoudre et les conducteurs auquel il est connecté ainsi que le câblage ont aussi une influence sur la protection réelle procurée par le parafoudre (voir 7.4.2 et 8.2).

Des indications supplémentaires permettant de tenir compte de ces deux paramètres sont données dans les fiches techniques du constructeur.

En absence de ces indications, une marge de sécurité entre la tenue aux chocs des matériels et U_p est nécessaire et au moins égale à 20 % (CEI 61643-12).

A titre d'exemple, dans le cas d'un matériel de catégorie II (tenue aux chocs de 2,5 kV), on prendra une valeur U_p de 2 kV tout en respectant les règles de mise en œuvre (voir annexe K). En cas d'impossibilité de respecter les règles 7.4.2, la marge devra être plus importante.

7.4.2 Influence des conditions d'installation sur la valeur U_p

La tension résiduelle (U) aux bornes de l'appareil à protéger, comme indiqué à la figure 6, est la somme de la tension U_p du parafoudre et des chutes de tension inductive des conducteurs de raccordement ($U_1 + U_2 + U_3$).

Il est indispensable que la longueur totale des conducteurs de raccordement L ($L_1 + L_2 + L_3$) soit aussi courte que possible et qu'elle n'excède pas 0,50 m.

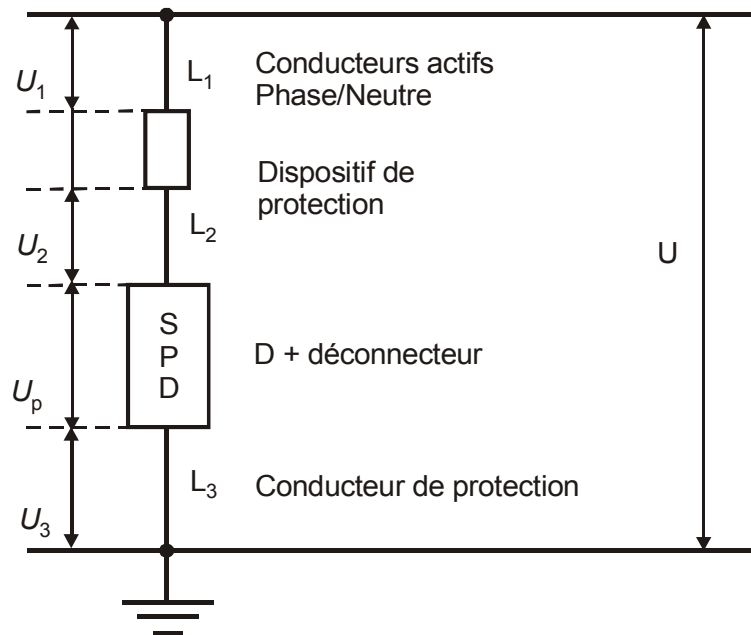


Figure 6 – Raccordement du parafoudre au réseau

Si cette longueur L ($L_1 + L_2 + L_3$) excède 0,50 m il est nécessaire :

- soit de réduire cette longueur en déportant les bornes de raccordement (voir annexe H) ;
- soit de sélectionner un parafoudre ayant un niveau U_p inférieur (pour mémoire, une longueur de câble rectiligne de 1 m parcouru par un courant de décharge de 10 kA (8/20) crée une tension d'environ 1000 Volts) ;
- ou d'installer un second parafoudre coordonné près de l'appareil à protéger afin d'adapter le niveau à la tenue aux chocs du matériel à protéger (voir annexe F).

Voir en annexe H les exemples pratiques d'installation de parafoudres dans un tableau électrique.

7.5 Coordination des parafoudres

Dans la pratique, la protection des matériels est assurée lorsqu'ils sont installés à moins de 30 m de canalisation de l'origine de l'installation.

Pour les matériels installés à plus de 30 m de canalisation de l'origine de l'installation, se conformer au tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7 – Définition des valeurs U_p pour les parafoudres complémentaires

U_p du parafoudre placé à l'origine de l'installation	Catégorie de surtension du matériel installé à plus de 30 m de canalisation de l'origine de l'installation	U_p du parafoudre complémentaire placé à proximité du matériel à protéger
$\leq 1,5$ kV	II	$\leq 1,5$ kV
	> II	Parafoudre non nécessaire
$\leq 2,5$ kV	Catégorie II	$\leq 2,5$ kV
	> II	Parafoudre non nécessaire

Dans le cas où le bâtiment comporte un paratonnerre, se reporter à l'annexe G.

En cas d'installation de parafoudres complémentaires, ils doivent être de Type 2 et doivent être coordonnés avec le parafoudre installé à l'origine de l'installation.

Il y a plusieurs façons de s'assurer que plusieurs parafoudres sont coordonnés :

- utilisation des informations d'un même constructeur (ce premier cas, qui est le plus simple, est recommandé) ;
- calcul rapide simplifié décrit en annexe G.

L'association de parafoudres issus de différents constructeurs est traitée dans l'annexe F qui donne des valeurs de distance nécessaire entre 2 parafoudres pour assurer leur coordination.

Comme ces valeurs sont basées sur des cas théoriques indépendamment des technologies utilisées par les constructeurs elles ne conduisent donc pas à des solutions optimisées.

NOTE – Il existe d'autres méthodes telles que : le calcul avec un logiciel de simulation ou les essais en laboratoire. Ces méthodes sont décrites dans la norme CEI 61643-12.

7.6 Choix du (ou des) dispositif(s) de protection associé(s) au parafoudre

Pour le choix du (ou des) dispositif(s) de protection associé(s) au parafoudre, seuls les défauts à la terre et les courts-circuits sont à prendre en considération (voir tableau 4).

7.6.1 Modes de défaillance en fin de vie du parafoudre

Le parafoudre peut arriver en fin de vie dans les cas suivants :

- par emballement thermique dû à un cumul excessif de contraintes de foudre n'excédant pas ses caractéristiques, mais conduisant à une destruction lente de ses composants internes ;
- par mise en court-circuit due à un dépassement de ses caractéristiques conduisant à une dégradation brutale de son impédance.

Dans les deux cas, le parafoudre doit être déconnecté de l'installation.

Sa mise en court-circuit peut entraîner :

- soit un courant de court-circuit, auquel cas la déconnexion doit être assurée par un dispositif assurant la protection contre les courts-circuits, et le cas échéant, la protection contre les contacts indirects ;
- soit un courant de défaut à la terre, auquel cas la déconnexion doit être assurée par un dispositif assurant la protection contre les contacts indirects.

7.6.2 Dispositifs assurant la déconnexion

Les dispositifs assurant la déconnexion en fin de vie, sont :

- soit incorporés dans le parafoudre ; ils sont appelés déconnecteurs ;
- soit installés en série avec le parafoudre ; ce sont alors des fusibles, des disjoncteurs, des DDR etc.

La protection contre l'emballement thermique et son dispositif de déconnexion sont intégrés aux parafoudres.

A noter que pour certains parafoudres le risque d'emballement thermique n'existe pas par conception. De tels parafoudres ne comportent donc pas de protection thermique.

7.6.3 Protection contre les contacts indirects

La règle de protection contre les contacts indirects s'applique (voir 411 de la NF C 15-100).

En schéma TT, un DDR de type S doit être installé en amont d'un parafoudre. Dans le cas d'un branchement à puissance limitée (tarif bleu), ce dispositif peut être le disjoncteur de branchement.

Il est rappelé que les DDR de type S sont immunisés contre les risques de déclenchements indésirables (5 kA, 8/20).

En cas de premier défaut en schéma TN et de second défaut en schéma IT, le dispositif de protection contre les surintensités assure généralement la protection contre les contacts indirects.

7.6.4 Protection contre les courts-circuits

Les caractéristiques du dispositif de protection (disjoncteur ou fusible) sont données par le constructeur du parafoudre.

Le pouvoir de coupure du dispositif de protection doit être au moins égal au courant maximal de court-circuit présumé au lieu de l'installation.

7.6.5 Dispositifs de signalisation

La signalisation de la déconnexion du parafoudre est réalisée de la manière suivante :

- pour un disjoncteur ou un DDR, elle peut être assurée par la position de la manette ;
- pour un fusible, elle est assurée par un indicateur.

Elle est prévue par construction pour l'emballage thermique.

7.7 Situation de l'installation suite à une défaillance du parafoudre

Selon le mode d'installation du parafoudre et de son dispositif de protection associé, on peut assurer en situation de fin de vie du parafoudre :

- la priorité à la protection contre les surtensions,
- la priorité à la continuité de l'alimentation,
- à la fois la protection contre les surtensions et la continuité de l'alimentation.

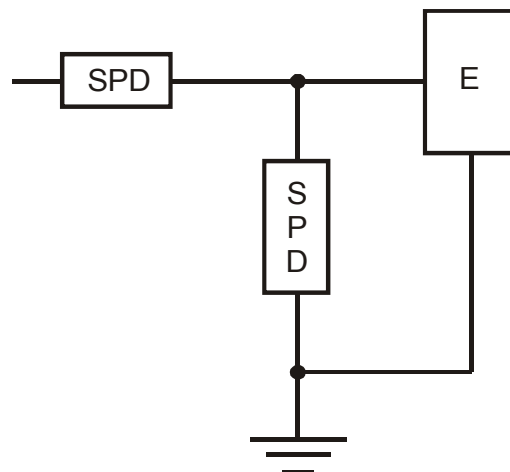
Les figures 7, 8 et 9 sont données à titre d'exemple.

7.7.1 Protection contre les surtensions en fin de vie par interruption de l'alimentation

Ce mode d'installation conduit à déconnecter le parafoudre et les circuits ou matériels en cas de fin de vie du parafoudre.

Ce schéma présente l'inconvénient de mettre l'installation ou le circuit hors service tant que le parafoudre n'est pas remplacé.

Il n'est donc pas utilisable dans le cas d'applications où la continuité de service est nécessaire (alarme, incendie, télésurveillance,...).



D : Dispositif de protection

SPD : Parafoudre

E : Equipement

Figure 7 – Montage du dispositif de protection en série avec la charge ou l'installation à protéger

7.7.2 Continuité d'alimentation des matériels

Ce mode d'installation conduit à déconnecter le parafoudre tout en conservant la continuité d'alimentation des circuits ou matériels en cas de fin de vie du parafoudre.

Ce schéma augmente la probabilité d'offrir une continuité de service au détriment de la continuité de protection.

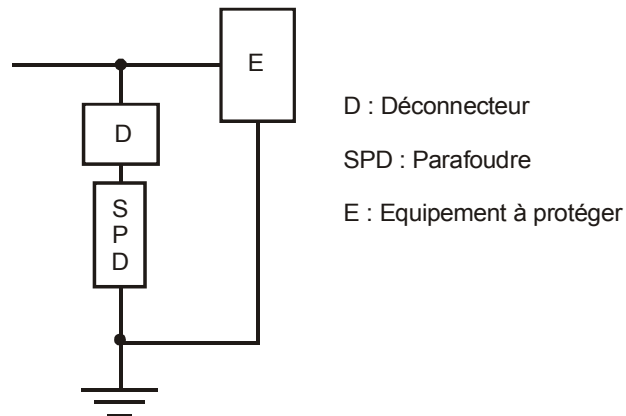
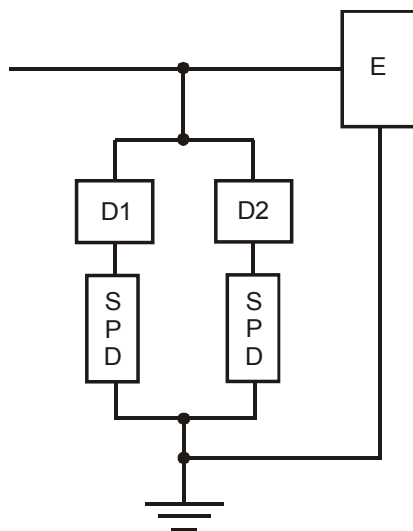


Figure 8 – Montage du dispositif de protection dans la branche du parafoudre

7.7.3 Continuité de protection et d'alimentation des matériels

La continuité de protection et d'alimentation des matériels peut aussi être obtenue dans la mesure où un système de redondance est mis en place.

En cas de fin de vie du parafoudre SPD₁, le dispositif de protection D1 fonctionne et la protection contre les surtensions continue à être assurée par la branche du parafoudre SPD₂.



D1, D2 : Dispositif de protection

E : Equipement

SPD : Parafoudre

Figure 9 – Montage de parafoudres en redondance

7.7.4 Sélectivité entre dispositif de protection et protections amonts

Pour obtenir la continuité d'alimentation des matériels, il faut respecter les règles de sélectivité habituelles entre le dispositif de protection du parafoudre et les dispositifs de protections installés en amont.

Dans tous les cas les informations relatives à la sélectivité avec les autres protections installées en amont sont données par le constructeur.

8 REGLES D'INSTALLATION DES PARAFOUDRES

8.1 Emplacement du parafoudre dans l'installation

Le parafoudre (et ses dispositifs de protection) destiné à protéger une installation doit être installé le plus près possible de l'origine de l'installation.

Le parafoudre complémentaire destiné à protéger un matériel d'utilisation particulièrement sensible est installé à proximité de ce matériel.

8.2 Raccordement des parafoudres dans un tableau électrique

Les conducteurs de raccordement sont ceux reliant les conducteurs actifs au parafoudre et reliant le parafoudre à la liaison équipotentielle ou au conducteur de protection ou au PEN. Ils doivent avoir une section minimale de 4 mm² en cuivre.

En cas de présence d'un paratonnerre, cette section minimale est de 10 mm².

Règle 1 : Respecter la longueur L ($L_1 + L_2 + L_3$) < 0,50 m (7.4.2 et annexe H) en utilisant des borniers de raccordement intermédiaires si nécessaire.

Règle 2 : Réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE en les regroupant ensemble d'un même côté du tableau.

Règle 3 : Séparer les câbles d'arrivée (en provenance du réseau) et les câbles de départ (vers l'installation) pour éviter de mélanger les câbles perturbés et les câbles protégés. Ces câbles ne doivent pas non-plus traverser la boucle (règle 2).

Règle 4 : Plaquer les câbles contre la structure métallique du tableau lorsqu'elle existe afin de minimiser la boucle de masse et de bénéficier de l'effet réducteur des perturbations.

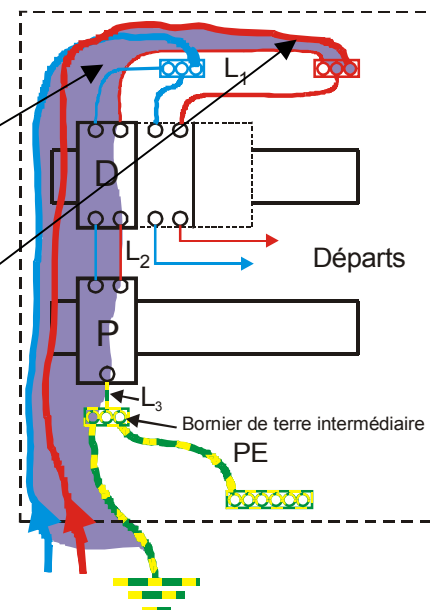


Figure 10 – Exemple de câblage dans un tableau électrique

8.3 Mise à la terre de l'installation

L'installation de parafoudre n'entraîne pas d'exigence particulière en ce qui concerne la valeur de la résistance de la prise de terre des masses.

Les valeurs des prises de terre des masses qui résultent de l'application de la norme NF C 15-100 sont satisfaisantes pour l'installation de parafoudres.

Dans le cas d'une installation comportant un paratonnerre, la valeur de la résistance de la prise de terre du paratonnerre connectée à la prise de terre des masses doit être inférieure ou égale à 10 Ohms (voir annexe G).

Si différentes prises de terre existent pour un même bâtiment, elles doivent être interconnectées.

