



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

K.46

(07/2003)

SÉRIE K: PROTECTION CONTRE LES
PERTURBATIONS

**Protection des lignes de télécommunication à
conducteurs métalliques symétriques contre
les surtensions induites par la foudre**

Recommandation UIT-T K.46

Recommandation UIT-T K.46

Protection des lignes de télécommunication à conducteurs métalliques symétriques contre les surtensions induites par la foudre

Résumé

La présente Recommandation décrit une procédure permettant de protéger les lignes de télécommunication à conducteurs métalliques symétriques contre les surtensions et surintensités dues aux chocs électriques dus à la foudre tombant à proximité. Elle propose la mise à l'équipotentiel du blindage du câble et l'installation de parafoudres (SPD, *surge protective device*).

Source

La Recommandation K.46 de l'UIT-T a été approuvée par la Commission d'études 5 (2001-2004) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation A.8 le 29 juillet 2003.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2004

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références normatives.....	1
3	Définitions	2
4	Configurations de référence.....	2
5	Conditions générales.....	4
	5.1 Niveaux d'immunité	4
	5.2 Choix des parafoudres	4
6	Caractérisation de l'environnement	4
	6.1 Facteur environnemental (K_e , <i>environmental factor</i>) et facteur d'exposition (K_x , <i>exposure factor</i>)	4
	6.2 Facteur d'installation (K_i , <i>installation factor</i>)	5
	6.3 Facteur d'écran (K_s , <i>shielding factor</i>)	5
	6.4 Longueur conventionnelle	6
7	Procédures de mise à l'équipotentiel.....	6
	7.1 Commutateur (nœud E)	6
	7.2 Installation extérieure (nœuds M, P, C et D).....	7
	7.3 Installations d'abonné (nœuds S et I).....	7
8	Parafoudres (SPD, <i>surge protective device</i>)	7
	8.1 Installation de parafoudres (SPD)	7
	8.2 Evaluation des besoins de protection du nœud.....	8
	8.3 Détermination du système de protection	9
	Annexe A – Facteur d'écran relativement à la terre (K_{se})	10
	Appendice I – Facteur environnemental (K_e).....	11
	Appendice II – Résistance linéique des blindages de câbles à conducteurs métalliques symétriques	12
	Appendice III – Exemples d'application	13
	III.1 Ligne de télécommunication à sections blindées et sections non blindées, dans un environnement suburbain	13
	III.2 Ligne de télécommunication comportant uniquement des sections blindées et située dans un environnement suburbain	15
	III.3 Ligne de télécommunication à sections blindées et sections non blindées, dans un environnement rural	16

Recommandation UIT-T K.46

Protection des lignes de télécommunication à conducteurs métalliques symétriques contre les surtensions induites par la foudre

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit une procédure permettant de protéger les lignes de télécommunication à conducteurs métalliques symétriques contre les surtensions dues à des chocs électriques dus à la foudre tombant à proximité. Pour les lignes exposées à des chocs directs de la foudre, sur la ligne elle-même ou sur les structures par lesquelles elle pénètre, l'utilisateur doit consulter, en plus de la présente Recommandation, la Rec. UIT-T K.47 [1] afin de sélectionner les procédures de protection complémentaires.

2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [1] Recommandation UIT-T K.47 (2000), *Protection des lignes de télécommunication à conducteurs métalliques contre les décharges directes de foudre.*
- [2] Publication de la CEI 61663-2:2001, *Protection contre la foudre – Lignes de télécommunication – Partie 2: Lignes utilisant des conducteurs métalliques.*
- [3] Recommandation UIT-T K.20 (2003), *Immunité des équipements de télécommunication des centres de télécommunication aux surtensions et aux surintensités.*
- [4] Recommandation UIT-T K.21 (2003), *Immunité des équipements de télécommunication installés dans les locaux d'abonnés aux surtensions et aux surintensités.*
- [5] Recommandation UIT-T K.22 (1995), *Immunité aux surtensions des équipements connectés à un bus T/S de RNIS.*
- [6] Recommandation UIT-T K.12 (2000), *Caractéristiques des parafoudres à gaz destinés à la protection des installations de télécommunication.*
- [7] Recommandation UIT-T K.28 (1993), *Caractéristiques des modules de parasurtension à semi-conducteurs destinés à assurer la protection des installations de télécommunication.*
- [8] Recommandation UIT-T K.31 (1993), *Configurations équipotentielles et mise à la terre des installations de télécommunication à l'intérieur d'un bâtiment d'abonné.*
- [9] Recommandation UIT-T K.27 (1996), *Configurations équipotentielles et mise à la terre dans les bâtiments de télécommunication.*
- [10] Recommandation UIT-T K.45 (2003), *Immunité aux surtensions et aux surintensités des équipements de télécommunication installés dans les réseaux d'accès et de jonction.*

3 Définitions

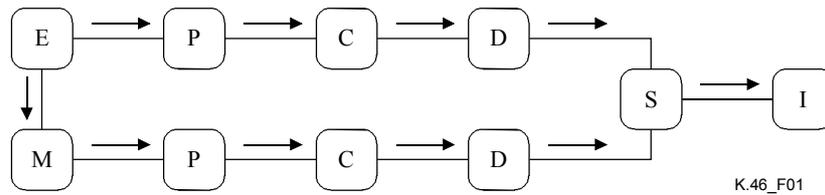
La présente Recommandation définit les termes suivants:

- 3.1 conducteurs métalliques symétriques:** support de transmission composé d'une paire torsadée, symétrique par rapport à la terre, habituellement assemblée en faisceau formant un câble de télécommunication.
- 3.2 câble blindé:** faisceau formé d'une ou de plusieurs paires métalliques torsadées, symétriques par rapport à la terre, réunies et recouvertes d'une gaine métallique continue.
- 3.3 câble non blindé:** faisceau formé d'une ou de plusieurs paires métalliques, symétriques par rapport à la terre, réunies sans gaine métallique.
- 3.4 nœud blindé:** point de référence de la ligne de télécommunication où le ou les câbles sont blindés.
- 3.5 nœud non blindé:** point de référence de la ligne de télécommunication où le ou les câbles ne sont pas blindés.
- 3.6 parafoudre (SPD, *surge protective device*):** dispositif destiné à limiter les surtensions et à dévier les surintensités entre ses bornes. Le parafoudre à gaz (GDT) est un exemple courant de dispositif parafoudre.
- 3.7 facteur de protection d'un parafoudre (K_p):** facteur prenant en compte l'effet, sur un nœud donné, de la présence d'un parafoudre dans ce nœud.
- 3.8 choc électrique:** surtension ou surintensité de nature transitoire qui peut être imposée à un conducteur par suite d'une perturbation électromagnétique.

