



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

K.14

PROTECTION CONTRE LES PERTURBATIONS

**EMPLOI D'UN ÉCRAN MÉTALLIQUE SUR
LES CÂBLES À REVÊTEMENT EN MATIÈRE
PLASTIQUE**

Recommandation UIT-T K.14

(Extrait du *Livre Bleu*)

NOTES

1 La Recommandation K.14 de l'UIT-T 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, 1993

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

Recommandation K.14

EMPLOI D'UN ÉCRAN MÉTALLIQUE SUR LES CÂBLES À REVÊTEMENT EN MATIÈRE PLASTIQUE

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

Un revêtement métallique procure à un câble un écran électrostatique et, jusqu'à un certain degré, un écran magnétique, un revêtement en matière plastique ne possède aucune de ces propriétés. Certains câbles à revêtement de plastique, par exemple les câbles isolés au papier, comportent un écran métallique d'étanchéité. Un écran métallique de ce genre, généralement réalisé sous forme d'un ruban d'aluminium posé dans le sens de la longueur, offre les mêmes propriétés d'écran qu'une enveloppe de métal non ferreux ayant la même conductivité longitudinale. Cependant, le ruban doit être connecté aux systèmes de prise de terre des centraux téléphoniques, à ses extrémités et/ou à des points de mise à la terre convenablement placés, comme par exemple à des gaines métalliques de câbles, le long de son trajet. Il importe en outre que, aux points de soudure du câble, la continuité du ruban soit assurée par des connexions de très faible résistance. L'effet d'écran procuré par le ruban peut être faible à 50 Hz, mais il peut être notable à des fréquences sur lesquelles se produisent des bruits perturbateurs. La présence d'un écran sur un câble réduit aussi l'induction provenant de composantes haute fréquence de courants transitoires causés par la commutation de lignes de transport d'énergie ou par des décharges orageuses; de telles tensions induites transitoires sont d'autant plus redoutables qu'on emploie davantage de matériel de télécommunications miniaturisé à très faible capacité thermique.

Se fondant sur les considérations ci-dessus et sur l'expérience acquise en matière d'utilisation de câbles à revêtement en matière plastique,

le CCITT recommande:

1 Etant donné que les câbles à revêtement en matière plastique et non pourvus d'écran donnent satisfaction pour le raccordement des abonnés aux centraux, on peut les utiliser dans les endroits où il n'y a pas de chemins de fer électriques fonctionnant en courant alternatif. Il faut cependant toujours tenir compte du risque de perturbation que l'on peut observer au voisinage de chemins de fer électriques et spécialement de ceux dont les locomotives sont équipées de dispositifs commandés par des thyristors. Il faut également tenir compte des éventuelles perturbations par les émetteurs radioélectriques qui travaillent dans la même gamme de fréquences que les circuits acheminés sur le câble à revêtement en matière plastique.

2 Les câbles interurbains et de jonction devraient être munis d'un écran qui puisse avoir la forme d'un ruban d'étanchéité en aluminium. Des câbles munis d'un écran, dont la conductance est de l'ordre de la moitié de celle d'un câble sous plomb dont l'âme a le même diamètre, ont donné complète satisfaction là où il n'y a pas de risques graves d'induction magnétique.

3 Si un câble à revêtement en matière plastique est muni d'un écran de conductance équivalant à celle d'un câble sous plomb classique, on constate que, en présence d'induction, ce câble peut être utilisé exactement dans les mêmes circonstances que le câble sous plomb.

4 Si l'effet produit par l'écran spécifié aux § 2 et 3 n'est pas suffisant pour limiter à des valeurs admissibles l'induction à la fréquence du secteur ou à ses harmoniques, par les lignes électriques ou les voies ferrées électrifiées avoisinantes, on pourra améliorer cet effet réducteur:

4.1 en augmentant, si besoin est, l'inductance du revêtement métallique au moyen d'un enroulement comportant des rubans d'acier;

4.2 en augmentant la conductance de l'écran existant en insérant sous cet écran des rubans ou des fils métalliques supplémentaires.

Il peut être nécessaire aussi d'améliorer l'effet réducteur s'il y a un risque de bruit perturbateur au voisinage de voies ferrées électrifiées équipées de dispositifs commandés par des thyristors.

5 L'écran doit être connecté aux systèmes de prise de terre des centres de télécommunications. En ce qui concerne les câbles d'abonnés, l'extrémité éloignée doit être reliée à une prise de terre adéquate. Il importe en outre que, aux joints du câble, la continuité du ruban soit assurée par des connexions de très faible résistance.

6 Etant donné l'augmentation du nombre des installations électriques et l'intensité des harmoniques du fait des techniques nouvelles, il faut s'attendre à une aggravation des effets d'induction. A cet égard, il peut se révéler extrêmement utile d'améliorer l'effet réducteur des câbles à revêtement en matière plastique comme indiqué ci-dessus.

7 Si l'on est amené à poser des câbles dans des zones qui risquent de recevoir des décharges atmosphériques, l'attention est attirée sur l'importance de l'écran métallique et de sa construction pour la protection des câbles contre la foudre, de même que sur l'importance des interconnexions de l'écran à d'autres structures [1].

8 Facteur de réduction dû à l'écran

Pour tous les types de câble et quel que soit le revêtement extérieur en matière plastique, les développements suivants permettent une évaluation en général suffisante de leur facteur réducteur à la fréquence fondamentale. Ils montrent en particulier comment ce facteur à utiliser en pratique est fonction des conditions d'utilisation.

8.1 Considérations générales

L'effet produit par l'écran métallique du câble dépend essentiellement:

- de la fréquence de la f.é.m. induite. Ainsi, la limitation de cette f.é.m. à la fréquence fondamentale (16 2/3 Hz, 50 Hz, 60 Hz) est un élément déterminant pour le choix du câble, si l'on se place du point de vue sécurité du personnel et des installations. Par contre, l'atténuation aux fréquences plus élevées est aussi à considérer lors de la recherche d'une protection des équipements contre le brouillage. Une bonne réduction de la f.é.m. induite à la fréquence fondamentale peut être suffisante pour réaliser une protection complète;
- du niveau de la f.é.m. linéique induite si l'écran est composé de matériaux ferromagnétiques. L'effet réducteur d'un tel câble est optimal pour une valeur donnée de la f.é.m. linéique induite, ainsi un câble conçu pour la réduction de fortes f.é.m. linéiques induites, peut n'avoir aucune efficacité pratique pour la protection contre de faibles f.é.m. linéiques induites. La constitution de l'écran doit être adaptée au niveau de la f.é.m. linéique induite;
- de la qualité de sa mise à la terre. L'effet réducteur est déterminé par la valeur de l'intensité circulant dans l'écran métallique. La valeur de la résistance offerte par les parties permettant l'échange de courant entre écran et terre est donc déterminante. Dans le cas où la structure du câble comporte un revêtement extérieur plastique isolant, les mises à la terre de l'enveloppe doivent être ponctuelles, si elles sont réalisées aux seules extrémités elles doivent présenter une résistance de faible valeur (le revêtement doit être de préférence mis à la terre à intervalles réguliers tout au long de la ligne), dans le cas où cette structure est recouverte d'un revêtement plastique conducteur, la mise à la terre est, en pratique, effectuée de manière continue;
- de la longueur du tronçon de la liaison à protéger soumis à l'induction. L'effet réducteur obtenu est d'autant meilleur que le tronçon est long. La notion de longueur est ici relative à la qualité des mises à la terre à réaliser.

8.1.1 Le facteur réducteur (Pour la signification des symboles employés, voir l'appendice I)

Les *Directives* définissent les facteurs réducteurs suivants dont l'utilisation est la plus fréquente:

- Le facteur réducteur nominal k_n (voir la figure 1/K.14); il est facilement mesurable en laboratoire et permet de qualifier l'efficacité de l'effet réducteur.

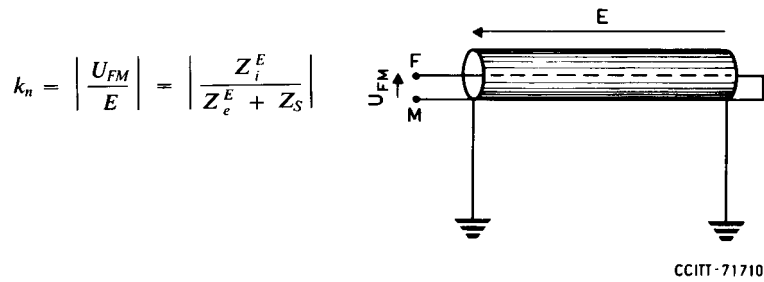


FIGURE 1/K.14

- Le facteur réducteur relatif à la terre distante k_{ff} , (voir la figure 2/K.14). Ce facteur est à considérer, si l'on cherche à protéger une liaison contre le danger et le brouillage, les conducteurs des paires d'abonnés étant reliés, aux extrémités, à une terre neutre, à travers certains organes des équipements, en l'absence de translateurs.

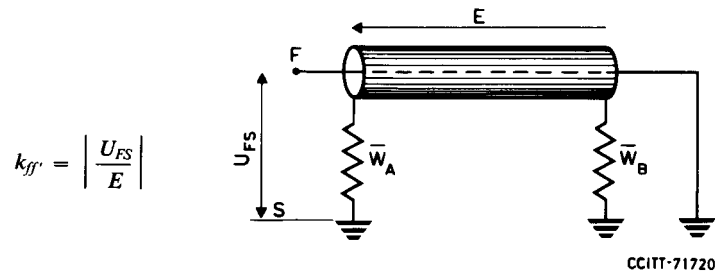


FIGURE 2/K.14

- Le facteur réducteur relatif à l'enveloppe k_{fm} (voir la figure 3/K.14). Ce facteur doit être considéré, dans le cas où les seules terres accessibles sont celles assurant la mise à la terre de l'écran. Les câbles reliant des centres de télécommunications entre eux sont concernés, leur écran étant relié aux prises de terre des centres.

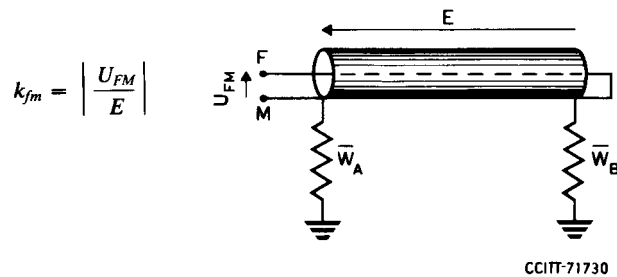


FIGURE 3/K.14

Les *Directives* contiennent des explications et des formules très détaillées permettant des calculs précis de ces coefficients dans les situations les plus variées. Néanmoins, et de façon complémentaire, l'évaluation de ces facteurs réducteurs peut être effectuée à partir d'expressions simples donnant une précision bien souvent suffisante. Ces expressions sont différentes suivant que le revêtement extérieur du câble est isolant ou conducteur, et font appel à des constantes ou des variables dont la liste est rappelée dans l'appendice I.

8.2 Câbles à revêtement externe isolant

Le revêtement extérieur de l'enveloppe métallique du câble est réalisé dans une matière plastique isolante. Pour obtenir un effet réducteur, cette enveloppe doit être mise à la terre à ses extrémités et éventuellement en d'autres points intermédiaires.

8.2.1 Calcul du facteur réducteur

Le facteur réducteur peut alors se calculer à l'aide des expressions (voir également les *Directives*, vol. II):

$$k_{ff} = \left| \frac{Z_i^E L + \bar{W}_A + \bar{W}_B}{Z_e^E L + Z_s L + \bar{W}_A + \bar{W}_B} \right| \quad (8-1)$$

$$k_{fm} = \left| \frac{Z_i^E L}{Z_e^E L + Z_s L + \bar{W}_A + \bar{W}_B} \right| \quad (8-2)$$

En toute rigueur, l'utilisation de ces expressions suppose une mise à la terre de l'enveloppe aux seules extrémités. Cependant, on peut considérer que pour un rapprochement comportant peu de variations, seules les mises à la terre proches des extrémités ont une influence sur l'effet réducteur. Cette expression permet ainsi une bonne approximation de l'effet réducteur dans le cas de mises à la terre intermédiaires.

Généralement les mises à la terre intermédiaires ont pour effet d'améliorer k_{ff} , mais par contre elles dégradent k_{fm} .

8.2.2 Influence de la longueur

Quand l'obtention d'un facteur réducteur k_{ff} proche de la valeur nominale k_n nécessite des mises à la terre de l'enveloppe ayant une valeur ohmique telle qu'elle est alors très difficile à obtenir, on peut considérer que la liaison est "courte". Dans l'autre cas, elle sera considérée comme "longue".

Remarque – Par "liaison", on entend la longueur de câble effectivement exposée à une induction.

8.2.2.1 Liaisons "longues"

L'examen des expressions (8-1) et (8-2) montre que pour des liaisons de grande longueur, les facteurs réducteurs k_{ff} et k_{fm} sont proches de k_n . Ceci est vrai pour des longueurs supérieures à environ

$$10 \frac{\bar{W}_A + \bar{W}_B}{Z_i^E}$$

Dans ce cas, l'utilisation d'un câble non armé (Z_e^E proche de Z_i^E) est possible. D'autre part, plus la liaison est longue plus la valeur ohmique des mises à la terre de l'enveloppe peut être importante.

Le choix du câble peut ne pas devoir en tenir compte, et peut être effectué d'après la courbe des valeurs du facteur réducteur nominal k_n pour les diverses valeurs de f.é.m. induite, puisque l'efficacité obtenue sera à peu près la même.

8.2.2.2 Liaisons "courtes"

Dans ce cas, la valeur du terme $Z_i^E L$ est du même ordre de grandeur que la somme des valeurs extrêmes des impédances de prise de terre $\bar{W}_A + \bar{W}_B$. Les facteurs réducteurs k_{ff} et k_{fm} peuvent être calculés à l'aide des équations (8-1) et (8-2).

Pour protéger de telles liaisons, l'utilisation d'un câble armé est nécessaire, l'effet réducteur étant alors assuré grâce à l'augmentation de la valeur de l'impédance Z_e^E obtenue par utilisation d'un matériau à forte perméabilité magnétique pour constituer la partie extérieure de l'enveloppe.

L'estimation de k_{ff} et de k_{fm} par les expressions (8-1) et (8-2) nécessite la connaissance de la courbe des variations de Z_e^E en fonction de l'intensité traversant l'enveloppe (voir la figure 4/K.14).

Le calcul nécessite alors quelques approximations successives simples pour évaluer Z_e^E après avoir choisi une valeur de \bar{W}_A et \bar{W}_B correspondant à des mises à la terre raisonnablement réalisables compte tenu de la résistivité du sol aux extrémités de la liaison.

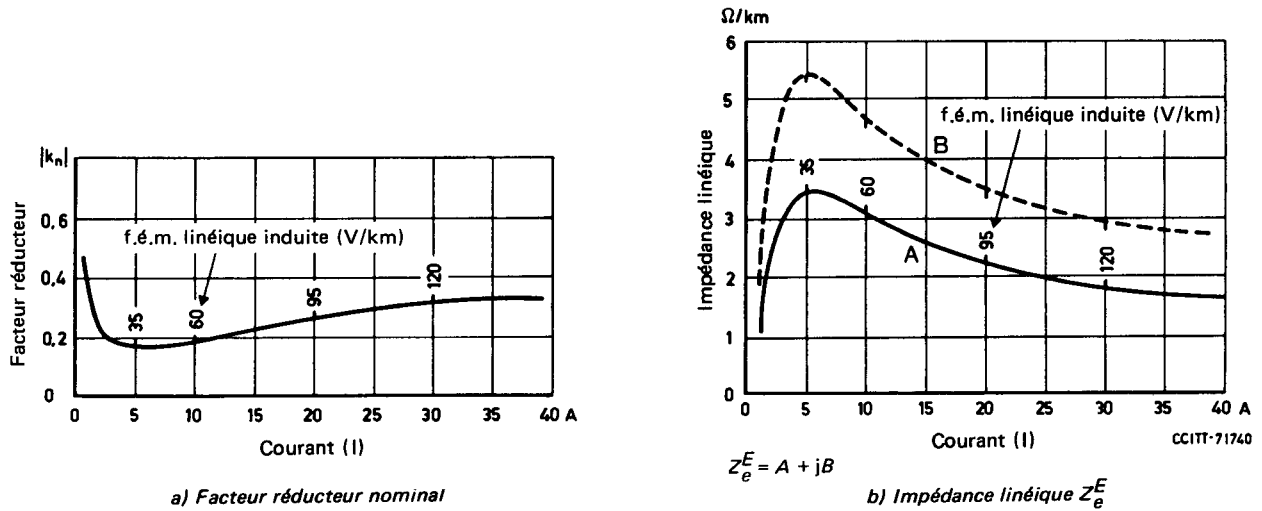


FIGURE 4/K.14

Paramètres du câble – Exemple pour un câble protégeant des liaisons contre de faibles f.é.m. linéiques induites généralement créées par des lignes de traction électriques

8.3 Câbles à revêtement externe conducteur

Le revêtement extérieur de l'enveloppe métallique du câble est réalisé dans une matière plastique conductrice assurant un contact électrique entre cette enveloppe et la terre environnant le câble.

La réalisation de connexions ponctuelles de l'enveloppe à la terre, ailleurs qu'aux extrémités, ne se justifiera pas si la résistivité de la matière conductrice est proche ou meilleure que celle du sol environnant (des valeurs de l'ordre de $50 \Omega \times m$ sont aisément obtenues).

L'intensité traversant l'enveloppe varie le long de la liaison, particulièrement au voisinage des extrémités et garde dans la partie centrale une valeur très proche de $I_M = e / (Z_e^E + Z_s)$ correspondant à l'intensité qui circulerait dans l'enveloppe si elle était parfaitement mise à la terre (prises de terre de valeur ohmique nulle).

Ainsi, pour calculer le facteur réducteur k_{ff} peut-on admettre l'équivalence qui consiste à remplacer ce câble par un câble dont l'enveloppe est à chaque extrémité connectée à la terre par des prises de terre de résistance nulle et dont la longueur est égale à celle de la liaison L diminuée de chaque côté d'une longueur l telle que $|P|l = 1$.

Ceci revient à considérer que le câble possède un facteur réducteur nominal sur une longueur plus courte égale à: $L - 2l$.

L'expression suivante permet alors d'évaluer k_{ff} approximativement:

$$k_{ff} = k_n \left(1 - \frac{2l}{L} \right) + \frac{2l}{L} \quad (8-3)$$

De la même façon k_{fm} peut être exprimé par:

$$k_{fm} = k_n \left(1 - \frac{2l}{L} \right)$$

Dans le cas où les mises à la terre de l'enveloppe métallique sont vraiment excellentes, l'équation (8-3) ne s'applique pas. La liaison est alors considérée comme "longue" et $k_{ff'} = k_{fm} = k_n$.

Les paramètres nécessaires au calcul sont ceux du câble (Z_e^E , Z_i^E) la f.é.m. linéique induite et l'admittance linéique Y de l'enveloppe par rapport à la terre, que l'on peut choisir suivant la résistivité des sols entre 1 S et 10 S (choisir 1 S si l'on ignore tout de la qualité de la mise à la terre).

8.3.1 *Influence de la longueur*

Les mêmes remarques que celles concernant les câbles à gaine isolante s'appliquent ici.

8.3.2 *Liaisons "longues"*

Le facteur réducteur est proche de k_n . Le câble peut être armé ou non, selon le résultat recherché.

8.3.3 *Liaisons "courtes"*

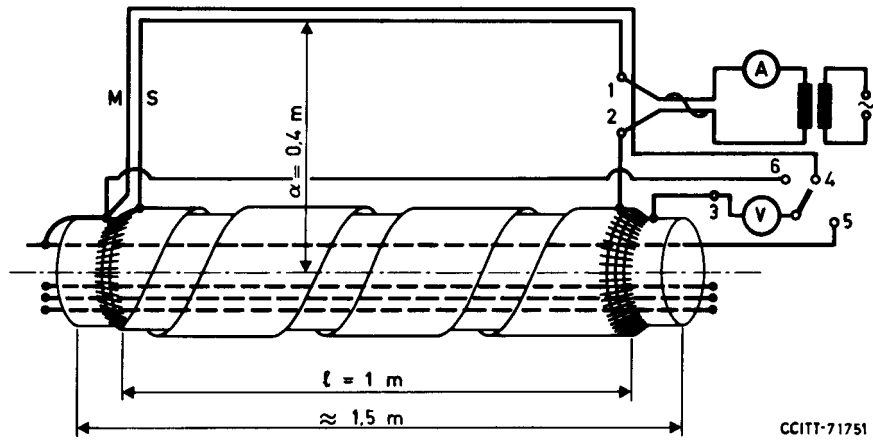
Le facteur réducteur $k_{ff'}$ peut être estimé à l'aide de l'expression (8-3). Le câble doit être armé dans la plupart des cas.

8.4 *Connaissance des paramètres du câble*

Si le coefficient réducteur nominal et l'impédance linéique Z_i^E peuvent être mesurés à l'aide du montage contenu dans les *Directives* (tome IX, § 3.3.3.4), la connaissance de l'impédance linéique Z_e^E peut être basée:

- soit sur un calcul effectué à partir du diagramme vectoriel, tracé à l'aide des paramètres I , U_{oi} et U_{oe} mesurés;
- soit sur la mesure de la tension U_{oe} apparaissant entre l'extrémité d'un fil conducteur plaqué à l'extérieur de l'enveloppe et le point de référence 3, l'autre extrémité de ce fil étant reliée à l'enveloppe (voir la figure 5/K.14).

Pour certains câbles dont l'écran se compose de plusieurs couches non ferromagnétiques à haute conductivité, la mesure de ces paramètres à l'aide d'un montage de mesure de type coaxial peut être plus adaptée.



$$k_n = \frac{U_{oi}}{U_{oe}} = \frac{U_{53}}{U_{43}}$$

$$Z_i^E = \frac{U_{oi}}{I \cdot l} = \frac{U_{53}}{I \cdot l}$$

$$Z_e^E = \frac{U_{oe}}{I \cdot l} = \frac{U_{63}}{I \cdot l}$$

FIGURE 5/K.14

Mesure des paramètres du câble

APPENDICE I

(à la Recommandation K.14)

Symboles des grandeurs considérées dans la Recommandation K.14

- Z_i^E : Impédance linéique interne avec retour externe. Sa valeur est proche, pour les fréquences industrielles, de la résistance linéique pour le courant continu.
- Z_e^E : Impédance linéique externe avec retour externe.
- Z_s : Impédance linéique de retour par le sol.
- Y : Admittance linéique du circuit “enveloppe-terre”.
- P : Constante de propagation du circuit “enveloppe-terre”.
- K : Impédance caractéristique du circuit “enveloppe-terre”.
- $\overline{W}_A, \overline{W}_B$: Impédance des prises de terre aux extrémités de l'enveloppe.
- L : Longueur de la liaison exposée à l'induction.
- e : f.é.m. linéique induite.
- E : f.é.m. totale induite.
- I : Intensité traversant l'enveloppe.

Référence

- [1] Manuel du CCITT *Protection des lignes et installations de télécommunication contre la foudre*, chapitre 4, § 2.1, UIT, Genève, 1974, 1978.