Dans le cas d'une installation desservant plusieurs bâtiments, il est aussi recommandé d'interconnecter les prises de terre de ces bâtiments si la distance est courte.

8.4 Maintenance/Remplacement

Il convient de vérifier régulièrement leur état. Ceci consiste à vérifier l'indicateur du parafoudre ainsi que celui des dispositifs de protection associés.

En cas de défaut signalé par l'un de ces indicateurs, il convient de changer le ou les éléments défectueux.

Annexe A – Rappel sur les risques de surtensions dans les installations basse tension

A1 – Généralités

Les installations basse tension peuvent être soumises à différents types de surtensions :

- surtensions transitoires,
- surtensions temporaires à fréquence industrielle.

Les surtensions transitoires peuvent être causées par :

- les décharges atmosphériques,
- des manœuvres,
- des décharges électrostatiques.

Les surtensions temporaires à fréquence industrielle sont généralement causées par les défauts suivants :

- défaut à la terre de l'installation à haute tension,
- rupture du conducteur neutre dans une installation en schéma TN ou TT,
- premier défaut à la terre dans une installation en schéma IT.

Ces différentes situations sont décrites à l'article 442 de la NF C 15-100.

A2 – Surtensions transitoires d'origine atmosphérique

Les installations basse tension peuvent être soumises à des surtensions transitoires d'origine atmosphérique dans les cas suivants (voir figure A1) :

- coup de foudre direct sur le réseau HTA : un tel coup de foudre engendre une surtension qui se transmet partiellement sur le réseau BT, par couplage des enroulements du transformateur HTA/BT ou par couplage des prises de terre ;
- coup de foudre direct sur le réseau BT ;
- coup de foudre à proximité d'un réseau HTA : une surtension induite sur le réseau HTA est transmise au réseau BT. Elle est moins énergétique qu'un coup de foudre direct ;
- coup de foudre à proximité d'un réseau BT : une surtension est induite sur ce réseau par couplage électromagnétique.
- coup de foudre au sol dans le voisinage immédiat d'un bâtiment ou sur un bâtiment équipé d'un paratonnerre : le potentiel de la terre de l'installation s'élève.

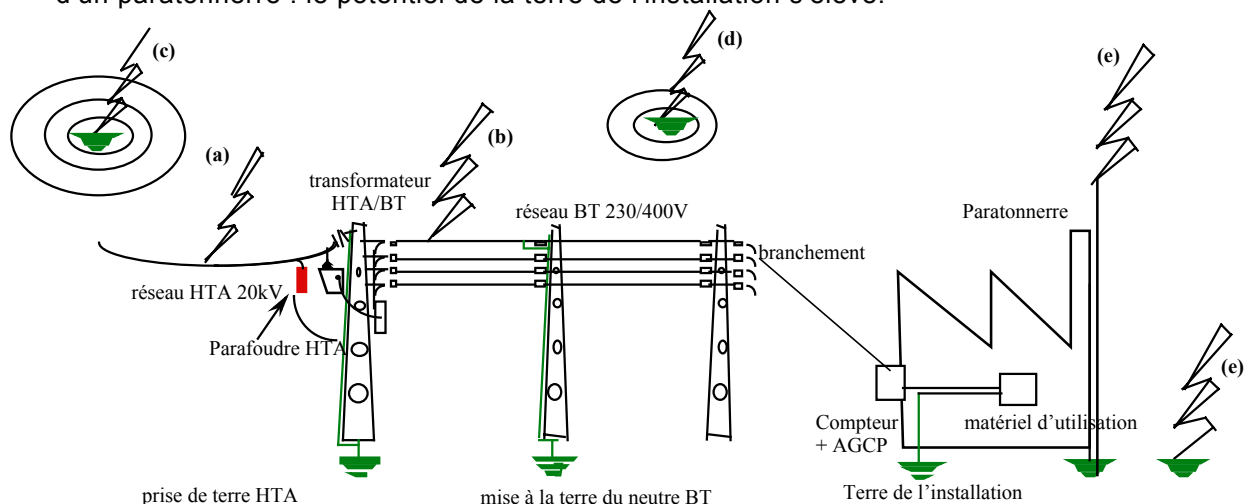


Figure A1 – Modes d'apparition des surtensions d'origine atmosphérique

Pour une ligne aérienne, le nombre de coups de foudre directs ou à proximité qu'elle est susceptible de subir est proportionnel à sa longueur.

A3 – Surtensions de manœuvres

Toute manœuvre sur une installation électrique génère des surtensions transitoires du fait de la modification brusque du régime établi dans le réseau.

Ces surtensions peuvent être dues à la manœuvre d'appareillage de protection, de commande ou de commutation, installés sur des circuits soit :

- **inductifs**, lors de l'établissement ou de l'interruption de circuits (moteurs, transformateurs, ...).

Ce type de surtensions est fréquent dans l'industrie, et notamment en présence d'électronique de puissance, lorsqu'un hachage de courant a lieu, une énergie élevée peut être stockée dans des charges inductives et des oscillations peuvent apparaître en aval des organes de coupure et de protection.

Les surtensions de manœuvre par commutation de courants inductifs peuvent également provenir du réseau HT.

- **capacitifs**, la présence de capacités (batteries de condensateurs, lignes à vide,...) constitue sur un réseau inductif un circuit résonant LC. Les manœuvres ou commutations provoquent alors des surtensions de type oscillatoire.

A4 – Mode de propagation des surtensions

Ces surtensions transitoires se superposent à la tension du réseau et se propagent en :

- mode commun (entre les conducteurs actifs et la terre),
- mode différentiel (entre les conducteurs actifs).

Annexe B – Différentes technologies des parafoudres

Les parafoudres sont principalement basés sur la mise en œuvre de trois types de composants :

- Les éclateurs.
- Les varistances à l'oxyde de zinc.
- Les diodes zener.

Les caractéristiques tension / temps de ces composants sont illustrées ci-dessous.
Les courbes ci-dessous montrent deux modes de fonctionnement :

- Coupure de tension : courbe a), fonctionnement par amorçage (éclateur).
- Limitation en tension : courbes b) et c), fonctionnement par écrêtage (varistance et diode d'écrêtage).

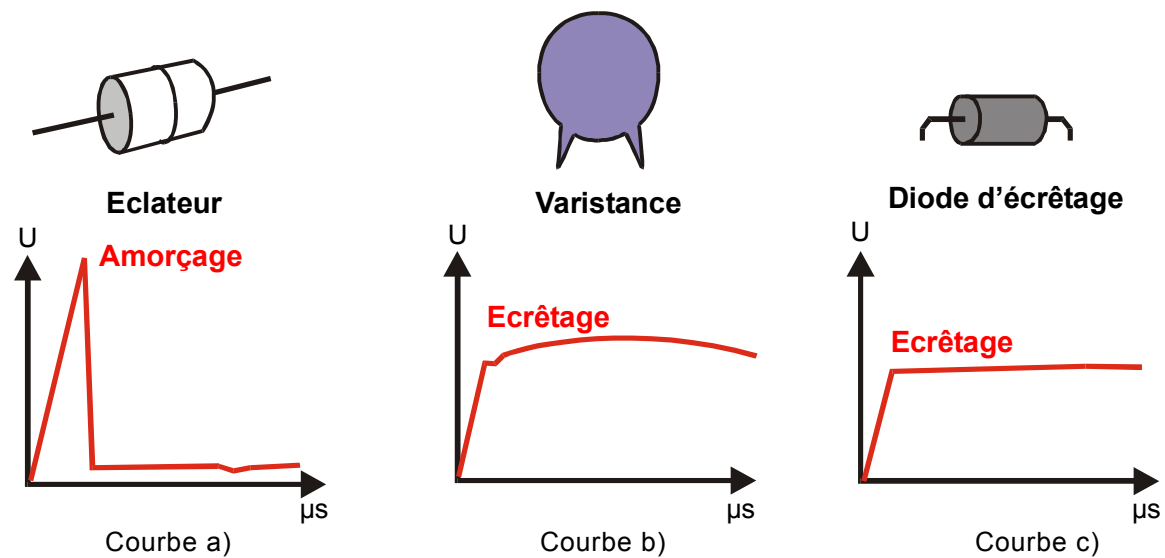


Figure B1 – Différents types de composants constituant les parafoudres

Ces différents composants peuvent être utilisés seuls ou couplés entre eux.

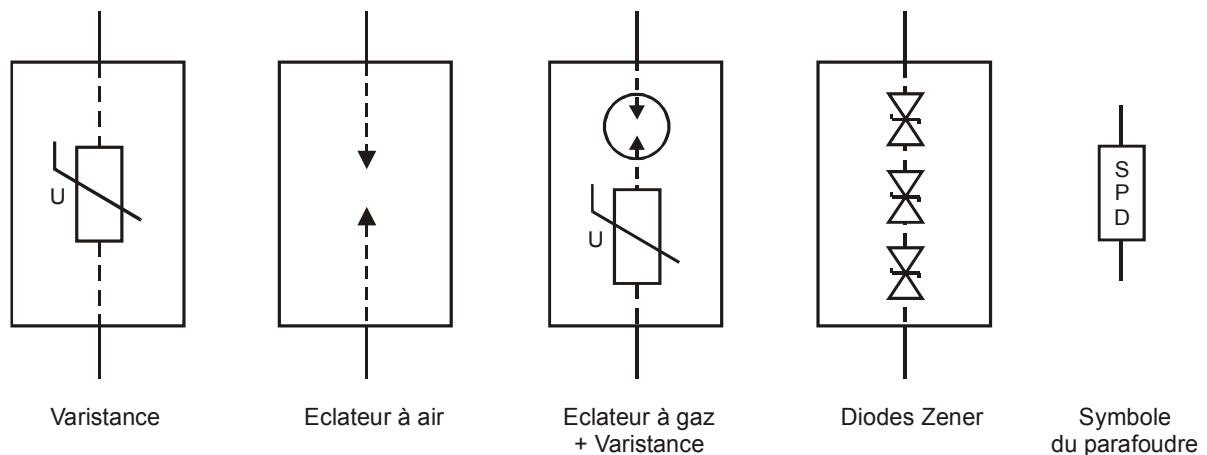
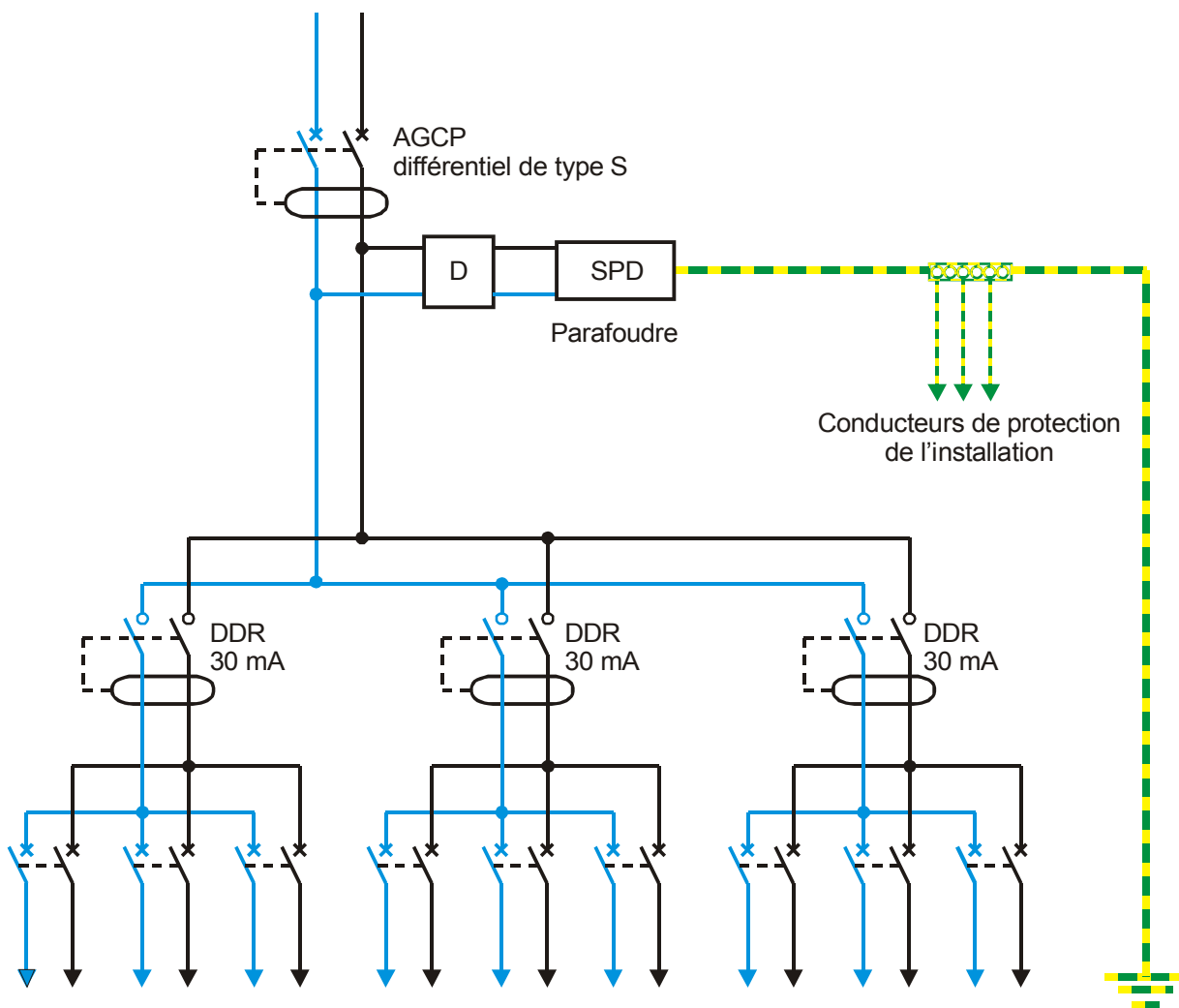


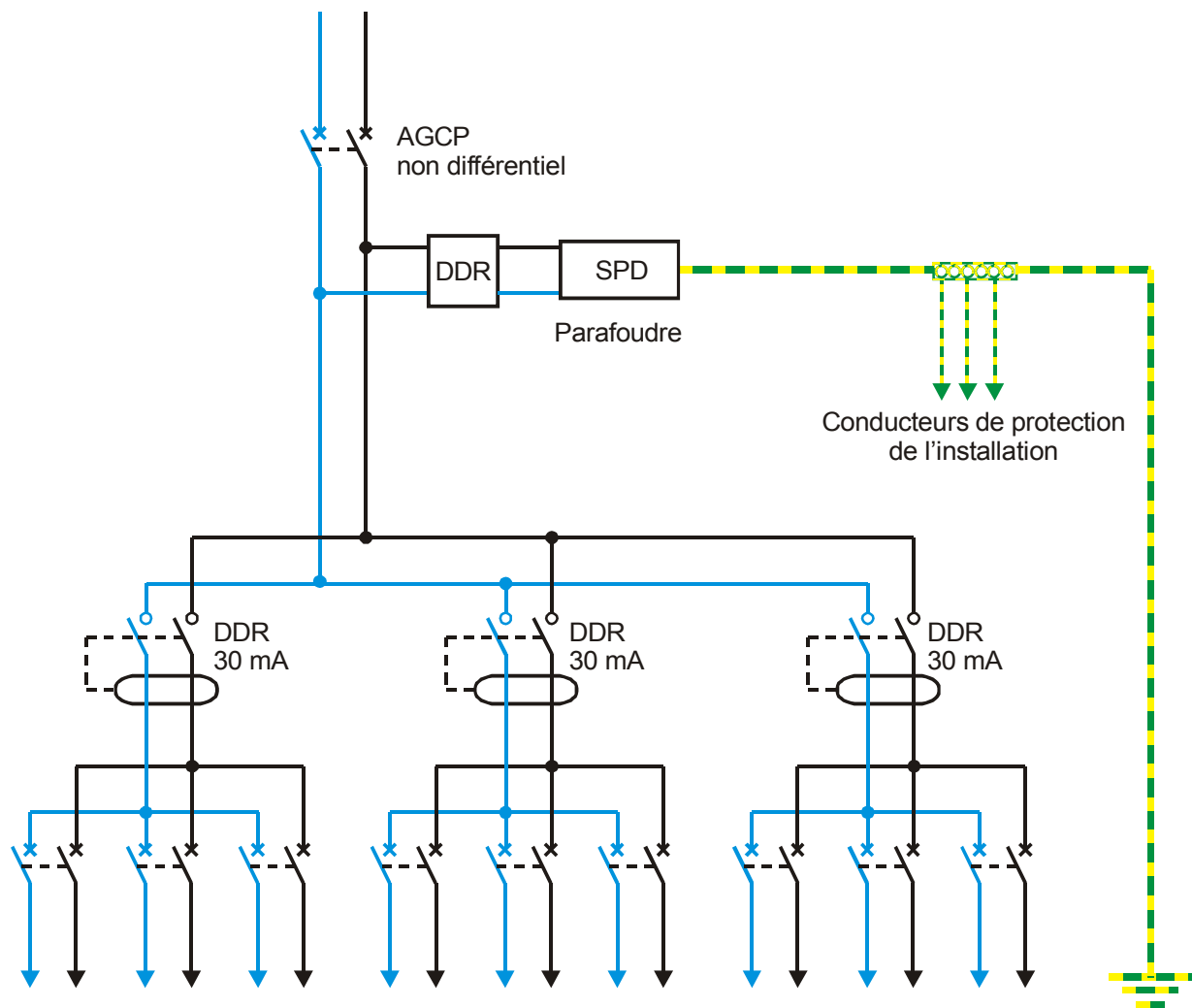
Figure B2 – Représentation schématique des différents composants et assemblages

Annexe C – Exemple de schémas d'installation de parafoudre (cas d'un schéma TT)



D : Dispositif de protection contre les surintensités du parafoudre

Figure C1 – Exemple de schéma de principe d'une installation protégée contre les surtensions d'origine atmosphérique par un parafoudre installé à l'origine de l'installation, avec dispositif différentiel en amont.



DDR : Dispositif de protection différentiel et dispositif de protection contre les surintensités du parafoudre

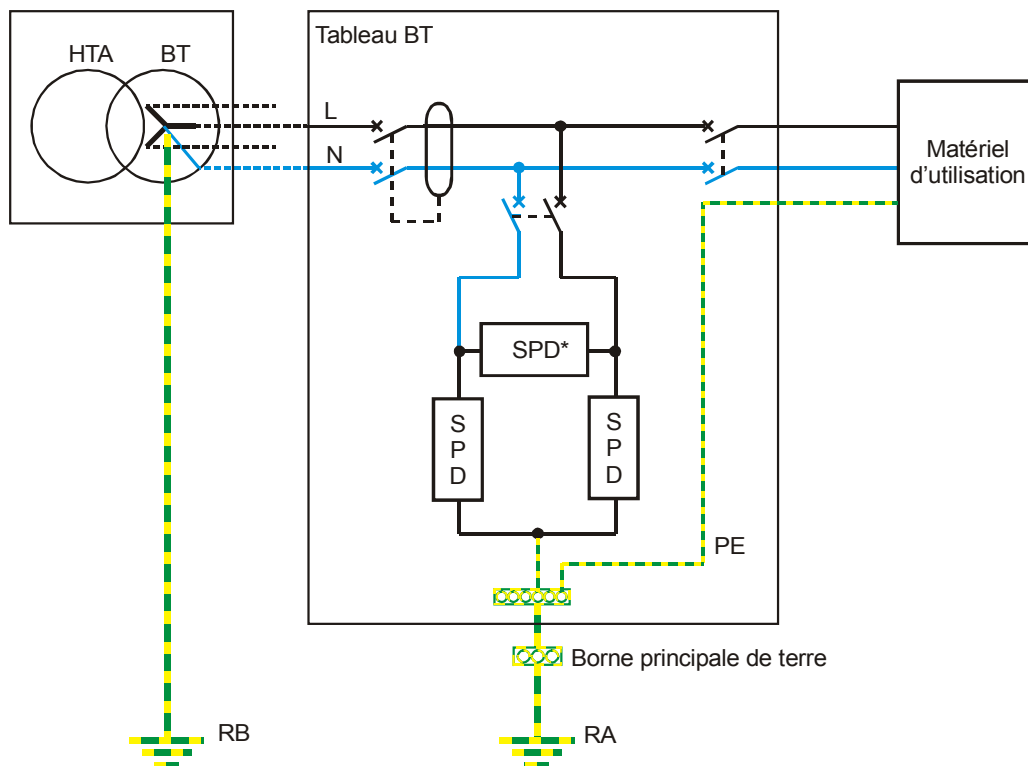
Figure C2 – Exemple de schéma de principe d'une installation protégée contre les surtensions d'origine atmosphérique par un parafoudre à l'origine de l'installation, sans dispositif différentiel en amont

NOTE – La protection par isolation supplémentaire lors de l'installation est exigée entre le disjoncteur général et les dispositifs différentiels placés à l'origine des circuits ou groupes de circuits (voir NF C 15-100, 558.3.4.2).

Annexe D – Schémas d'installation des parafoudres selon les différents schémas des liaisons à la terre

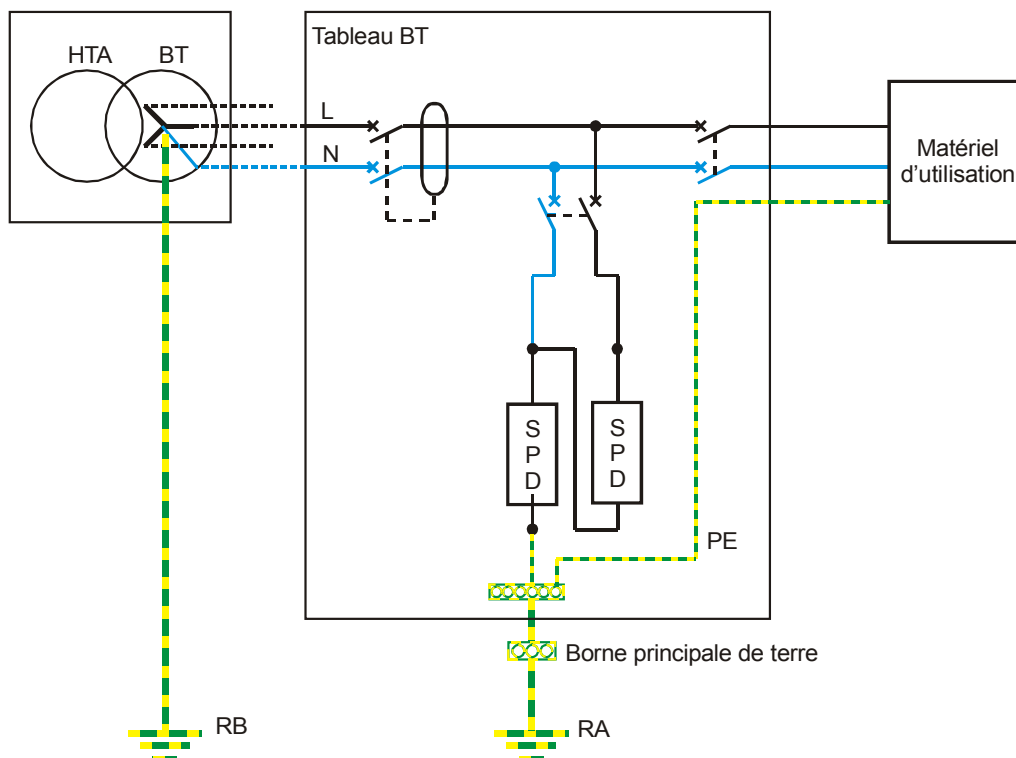
D1 – Schéma TT alimentation Phase /Neutre

D1a – Utilisation du mode de connexion C1 (voir 7.1)

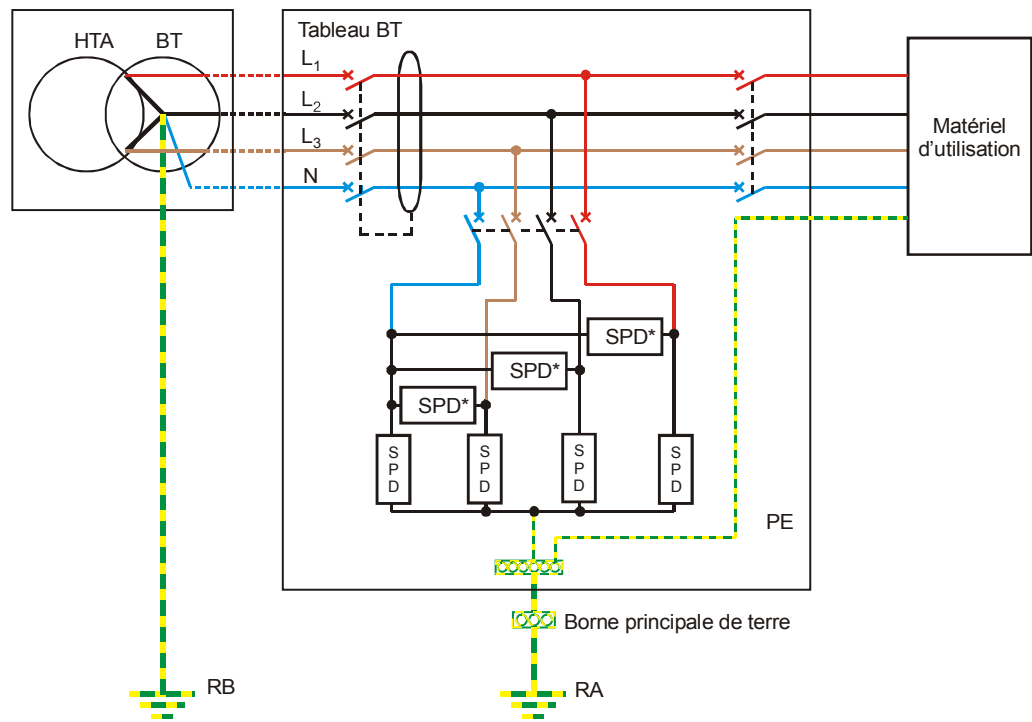


* parafoudre entre phase et neutre recommandé conformément au tableau 4 de 7.1.1

D1b – Utilisation du mode de connexion C2 (voir 7.1)

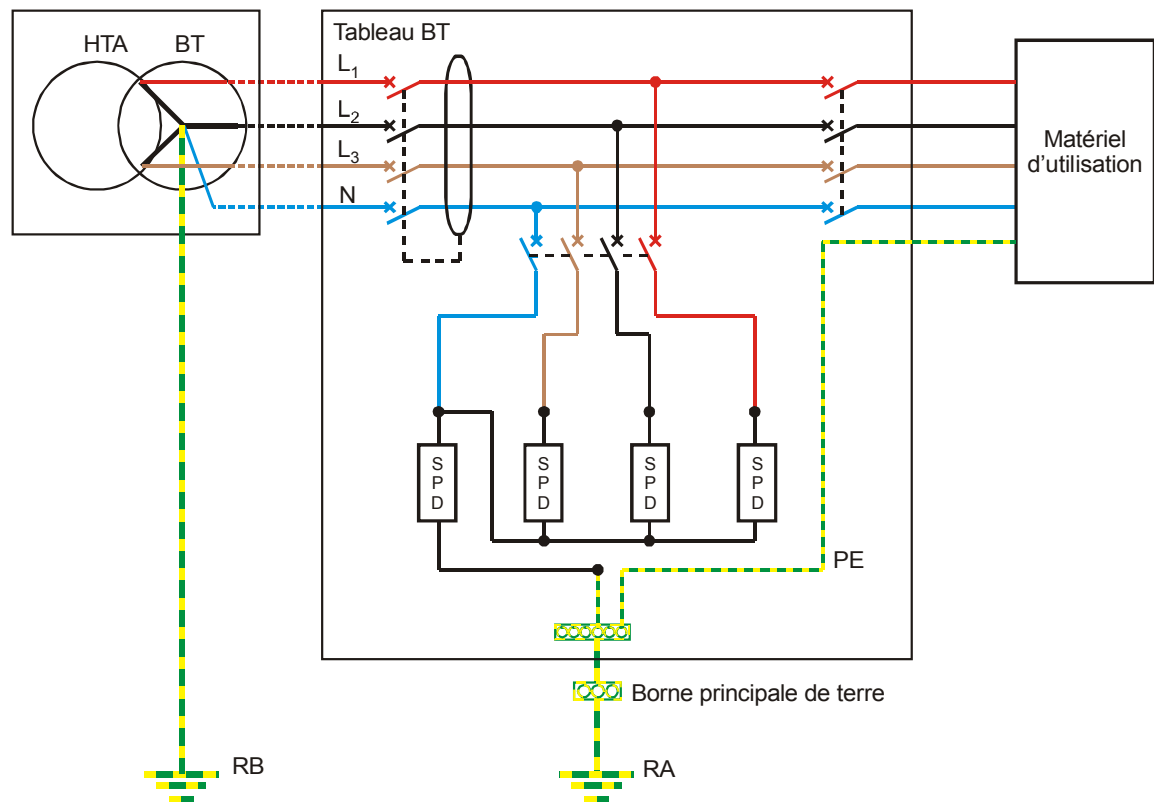


D2 – Schéma TT alimentation triphasée plus neutre
D2a – Utilisation du mode de connexion C1

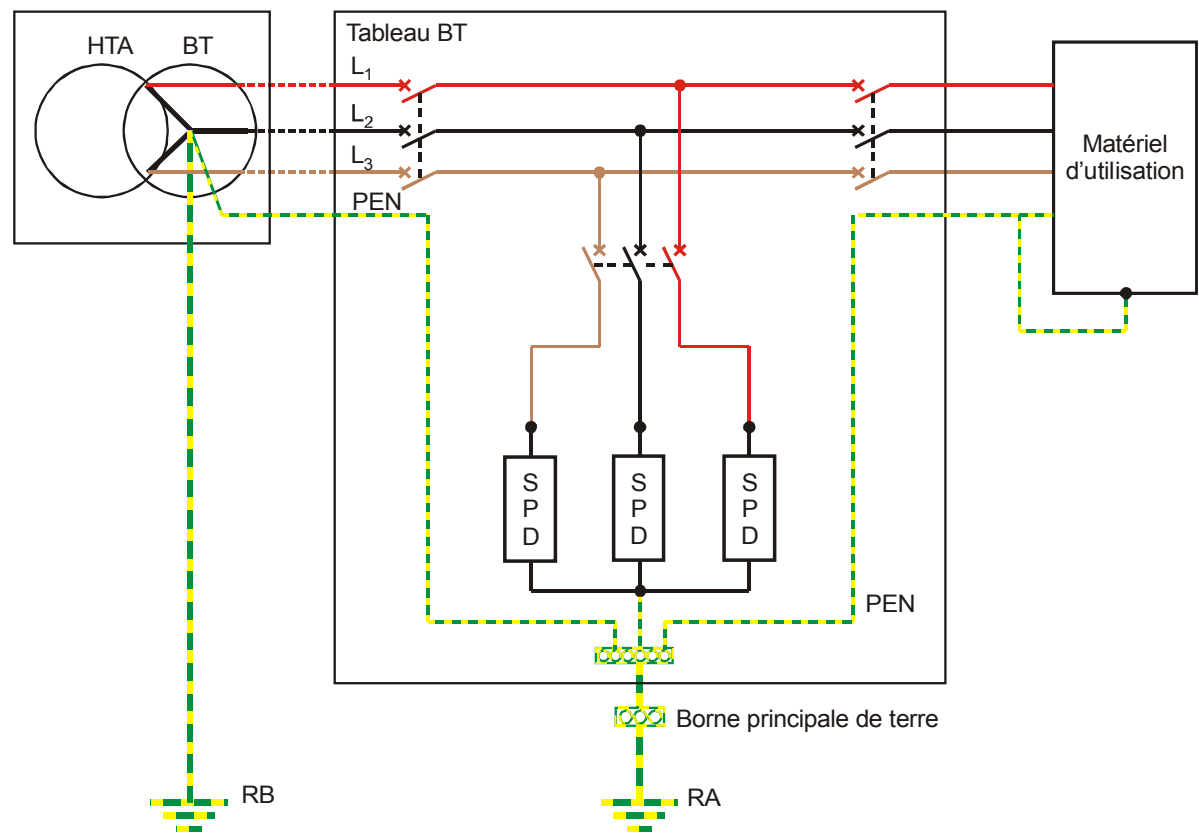


* parafoudre entre phase et neutre recommandé conformément au tableau 4 de 7.1.1

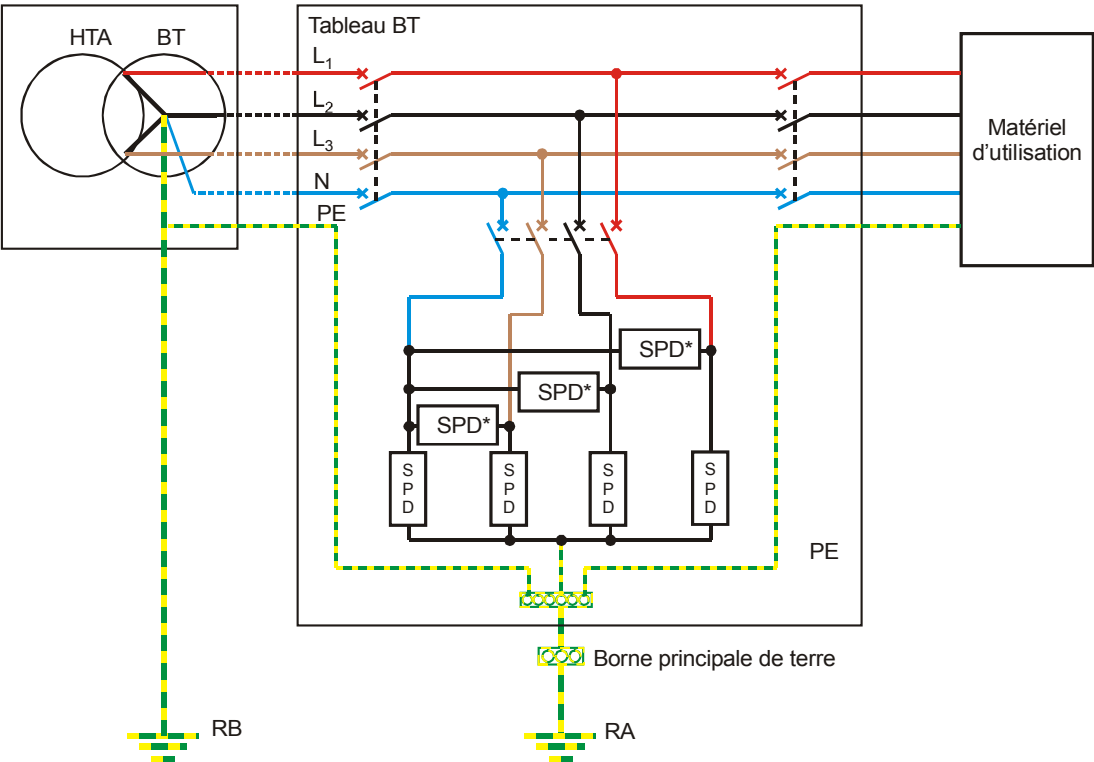
D2b – Utilisation du mode de connexion C2



D3 – Schéma TN-C alimentation triphasée - Utilisation du mode de connexion C1

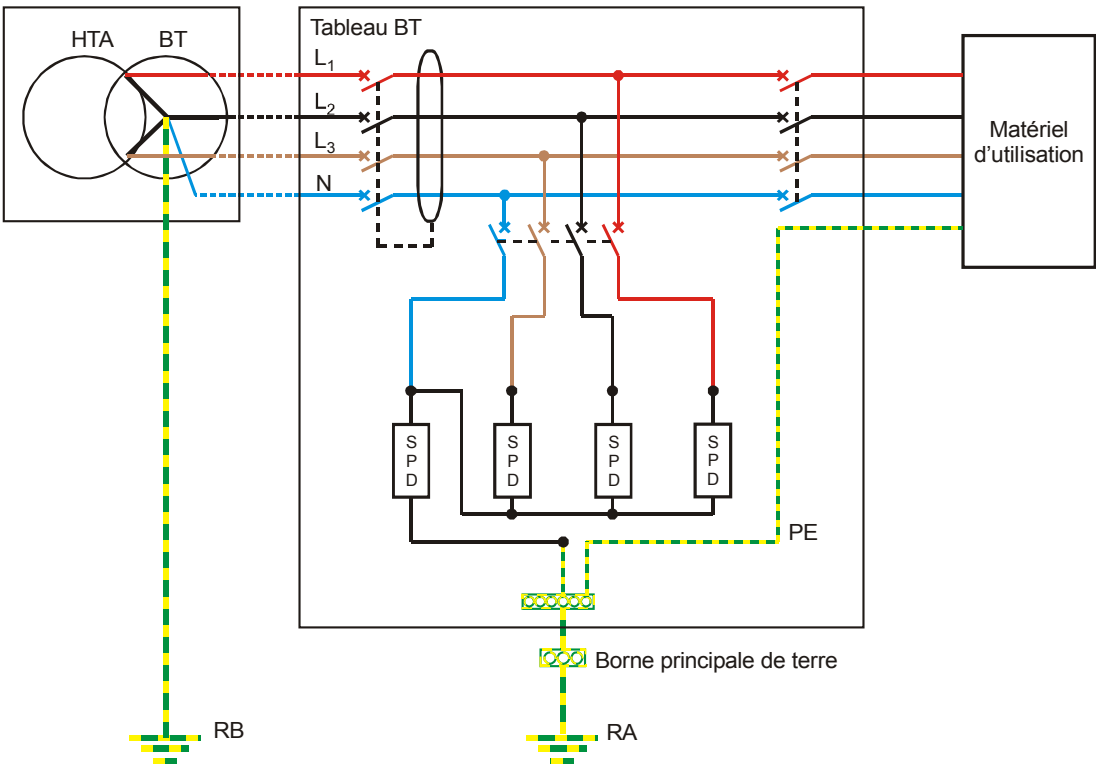


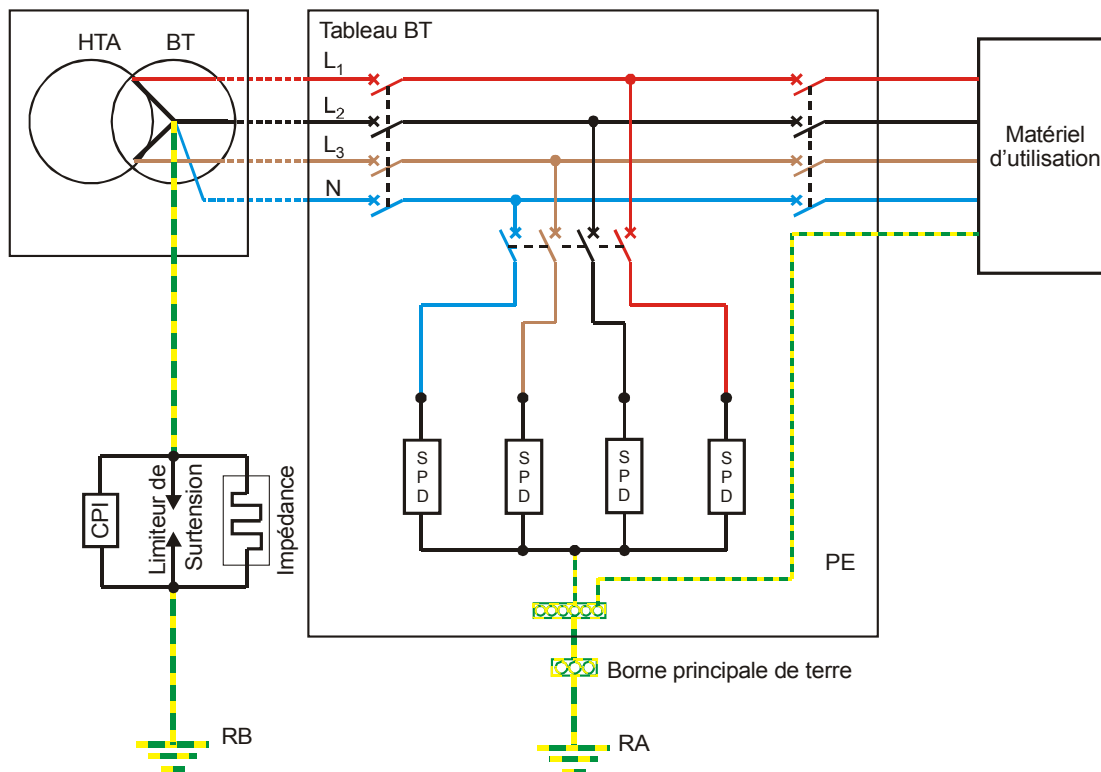
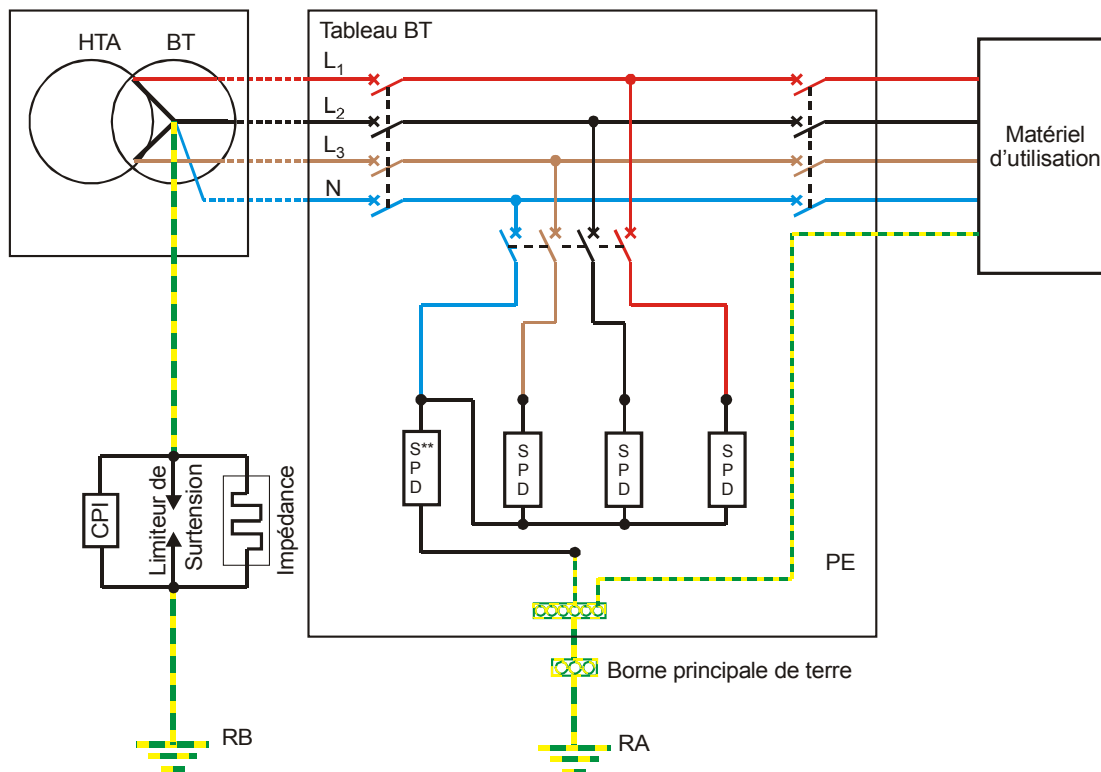
D4 – Schéma TN-S alimentation triphasée plus neutre
D4a – Utilisation du mode de connexion C1



* parafoudre entre phase et neutre recommandé conformément au tableau 4 de 7.1.1

D4b – Utilisation du mode de connexion C2

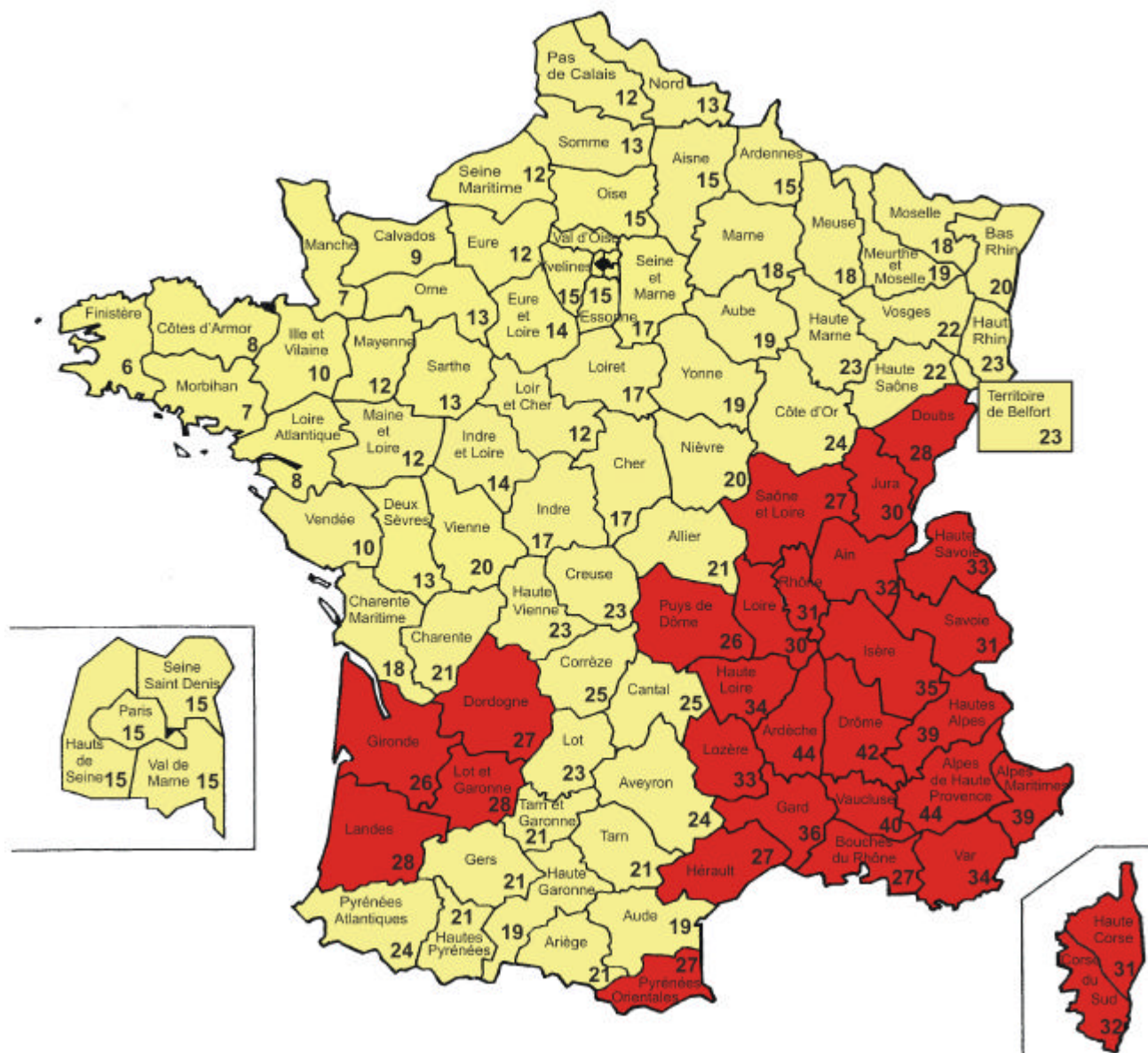


D5 – Schéma IT alimentation triphasée avec ou sans neutre**D5a – Utilisation du mode de connexion C1****D5b – Utilisation du mode de connexion C2**

** La valeur d'interruption du courant de suite de ce parafoudre installé entre neutre et PE doit être égale à la valeur utilisée pour les parafoudres installés entre phases et neutre.

Annexe E – Niveaux kérauniques N_k en France et dans les DOM

Note - Pour obtenir la densité de foudroiement correspondante (N_g), il suffit de diviser N_k par 10



Réunion : $N_k = 20$

Guyane/Martinique/Guadeloupe : $N_k = 40$

Saint-Pierre et Miquelon : $N_k = 1$

>25 (AQ2)

≤ 25 (AQ1)

Annexe F – Coordination entre parafoudres de type 2

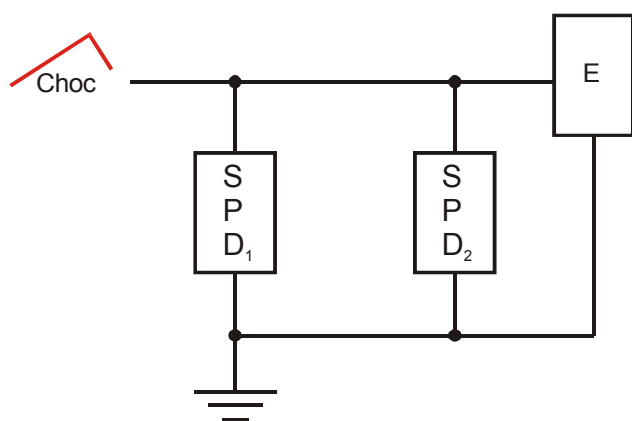
F1 – Coordination entre parafoudres

Lorsque plusieurs parafoudres sont utilisés dans une même installation, il est nécessaire de les coordonner afin de s'assurer de leur comportement face à une surtension.

NOTE – Les paragraphes suivants traitent de la coordination des parafoudres entre conducteurs actifs et terre. Un besoin de coordination similaire existe pour les parafoudres entre phases et neutre.

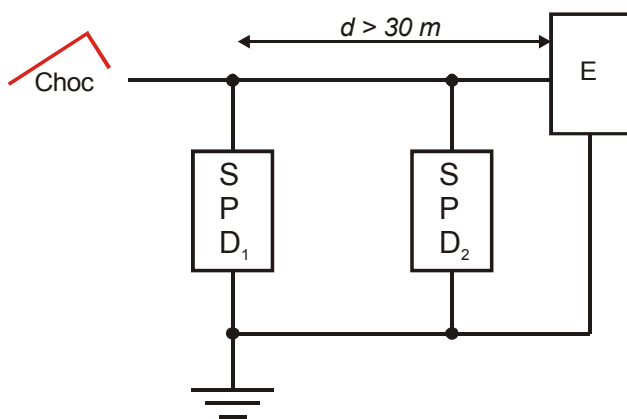
Ceci est en général le cas quand :

- a) le parafoudre de tête, dimensionné pour résister aux courants de foudre à l'origine de l'installation, a un niveau de protection trop élevé pour les matériels de l'installation.



- E Matériel à protéger avec un niveau de protection de 1,5 kV.
- SPD₁ Parafoudre de tête dimensionné avec I_n et I_{max} adéquats face aux courants de foudre susceptibles de survenir et avec niveau de protection 2,5 kV. Ce niveau est trop élevé par rapport à la tenue du matériel à protéger.
- SPD₂ Parafoudre à proximité du matériel à protéger avec niveau de protection adapté et coordonné avec SPD₁.

- b) les matériels sensibles sont trop loin du parafoudre de tête.



- E Matériel à protéger avec un niveau de protection de 1,5 kV.
- SPD₁ Parafoudre en tête dimensionné avec I_n et I_{max} adéquats face aux courants de foudre susceptibles de survenir et avec niveau de protection 1,5 kV. Ce niveau de 1,5 kV est acceptable en principe, bien qu'il n'y ait alors pas de marge, mais la distance d est trop élevée.
- SPD₂ Parafoudre à proximité du matériel à protéger avec niveau de protection adapté et coordonné avec SPD₁.

Figure F1 – Mise en cascade de parafoudres

F2 – Règles générales de la coordination

Dans le cas simple mais fréquent de deux parafoudres à base de varistances ZnO (voir figure F2), on peut expliquer la nécessité de la coordination.

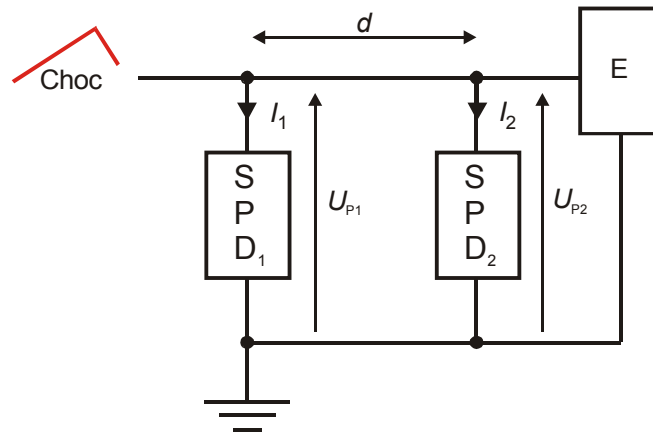


Figure F2 – Cas de 2 parafoudres

Soit une onde 8/20 d'amplitude $I_{\max 1}$ (courant supporté par le premier parafoudre). On s'intéresse alors à la partie I_2 du courant circulant dans le deuxième parafoudre. Ces deux parafoudres sont mal coordonnés si le courant I_2 est supérieur à $I_{\max 2}$. En effet, dans ce cas, le deuxième parafoudre sera détruit alors que le premier parafoudre restera intact.

Le parafoudre à l'origine de l'installation étant déterminé et toutes choses étant égales par ailleurs, les règles générales de coordination sont les suivantes :

- Plus la distance (d) augmente entre les deux parafoudres et plus I_2 diminue (voir figure F3). Plus l'impédance entre les deux parafoudres augmente et plus le deuxième parafoudre est indépendant du parafoudre de tête.

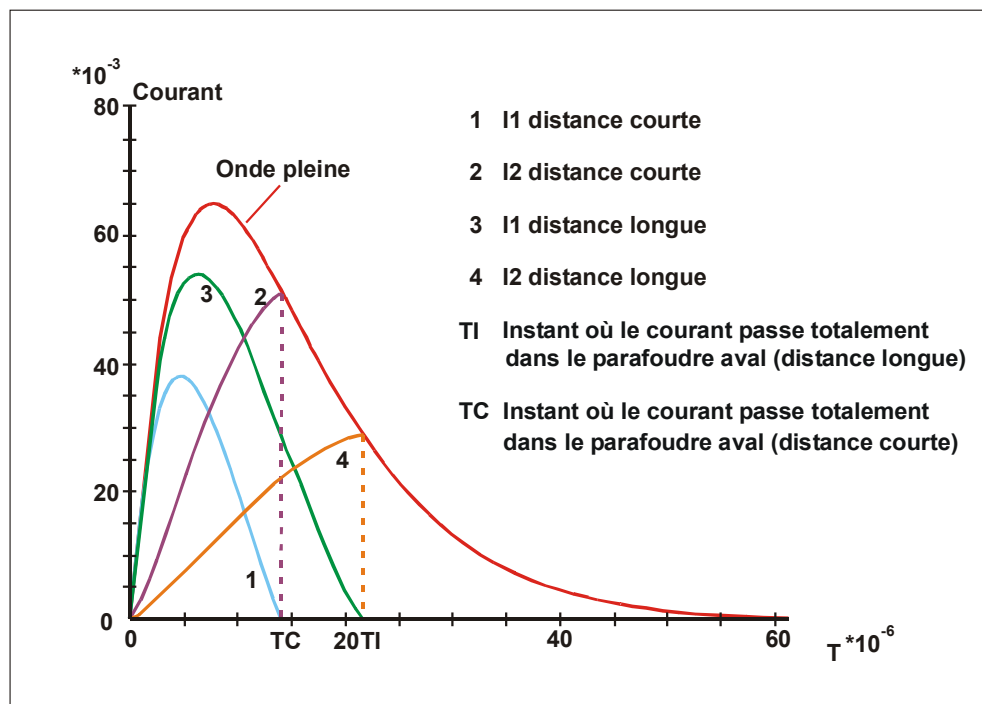


Figure F3 – Répartition des courants entre deux parafoudres en cascade en fonction de la distance les séparant

- Plus U_{p2} est faible par rapport à U_{p1} et plus I_2 augmente.
Plus le niveau de protection du deuxième parafoudre est faible par rapport au premier et plus il faudra augmenter la distance pour optimiser le partage du courant.
- Plus I_{max2} est faible par rapport à I_{max1} et plus il faut augmenter la distance entre les deux parafoudres pour assurer une bonne coordination entre deux parafoudres.
Plus la tenue du deuxième parafoudre est faible par rapport au premier et plus il faudra augmenter la distance pour le découpler correctement.

NOTE – Pour la coordination, I_{max} est pris en compte et non I_n .

Le tableau F1 donne des valeurs de distances utilisables pour la coordination de deux varistances ZnO suivant le schéma de la figure F2, qui permettent de s'affranchir d'une étude de coordination. Il convient de noter que ces distances peuvent être considérablement réduites par la réalisation d'une étude de coordination appropriée.

Ces valeurs ne tiennent compte ni des tolérances de fabrication, ni des dispositifs en série avec le parafoudre (dispositif de protection, ...). Elles peuvent être ajustées en accord avec le fabricant des deux parafoudres.

**Tableau F1 – Distances utilisables entre deux parafoudres
ZnO en l'absence d'une étude de coordination**

Premier parafoudre			Deuxième parafoudre			Distance minimale entre les deux parafoudres (d)
U_{p1} Niveau de protection	I_{max1} Courant maximal	I_{n1} Courant nominal	U_{p2} niveau de protection	I_{max2} Courant maximal	I_{n2} Courant nominal	
kV	kA	kA	kV	kA	kA	
2,5	40	20	1,5	10	5	20
2,0	40	20	1,5	10	5	10
1,8	20	10	1,5	10	5	5
2,5	10	5	1,5	4	2	10
1,5	10	5	1,2	4	2	5

Dans le cas d'autres technologies ou si l'on souhaite avoir plus de précisions, il convient de réaliser soit des essais, soit des modélisations. Ceci est en général complexe et il est souhaitable de se rapprocher du constructeur des parafoudres pour obtenir les informations nécessaires.

Annexe G – Cas où le bâtiment est équipé de paratonnerres

G1 – Généralités

Les articles ci-dessous reprennent uniquement les paragraphes du guide qui sont complétés ou modifiés dans le cas d'un bâtiment protégé par paratonnerre.

Dans le cas des bâtiments intégrant le poste de transformation, si la prise de terre du neutre du transformateur est confondue avec la prise de terre des masses interconnectée à la prise de terre du paratonnerre, la mise en œuvre de parafoudres n'est pas obligatoire.

G2 – Choix des parafoudres

L'utilisation conjointe de parafoudres de type 1 avec des paratonnerres est obligatoire afin de réaliser l'équipotentialité entre le réseau d'énergie et la prise de terre du paratonnerre. Les parafoudres utilisés à l'origine de l'installation sont du Type 1.

Dans le cas de bâtiment de hauteur supérieure à 10 m, afin de répartir les contraintes entre les étages, il est recommandé d'installer aussi des parafoudres de type 2 (à l'origine de chaque installation privative ou à chaque étage) coordonnés avec le parafoudre type 1 placé à l'origine.

Les informations sur cette coordination sont fournies par les constructeurs.

Dans le cas d'immeubles équipés de paratonnerre et comportant plusieurs installations privatives, le parafoudre de type 1 ne pouvant être mis en œuvre à l'origine de l'installation est remplacé par des parafoudres de type 2 ($I_n \geq 5$ kA) placés à l'origine de chacune des installations privatives.

G2a – Courant de choc I_{imp} Caractéristiques électriques principales

Le courant I_{imp} minimum est de 12,5 kA.

Des valeurs plus élevées peuvent être nécessaires suite à une étude d'ingénierie du paratonnerre.

G2b – Niveau de protection U_p

La règle générale du niveau de protection de 2,5 kV doit être respectée en tête d'installation.

Dans le cas particulier où un seul parafoudre ne permet pas d'atteindre ce niveau compte tenu du niveau de courant I_{imp} nécessaire, il est possible d'utiliser deux parafoudres coordonnés (parafoudre de tête de type 1 et parafoudre aval de type 2). Dans ce cas, le parafoudre de tête peut avoir un niveau $U_p \leq 4$ kV.

La protection sera complétée par l'installation d'un parafoudre complémentaire selon les deux situations suivantes :

- Un matériel de catégorie II est installé à moins de 30 m de l'origine de l'installation : un parafoudre aval U_p 2,5 kV (ou 1,5 kV si nécessaire, voir 3.3.2.1) doit être installé à proximité du premier.
- Seuls des matériels de catégorie III sont installés à moins de 30 m de l'origine de l'installation, par dérogation, il est admis d'installer le parafoudre aval 2,5 kV (ou 1,5 kV si nécessaire, voir 3.3.2.1) à proximité des équipements de protéger.

La valeur du niveau de protection U_p du parafoudre d'entrée doit être en conformité avec les exigences du tableau G1 ci-dessous.

Tableau G1 – Définition des valeurs U_p pour les parafoudres complémentaires

Tenue aux chocs du matériel installé à moins de 30 m de canalisation de l'origine de l'installation	U_p du parafoudre placé à l'origine de l'installation	Tenue aux chocs du matériel installé à plus de 30 m de canalisation de l'origine de l'installation	U_p du parafoudre complémentaire placé à proximité du matériel à protéger
Catégorie II	$\leq 2,5$ kV	Catégorie II	$\leq 2,5$ kV
		Catégories III et IV	Parafoudre non nécessaire
Catégories III et IV	≤ 4 kV (1)	Catégorie II ou III	$\leq 2,5$ kV
		Catégorie IV	Parafoudre non nécessaire
(1) Voir la dérogation précisée en G.1.2.2.			

G3 – Section des conducteurs de raccordement au réseau

En présence d'un paratonnerre, les conducteurs de terre des parafoudres doivent avoir une section minimale de 10 mm² en cuivre.

G4 – Effet de la foudre sur l'installation en présence d'un paratonnerre

Un paratonnerre est destiné à protéger une structure en offrant à la foudre un chemin d'écoulement privilégié à la terre. Lors de cet écoulement, deux phénomènes interviennent :

- Montée en potentiel des terres : tout bâtiment ayant sa prise de terre commune, ou couplée avec la prise de terre d'un paratonnerre, voit cette prise de terre soumise à une élévation de potentiel, suite à un coup de foudre.
- Dérivation d'une partie du courant de foudre dans le réseau ; ceci conduit à injecter, dans les installations électriques des bâtiments reliés au réseau, une partie du courant de foudre.

On considère en général, compte tenu de l'atténuation dans les câbles, qu'au-delà d'une longueur de 500 m mesurée entre le paratonnerre et le bâtiment considéré, l'injection de courant depuis le paratonnerre devient négligeable.