4 Configurations de référence

La Figure 1 montre la configuration de référence pour les lignes de télécommunication à conducteurs métalliques symétriques. Elle montre les nœuds de référence et les sections câblées qui les relient. Généralement, la ligne de télécommunication commence au nœud E (commutateur) et se termine au nœud S (abonné), mais il faut aussi prendre en considération les situations suivantes:

- a) si un équipement intégré dans la ligne de télécommunication est pourvu d'une protection intrinsèque contre les surtensions en mode commun assurée par un parafoudre placé entre les conducteurs de la ligne de télécommunication (aux accès d'entrée et de sortie) et la terre de référence de l'équipement, cet équipement peut être considéré comme un point de terminaison de la ligne venant du nœud E et comme un point de départ de la ligne allant aux installations de l'abonné. Cela est généralement le cas des équipements de réseau d'accès (nœud M);
- b) si un équipement intégré dans la ligne de télécommunication n'a pas de partie métallique mise à la terre et que sa protection intrinsèque contre les surtensions en mode commun est assurée par l'isolement de la ligne de télécommunication par rapport à la terre et par un parafoudre placé dans l'équipement, entre les accès d'entrée et de sortie, la présence de cet équipement peut être ignorée pour les besoins de la présente Recommandation;
- c) si une ligne de télécommunication ou une ligne de signal connecte des équipements situés dans des bâtiments différents au sein des installations de l'abonné (ligne RNIS ou ligne de signal entre ordinateurs), cette ligne de télécommunication commence et se termine à l'intérieur des installations de l'abonné (Section S/I).



K.46_F01

Figure 1/K.46 – Configurations de référence (les flèches indiquent le sens aval)

Les nœuds de la Figure 1 sont les suivants:

- nœud E : bâtiment du central dans lequel se trouve l'équipement de commutation principal;
- nœud M: équipement de réseau d'accès, habituellement installé dans des abris extérieurs;
- nœud P: transition entre câble à isolant papier et câble à isolant plastique;
- nœud C: transition entre câble enterré et câble aérien;
- nœud D: transition entre câble blindé et câble non blindé;
- nœud S: équipement d'abonné connecté aux lignes extérieures;
- nœud I: équipement d'abonné connecté aux lignes entre bâtiments.

NOTE – L'utilisation du terme "nœud" est équivalente à celle du terme "point de transition" dans la CEI [2].

Il arrive que deux transitions ou plus ont lieu dans le même nœud ou dans un ordre différent de celui indiqué à la Figure 1. La notation PC, par exemple, peut être utilisée pour identifier un nœud dans lequel a lieu une transition d'isolant papier à isolant plastique et de câble enterré à câble aérien.

La configuration de la ligne peut être complétée de nœuds additionnels pour refléter d'autres changements dans les caractéristiques de la ligne, par exemple le type de câble (nombre de paires de fils), l'environnement (urbain, suburbain), etc. Ces nœuds sont appelés "nœuds virtuels" V1, V2, etc. Toutefois, on évaluera les besoins de protection pour les nœuds pouvant être classés conformément à la configuration de référence seulement. Le Tableau 1 présente quelques configurations de référence courantes.

Tableau 1/K.46 – Configurations de référence courantes

Nœuds E/PC/D/S	Nœuds E/P/CD/S	Nœuds E/C/D/S
Nœuds E/CD/S	Nœuds E/C/S	Nœuds E/S
Nœuds M/C/D/S	Nœuds M/CD/S	Nœuds M/C/S
Nœuds M/S	Nœuds E/M	Nœuds S/I

On considère que le sens du nœud E au nœud I est le sens aval et que le sens opposé est le sens amont. Pour une ligne donnée, on considère que les sections blindées (s'il y en a) commencent au premier nœud (par exemple, le nœud E) et suivent le sens aval jusqu'à la transition avec une section non blindée (nœud D) ou avec le dernier nœud (par exemple le nœud S). Pour cette raison, les lignes ayant plusieurs transitions entre sections blindées et sections non blindées (nœud D) ne sont pas traitées dans la présente Recommandation.

5 Conditions générales

5.1 Niveaux d'immunité

Afin d'offrir une protection adéquate au moyen des procédures de la présente Recommandation, les niveaux d'immunité suivants doivent être respectés:

- câbles à isolant papier: l'isolant entre deux conducteurs quelconques doit supporter une surtension de 1,5 kV en crête avec une forme d'onde 10/700 μ s;
- câbles à isolant plastique: l'isolant entre deux conducteurs quelconques doit supporter une surtension de 5 kV en crête avec une forme d'onde 10/700 μ s;
- équipement commutateur: doit être conforme à l'essai de choc de la Rec. UIT-T K.20 [3];
- équipement d'abonné relié à des lignes externes: doit être conforme à l'essai de choc de la Rec. UIT-T K.21 [4];
- équipement d'abonné relié à des lignes internes: doit être conforme à l'essai de choc de la Rec. UIT-T K.22 [5];
- équipement de réseau d'accès: doit être conforme à l'essai de choc de la Rec. UIT-T K.45 [10].

Si l'équipement n'est pas conforme à ces exigences, son détenteur doit prendre des mesures de protection complémentaires afin de parvenir à la conformité.

5.2 Choix des parafoudres

- a) Les parafoudres doivent être conformes à la Rec. UIT-T K.12 [6] en cas d'utilisation des dispositifs à décharge gazeuse ou à la Rec. UIT-T K.28 [7] en cas d'utilisation des dispositifs à semi-conducteurs.
- b) La tension continue minimale de claquage des parafoudres doit être supérieure à la tension maximale de ligne prévue, aussi bien par rapport à la terre qu'entre bornes de ligne (ce dernier cas étant applicable aux dispositifs à trois électrodes). Il faut remarquer que, dans certains équipements, la tension de retour d'appel peut s'ajouter à la tension d'alimentation en courant continu. En raison de la possibilité de variation de la tension de ligne et/ou de la présence d'une tension à fréquence d'alimentation induite dans la ligne, il faut prévoir une marge de sécurité entre la tension maximale de ligne et la tension continue minimale de claquage des parafoudres.
- c) La tension maximale de tenue aux chocs du parafoudre doit être compatible avec l'immunité de l'unité protégée.

6 Caractérisation de l'environnement

6.1 Facteur environnemental (K_e , *environmental factor*) et facteur d'exposition (K_x , *exposure factor*)

Le nombre et la grandeur des chocs électriques induits par la foudre dans une ligne de télécommunication dépendent de certains aspects environnementaux, principalement de l'activité céramique, de la résistivité du sol et du blindage assuré par les structures entourant la ligne. Afin de tenir compte de ces paramètres, il est pratique de définir le facteur d'exposition de la ligne (K_x), donné par l'équation 1 suivante:

$$K_x = K_e \cdot Td \cdot \rho^{1/2} \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

où:

ρ est la résistivité moyenne du sol, en $\Omega \cdot m$;

Td est le niveau kéraunique (nombre de jours d'orage par an);

K_e est le facteur environnemental;

$K_e = 0$ pour une zone non exposée;

$K_e = 1$ pour une zone exposée.

NOTE – L'opérateur de réseau ou le propriétaire de l'installation doit évaluer le facteur environnemental (K_e) pour la section de ligne considérée. Afin de faciliter cette évaluation, il est suggéré dans la présente Recommandation de considérer qu'une zone urbaine correspond à un environnement non exposé et qu'une zone rurale correspond à un environnement exposé. Une méthode expérimentale d'évaluation du facteur K_e est donnée dans l'Appendice I.

6.2 Facteur d'installation (K_i , *installation factor*)

Le facteur d'installation a pour objet de tenir compte de la réduction du couplage entre le choc électrique dû à la foudre et la ligne de télécommunication en raison de la pose souterraine de la ligne. Pour une installation aérienne le facteur $K_i = 1$, tandis que pour une installation enterrée, $K_i = 0,5$ (sur la base de la référence CEI 61663-2 [2]).

6.3 Facteur d'écran (K_s , *shielding factor*)

L'utilisation de câbles blindés correctement mis à la terre/à l'équipotentiel réduit les chocs électriques induits par la foudre dans les lignes de télécommunication. Cette réduction peut être exprimée par un facteur d'écran (K_s), qui est un nombre compris entre 0 (pour un blindage parfait) et 1 (pour un blindage inexistant). Pour évaluer le facteur d'écran, le blindage doit être continu sur toute la longueur de la ou des sections blindées et être connecté, aux deux extrémités, à la barre d'équipotentialité.

6.3.1 Facteur d'écran relatif au blindage (K_{ss} , *shielding factor related to the shield*)

S'il faut protéger un nœud blindé, le ou les facteurs d'écran de la ou des sections blindées de la ligne de télécommunication sont exprimés relativement au blindage (K_{ss}). Si c'est le cas, le facteur d'écran est une fonction de la résistance en courant continu du blindage par unité de longueur. L'équation 2 permet d'obtenir une relation approximative, et l'Appendice II contient des valeurs de résistance du blindage des câbles de télécommunication types à conducteurs métalliques symétriques en fonction du diamètre des conducteurs et du nombre de paires.

$$K_{ss} = [1 + 46/r]^{-1} \quad (2)$$

où:

r est la résistance linéique du blindage en Ω/km

6.3.2 Facteur d'écran relatif à la terre (K_{se} , *shielding factor related to earth*)

S'il faut protéger un nœud non blindé ou un nœud D, le ou les facteurs d'écran de la ou des sections blindées de la ligne de télécommunication sont exprimés relativement à la terre (K_{se}). Si c'est le cas, le facteur d'écran est une fonction de la résistance en courant continu du blindage par unité de longueur, de la configuration de mise à la terre du blindage et de la résistance des connexions du blindage à la terre.

Comme le blindage est connecté à la terre au moins aux deux extrémités et que la résistance des connexions de mise à la terre est de l'ordre de quelques dizaines d'Ohms, on peut considérer sans risque que le facteur d'écran est de 0,5 ($K_{se} = 0,5$). L'Annexe A contient une méthode permettant de calculer avec une plus grande précision le facteur d'écran relativement à la terre.

6.4 Longueur conventionnelle

Afin de tenir compte de l'exposition d'une section de câble aux chocs électriques induits par la foudre, il est pratique de définir la longueur conventionnelle de cette section. Considérons, comme section de câble de référence, celle qui est constituée d'un câble non blindé ($K_s = 1$), en installation aérienne ($K_i = 1$) d'une longueur de 1 km. La résistivité moyenne du sol est de 400 Ω .m. Le niveau kéraunique est de 50 jours d'orage par an et le câble est posé en zone rurale ($K_x = 1$). La définition de la longueur conventionnelle conformément à l'équation 3 ci-dessous conduit à la conclusion que ce câble de référence aura une longueur conventionnelle égale à sa longueur réelle (1 km).

$$L_c^j = K_x \cdot K_s \cdot K_i \cdot L^j \quad (3)$$

où

L_c^j est la longueur conventionnelle de la section j

L^j est la longueur réelle de la section j

Comme on peut le déduire de l'équation 3, pour une longueur réelle donnée, la longueur conventionnelle augmentera en proportion directe de l'exposition de la section aux chocs électriques induits par la foudre et vice versa. Par exemple, si une section de câble aérienne est enterrée, sa longueur conventionnelle sera réduite de moitié. En d'autres termes, toutes conditions égales par ailleurs, une section enterrée aura deux fois la longueur d'une section aérienne de façon à subir le même niveau de chocs électriques induits par la foudre.

Si une ligne se compose de nombreuses sections câblées ayant des valeurs de paramètres différentes, la longueur conventionnelle de cette ligne sera la somme des longueurs conventionnelles de ses sections équation 4.

$$L_c = \sum_{j=1}^n L_c^j \quad (4)$$

La présente Recommandation prescrit le calcul de la longueur conventionnelle pour chaque nœud de la configuration de référence (Figure 1), conformément aux règles suivantes:

- dans le cas d'un nœud blindé, le facteur d'écran des sections blindées doit se rapporter au blindage (K_{ss}). Voir le calcul de K_{ss} au § 6.3.1;
- dans le cas d'un nœud non blindé ou celui d'une transition entre des sections blindées et non blindées (nœud D), le facteur d'écran des sections blindées doit se rapporter à la terre (K_{se}). Voir le calcul de K_{se} au § 6.3.2.

7 Procédures de mise à l'équipotentiel

7.1 Commutateur (nœud E)

Tous les câbles blindés pénétrant dans le bâtiment du commutateur doivent avoir des gaines métalliques continues, c'est-à-dire que leur gaine doit être mise au potentiel de part et d'autre de toutes les épissures. A l'entrée du bâtiment (chambre d'arrivée des câbles), toutes les gaines métalliques doivent être reliées à la prise de terre principale du bâtiment située près de cette entrée, conformément à la Rec. UIT-T K.27. Cette liaison doit être effectuée avec des conducteurs de basse impédance (courts et larges).

NOTE – Dans certains cas particuliers où l'on constate une corrosion galvanique dans le conduit de câbles, il est possible d'effectuer cette liaison au moyen de parafoudres, à condition que ceux-ci soient correctement dimensionnés.

Si le câble arrivant au répartiteur principal d'entrée (MDF) a une gaine métallique, celle-ci doit être raccordée à la barre d'équipotentialité de ce répartiteur. La barre d'équipotentialité du répartiteur MDF doit être raccordée à la prise de terre principale au moyen d'un conducteur à basse impédance.

7.2 Installation extérieure (nœuds M, P, C et D)

Au point de transition entre deux câbles blindés, le blindage doit être mis à l'équipotentialité au-dessus de la transition au moyen d'un conducteur approprié. Si la gaine est en aluminium, il faut veiller à assurer un contact réel et permanent entre cette gaine et le conducteur de connexion, ce que l'on peut faire au moyen d'un collier adéquat. Si la transition se produit au niveau du coffret, il est recommandé de prévoir une barre d'équipotentialité passant près du point de pénétration du câble et de connecter toutes les gaines métalliques à cette barre.

Si la transition entre un câble blindé et un câble non blindé est effectuée au moyen d'une boîte de dérivation, la borne d'équipotentialité de celle-ci doit être reliée à la gaine de blindage du câble, soit directement, soit par l'intermédiaire de la gaine métallique d'un câble de raccordement. Si le câble connecté à l'équipement du réseau d'accès est blindé, son blindage doit être connecté à la barre d'équipotentialité de cet équipement située à l'entrée de l'abri.

7.3 Installations d'abonné (nœuds S et I)

Lorsque le câble qui arrive dans les locaux d'abonné est blindé, son blindage doit être connecté à la barre d'équipotentialité conformément à la Rec. UIT-T K.31. Il est recommandé de connecter les autres parties métalliques des locaux d'abonné (comme les conduites métalliques de distribution d'eau et/ou de gaz ainsi que l'armement métallique du bâtiment) à la barre d'équipotentialité afin de réduire les surtensions entre parties accessibles.

8 Parafoudres (SPD, *surge protective device*)

8.1 Installation de parafoudres (SPD)

Lorsqu'on installe un dispositif SPD dans un nœud, il faut connecter ses bornes ligne aux conducteurs de la ligne de télécommunication et ses bornes terre à la barre d'équipotentialité du nœud. La Figure 2 représente les connexions de dispositifs SPD à un nœud blindé (Figure 2 a)), à un nœud D (Figure 2 b)) et à un nœud non blindé (Figure 2 c)). S'il existe un système de mise à la terre local, la barre d'équipotentialité doit lui être connectée. Toutefois, en l'absence de système de mise à la terre dans un nœud non blindé, il y a lieu d'en constituer un afin de permettre le montage correct du dispositif SPD.

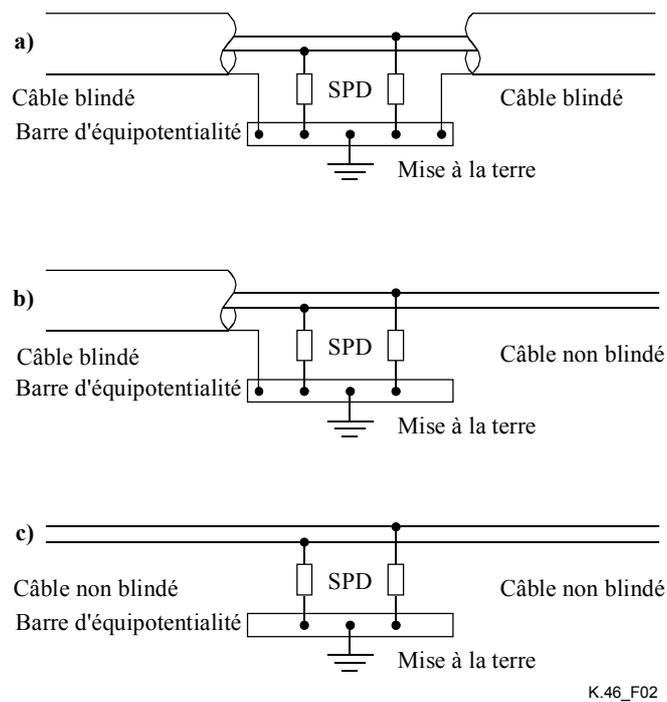


Figure 2/K.46 – Installation de parafoudres (SPD)

8.2 Evaluation des besoins de protection du nœud

Le concept de longueur conventionnelle permet d'évaluer le besoin de protection des nœuds de la ligne de télécommunication. Les valeurs limites indiquées dans le présent paragraphe sont fondées sur la CEI 61663-2 [2] et ont été calculées en fonction d'aspects techniques et économiques. Selon la fiabilité recherchée pour les lignes, le coût de réparation et l'expérience acquise sur le terrain, l'opérateur pourra ajuster ces limites afin de les adapter aux exigences locales. Le Tableau 2 présente les limites s'appliquant aux nœuds d'une ligne de télécommunication en termes de longueur conventionnelle.

Tableau 2/K.46 – Limites de longueur conventionnelle

Nœud	Limite de longueur conventionnelle
E	360 m
M	330 m
P	80 m
C	670 m
D	940 m
S	330 m
I	150 m

Dans l'application des valeurs du Tableau 2, on doit tenir compte des règles suivantes:

- si plusieurs transitions ont lieu au même nœud, la limite de longueur conventionnelle qui s'applique est la plus courte; à titre d'exemple, la limite de longueur conventionnelle est de 80 m (la plus petite des deux valeurs 80 et 670 m) pour un nœud PC, et de 670 m (la plus petite des deux valeurs 670 et 940 m) pour un nœud CD;
- si la ligne est formée d'une seule section avec câble enterré blindé à isolant papier, la valeur limite pour les nœuds aux deux extrémités de la ligne est de 80 m.

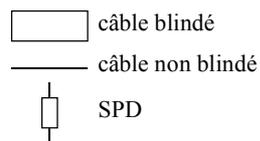
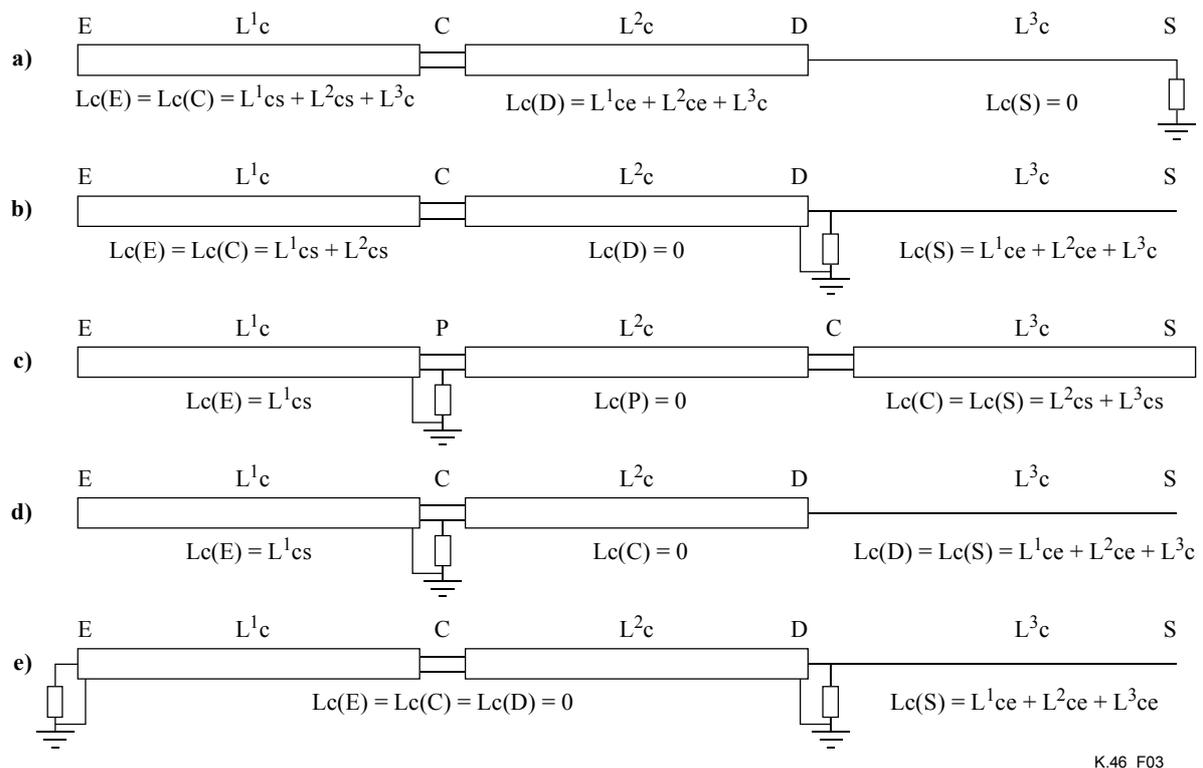
Il faut comparer la valeur limite et la valeur réelle de longueur conventionnelle de chaque nœud. Si la longueur réelle est supérieure à la valeur limite, il est nécessaire de protéger le nœud contre les surtensions induites par la foudre.

8.3 Détermination du système de protection

Après recensement des nœuds à protéger, il faut déterminer le type de dispositif SPD qu'il y a lieu d'installer. Souvent, plusieurs solutions pourront être envisagées, et il faudra dès lors fonder le choix sur des considérations économiques. Dans la détermination du système de protection, il faut tenir compte des règles suivantes:

- a) l'installation d'un dispositif SPD en un nœud réduit à zéro la longueur conventionnelle de celui-ci (Figure 3 a)); de ce fait, le nœud est protégé.
NOTE – La publication 61663-2 de la CEI [2] stipule que l'installation d'un dispositif SPD en un nœud réduit sa longueur conventionnelle à une valeur égale au produit de la longueur conventionnelle du nœud par le facteur de protection K_p du dispositif SPD. Dans le cas d'un dispositif SPD coordonné avec l'immunité de l'équipement et installé conformément aux dispositions des Recommandations UIT-T K.27 et K.31 [8], [9], on obtient dès lors la valeur $K_p = 0,01$. Par conséquent, la présente Recommandation considère $K_p = 0$ comme valeur simplifiée relativement à la publication 61663-2 de la CEI et qui donnera les mêmes résultats dans la plupart des cas pratiques;
- b) les nœuds non blindés à protéger le seront au moyen de dispositifs SPD. La mise en place d'un tel dispositif en un nœud non blindé n'influe pas sur la longueur conventionnelle des autres nœuds (Figure 3 a));
- c) le nœud D à protéger le sera au moyen de dispositifs SPD. La mise en place d'un tel dispositif à un nœud D réduit la longueur conventionnelle des nœuds blindés amont. Les nouvelles longueurs conventionnelles doivent être calculées en négligeant des sections non blindées situées en aval du dispositif SPD (Figure 3 b));
- d) installation d'un dispositif SPD à un nœud blindé influe sur la longueur conventionnelle des autres nœuds blindés. La longueur conventionnelle des nœuds blindés aval et amont d'un dispositif SPD doit être calculée comme si le dispositif SPD avait scindé la ligne en deux lignes indépendantes (Figure 3 c));
- e) l'installation d'un dispositif SPD à un nœud blindé n'influe pas sur la longueur conventionnelle du nœud D ou des nœuds non blindés (Figure 3 d));
- f) l'installation de dispositifs SPD à deux nœuds blindés ou à un nœud blindé et un nœud D protège les nœuds situés entre ces dispositifs SPD (Figure 3 e)).

Quelques exemples d'application de cette procédure sont donnés dans l'Appendice III.



Lcs longueur conventionnelle pour facteur d'écran K_{ss}
 Lce longueur conventionnelle pour facteur d'écran K_{se}

Figure 3/K.46 – Effet de dispositifs SPD sur l'évaluation de la longueur conventionnelle

Annexe A

Facteur d'écran relativement à la terre (K_{se})

L'équation A.1 permet de calculer le facteur d'écran relativement à la terre d'une section blindée lorsque le blindage est mis à la terre à l'extrémité de la section:

$$K_{se} = R / (R + Z) \quad (\text{A.1})$$

où:

R : est la résistante de terre de l'extrémité proche du blindage [Ω];

Z : est l'impédance de surtension de l'enveloppe métallique par rapport à la terre [Ω].

L'impédance de surtension peut être calculée par la formule suivante:

$$Z = 60 \ln \left\{ \left[b + 648(\rho / f)^{1/2} \right] / r \right\} \quad (\text{A.2})$$

où:

- ρ est la résistivité de la terre [$\Omega \cdot \text{m}$];
- f est la fréquence représentative des surtensions induites par la foudre [Hz];
- r est le rayon de l'enveloppe métallique [m];
- b est la hauteur de la ligne (dans le cas d'une ligne aérienne) [m];
la distance du conducteur à la terre (dans le cas d'une ligne enterrée) [m].

NOTE – Il est recommandé d'utiliser $f = 100$ kHz.

Appendice I

Facteur environnemental (K_e)

L'évaluation du facteur environnemental K_e est fondée sur les paramètres relatifs au type de construction qui caractérise la région considérée; il y a lieu de classer celle-ci dans une des catégories suivantes:

- zone urbaine avec de grands bâtiments (plus de 6 étages): $K_e = 0$;
- zone urbaine avec des bâtiments moyens (de 3 à 6 étages): $K_e = 0,1$;
- zone suburbaine avec maisons (un ou deux étages): $K_e = 0,5$;
- zone rurale non construite (sol plat): $K_e = 1,0$.

Pour une zone non totalement occupée, la valeur de K_e doit être corrigée en conséquence. On définit donc un facteur de construction (φ) qui est égal à 1 pour une zone entièrement bâtie et égal à zéro pour une zone non bâtie. K_e devient alors:

$$K_e = 1 + \varphi(k_e' - 1) \quad (\text{I.1})$$

où:

K_e' est le facteur environnemental évalué en fonction des paramètres de construction types;

K_e est le facteur environnemental corrigé compte tenu de l'occupation réelle de la zone.

A titre d'exemple, considérons une zone suburbaine ancienne typique dont la plus grande partie est occupée par des maisons, conditions dans lesquelles le facteur environnemental K_e est de 0,5. Toutefois, s'il s'agit d'une zone suburbaine récente où si la zone n'est occupée qu'à moitié ($\varphi = 0,5$), le facteur K_e est de 0,75.

Appendice II

Résistance linéique des blindages de câbles à conducteurs métalliques symétriques

Tableau II.1/K.46 – Résistance linéique, en Ω/km , des gaines en aluminium

Diamètre des conducteurs (mm)	0,40	0,50	0,65	0,90
Nombre de paires				
10	6,2	5,4	4,8	3,4
20	5,0	4,2	3,4	2,4
30	4,4	3,4	2,8	2,0
50	3,4	2,7	2,2	1,5
75	2,8	2,3	1,8	1,2
100	2,4	2,0	1,5	1,0
200	1,7	1,4	1,0	0,65
300	1,3	1,1	0,79	0,49
400	1,1	0,91	0,66	0,40
600	0,87	0,70	0,49	–
900	0,66	0,54	0,38	–
1200	0,54	0,43	–	–
1500	0,46	–	–	–
1800	0,40	–	–	–
2400	0,33	–	–	–

NOTE – Valeurs s'appliquant à une épaisseur de gaine (T) de 2 mm. Pour d'autres épaisseurs T'(mm), multiplier la valeur donnée dans le tableau par $2/T'$.

Tableau II.2/K.46 – Résistance linéique, en Ω/km , des gaines en aluminium

Diamètre des conducteurs (mm)	0,40	0,51	0,64	0,91
Nombre de paires				
10	5,2	4,9	4,2	3,1
20	4,0	3,6	3,1	2,3
30	3,5	3,1	2,6	1,9
50	2,9	2,6	2,1	1,6
75	2,4	2,2	1,8	1,3
100	2,0	1,9	1,6	1,1
200	1,5	1,4	1,1	0,80
300	1,2	1,1	0,92	0,64
400	1,1	1,0	0,80	0,56
600	0,89	0,80	0,64	–

NOTE – Valeurs s'appliquant à une épaisseur de gaine (T) de 2 mm. Pour d'autres épaisseurs T'(mm), multiplier la valeur donnée dans le tableau par $0,2/T'$.

Appendice III

Exemples d'application

III.1 Ligne de télécommunication à sections blindées et sections non blindées, dans un environnement suburbain

Considérons une ligne d'abonné située dans une banlieue ancienne formée de maisons. Conformément à l'Appendice I, le facteur environnemental K_e est de 0,5 ($K_e = 0,5$). Le niveau kéraunique de la région est de 60 jours d'orage par an $Td = 60$ et la résistivité moyenne de la terre est de 500 $\Omega\cdot\text{m}$. Pour cette raison, le facteur d'exposition est $K_x = 0,67$ (voir l'équation 1). Il faut noter que cette valeur de K_x ne doit être évaluée qu'une seule fois et qu'elle s'applique à toutes les lignes installées dans cette zone. La ligne correspond à la configuration E/PC/D/S (voir Figure 1); les caractéristiques de la section sont réunies dans le Tableau III.1.

Tableau III.1/K.46 – Caractéristiques de la ligne

Section	Isolant	Type de gaine	Épaisseur de gaine	Nombre de paires	Diamètre des conducteurs	Longueur	Installation
E/PC	Papier	Plomb	2 mm	1200	0,40	3200 m	Enterrée
PC/D	Plastique	Aluminium	0,2 mm	100	0,40	500 m	Aérienne
D/S	Plastique	Pas de gaine	-	1	0,80	140 m	Aérienne

Le facteur d'installation (K_i) est de 0,5 pour la section enterrée et de 1,0 pour les sections aériennes (voir § 6.2). On trouvera dans l'Appendice II la résistance de la gaine par unité de longueur (r) en fonction de la nature de la gaine, de son épaisseur, du diamètre des conducteurs et du nombre de paires. Pour les sections E/PC et PC/D, d'après l'Appendice II, $r = 0,54 \Omega/\text{km}$ et $r = 2,0 \Omega/\text{km}$, respectivement. On utilise ces valeurs dans l'équation 2 pour calculer les facteurs d'écran relatifs au

blindage (K_{ss}) présentés dans le Tableau III.2. Il faut observer que pour la section non blindée K_{ss} a la valeur 1, obtenue en utilisant dans l'équation 2 une gaine de résistance infinie.

Supposons que l'opérateur ne connaisse pas la résistance de la terre aux extrémités du blindage mais qu'il peut raisonnablement considérer qu'elle est de quelques dizaines d'Ohms. On en déduit que le facteur d'écran relativement à la terre (K_{se}) est de 0,5 (voir § 6.3.2). Au moyen de l'équation 3, on obtient les longueurs conventionnelles de ces sections, présentées dans le Tableau III.2.

Tableau III.2/K.46 – Longueurs conventionnelles

Section	Résistance de la gaine	Nœuds E et PC		Nœuds D et S	
		K_{ss}	L_{cs}	K_{se}	L_{ce}
E/PC	0,54 Ω /km	0,012	13 m	0,5	536 m
PC/D	2,0 Ω /km	0,042	14 m	0,5	168 m
D/S	–	1,0	94 m	1,0	94 m

L'étape suivante consiste à évaluer la valeur limite et la valeur réelle de longueur conventionnelle des nœuds. Les valeurs limites, tirées du Tableau 2, sont reproduites dans le Tableau III.3. La longueur conventionnelle de chaque nœud, qui dépend de l'état de son blindage, peut être calculée au moyen de l'équation 4. Les valeurs ainsi obtenues sont reproduites dans le Tableau III.3.

Tableau III.3/K.46 – Systèmes de protection

Nœud	Limite de longueur conventionnelle	Longueur conventionnelle réelle	Besoins de protection	Installation du SPD	
				Système 1	Système 2
E	360 m	121 m	Non	Non	Non
PC	80 m	121 m	Oui	Non	Oui
D	940 m	798 m	Non	Oui	Non
S	330 m	798 m	Oui	Oui	Oui

Les nœuds qui nécessitent une protection apparaissent dans le Tableau III.3, mais cela ne veut pas dire que tous ces nœuds nécessitent la présence d'un dispositif SPD. La première étape de mise en place d'un système de protection consiste à installer des parafoudres aux nœuds non blindés et au nœud D nécessitant une protection. Dans ce cas, il ne subsiste qu'un nœud non blindé à protéger (le nœud S). L'installation d'un parafoudre au nœud S n'influe pas sur la longueur conventionnelle des autres nœuds.

Toutefois, si on installe un parafoudre au nœud D, on diminue la longueur conventionnelle des nœuds E et PC car ainsi la contribution de la section non blindée est supprimée. Dans le Tableau III.2, on constate que la longueur conventionnelle des nœuds E et PC sera ramenée à 27 m, ce qui est inférieur aux valeurs limites s'appliquant à ces nœuds. Par conséquent, la protection (système 1 du Tableau III.3) destinée à cette ligne nécessitera la présence de parafoudres aux nœuds D et S.

Une autre possibilité consiste à installer un parafoudre au nœud PC au lieu du nœud D. Dans ce cas, la longueur conventionnelle des nœuds E et PC est ramenée à 13 m et zéro, respectivement, c'est-à-dire à des longueurs inférieures aux limites prescrites. Cette éventualité est présentée en tant que système 2 dans le Tableau III.3. Le choix du système qu'il faudra utiliser dépend de considérations économiques.

III.2 Ligne de télécommunication comportant uniquement des sections blindées et située dans un environnement suburbain

Considérons une ligne d'abonné située dans une nouvelle banlieue dont près de la moitié de la superficie est occupée par des maisons. Compte tenu de l'Appendice I, le facteur environnemental est de 0,75 ($K_e = 0,75$). Le niveau kéraunique de la région est de 50 jours d'orage par an ($Td = 50$) et la résistivité moyenne de la terre est de 400 Ω .m. Le facteur d'exposition K_x est dès lors de 0,75 (voir l'équation 1). Cette ligne correspond à la configuration M/V/S (voir le § 4). Les caractéristiques des sections sont présentées dans le Tableau III.4.

Tableau III.4/K.46 – Caractéristiques de la ligne

Section	Isolant	Type de gaine	Épaisseur de gaine	Nombre de paires	Diamètre des conducteurs	Longueur	Installation
M/V	Plastique	Aluminium	0,2 mm	100	0,40	2000 m	Aérienne
V/S	Plastique	Aluminium	0,2 mm	10	0,40	250 m	Aérienne

Le facteur d'installation (K_i) est de 1,0 pour les sections aériennes (voir § 6.2). La résistance de la gaine par unité de longueur (r) peut être obtenue à partir des indications de l'Appendice II compte tenu du matériau constituant la gaine, de son épaisseur, du diamètre des conducteurs et du nombre de paires. En ce qui concerne les sections M/V et V/S, l'Appendice II stipule $r = 2,0 \Omega/\text{km}$ et $5,2 \Omega/\text{km}$. On utilise ces valeurs dans l'équation 2 pour calculer les facteurs d'écran relatifs au blindage (K_{ss}). Au moyen de l'équation 3, on obtient les longueurs conventionnelles de ces sections, présentées dans le Tableau III.5.

Tableau III.5/K.46 – Longueurs conventionnelles

Section	Résistance de blindage	K_{ss}	L_{cs}
M/V	2,0 Ω/km	0,042	63 m
V/S	5,2 Ω/km	0,10	19 m

L'étape suivante consiste à évaluer les valeurs limites et la longueur conventionnelle des nœuds. Les valeurs limites (reprises du Tableau 2) sont présentées dans le Tableau III.6. La longueur conventionnelle de chaque nœud est calculée au moyen de l'équation 4 compte tenu du facteur d'écran propre au blindage. Les valeurs calculées sont présentées dans le Tableau III.6.

Tableau III.6/K.46 – Systèmes de protection

Nœud	Limite de longueur conventionnelle	Longueur conventionnelle réelle	Besoin de protection	Installation du SPD
M	330 m	82 m	Non	Non
V	–	–	–	–
S	330 m	82 m	Non	Non

NOTE – L'évaluation du besoin de protection ne doit pas être faite pour le nœud V (voir le § 4).

On constate, dans le Tableau III.6, qu'aucune protection n'est requise. La présence de parafoudres n'est donc pas nécessaire pour protéger cette ligne contre les surtensions induites par la foudre.

III.3 Ligne de télécommunication à sections blindées et sections non blindées, dans un environnement rural

Considérons une ligne d'abonné dans une zone rurale. Le facteur environnemental est de 1,0 ($K_e = 1,0$). Le niveau kéraunique de la région est de 50 jours d'orage par an ($Td = 50$) et la résistivité moyenne de la terre est de 600 Ω .m. Le facteur d'exposition K_x est dès lors de 1,2 (équation 1). La ligne en question correspond à la configuration E/PC/D/S (voir Figure 1). Les caractéristiques des sections sont réunies dans le Tableau III.7.

Tableau III.7/K.46 – Caractéristiques de la ligne

Section	Isolant	Matériau de gaine	Epaisseur de la gaine	Nombre de paires	Diamètre des conducteurs	Longueur	Installation
E/P	Papier	Plomb	2 mm	400	0,40	1500 m	Enfouie
P/CD	Plastique	Aluminium	0,2 mm	50	0,40	2400 m	Enfouie
CD/S	Plastique	Pas de gaine	–	2	0,80	400 m	Aérienne

Le facteur d'installation (K_i) est de 0,5 pour les sections enfouies et de 1,0 pour la section aérienne (voir § 6.2). La résistance de la gaine par unité de longueur (r) peut être obtenue à partir de l'Appendice II sur la base du constituant de la gaine, son épaisseur, du diamètre des conducteurs et du nombre de paires. Pour les sections E/P et P/CD, l'Appendice II donne les valeurs $r = 1,1 \Omega/\text{km}$ et $r = 2,9 \Omega/\text{km}$. On les utilise dans l'équation 2 pour calculer les facteurs d'écran relatifs au blindage (K_{ss}), qui sont présentés dans le Tableau III.8. Au moyen de l'équation 3, on obtient les longueurs conventionnelles des sections, présentées dans le Tableau III.8.

Supposons que l'opérateur ramène la résistance de terre du blindage dans les installations extérieures (nœud CD) à une valeur inférieure à 30 Ω . Si l'on néglige la résistance au nœud E, on obtient le facteur d'écran relatif à la terre (K_{se}) au moyen de la procédure donnée dans l'Annexe A, soit, $K_{se} = 0,05$. La longueur conventionnelle résultante relative à la terre est présentée dans le Tableau III.8.

Tableau III.8/K.46 – Longueurs conventionnelles

Section	Résistance de la gaine	Nœuds E et P		Nœuds CD et S	
		K_{ss}	L_{cs}	K_{se}	L_{ce}
E/P	1,1 Ω/km	0,023	21 m	0,05	45 m
P/CD	2,9 Ω/km	0,059	85 m	0,05	72 m
CD/S	–	1,0	480 m	1,0	480 m

L'étape suivante consiste à évaluer les valeurs limite et réelle de la longueur conventionnelle des nœuds. Les limites en question (Tableau 1) sont présentées dans le Tableau III.9. La longueur conventionnelle de chaque nœud, qui dépend de son blindage, peut être calculée au moyen de l'équation 4. Les valeurs calculées sont présentées dans le Tableau III.9.

Tableau III.9/K.46 – Systèmes de protection

Nœud	Limite de longueur conventionnelle	Longueur conventionnelle réelle	Besoin de protection	Installation du SPD	
				Système 1	Système 2
E	360 m	586 m	Oui	Non	Oui
P	80 m	586 m	Oui	Oui	Non
CD	670 m	597 m	Non	Non	Oui
S	330 m	597 m	Oui	Oui	Oui

On constate, dans le Tableau III.9, que tous les nœuds nécessitent une protection. La première étape de mise en place d'un système de protection consiste à installer un parafoudre aux nœuds non blindés nécessitant une protection (nœud S) et au nœud P. L'installation d'un parafoudre au nœud S n'influe pas sur la longueur conventionnelle des autres nœuds. Toutefois, l'installation d'un parafoudre au nœud P diminue la longueur conventionnelle des nœuds E. On constate, dans le Tableau III.8, que la longueur conventionnelle des nœuds E sera ramenée à 21 m, valeur qui est inférieure à la limite fixée pour le nœud E. Une autre possibilité serait d'installer un parafoudre au nœud E et au nœud CD. L'installation d'un parafoudre au nœud E et au nœud CD protégera également le nœud P étant donné que celui-ci se trouvera entre deux parafoudres. Ces systèmes de protection sont présentés dans le Tableau III.9. Le choix du système de protection dépendra de considérations économiques.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de nouvelle génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication