



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

K.11

(11/1988)

SÉRIE K: PROTECTION CONTRE LES
PERTURBATIONS

**PRINCIPES DE LA PROTECTION CONTRE
LES SURTENSIONS ET LES SURINTENSITÉS**

Réédition de la Recommandation K.11 du CCITT publiée
dans le Livre Bleu, Tome IX (1988)

NOTES

1 La Recommandation K.11 du CCITT a été publiée dans le Tome IX du Livre Bleu. Ce fichier est un extrait du Livre Bleu. La présentation peut en être légèrement différente, mais le contenu est identique à celui du Livre Bleu et les conditions en matière de droits d'auteur restent inchangées (voir plus loin).

2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

© UIT 1988, 2008, 2011

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.

Recommandation K.11

PRINCIPES DE LA PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS ET LES SURINTENSITÉS

(Genève, 1972; modifiée à Malaga-Torremolinos, 1984 et à Melbourne, 1988)

Introduction

Les documents actuels du CCITT reconnaissent deux sources de perturbations dangereuses des lignes de télécommunications, capables de provoquer des dommages obligeant à interrompre le service et à faire des réparations, ou même d'exposer le personnel à des dangers, d'une part les décharges orageuses, d'autre part les défauts affectant des installations électriques voisines.

La présente Recommandation présente des principes dont l'observation doit permettre de limiter la fréquence et la gravité des effets de ces perturbations à des niveaux imposés par la qualité du service, les frais d'exploitation et la sécurité du personnel. Ces principes sont applicables à toutes les parties d'un système de télécommunications. On trouve des recommandations plus détaillées sur certaines méthodes de protection et pour certaines parties du système dans les références citées à la fin de la présente Recommandation et dans les Recommandations K.5, K.6, K.9, K.12, K.15, K.16 et K.17. Dans les références [1] et [2], on trouve des renseignements sur les phénomènes perturbateurs et sur les techniques de protection (voir aussi la Recommandation K.26).

La présente Recommandation traite principalement des centraux locaux, des organes constituant les lignes de raccordement locales et des équipements d'abonné, mais son contenu est susceptible d'une plus large application.

Remarque – Les phénomènes perturbateurs sont relativement rares et très brefs (en général leur durée est de l'ordre d'une fraction de seconde). La présente Recommandation n'aborde pas les méthodes permettant d'éviter que le fonctionnement des équipements soit interrompu pendant les perturbations elles-mêmes. Le CCITT poursuit l'étude des méthodes en question.

1 Considérations générales

1.1 Origine des surtensions et des surintensités dangereuses

1.1.1 Décharges de foudre directes

Ces décharges peuvent donner naissance, dans les fils ou les câbles, à des courants de plusieurs milliers d'ampères pendant quelques microsecondes. Il peut en résulter des dommages, et des surtensions de plusieurs kilovolts risquent d'exercer des contraintes sur les diélectriques des installations de ligne et des équipements terminaux.

1.1.2 Décharges de foudre au voisinage

Au moment d'un coup de foudre, les courants de décharge circulant des nuages vers la terre ou entre les nuages engendrent des surtensions dans les lignes aériennes ou souterraines situées à proximité. La zone intéressée peut être vaste dans les régions où la résistivité du sol est élevée.

1.1.3 Induction produite par les courants de défaut circulant dans les lignes électriques, y compris les systèmes de traction électrique

Les défauts à la terre dans les réseaux d'énergie électrique donnent naissance à des courants de déséquilibre de forte intensité qui parcourent les lignes électriques en induisant des surtensions dans les lignes de télécommunications voisines en rapprochement parallèle. Ces surtensions peuvent s'élever à plusieurs kilovolts et durer de 200 à 1000 millisecondes (et même parfois plus longtemps), selon le système utilisé sur la ligne électrique pour remédier au défaut.

1.1.4 Contacts avec des lignes électriques

Des contacts peuvent se produire entre les lignes électriques et les lignes de télécommunications lorsque des catastrophes locales, par exemple des tempêtes ou des incendies, endommagent ces deux types d'installation ou lorsque les normes de sécurité en matière de séparation et d'isolation ne sont pas respectées. Les surtensions dépassent rarement $240 V_{\text{eff}}$, par rapport au potentiel de terre, dans les pays où cette tension est la tension normale de distribution, mais elles risquent de se prolonger pendant un temps indéterminé avant d'être décelées. Là où on utilise une tension de distribution plus élevée, par exemple 2 kV, les systèmes de protection des lignes électriques assurent généralement l'élimination rapide de la tension engendrée par un défaut. La surtension peut donner naissance à des courants d'intensité excessive le

long de la ligne jusqu'au dispositif de mise à la terre du central, endommageant l'équipement et mettant en danger le personnel.