NOTE – Peut également avoir un effet équivalent à celui d'un paratonnerre toute structure dont la hauteur est supérieure à la hauteur du bâtiment: arbres, cheminées d'usines, etc.

La protection des bâtiments contre la foudre fait l'objet des normes NF C 17-100 et NF C 17-102.

Annexe H – Exemples pratiques de câblage pour répondre à la règle des 0,50 m (cas du schéma TT)

L'efficacité d'un parafoudre dépend en partie de son installation selon les règles de l'art. En particulier, les longueurs de raccordement du parafoudre et de son dispositif de protection doivent être aussi courtes que possibles c'est à dire $L_1 + L_2 + L_3 \leq 0,5 \text{ m}$. (Voir 8.4.2)

Pour réaliser cette condition, une solution consiste à raccorder le conducteur principal de protection à la borne de terre placée le plus près possible du parafoudre en rajoutant éventuellement une borne de terre intermédiaire (voir schémas ci-dessous).

A noter que les longueurs :

- de la borne principale de terre à la borne de terre intermédiaire,
 - de la borne de terre intermédiaire à la borne de terre,
- ne sont pas à comptabiliser dans les 0,50 m.

H1 – Cas général

H1a – Alimentation Phase/Neutre et câble PE opposés

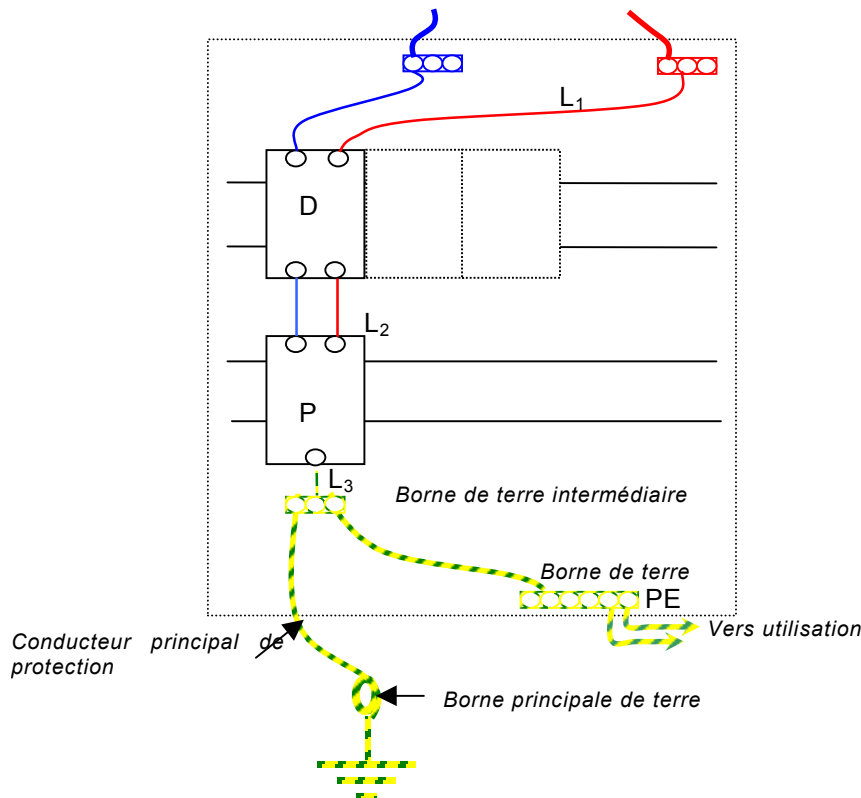


Figure H1 – Exemple de câblage

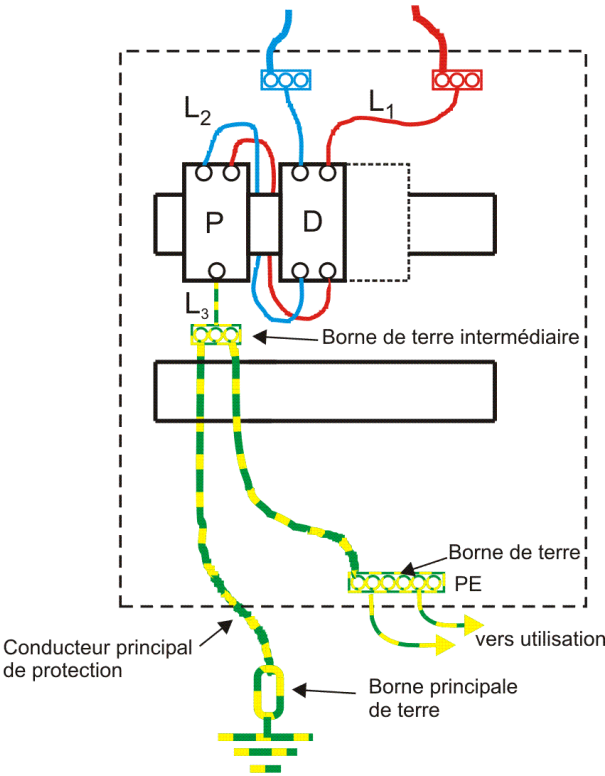


Figure H2 – Exemple de câblage

H1b – Alimentation Phase/Neutre/PE au même niveau

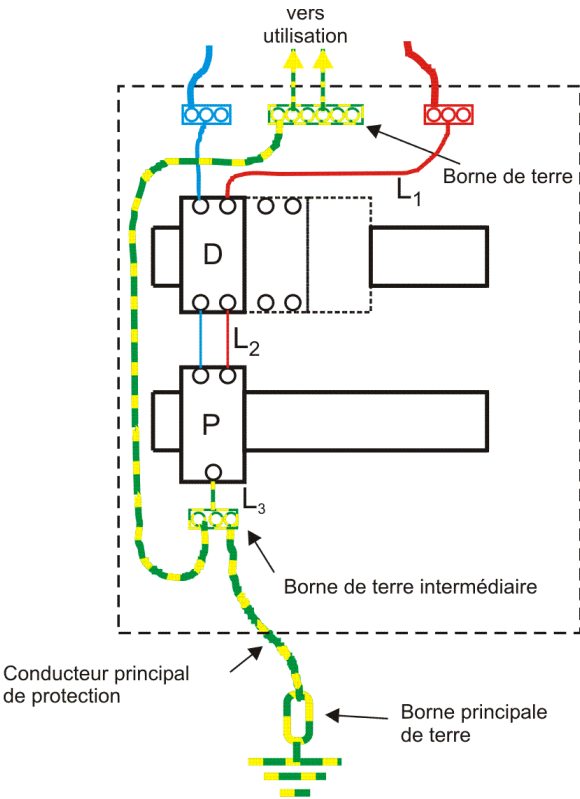


Figure H3 – Exemple de câblage

H1c – Cas d'un ensemble d'appareillage avec enveloppe métallique

Dans le cas d'utilisation d'ensemble d'appareillage avec enveloppe métallique, si l'enveloppe est utilisée comme conducteur de protection, l'ensemble d'appareillage doit être conforme à la norme NF EN 60439-1 (C 63-421). Le constructeur de l'ensemble d'appareillage doit s'assurer que les caractéristiques de l'enveloppe permettent cette utilisation.

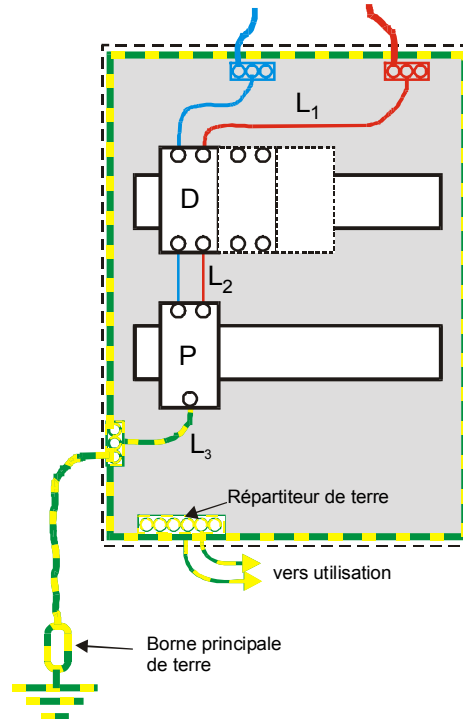


Figure H4 – Exemple de câblage

9 PARAFOUDRES POUR RESEAUX DE COMMUNICATION

9.1 Domaine d'application

Le présent article indique les conditions relatives au choix et la mise en œuvre des parafoudres destinés à protéger les installations raccordées directement à des réseaux externes de communication filaires (transmission voix, données, images, commande, signalisation,...), ainsi que les matériels qui y sont connectés.

Ce guide concerne les parafoudres installés en aval du point de livraison (dans la partie privative) de l'installation de communication.

Il ne traite pas de la protection des réseaux de distribution qui sont de la responsabilité des opérateurs. De même il ne traite pas des réseaux qui ne sont pas raccordés directement à des réseaux externes de communication, mais peut servir de base pour la protection de ceux-ci.

9.2 Surtensions dans les réseaux de communication

La foudre est une des premières causes de perturbations et de destructions de terminaux connectés aux services de communication filaires.

Comme pour les réseaux à basse tension, les surtensions transitoires peuvent apparaître sur les réseaux filaires de communication et perturber les matériels qui y sont connectés. Les mécanismes d'apparition des surtensions sur les réseaux de communications sont similaires à ceux des réseaux basse tension (voir 2.2).

De plus une contrainte supplémentaire apparaît pour les équipements de communication, en effet, un coup de foudre proche induit des surtensions sur les lignes électriques basse tension et les lignes de communication. En conséquence, les interfaces d'alimentation et de communication d'un même matériel peuvent se retrouver à des références de potentiels différentes et un amorçage peut se produire entre elles.

Le schéma ci-dessous décrit un exemple d'équipement connecté à deux réseaux (basse tension et communication) dont les points d'entrées sont géographiquement éloignés (ou séparés) l'un de l'autre.

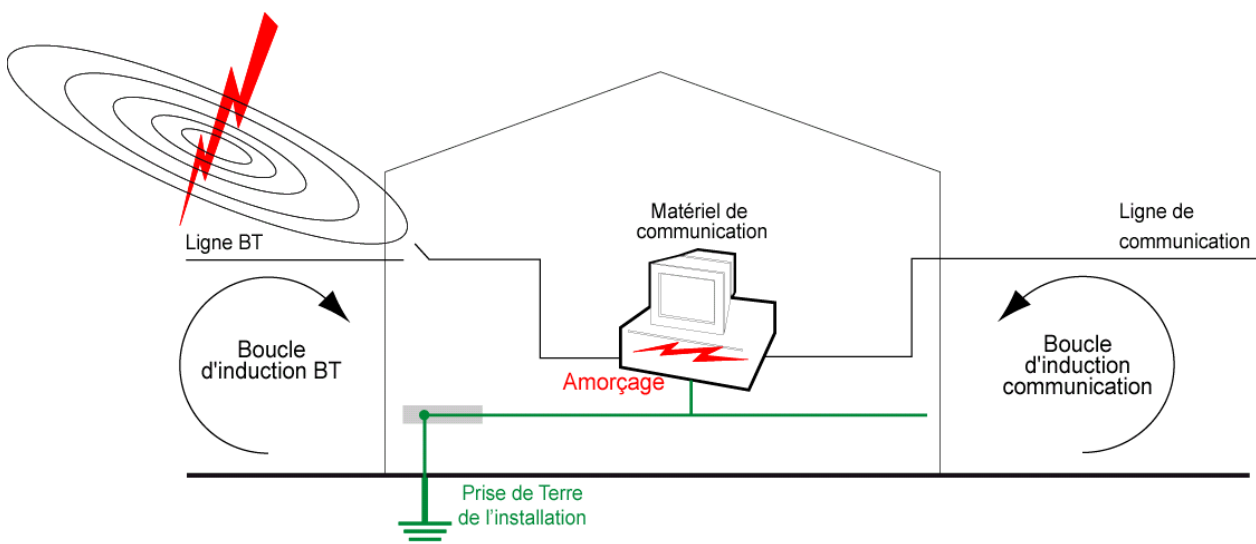


Figure 11 – Equipement connecté à deux réseaux soumis à des surtensions

Pour la protection d'une installation de communication contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique, il convient d'installer des parafoudres visant à limiter de manière la plus efficace possible la propagation des surtensions ainsi que les différences de potentiels entre les réseaux. Ces parafoudres doivent être installés sur chacun des réseaux filaires de l'installation considérée et pas seulement sur le réseau d'énergie.

9.3 Matériels à protéger

Les équipements connectés aux réseaux de communications sont particulièrement sensibles aux surtensions transitoires et ont une tenue aux chocs réduite.

Les conséquences des surtensions peuvent aller de la perte d'information, du fonctionnement erratique (en cas de dépassement du niveau d'immunité du terminal) à la destruction des équipements (en cas de dépassement du niveau de tenue aux chocs du terminal).

Pour les équipements de télécommunication, la norme NF EN 60950 (C 77-210) définit un niveau de tenue aux chocs de 1,5 kV sur les entrées de communication.

Pour certains types de terminaux, la tenue aux chocs n'est pas toujours définie par les normes de référence et doit donc être obtenue auprès du constructeur du matériel.

9.4 Les parafoudres pour réseaux de communication

9.4.1 Généralités

Les parafoudres pour réseaux de communication sont conçus pour protéger les équipements connectés aux réseaux de communication contre les surtensions transitoires, en limitant leur niveau à une valeur compatible avec la tenue des équipements.

Les parafoudres pour réseau de communication peuvent être associés à des dispositifs supplémentaires protégeant contre les surtensions à fréquence industrielle ou contre les surintensités.

9.4.2 Principe de fonctionnement

En l'absence de surtension transitoire, le parafoudre n'a pas d'influence significative sur les caractéristiques de fonctionnement de l'installation où il est connecté, notamment en terme de qualité de transmission.

Lors de l'apparition d'une surtension transitoire, le parafoudre diminue sa propre impédance et dérive ainsi le courant de choc afin de limiter la tension à ses bornes. Sa capacité à limiter la tension résiduelle à ses bornes assure le niveau de protection.

Le parafoudre retrouve son impédance élevée d'origine après le passage de la surtension transitoire.

Les parafoudres pour réseau de communication sont principalement basés sur la mise en œuvre de trois types de composants :

- les éclateurs à gaz,
- les varistances à l'oxyde de zinc ou au carbure de silicium,
- les diodes d'écrêtage.

(voir annexe B)

Ces différents composants peuvent être utilisés seuls ou couplés entre eux afin améliorer leurs performances en terme de courant de décharge ou de niveau de protection.

9.4.3 Caractéristiques des parafoudres pour réseaux de communication

Les parafoudres pour réseaux de communication doivent être conformes à la norme NF EN 61643-21 (C 61-744-21).

Les paramètres suivants, définis dans cette norme, sont à prendre en compte pour le dimensionnement des parafoudres :

- a) U_c : Tension maximale de service permanent
- b) Caractéristiques en transmission
- c) U_p : Niveau de protection
- d) I_n : Courant nominal de décharge appelé endurance en impulsion dans la norme de référence

9.4.3.1 Tension maximale de service permanent U_c

C'est la valeur maximale de la tension (en continu ou en valeur efficace) spécifiée, admissible qui peut être appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre sans affecter son fonctionnement. Cette tension doit être supérieure à la tension maximale du réseau de communication.

9.4.3.2 Caractéristiques en transmission

Le parafoudre ne doit pas perturber la transmission du matériel qu'il protège : il doit donc notamment fonctionner à la fréquence maximale de service de la ligne, ce qui peut être défini par les paramètres suivants :

- Capacité parasite (en nF)
- Perte d'insertion (en dB)
- Facteur d'adaptation (en dB)
- Affaiblissement de conversion longitudinal (ACL) (en dB)
- Taux d'erreur binaire (TEB)
- Paradiaphonie (en dB)

La prise en compte de ces différentes caractéristiques dépend du type de transmission et d'application.

La perte d'insertion (pour l'ensemble des types de transmissions) ainsi que le facteur d'adaptation (pour les liaisons haute fréquence) sont les caractéristiques les plus significatives.

9.4.3.3 Niveau de protection U_p

Principal paramètre qui caractérise les performances de protection du parafoudre par limitation de la tension entre ses bornes. Il doit être inférieur à la tenue aux chocs du matériel à protéger.

9.4.3.4 Courant nominal de décharge I_n

Le courant nominal de décharge est caractérisé par la résistance à un certain nombre de décharges en courant et tension.

Dans le présent guide, le niveau de tenue en endurance en impulsionnel est défini par la catégorie C2 du tableau 3 de la norme NF EN 61643-21 (C 61-744-21).

9.4.3.5 Caractéristiques de raccordement des parafoudres

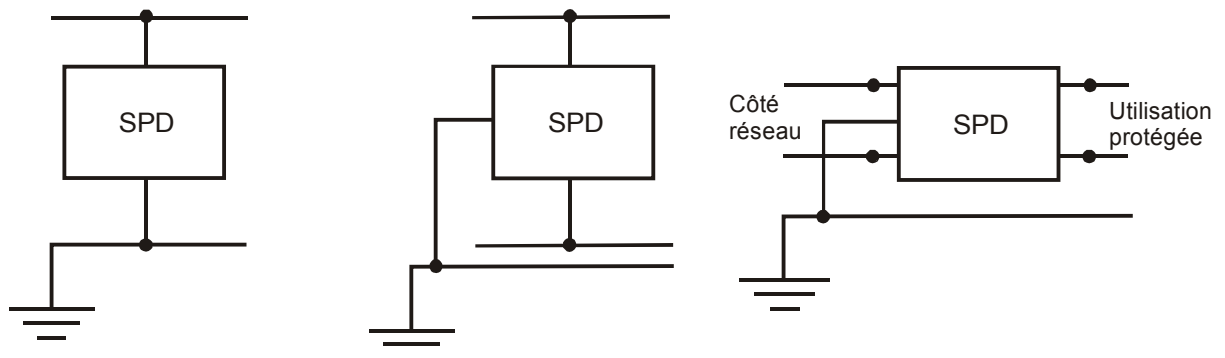
9.4.3.5.1 Configuration des parafoudres pour réseaux de communication

Les parafoudres pour réseau de communication sont classifiés en fonction de :

- leur nombre de bornes,
- leur mode d'insertion sur les circuits à protéger.

Les principales configurations sont :

- a) **Parafoudre à 2 bornes** : Parafoudre destiné à être connecté en dérivation entre un conducteur du circuit à protéger et le conducteur principal de protection.
- b) **Parafoudre à 3 bornes** : Parafoudre destiné à être connecté en dérivation entre une paire de conducteur à protéger et le conducteur principal de protection.
- c) **Parafoudre à 5 bornes** : Parafoudre destiné à être connecté en série sur la paire de conducteur à protéger et connecté au réseau de masse. Il est équipé de deux jeux de bornes, entrée et sortie séparées, d'une impédance série insérée entre le réseau et l'équipement, et d'une borne de connexion destinée à être raccordée au conducteur principal de protection.



SPD = Parafoudre

- a) Parafoudres à 2 bornes b) Parafoudre à 3 bornes c) Parafoudre à 5 bornes (2 ports)

Figure 12 – Types de parafoudres pour réseau de communication

9.4.3.5.2 Modes de protection

Les parafoudres sont installés pour prévenir des surtensions de mode commun et/ou de mode différentiel.

- Surtensions de mode commun : ce sont des surtensions apparaissant entre les conducteurs actifs et le conducteur de protection ou la terre.
- Surtensions de mode différentiel : ce sont des surtensions apparaissant entre les conducteurs actifs.

9.4.3.5.3 Modes de défaillance en fin de vie

En fin de vie, après avoir écoulé des courants de décharge au-delà des valeurs garanties par le constructeur, ou après avoir été sollicité par les surtensions à fréquence industrielle de longue durée (exemple : contact prolongé du réseau de communication avec le réseau basse tension), le ou les composant(s) actif(s) constituant le parafoudre passe en mode de défaillance.

Deux modes de défaillance sont possibles :

a) Défaillance en court circuit

Dans ce cas, le parafoudre va interrompre la transmission des signaux et donc informer de sa défaillance. De plus, la liaison étant court-circuitée à la terre, le matériel se trouve protégé contre d'éventuelles nouvelles surtensions.

b) Défaillance en circuit ouvert

Dès cet instant, le parafoudre ne peut plus assurer sa fonction et un indicateur signale obligatoirement sa défaillance pour pouvoir effectuer le remplacement.

9.5 Processus de choix et d'installation des parafoudres pour réseaux de communication

Le choix et les règles d'installation des parafoudres doivent suivre l'ordre suivant :

- a) Application des règles de la NF C 15-100 (9.6)
- b) Analyse du risque (9.7)
- c) Choix (9.8)
- d) Installation (9.9)

Ce processus est résumé dans le logigramme ci-dessous.

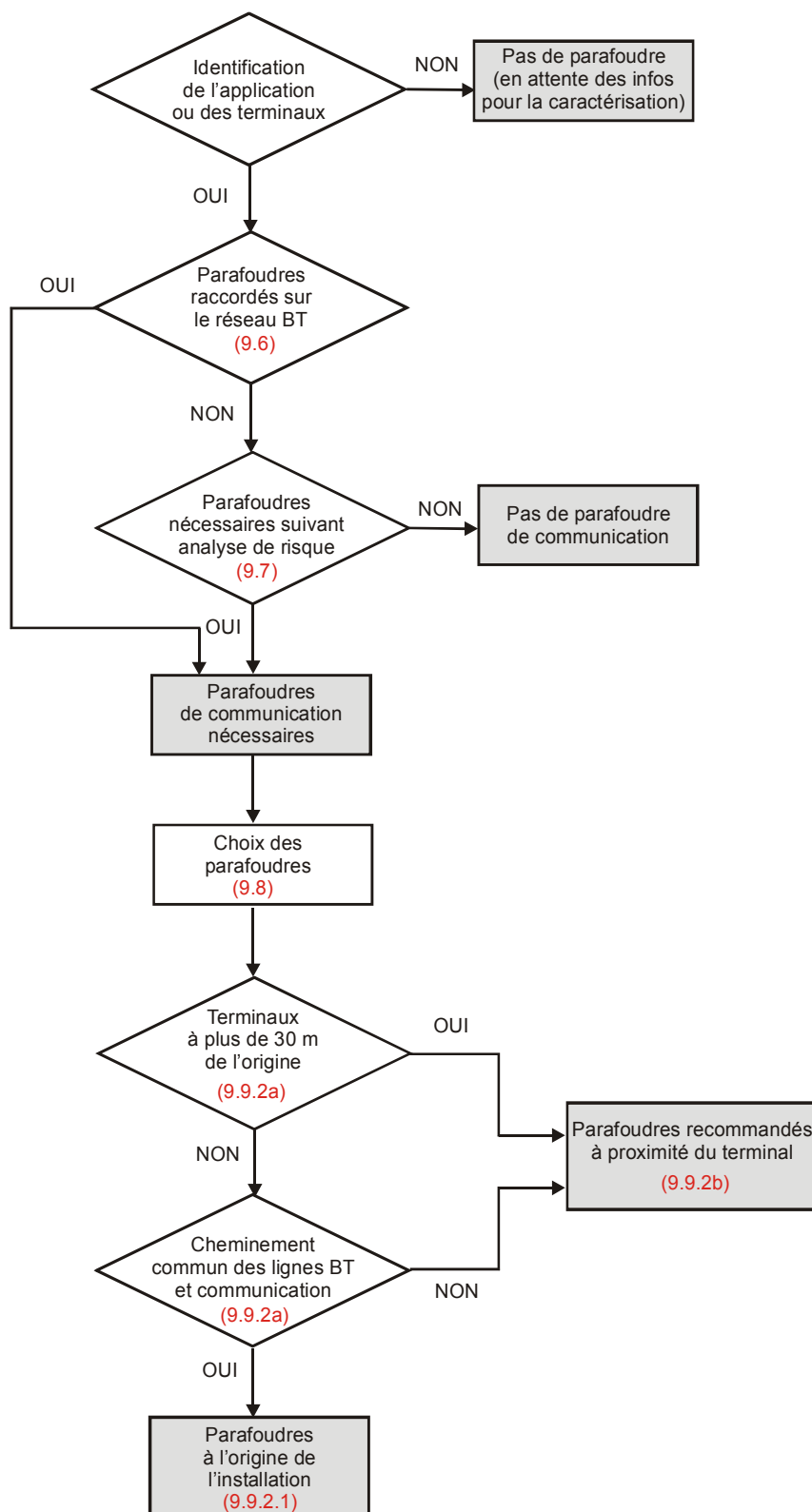


Figure 13 – Logigramme du processus de choix et d’installation des parafoudres pour réseaux de communication

Dans tous les cas le niveau de protection réel aux bornes des matériels à protéger doit être privilégié au détriment éventuel des autres caractéristiques.

9.6 Rappel de la NF C 15-100

Lorsqu'un parafoudre est mis en œuvre sur le circuit de puissance, il est recommandé d'en installer aussi sur le circuit de communication.

Lorsque des parafoudres sont mis en œuvre dans des réseaux de communication, ils doivent être reliés à la prise de terre des masses de l'installation.

9.7 Analyse du risque

9.7.1 Généralités

La décision de mise en œuvre de parafoudres sur le réseau de communication dépend de :

- la présence de parafoudres sur le réseau basse tension (voir 9.6),
- du résultat de l'analyse de risque ci-dessous.

9.7.2 Méthode d'évaluation du risque

La méthode décrite basée sur une approche similaire à celle utilisée pour le réseau basse tension (voir 7)

Cette méthode tient compte des facteurs suivants :

- la probabilité de foudroiement de la zone,
- le mode de distribution de la ligne de communication (aérien ou souterrain dans la limite de 500 m)
- la topographie du site,
- la nature et la valeur des matériels à protéger,
- les conséquences de l'indisponibilité

Pour estimer l'intérêt de l'installation d'un parafoudre, trois étapes sont à considérer :

- 1) - évaluation du niveau d'exposition du site aux surtensions de foudre,
- 2) - évaluation des conséquences des perturbations sur les matériels et la sécurité des personnes,
- 3) - résultat de l'analyse.

D'autres approches, tenant compte de facteurs supplémentaires ou de pondérations différentes, sont possibles en fonction des situations particulières et du risque tolérable par l'utilisateur.

9.7.2.1 Evaluation du niveau d'exposition aux surtensions de foudre

Le niveau d'exposition aux surtensions de foudre dénommé F est évalué par la formule suivante :

$$F = N_k (1,6 + 2 \times L_{com} + \delta)$$

où :

N_k : est le niveau kéraunique local, (voir annexe E)

L_{com} : est la longueur en km de la ligne de communication aérienne reliant l'installation.

⇒ Pour des valeurs supérieures ou égales à 0,5 km, on retient $L_{com} = 0,5$.

δ : est un coefficient prenant en compte la situation de la ligne aérienne et celle du bâtiment.

⇒ La valeur de δ est donnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8 – Valeurs de δ selon la situation de la ligne aérienne et du bâtiment

Situation de la ligne aérienne (BT) et du bâtiment	Complètement entouré de structures	Quelques structures à proximité ou inconnue	Terrain plat ou découvert	Sur une crête, présence de plan d'eau, site montagneux
δ 1	0	0,5	0,75	1

9.7.2.2 Evaluation des conséquences des perturbations

L'évaluation des conséquences des perturbations dénommée G est donnée par la formule suivante :

$$G = M + I + P$$

où :

M : représente le prix du matériel et vaut :

- ⇒ 1 pour un matériel de prix faible,
- ⇒ 2 pour un matériel de prix moyen,
- ⇒ 3 pour un matériel de prix élevé.

I : représente le coût de l'indisponibilité du matériel et vaut :

- ⇒ 1 pour une indisponibilité sans incidence sur l'activité,
- ⇒ 2 pour une indisponibilité entraînant une interruption partielle de l'activité,
- ⇒ 3 pour une indisponibilité entraînant une interruption totale ou une conséquence économique inacceptable.

P : représente les conséquences de l'indisponibilité du matériel sur la santé et ou la sécurité des personnes :

- ⇒ 0 pour une indisponibilité sans incidence,
- ⇒ 5 pour une indisponibilité avec incidence.

9.7.2.3 Résultats de l'analyse

A partir des deux estimations F et G, l'intérêt d'installer une protection sur les réseaux de communication peut être évalué comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9 – Résultat de l'analyse du risque foudre

G	F	$F \leq 20$	$20 < F \leq 40$	$40 < F \leq 80$	$F > 80$
$G > 6$		Utile	Indispensable	Indispensable	Indispensable
$G = 5$ ou 6		Utile	Utile	Indispensable	Indispensable
$G = 3$ ou 4		peu utile	Utile	Utile	Indispensable
$G \leq 2$		peu utile	peu utile	peu utile	Utile

9.8 Choix des parafoudres pour réseaux de communication

Le choix des parafoudres pour réseaux de communication s'effectue :

- soit en déterminant exactement les paramètres du parafoudre en fonction de ceux de la ligne et de l'équipement à protéger (voir 9.8.1),
- soit d'une façon pratique et simplifiée en se référant aux constructeurs de parafoudres, qui indiquent généralement le parafoudre approprié en fonction de l'application (voir 9.8.2).

9.8.1 Choix selon les paramètres du parafoudre

9.8.1.1 Choix de la tension maximale de régime permanent U_c

La valeur de U_c doit être supérieure à la tension maximale de service de la ligne sur laquelle est connecté le parafoudre. Si la tension de ligne n'est pas connue, le type de ligne permet généralement de choisir le parafoudre adapté (voir 9.8.2).

A titre d'exemple on peut rencontrer les types de ligne suivants : réseau commuté téléphonique, distribution télévision par câble, réseau informatique Ethernet 10 base T,.....

9.8.1.2 Choix du niveau de protection U_p

Il doit être le plus faible possible et inférieur à la tenue aux chocs des matériels à protéger.

En absence d'information sur les performances des matériels, le niveau de protection sera fixé au minimum à 3 fois la tension maximale de service de la ligne considérée.

D'autres paramètres influent sur la tension résiduelle aux bornes du matériel à protéger ; Voir 9.9.5.

9.8.1.3 Choix de I_n

A l'origine de l'installation, le courant d'endurance en impulsionnel I_n recommandé pour les parafoudres pour réseau de communication est de 5 kA.

A proximité des matériels à protéger, ce niveau peut être soit 1, 2 ou 5 kA.

Une valeur plus élevée donnera une durée de vie plus longue pour le parafoudre.

9.8.1.4 Choix des caractéristiques en transmission

9.8.1.4.1 Perte d'insertion

La perte d'insertion du parafoudre à la fréquence maximale de service de la ligne doit être la plus faible possible. Une perte inférieure ou égale de 1 dB est généralement acceptable.

9.8.1.4.2 Facteur d'adaptation

Le facteur d'adaptation du parafoudre à la fréquence maximale de service de la ligne doit être le meilleur possible. Un facteur d'adaptation inférieur ou égal de - 10 dB (« moins 10 dB ») est généralement acceptable.

9.8.1.5 Mode de défaillance en fin de vie

Les parafoudres doivent avoir une fin de vie identifiable facilement telle que :

- mise en court-circuit,
- indicateur de fin de vie (cas de fin de vie en circuit ouvert).

9.8.2 Choix pratique et simplifié du parafoudre

L'identification du type de ligne et d'application sur laquelle est raccordé le matériel à protéger permet un choix pratique et simplifié du parafoudre à utiliser.

Comme généralement les constructeurs de parafoudres définissent leurs produits en fonction de la ligne d'utilisation et de l'application, le choix en est simplifié sans devoir prendre en compte la tension U_c , le niveau U_p et les caractéristiques de transmission.

Exemple de choix : Parafoudres pour matériel raccordé au réseau téléphonique commuté.

En général le constructeur de parafoudres prévoit dans ce cas un parafoudre ayant les caractéristiques suivantes :

- une tension de fonctionnement U_c de 150 V minimum,
- un niveau de protection U_p de 260 V,
- un courant nominal de décharge de I_n égal ou supérieur à 5 kA,
- une perte d'insertion à 3 kHz inférieure à 1 dB.

9.9 Installation des parafoudres pour réseaux de communication

9.9.1 Généralités

L'efficacité des parafoudres dépend, en plus de leurs performances intrinsèques, de la qualité de leur mise en œuvre et notamment des points suivants :

- choix de l'emplacement des parafoudres,
- qualité de la connexion des parafoudres,
- limitation de la surface de boucle.

9.9.2 Localisation des parafoudres

Le choix de la localisation des parafoudres se fait en fonction du logigramme (figure 13). Deux configurations sont définies :

a) A l'origine de l'installation

La mise en œuvre des parafoudres à l'entrée de l'installation est la solution préférentielle car elle réunit les caractéristiques suivantes :

- Localisation en amont de la distribution interne afin d'éviter que les courants perturbateurs ne pénètrent dans l'installation ;
- Optimisation des longueurs pour respecter la règle des 0,50 m (voir 9.9.3) ;
- Facilité de raccordement au réseau de terre de l'installation ;
- Regroupement des accès de puissance et de communication afin de réduire les boucles dans l'installation (voir 9.9.2.1) ;
- Protection globale d'une installation peu étendue.

b) A proximité du terminal de communication

Il est recommandé d'installer les parafoudres au plus près du terminal dans les cas suivants (voir 9.9.2.2) :

- Un terminal à protéger est éloigné de plus de 30 m de l'origine de l'installation ;
- L'arrivée des lignes basse tension et de communication sont non communes.

Dans le cas de l'installation d'un parafoudre à proximité du terminal, le parafoudre à l'origine de l'installation peut ne pas être installé.

9.9.2.1 Parafoudres installés à l'origine de l'installation

Quand le parafoudre est installé à l'origine de l'installation, il peut être installé dans un des emplacements suivants :

- Répartiteur principal des réseaux de communication (parties privatives) ;
- Tableau Général Basse Tension (TGBT), ou à proximité ;
- Tableau de communication dans la Gaine Technique Logement (GTL) pour l'habitat. (Voir figure 14).

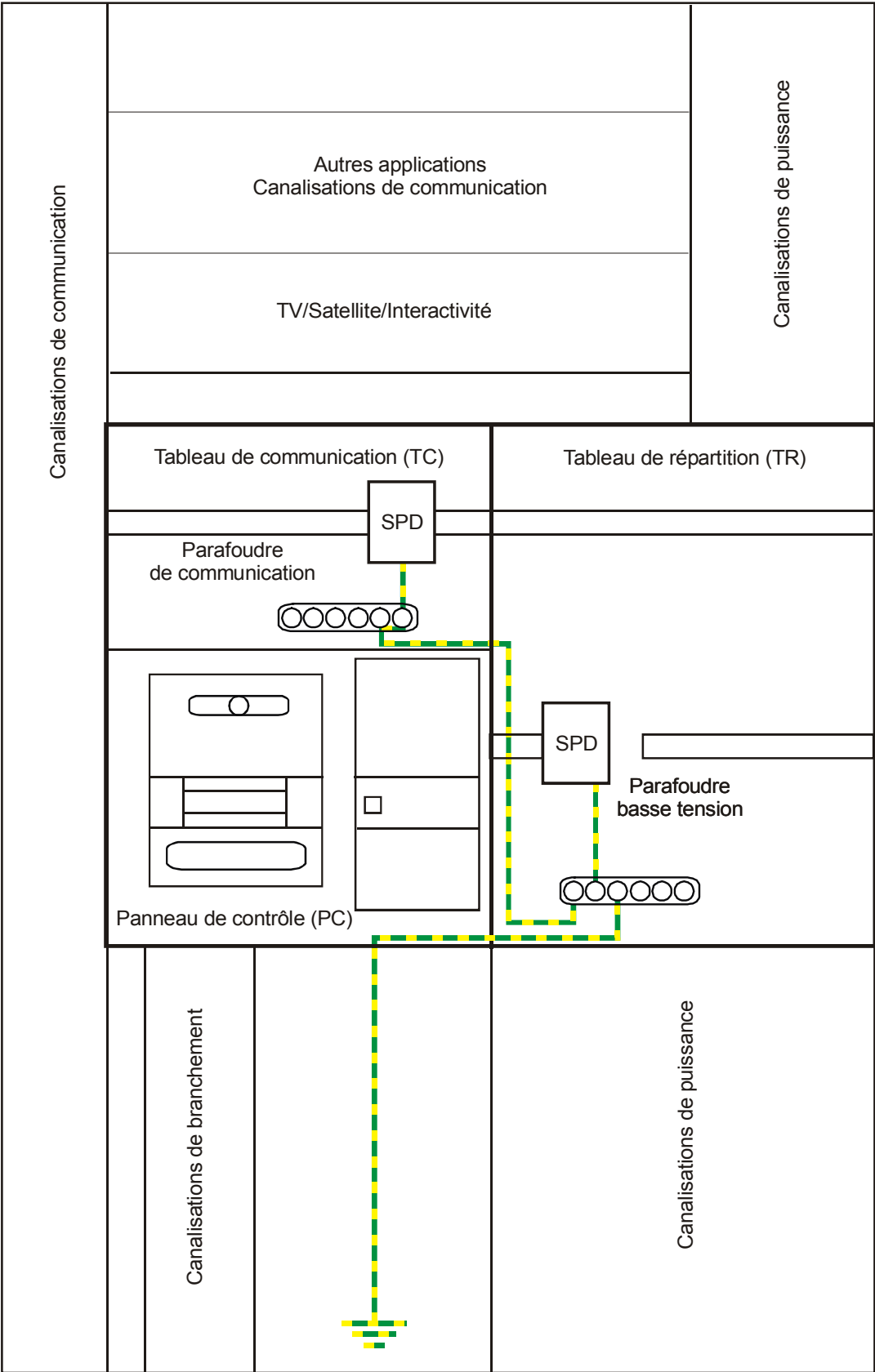


Figure 14 – Exemple de mise en œuvre des parafoudres de puissance et de communication dans la gaine technique logement (GTL)

NOTE – La liaison entre les deux borniers de terre doit être la plus courte possible, de préférence $\leq 0,50$ m et avec une section minimale de 6 mm².

Afin d'éviter le couplage des perturbations foudre entre les circuits amont et aval des protections, il est indispensable de faire cheminer ces circuits sur des parcours différents.

Afin de limiter les surtensions transitoires générées par induction dans la boucle créée par le câble d'alimentation basse tension et le câble de communication du matériel à protéger, il convient de réduire la surface de cette boucle en faisant cheminer les câbles conjointement et parallèlement.

La figure 15 ci-dessous présente le schéma d'implantation des parafoudres basse tension et de communication à l'origine de l'installation.

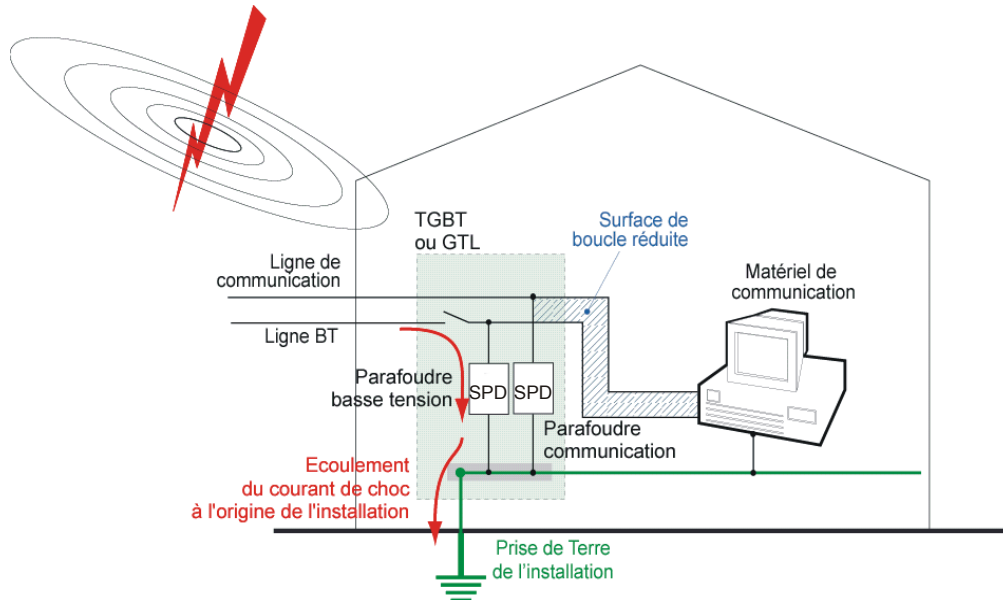


Figure 15 – Exemple de mise en œuvre des parafoudres de puissance et de communication

9.9.2.2 Parafoudres installés à proximité du terminal à protéger

Lorsque le parafoudre est installé à proximité du terminal, les conditions suivantes sont à remplir :

- Un parafoudre est installé à proximité du terminal et sur chaque réseau (BT et communication).
- Limiter la longueur de la liaison terre entre les deux parafoudres.

La figure 16 ci-dessous donne un exemple d'implantation des parafoudres dans le cas où les arrivées ne sont pas communes.

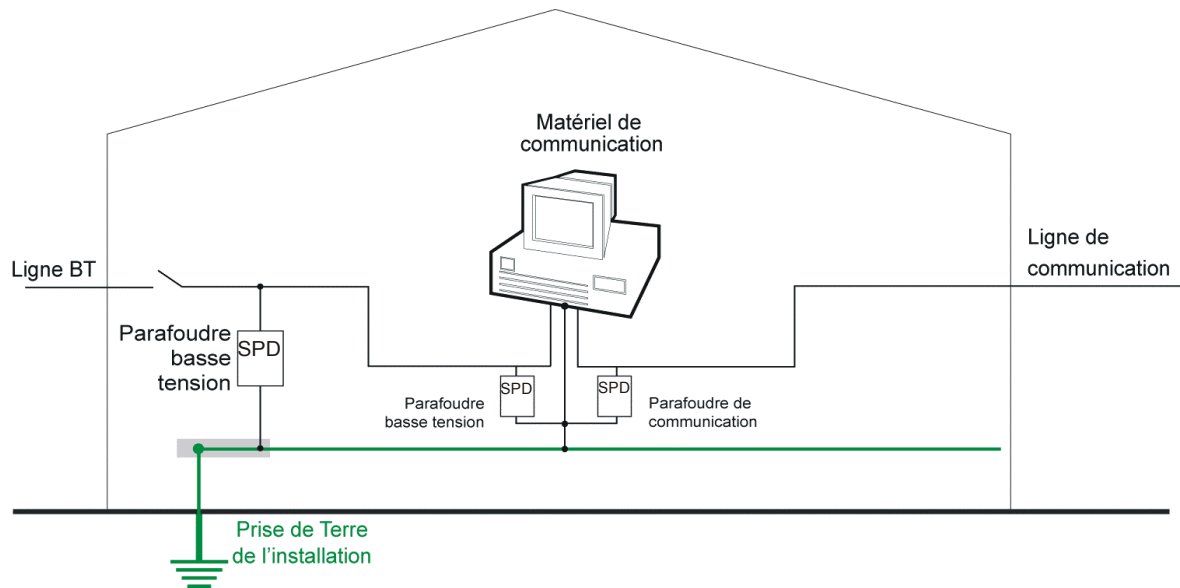


Figure 16 – Exemple de mise en œuvre des parafoudres pour des arrivées non communes des réseaux d'énergie et de communication

9.9.3 Règles de câblage

Le conducteurs de raccordement reliant le parafoudre au réseau de terre de l'installation doit avoir une section minimale de 1,5 mm² en cuivre.

9.9.4 Mise à la terre de l'installation

L'installation de parafoudres pour réseaux de communication n'entraîne pas d'exigence particulière en ce qui concerne la valeur de la résistance de la prise de terre des masses.

Les valeurs des prises de terre des masses qui résultent de l'application de la norme NF C 15-100 sont satisfaisantes pour l'installation de parafoudres de réseau de communication.

Dans le cas d'une installation existante, si différentes prises de terre existent pour un même bâtiment, elles doivent être interconnectées.

Dans le cas d'une installation desservant plusieurs bâtiments, il est aussi recommandé d'interconnecter les prises de terre de ces bâtiments si la distance est courte.

9.9.5 Influence du câblage sur la valeur U_p

La tension résiduelle (U) aux bornes du matériel à protéger est la somme de la tension U_p du parafoudre et de la somme des chutes de tension inductive des conducteurs de raccordement ($U_1 + U_2$). (Voir figure 17 ci-dessous).

Il est donc indispensable, pour limiter la tension aux bornes du matériel à protéger, que la longueur totale des conducteurs de raccordement ($L_1 + L_2$) soit aussi réduite que possible et qu'elle n'excède pas 0,50 m.

Pour les parafoudres à 5 bornes, seule la longueur de raccordement L_2 au réseau de terre est à considérer.

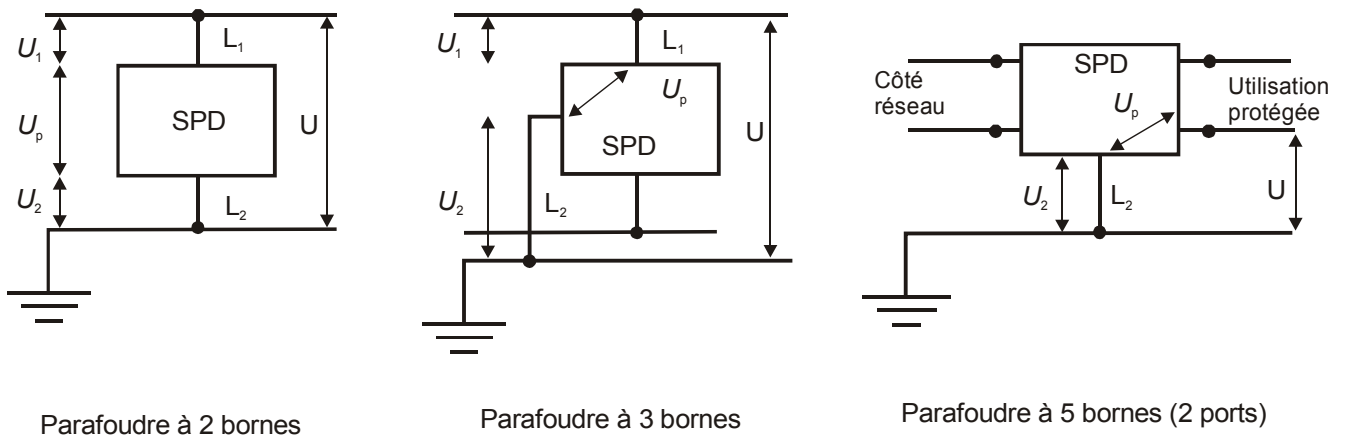


Figure 17 – Influence du raccordement sur le niveau U_p

9.9.6 Maintenance des parafoudres pour réseaux de communication

Chaque parafoudre dispose d'une indication de fin de vie (voir 9.8.1.5).

Il convient de vérifier régulièrement l'état des parafoudres.

En cas de défaut, il convient de changer le ou les éléments défectueux en respectant les instructions du constructeur.