1.1.5 *Élévation du potentiel dans le sol*

Quand un défaut à la terre affecte un réseau d'énergie électrique, il y a circulation dans le sol de courants qui élèvent le potentiel au voisinage du défaut et de la prise de terre de la source d'énergie (voir aussi la Recommandation K.9). Ces gradients de potentiel dans le sol peuvent avoir un double effet sur les installations de télécommunications:

- a) Les systèmes de signalisation risquent de mal fonctionner si la terre de signalisation est obtenue par une électrode implantée dans un sol dont le potentiel s'élève, ne serait-ce que de 5 V, par rapport au potentiel de terre normal. Une tension de cet ordre peut être causée par des défauts mineurs du système d'alimentation qui risquent de passer longtemps inaperçus.
- b) Une élévation plus forte du potentiel de terre peut mettre en danger le personnel qui travaille dans la zone concernée ou, dans des cas extrêmes, être suffisante pour provoquer la rupture de l'isolation des câbles de télécommunications et causer des dommages importants.

1.2 *Méthodes de protection*

1.2.1 Certaines des mesures de protection des lignes décrites au § 2 ont pour effet de réduire les surtensions et les surintensités à la source et par conséquent les risques de dommages dans toutes les parties du système.

1.2.2 D'autres mesures de protection susceptibles d'être appliquées à telle ou telle partie du système, et dont il est question aux § 2, 3 et 4, se divisent en gros en deux groupes:

- l'utilisation de dispositifs de protection qui empêche qu'une énergie excessive atteigne des parties vulnérables, soit en déviant cette énergie, comme le font les parafoudres, soit en déconnectant la ligne, comme le font les fusibles;
- l'utilisation d'équipements capables de résister aux conditions qui leur sont imposées, du fait qu'ils possèdent une rigidité diélectrique, une capacité d'écoulement de courant et une impédance appropriées.

1.3 *Types d'organes de protection*

1.3.1 *Parafoudres à air à électrodes de carbone ou électrodes métalliques*

Généralement montés entre chaque fil d'une ligne et la terre, ils limitent la tension qui peut apparaître entre leurs électrodes. Ils sont peu coûteux, mais leur résistance d'isolement risque de baisser d'une façon appréciable après un fonctionnement répété et on peut être obligé de les remplacer fréquemment.

1.3.2 *Parafoudres à atmosphère gazeuse*

Ces tubes sont généralement montés entre chaque fil d'une ligne et la terre, ou utilisés comme des dispositifs à trois électrodes entre une paire et la terre. On peut assigner à leurs performances des limites strictes, cela en vue de respecter les conditions imposées aux systèmes. Ils sont de petites dimensions et n'exigent souvent aucune maintenance.

On trouve dans la Recommandation K.12 des indications détaillées applicables aux parafoudres à atmosphère gazeuse.

1.3.3 *Dispositifs de protection à semi-conducteurs*

Utilisés d'une manière semblable aux parafoudres à électrodes de carbone et aux parafoudres à atmosphère gazeuse, ils protègent l'équipement contre des surtensions pouvant descendre à 1 V seulement. Ils sont précis et rapides, mais peuvent être endommagés par des courants trop intenses.

1.3.4 *Fusibles*

Ils sont montés en série dans chaque fil d'une ligne pour couper le courant lorsque celui-ci est excessif. Les fusibles simples sont équipés d'un fil homogène qui fond sous l'effet de la chaleur dégagée. Les fusibles à action lente comportent à la fois un fil homogène qui fond rapidement lorsqu'il est parcouru par un courant intense et un élément fusible à ressort qui fond progressivement jusqu'à couper le courant lorsqu'un courant moins intense le parcourt pendant une période prolongée. Les valeurs de fonctionnement typiques sont de 2 A pour les courants intenses et 250 mA pour les courants prolongés. Après fonctionnement les fusibles ne doivent pas entretenir un arc. Ces fusibles n'assurent pas une protection contre les décharges de foudre, de sorte que dans les zones où ces décharges sont courantes, des fusibles à valeur nominale élevée (20 A au maximum) peuvent être nécessaires pour éviter les dérangements dus à des défaillances de fusibles. La protection ainsi assurée en cas de contacts avec des lignes électriques est parfois insuffisante. Les fusibles peuvent aussi être une source de bruit et provoquer des coupures intempestives.

1.3.5 *Bobines thermiques*

Montées en série sur chaque fil d'une ligne, les bobines thermiques déconnectent la ligne, la mettent à la terre ou effectuent ces deux opérations à la fois, la terre étant prolongée jusqu'à la ligne. Les bobines thermiques comportent un élément fusible et fonctionnent lorsqu'elles sont parcourues pendant environ 200 secondes par un courant d'une intensité de l'ordre de 500 mA.

1.3.6 *Limiteurs de courant à fonctionnement réversible*

L'inconvénient des fusibles et des bobines thermiques est de provoquer une interruption permanente du circuit lorsqu'ils ont fonctionné, et il est alors nécessaire de les remplacer manuellement. Certains dispositifs à impédance variable, dont la résistance électrique s'élève très fortement sous l'effet de l'échauffement produit par une surintensité, sont utilisables. Ces dispositifs retrouvent leur faible résistance initiale après la cessation de la surcharge. Il convient de porter attention aux temps de réaction et à l'aptitude de ces dispositifs à supporter des tensions élevées.

1.4 *Effets résiduels*

Les mesures de protection tendent à ce que la plus grande partie de l'énergie électrique due à une perturbation ne soit pas dissipée dans une partie vulnérable de l'installation et n'atteigne pas le personnel. Il n'existe toutefois aucun dispositif dont les caractéristiques soient telles qu'il supprime théoriquement toutes les tensions ou intensités associées aux perturbations, et cela pour les raisons suivantes.

1.4.1 *Surtensions résiduelles*

Il convient de tenir compte:

- a) des tensions qui n'actionnent pas le dispositif de protection parce qu'elles se situent en dessous de son niveau de fonctionnement;
- b) des tensions transitoires qui se produisent avant que le dispositif fonctionne;
- c) des tensions résiduelles qui se maintiennent après que le dispositif a fonctionné;
- d) des tensions transitoires produites par le fonctionnement du dispositif.

1.4.2 *Tensions transversales*

Les dispositifs de protection montés sur les deux fils d'une paire peuvent ne pas fonctionner simultanément, d'où apparition d'une impulsion transversale. Dans certaines conditions, en particulier si l'équipement à protéger a une impédance faible, le fonctionnement d'un dispositif de protection peut empêcher le fonctionnement de l'autre et une tension transversale subsiste alors aussi longtemps que les tensions longitudinales s'exercent sur la ligne.

1.4.3 *Effet sur le fonctionnement normal du circuit. Coordination*

Une marge suffisante doit être laissée entre la tension de fonctionnement des dispositifs de protection et la tension la plus élevée qui apparaît sur la ligne pendant le fonctionnement normal.

De même, les caractéristiques normales (impédances internes) des dispositifs de protection doivent être compatibles avec les conditions normales de fonctionnement des installations, lesquelles doivent tenir compte de leur présence éventuelle.

1.4.4 *Effets de modification*

Un dispositif de protection peut assurer la sécurité d'une partie de ligne aux dépens d'une autre; par exemple, si le fusible d'un répartiteur principal fonctionne par suite d'un contact avec une ligne électrique, la tension sur la ligne de télécommunications peut atteindre la valeur maximale de la tension sur la ligne électrique lorsque le fusible coupe la mise à la terre de la première.

De même, le fonctionnement d'un dispositif de protection est susceptible de réduire notablement l'impédance interne équivalente d'un circuit par rapport aux équipements qui lui sont reliés, ce qui peut permettre la circulation de courants éventuellement dangereux.

1.4.5 *Coordination de la protection primaire et de la protection secondaire*

Il est parfois nécessaire, pour protéger un équipement sensible, d'utiliser plusieurs dispositifs de protection, par exemple un dispositif à faible courant de coupure et à action rapide, tel qu'un semi-conducteur, et un dispositif à courant de coupure élevé et à action lente, tel qu'un parafoudre à atmosphère gazeuse. En pareil cas, il faut prendre des mesures pour que, dans l'éventualité d'une surtension prolongée, le dispositif à faible courant de coupure ne bloque pas le fonctionnement du dispositif à courant de coupure élevé; si cela se produisait, le dispositif à faible courant pourrait être endommagé ou encore le câblage d'interconnexion pourrait transmettre un courant excessif.

1.4.6 *Elévation de la température*

Les dispositifs de protection doivent être conçus et installés de telle manière que l'élévation de température qui accompagne leur fonctionnement ne soit pas susceptible d'endommager le matériel ou de créer un danger pour le personnel.

1.4.7 *Disponibilité du circuit*

Le circuit protégé peut être mis hors service temporairement ou durablement en cas de fonctionnement d'un dispositif de protection.

1.4.8 *Risques de dérangement*

L'utilisation de dispositifs de protection peut poser des problèmes de maintenance si ces dispositifs ne sont pas suffisamment fiables. Elle peut également empêcher l'application de certaines procédures d'essai des lignes et de l'équipement.

1.5 *Evaluation des risques*

1.5.1 *Le comportement d'un système de télécommunications vis-à-vis des surtensions dépend des facteurs suivants:*

- l'environnement, c'est-à-dire l'importance et la probabilité des surtensions se produisant dans le réseau de lignes associé au système;
- les méthodes de construction mises en oeuvre dans ce réseau de lignes (voir le § 2);
- l'insensibilité aux surtensions des équipements que comporte le système;
- l'existence de dispositifs de protection;
- la qualité du système de mise à la terre prévu pour le fonctionnement des dispositifs de protection.

1.5.2 *L'environnement*

Pour juger de l'environnement, il convient de prendre en considération les facteurs mentionnés au § 1.1.

Le danger provenant des surtensions dues à la foudre est très variable selon les lieux. Le risque de coups de foudre directs et rapprochés augmente avec le niveau kéraunique et avec la résistivité du sol et, comme la foudre est à l'origine d'une forte proportion des défauts affectant un réseau électrique, les effets de l'induction augmentent aussi, de même que ceux d'un accroissement du potentiel de la terre. En revanche, la présence de corps métalliques enterrés, comme des canalisations d'eau, des câbles armés, etc., a un effet d'écran sur les câbles téléphoniques et réduit notablement les surtensions dues à la foudre ou à l'induction.

- L'expérience montre que, dans le centre d'une ville et dans une région de faible activité orageuse, les surtensions dépassent rarement les tensions résiduelles des dispositifs de protection. Ces environnements peuvent être considérés comme peu agressifs. Dans les Recommandations K.20 et K.21 on trouve les spécifications des essais auxquels il faut soumettre les équipements à utiliser sans protection dans de tels environnements; les résultats de ces essais donnent des indications sur les environnements les plus défavorables pouvant néanmoins être considérés comme non exposés aux surtensions.
- Tous les autres environnements peuvent être classés comme «agressifs», mais cette catégorie groupe évidemment une grande diversité de situations, y compris le cas d'expositions exceptionnelles, dans lesquelles on ne peut obtenir un service satisfaisant qu'en recourant à l'emploi de toutes les mesures de protection dont on dispose.

Dans les cas d'induction et d'élévation du potentiel de la terre, on peut calculer les surtensions comme indiqué dans les *Directives* [2], lesquelles recommandent également les valeurs maximales qui peuvent être permises dans diverses conditions.

1.5.3 *Statistiques des défauts*

Ce n'est qu'à la lumière de l'expérience que l'on peut convenablement évaluer les risques de surtensions et de surintensités. Il est donc recommandé que l'on tienne des statistiques des défauts sous une forme appropriée à cet objet. On séparera, dans ces statistiques, les défauts provenant de surtensions ou de surintensités de ceux qui ont pour origine un mauvais fonctionnement des organes de protection ou une défaillance d'une autre pièce de l'équipement.

1.6 *Décisions en matière de protection*

1.6.1 Lorsque l'on examine la mesure dans laquelle il convient qu'un réseau de télécommunications résiste aux surtensions, on peut reconnaître deux catégories de défaillances:

- les défaillances partielles, qui affectent seulement une faible proportion d'éléments du système; on peut les tolérer jusqu'à un niveau reconnu comme acceptable par l'Administration;
- les interruptions globales, telles que les incendies, les pannes de centraux, etc., que l'on doit autant que possible prévenir totalement.

On trouve dans la Recommandation K.20 des exemples de situations pouvant donner lieu à des défaillances légères, mais non à des interruptions sérieuses. Il est en outre souhaitable que la défaillance d'un organe de protection pris isolément ne puisse être à l'origine d'une interruption sérieuse.

1.6.2 Il faut accorder une attention particulière à la protection contre les surtensions et les surintensités des centraux ou des équipements d'abonné de conception récente, si l'on veut que les avantages attendus des perfectionnements de la technique ne soient pas annulés du fait de défaillances inacceptables causées par l'exposition aux surtensions ou aux surintensités. Il peut arriver sinon que ces équipements nouveaux soient intrinsèquement sensibles à ces conditions et que les dommages ou défauts de fonctionnement affectent de grandes parties d'un système.

1.6.3 Il convient de noter qu'un excès de protection, vu la présence de dispositifs de protection superflus, est non seulement contraire à l'économie mais risque bel et bien de dégrader les performances des systèmes, puisque ces dispositifs peuvent eux-mêmes être à l'origine de certaines défaillances.

Pour éviter que des perturbations ne soient causées aux circuits de télécommunications par l'amorçage des dispositifs de protection, les valeurs de tension d'amorçage et le nombre de parafoudres doivent être pris en considération.

1.6.4 Vu ce qui précède et compte tenu de ce qui a été dit au § 1.5 concernant l'évaluation des risques, on doit prendre une décision au sujet de la protection qu'il y a lieu d'assurer dans toutes les parties du système. Il convient de tenir compte de considérations d'ordre commercial, comme par exemple le coût des mesures de protection, le coût des réparations, les relations avec les usagers et la fréquence probable des défauts dus aux surtensions et aux surintensités par rapport à celle des défauts dus à d'autres causes.

La répartition des responsabilités concernant ces décisions doit être clairement établie afin que soit garantie et coordonnée la mise en oeuvre de tous les dispositifs de protection nécessaires pour les lignes et les équipements.

Les Administrations exploitantes doivent faire connaître aux constructeurs des équipements les conditions que ceux-ci devront pouvoir supporter et les ingénieurs des lignes doivent savoir dans quelle mesure les équipements connectés aux lignes résisteront aux contraintes. L'ingénieur des lignes doit aussi définir les contraintes que rencontrera l'équipement connecté à la ligne, compte tenu des dispositions adoptées concernant la protection de celle-ci. Il peut arriver que différentes parties du réseau: appareils d'abonné, lignes, centres de commutation, etc., soient la propriété d'autorités différentes; la coordination peut alors exiger des procédures formelles, comme l'établissement de normes locales. Dans les Recommandations K.20 et K.21, on trouve des directives pour la préparation de ces normes.

2 Protection des lignes

2.1 *Mesures de protection extérieures aux conducteurs eux-mêmes*

2.1.1 Les lignes de télécommunications peuvent, dans une certaine mesure, être protégées contre la foudre par des structures métalliques voisines mises à la terre (par exemple, un réseau d'énergie électrique ou un réseau ferroviaire électrifié) qui font écran. Des écrans métalliques efficaces, par exemple une enveloppe de câble, une conduite de câble ou des fils-écrans de protection contre la foudre, réduisent les effets des surtensions produites par la foudre et de l'induction provoquée par les lignes électriques. Dans les zones très exposées à la foudre, on utilise souvent des câbles spéciaux avec écrans multiples et isolement à rigidité diélectrique élevée. La mise à la masse de toutes les structures métalliques est utile comme moyen de protection.

2.1.2 Il est possible de réduire au minimum l'induction produite par les lignes électriques en coordonnant les méthodes de construction des lignes électriques et des lignes de télécommunications. On peut diminuer le niveau d'induction à la source en installant des fils de terre et des limiteurs de courant dans le réseau électrique.

2.1.3 On diminue le risque de contacts entre lignes électriques et lignes de télécommunications si l'on applique des normes agrégées de construction, de séparation et d'isolation. Des considérations économiques entrent certes en jeu, mais il est souvent possible de tirer parti de l'utilisation conjointe de tranchées, poteaux et conduites, sous réserve d'adopter des méthodes de sécurité appropriées (voir les Recommandations K.5 et K.6). Il importe particulièrement d'éviter les contacts avec les lignes à haute tension par une construction de qualité élevée, car il peut être très difficile d'éviter que de graves conséquences en découlent.

2.2 Câbles spéciaux

Là où de fortes surtensions sont susceptibles de se produire, on peut utiliser des câbles spéciaux à haute rigidité diélectrique.

Les câbles courants avec isolant et gaine de matière plastique ont une rigidité diélectrique plus élevée que les câbles sous plomb isolés au papier; ils conviennent bien pour la plupart des situations dans lesquelles on employait auparavant des câbles avec un isolant particulièrement épais. L'emploi de câbles avec isolement renforcé peut se justifier dans des cas où la proximité ou la longueur de parallélisme avec des lignes électriques sont exceptionnelles, où il y a un fort accroissement du potentiel du sol au voisinage immédiat des stations électriques, ou encore lorsqu'il y a une très grande exposition à la foudre en raison d'un niveau kéraunique élevé et d'une faible conductivité du sol.

Voici d'autres exemples d'utilisation de câbles spéciaux:

- câbles munis d'une gaine métallique assurant un facteur de réduction intéressant dû à l'effet d'écran pour protéger les circuits qu'ils contiennent;
- câbles contenant des circuits qui aboutissent à des pylônes radioélectriques exposés et qui doivent pouvoir écouler des courants de décharges orageuses sans dommages;
- câbles en fibres optiques entièrement diélectriques (c'est-à-dire non métalliques), ayant pour but d'assurer l'isolement entre des longueurs de câbles à conducteurs.

2.3 Utilisation de dispositifs de protection

Il peut être souhaitable d'utiliser des dispositifs de protection dans les cas suivants.

2.3.1 S'il est plus économique d'utiliser de tels dispositifs que de recourir aux constructions spéciales décrites aux § 2.1 et 2.2, il ne faut pas, à cet égard, négliger les frais de maintenance, car le fait de prévoir des dispositifs de protection entraîne forcément (alors qu'il n'y a habituellement rien de tel avec les câbles spéciaux, les écrans et autres) même si les dépenses de premier établissement peuvent être alors plus élevées.

2.3.2 Lorsque les câbles à isolement renforcé résistent eux-mêmes parfaitement aux surtensions et aux surintensités, une certaine proportion en est transmise à d'autres parties plus vulnérables du réseau. Il faut alors doter les câbles plus vulnérables d'une protection supplémentaire, laquelle est particulièrement importante s'il s'agit de gros câbles souterrains dont les réparations coûtent cher et affectent le service de nombreux abonnés.

2.3.3 Si les surtensions induites par les défauts des lignes électriques ou de traction peuvent encore dépasser les niveaux admis par les *Directives*, une fois toutes les mesures préventives possibles mises en oeuvre.

2.4 Installations de dispositifs de protection

2.4.1 Pour protéger l'isolement des conducteurs, il est utile de réunir tous les écrans, enveloppes métalliques, etc., et de monter des dispositifs de protection contre les surtensions entre les conducteurs et la masse électrique ainsi constituée qui devrait être mise à la terre. Cette technique est particulièrement utile dans les zones où la résistivité du sol est élevée car elle évite d'avoir recours à des systèmes à électrodes coûteux pour la mise à la terre des dispositifs de protection.

2.4.2 Lorsque l'on emploie des parafoudres pour réduire les tensions élevées induites dans les lignes de télécommunications par des courants de défaut des lignes électriques, il convient d'en munir tous les fils à des intervalles convenables ainsi qu'aux deux extrémités de la longueur de ligne affectée, ou aussi près d'elle que cela est pratiquement possible.

2.4.3 Afin de protéger les câbles souterrains contre les surtensions dues à la foudre, on peut placer des dispositifs de protection aux points de connexion avec les lignes aériennes. Les dispositifs de protection montés sur le répartiteur principal ainsi que sur les équipements terminaux des abonnés réduisent les risques de dommages causés aux lignes, mais leur principale fonction est de protéger les organes dont la rigidité diélectrique est moindre que celle des câbles (voir à ce sujet les Recommandations K.20 et K.21).

2.4.4 Il convient que les connexions qui relient aux lignes et à la terre les organes de protection contre les surtensions dues à la foudre soient aussi courtes que possible, cela afin de réduire les surtensions résiduelles entre les lignes et le potentiel de masse.

2.5 Planification des travaux

Les considérations générales exposées aux § 1.5 et 1.6 s'appliquent à la protection des lignes. Dans toute la mesure du possible, il est recommandé que les mesures de protection appliquées à la ligne soient décidées dès le début d'un projet et qu'elles dépendent de l'environnement. Il peut être difficile et onéreux d'obtenir une fiabilité satisfaisante d'une ligne pour laquelle on n'a pas assez tenu compte dans le projet initial de la nécessité d'une protection.

2.6 *Politique qu'il est recommandé de suivre*

Dans les cas où les lignes d'un réseau de télécommunications sont exposées à des perturbations fréquentes ou graves en raison de défauts des lignes électriques ou de décharges atmosphériques, la tension de ces lignes par rapport au potentiel de terre local doit être limitée; on peut pour cela connecter les dispositifs de protection entre les conducteurs de ligne et la terre ou utiliser des méthodes appropriées pour la construction de la ligne.

3 **Protection des équipements des centraux et du matériel de transmission**

3.1 *Nécessité d'une protection extérieure*

Il convient que les compagnies exploitantes tiennent compte de la nécessité éventuelle de doter leurs équipements d'une protection extérieure, compte tenu des considérations ci-après.

3.1.1 Dans certaines conditions, une ligne de télécommunications assure une certaine protection à l'équipement. C'est par exemple le cas:

- si un conducteur fond et coupe un courant excessif;
- si l'isolant d'un conducteur claque et réduit une surtension;
- s'il y a amorçage au niveau de dispositifs de connexion, d'où réduction de la surtension.

3.1.2 La plus grande robustesse des câbles isolés sous matière plastique a pour effet d'augmenter les surtensions et les surintensités qui peuvent circuler dans les lignes et être appliquées aux équipements. Inversement, l'emploi de composants électroniques miniaturisés dans les équipements de commutation et de transmission tend à rendre ces équipements plus vulnérables aux perturbations électriques.

Pour ces raisons, on est généralement obligé, dans les régions exposées à des perturbations fréquentes et sérieuses (coups de foudre, lignes d'énergie, sol de faible conductivité), d'installer des organes de protection des types décrits au § 1.3 entre les conducteurs de câble et l'équipement auquel ils sont reliés, cela de préférence au répartiteur principal. On évitera ainsi que le câble allant de ce répartiteur aux équipements soit le siège de surintensités.

Les organes de protection sont montés sur le répartiteur côté lignes; on évite ainsi que les courants de décharge traversent les fils jarrettières du répartiteur et l'on expose le moins possible de câblage du répartiteur et des barrettes terminales à la tension du secteur au cas où un contact avec une ligne portée à cette tension ferait déconnecter la ligne par un organe de protection monté en série.

3.1.3 Dans les emplacements les moins exposés, il peut se faire que les caractéristiques statistiques de niveau et de fréquence des perturbations (tensions et intensités) soient si faibles que, dans la pratique, les risques ne dépassent pas ceux qui résultent des effets résiduels afférents aux régions exposées, dont il est question au § 1.4. Des organes de protection ne servent alors à rien et ils entraîneraient une dépense inutile.

3.2 *Nécessité pour les équipements d'avoir un minimum de robustesse électrique*

Là où les lignes sont exposées et où l'on a installé des dispositifs de protection, les effets résiduels dont il a été question au § 1 risquent de provoquer l'apparition de surtensions et de surintensités dans les équipements. Dans les emplacements moins exposés, les perturbations décrites au § 3.1.3 peuvent être la cause d'effets semblables. Il faut que les équipements puissent, par construction, supporter ces conditions; dans la Recommandation K.20, on trouve des recommandations détaillées sur la robustesse électrique qui doit être la leur.

3.3 *Effet des conditions de commutation*

Etant donné que la disposition et l'interconnexion des organes reliés à une ligne donnée varient nécessairement au cours de l'établissement d'une communication, il importe qu'on ne limite pas l'étude de la protection aux seuls équipements individuels des lignes. Il existe de nombreux organes qui sont communs à toutes les lignes et qui peuvent se trouver exposés à des perturbations quand ils sont reliés à telle ou telle ligne.

L'efficacité de la protection assurée peut dépendre du fait que la probabilité d'exposition est réduite si la durée pendant laquelle un élément est relié à la ligne est brève. D'autre part, un organe commun doit être doté d'une protection meilleure que les autres, car sa défaillance risque de dégrader plus sérieusement les performances du central ou même des télécommunications de la région.

4 Protection des équipements terminaux d'abonné

Les méthodes de protection des équipements de centraux décrites plus haut sont souvent utilement applicables aux équipements d'abonné. Des méthodes d'essai de la robustesse des équipements d'abonné sont données dans la Recommandation K.21. Il convient également de considérer les aspects spécifiques suivants.

4.1 *Degré d'exposition*

Les lignes qui, dans des zones urbaines ou industrielles, aboutissent à des installations voisines d'un central sont en général peu exposées aux surtensions, en raison de l'effet d'écran des nombreuses structures métalliques voisines, comme cela a été indiqué au § 2.1.

Au contraire, les lignes qui aboutissent à des installations éloignées de zones construites peuvent être très exposées du fait de leur longueur, de l'absence de dispositifs de protection, de la présence de lignes aériennes à leur extrémité côté abonné et de la forte résistivité du sol. La robustesse mécanique des câbles aériens situés à l'extrémité côté abonné rend les effets des surtensions d'autant plus graves que la ligne peut elle-même être le siège de tensions plus élevées et transporter des courants plus intenses.

4.2 *Rigidité diélectrique*

Il est souhaitable que l'isolement entre les parties conductrices reliées aux lignes et toutes les parties accessibles à l'utilisateur aient une rigidité diélectrique élevée.

4.3 *Utilisation de parafoudres*

Lorsque des lignes téléphoniques sont exposées à des perturbations fréquentes et sérieuses dues à des défauts sur des lignes électriques ou à des décharges orageuses, on doit limiter leur tension par rapport au potentiel de terre local en installant des organes de protection des types décrits au § 1.3 entre les conducteurs de ces lignes et la borne de terre.

On choisira la rigidité diélectrique de l'équipement terminal en tenant compte de la tension de fonctionnement du dispositif de protection et de l'impédance de la connexion entre la ligne munie d'un parafoudre et la terre.

4.4 *Masse commune*

Il peut arriver que, là où se trouve l'équipement terminal d'un abonné, on ne dispose pas d'une terre de faible résistance pour les organes de protection contre les surtensions, ou encore que le prix afférent à la réalisation d'une terre adéquate de faible résistance soit excessif par rapport aux autres frais d'installation. Il peut en outre arriver que l'équipement terminal soit voisin de systèmes mis à la terre, comme des canalisations d'eau, ou qu'il soit alimenté par un réseau électrique.

Afin de réduire au minimum les dangers des tensions élevées tant pour le matériel que pour l'abonné même si la résistance de terre n'est pas suffisamment faible, il convient d'interconnecter, soit directement soit par l'intermédiaire d'un éclateur, tous les conducteurs devant être reliés à la terre, les terres de signalisation et le neutre du réseau électrique. Bien que cette mise à la masse puisse être coûteuse, elle évite la difficulté de réalisation d'une terre de faible résistance, aussi est-ce une technique très répandue. Dans certains pays, la connexion au neutre du réseau électrique est soumise à des règlements nationaux, aussi faut-il s'assurer de l'accord des services de l'électricité.

4.5 *Règlements nationaux*

Dans bien des pays, il y a lieu de tenir compte des normes nationales relatives à la protection des usagers du matériel de télécommunications, non seulement contre les risques découlant de la connexion au secteur de distribution mais encore contre les conditions auxquelles la ligne téléphonique peut se trouver soumise.

4.6 *Prix élevé de la maintenance des installations d'abonné*

Le prix de revient des réparations à effectuer sur des installations terminales exposées peut être élevé en raison de la distance au centre de maintenance, des temps de transport et éventuellement de la gravité des dommages. De plus, l'insuffisance de la protection est à l'origine d'interruptions de service répétées, lesquelles sont particulièrement nuisibles pour la qualité du service et pour la satisfaction des usagers. Cela justifie une attention particulière aux mesures de protection.

Références

- [1] Manuel du CCITT *Protection des lignes et installations de télécommunication contre la foudre*, UIT, Genève, 1974, 1978.
- [2] CCITT *Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les effets préjudiciables des réseaux électriques et des lignes de chemin de fer électrifiées*, UIT, Genève, 1988.

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	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, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques 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 et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication