



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

K.10

(10/96)

SÉRIE K: PROTECTION CONTRE LES
PERTURBATIONS

**Perturbation à basse fréquence due à la
dissymétrie des installations de
télécommunication par rapport à la terre**

Recommandation UIT-T K.10

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE K
PROTECTION CONTRE LES PERTURBATIONS

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

AVANT-PROPOS

L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (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.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études 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 n° 1 de la CMNT (Helsinki, 1^{er}-12 mars 1993).

La Recommandation révisée UIT-T K.10, que l'on doit à la Commission d'études 5 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée par la CMNT (Genève, 9-18 octobre 1996).

NOTES

1. Dans la présente Recommandation, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue de télécommunications.
2. Les termes «annexe» et «appendice» aux Recommandations de la série K ont la signification suivante:
 - une *annexe* à une Recommandation fait partie intégrante de la Recommandation;
 - un *appendice* à une Recommandation ne fait pas partie de la Recommandation, il contient seulement quelques explications ou informations complémentaires spécifiques à cette Recommandation.

© UIT 1997

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.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	1
2 Domaine d'application.....	1
3 Références normatives	1
4 Définitions.....	2
4.1 Représentation du circuit de référence.....	2
5 Essai de dissymétrie	3
5.1 Montage	3
5.2 Conditions d'essai	4
5.3 Mesures.....	5
6 Valeurs admissibles.....	6
7 Protection contre les effets de la dissymétrie des équipements.....	7
Appendice I – Mécanismes perturbateurs	7
I.1 Origine des effets de bruit.....	7
I.2 Mécanisme de conversion à l'entrée d'un équipement	8

RÉSUMÉ

La présente Recommandation contient les valeurs limites de dissymétrie par rapport à la terre des équipements de télécommunication pour le domaine de la bande des basses fréquences (inférieures à quelques dizaines de kilohertz); elles sont complétées par des méthodes de mesure permettant de caractériser les effets de la dissymétrie et par des informations sur le choix des moyens de protection appropriés.

PERTURBATION À BASSE FRÉQUENCE DUE À LA DISSYMMÉTRIE DES INSTALLATIONS DE TÉLÉCOMMUNICATION PAR RAPPORT À LA TERRE

(Mar del Plata, 1968; révisée en 1984, 1993, 1996)

1 Introduction

Lorsqu'une installation de télécommunication située dans un environnement électromagnétique présente une dissymétrie d'impédance par rapport à un conducteur de référence (la terre ou un conducteur commun), elle expose le réseau non seulement aux effets de bruit perturbant les signaux utiles (aspect réception) mais également aux phénomènes de rayonnement susceptibles de perturber d'autres installations de télécommunication situées dans le voisinage (aspect émission).

De ce point de vue, la symétrie constitue un aspect fondamental de la qualité nécessaire à la compatibilité électromagnétique des réseaux.

La présente Recommandation contient des méthodes de mesure permettant de caractériser les effets de la dissymétrie et des informations sur le choix des moyens de protection appropriés. L'utilisateur trouvera dans l'Appendice I quelques moyens théoriques qui seront utiles pour analyser des équipements dissymétriques.

Plusieurs autres publications de l'UIT-T contiennent des informations relatives à la théorie des mécanismes perturbateurs, les définitions des paramètres de dissymétrie et quelques principes de mesure [1] et [2].

2 Domaine d'application

La présente Recommandation traite du domaine de la bande des basses fréquences qui s'étend des fréquences fondamentales (16 2/3 Hz, 50 Hz et 60 Hz) et leurs harmoniques, produites par les réseaux de distribution d'électricité et par les lignes électrifiées, jusqu'aux fréquences plus élevées (de l'ordre de quelques dizaines de kilohertz) engendrées par tout autre équipement électrique industriel ou ménager.

Dans cette gamme de fréquences et compte tenu d'une situation normale (très faible dissymétrie), les effets d'émission dus à la dissymétrie sont négligeables. En conséquence, il ne sera tenu compte dans la présente Recommandation que des aspects «réception» de la dissymétrie en tant que processus de conversion du mode commun au mode différentiel.

En ce qui concerne les basses fréquences, l'équipement typique examiné sera le terminal connecté aux extrémités des lignes, par exemple les interfaces dans un commutateur et le terminal d'abonné, câbles d'entrée compris. Il ne sera pas tenu compte des câbles étant donné qu'ils présentent une symétrie considérablement plus élevée que celle qui est généralement constatée sur les équipements. Par ailleurs, les équipements RNIS ne sont pas traités dans la présente Recommandation.

Les méthodes de mesure présentées ci-après se rapportent au domaine d'essai en laboratoire et à certains aspects des activités de maintenance.

3 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 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.

- [1] Directives de l'UIT-T, Volumes II, III, VI et IX.
- [2] Recommandation O.9 du CCITT (1988), *Montages à réaliser pour mesurer le degré de dissymétrie par rapport à la terre.*
- [3] Recommandation UIT-T G.117 (1996), *Dissymétrie par rapport à la terre du point de vue de la transmission.*

- [4] Recommandation UIT-T G.712 (1996), *Caractéristiques de qualité de transmission des canaux MIC*.
- [5] Recommandation UIT-T Q.552 (1996), *Caractéristiques de transmission des interfaces analogiques à deux fils d'un commutateur numérique*.

4 Définitions

4.1 Représentation du circuit de référence

La Figure 1 est une représentation générale d'un circuit de télécommunication montrant les différents trajets de transmission intervenant dans le mécanisme de génération de bruit.

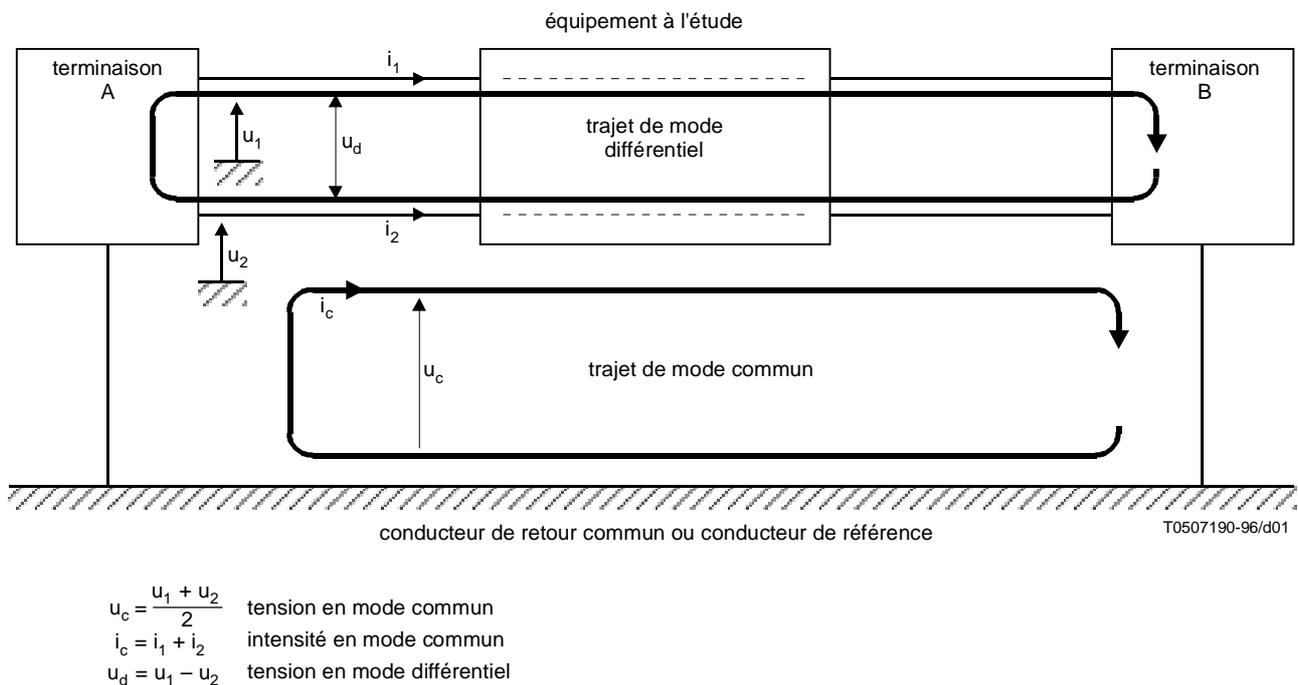


Figure 1/K.10 – Représentation générale d'un système perturbé

4.2 trajet longitudinal: ce terme s'applique à toute boucle avec retour à la terre de référence. Par définition, un tel circuit est totalement dissymétrique.

4.3 trajet de mode commun: le trajet de mode commun représenté à la Figure 1 est fait des deux conducteurs d'une paire symétrique avec un conducteur de référence. Dans le cas d'un câble à gaine métallique, l'analyse du problème des perturbations conduit généralement à distinguer deux circuits:

- 1) la boucle longitudinale externe (voir 4.2) formée de la gaine et du retour externe (terre);
- 2) la boucle de mode commun interne formée d'une paire avec ses terminaisons et le retour de mode commun (gaine).

4.4 perturbation de mode commun: perturbation apparaissant entre deux conducteurs d'une paire et un plan de référence commun (terre), qui a pour effet de faire apparaître le même potentiel sur les deux conducteurs par rapport à la référence commune.

4.5 tension et intensité de mode commun:

tension: moyenne des tensions du vecteur de phase (phaseur) apparaissant entre chaque conducteur et une référence donnée, généralement la terre ou des points de référence locaux présentant une tension nulle (voir la Figure 1).

intensité: somme des intensités du phaseur circulant dans deux conducteurs actifs ou dans un ensemble spécifié de conducteurs actifs (voir la Figure 1).

4.6 paramètres de mode commun: impédance longitudinale (série) d'une paire de fils par rapport au conducteur de retour et admittance transversale (parallèle) d'une paire de fils par rapport au conducteur de référence (interne ou externe).

4.7 force électromotrice longitudinale (f.é.m., E_{L1}): source ou somme des phaseurs de sources agissant dans une boucle composée d'un ou de plusieurs conducteurs et d'un trajet de retour, généralement à la terre ou à des points de référence locaux ayant une tension nulle.

4.8 tension et intensité de mode différentiel:

tension: différence de potentiel entre deux des conducteurs d'un ensemble spécifié, généralement une paire symétrique.

intensité: courant circulant dans deux conducteurs ou dans un ensemble donné de conducteurs, généralement une paire symétrique.

4.9 conversion de mode commun en mode différentiel: processus par lequel la perturbation de mode commun, appliquée à un circuit dissymétrique, produit un signal de mode différentiel (bruit).

4.10 dissymétrie par rapport au conducteur de référence: la dissymétrie par rapport au conducteur de référence (terre ou tout autre conducteur de référence) est la différence entre les paramètres de mode commun des différents trajets de la boucle de transmission. La dissymétrie peut être caractérisée par une différence entre impédances longitudinales ou entre admittances transversales.

Le terme de «symétrie» est généralement utilisé en tant que facteur de qualité de l'installation en ce qui concerne les effets de conversion non désirés.

4.11 affaiblissement de conversion longitudinale (LCL, *longitudinal conversion loss*): l'affaiblissement LCL est défini dans la Recommandation O.9 comme le rapport, en décibels, de la valeur de la force électromotrice appliquée au trajet longitudinal à la valeur de la tension de mode différentiel qui apparaît à l'entrée de l'équipement sous test (voir la Figure 2).

$$LCL = 20 \cdot \text{Log}_{10} \left(\frac{E_{L1}}{U_{d1}} \right) \text{ dB} \quad (\text{applicable à un réseau dipolaire ou tétrapolaire})$$

Lorsque la mesure est faite en conditions réelles, l'affaiblissement de conversion longitudinale est désigné par LCL_R (voir 5.3.2).

4.12 affaiblissement de transfert de conversion longitudinale (LCTL, *longitudinal conversion transfer loss*): l'affaiblissement LCTL est défini dans la Recommandation O.9 comme le rapport, en décibels, de la valeur de la force électromotrice appliquée au trajet longitudinal à la valeur de la tension de mode différentiel apparaissant au point de sortie de l'équipement sous test (voir la Figure 2).

$$LCTL = 20 \cdot \text{Log}_{10} \left(\frac{E_{L1}}{U_{d2}} \right) \text{ dB} \quad (\text{s'applique à un réseau tétrapolaire seulement})$$

4.13 équipement sous test (EUT, *equipment under test*): l'équipement sous test peut être une interface de ligne située dans un commutateur (ou dans un centre de transmission), un élément de transmission ou un équipement terminal.

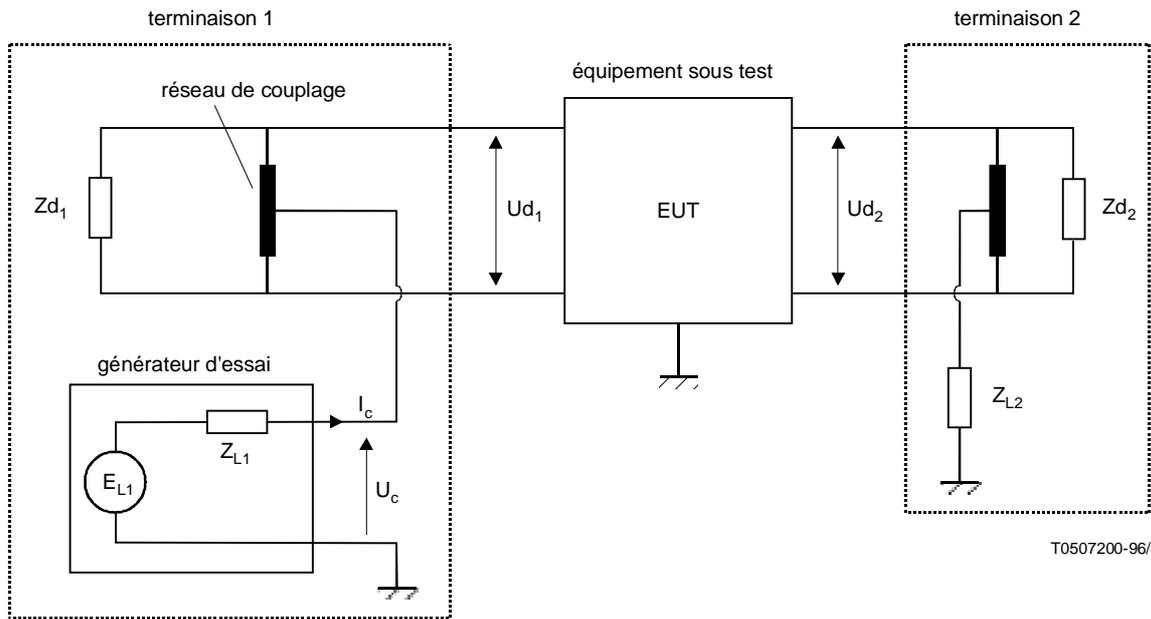
Le terme «équipement» désigne plus particulièrement un circuit d'interface connecté à l'extrémité d'un câble.

5 Essai de dissymétrie

5.1 Montage

L'essai des effets de la dissymétrie d'un équipement tétrapolaire peut être fait conformément aux indications de la Figure 2. Dans le cas d'un équipement dipolaire, la terminaison 2 est incluse dans l'équipement sous test.

La terminaison 1 représente la source induite avec un générateur de mode commun approprié et les impédances terminales pour les deux modes, commun et différentiel, par exemple la ligne induite avec sa terminaison distante.



- Z_{d1}, Z_{d2} impédance de mode différentiel des terminaisons
- Z_{L1} impédance de mode commun de la terminaison 1 (source perturbatrice)
- Z_{L2} impédance de mode commun de la terminaison 2
- E_{L1} f.é.m. longitudinale perturbatrice appliquée à l'entrée de l'équipement sous test
- U_c tension de mode commun appliquée à l'entrée de l'équipement sous test
- I_c courant circulant dans le circuit de mode commun
- U_{d1}, U_{d2} tension de mode différentiel, respectivement à l'entrée et à la sortie de l'équipement sous test

Figure 2/K.10 – Méthode générale d'essai des effets de la dissymétrie d'un équipement

5.2 Conditions d'essai

5.2.1 Paramètres

Dispositif d'essai: ne doit pas affecter de manière sensible l'équipement sous test.

Réseau de couplage: peut être réalisé par une bobine à prise médiane ou par tout autre circuit équivalent ayant la même fonction. Un tel circuit devrait avoir une symétrie nettement supérieure à celle de l'équipement. Il ne doit pas affecter de manière sensible les valeurs d'impédance de mode différentiel du circuit.

U_{d1} et U_{d2} : les signaux de mode différentiel doivent être mesurés avec un appareil qui n'affectera pas la symétrie de l'ensemble du circuit sous test.

Terminaisons: les terminaisons doivent représenter des impédances de mode commun et de mode différentiel aussi proches que possible des impédances réelles connectées à l'extrémité de l'équipement.

Z_{d1} et Z_{d2} : les impédances de mode différentiel sont généralement identifiées comme étant l'impédance caractéristique qui présente de l'intérêt à la fréquence de mesure.

Z_{L1} : l'impédance de mode commun de la source induite sera déterminée conformément aux spécifications de la Recommandation O.9 (voir 5.3.1) ou par mesure en conditions de fonctionnement réelles (voir 5.3.2). Une comparaison des deux méthodes est donnée au 5.3.2.

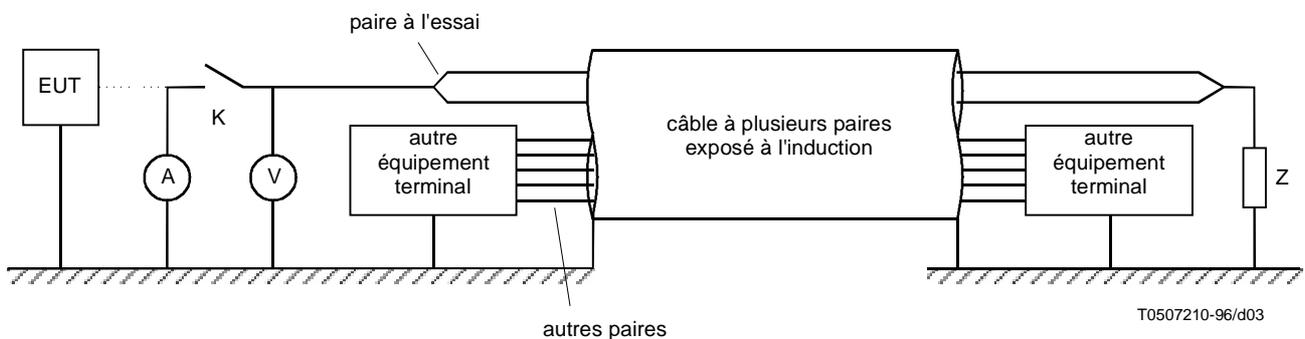
Z_{L2} : l'impédance de mode commun caractérisant la terminaison 2 sera déterminée soit par calcul, soit par mesure.

E_{L1} : la f.é.m. longitudinale fournie par la source induite sera évaluée conformément aux principes énoncés au 5.2.2.

5.2.2 Identification des paramètres nécessaires pour les mesures en conditions de fonctionnement réelles

Les paramètres E_{L1} et Z_{L1} qui caractérisent les générateurs perturbateurs peuvent être évalués par des calculs théoriques, mais cette tâche reste complexe en raison du grand nombre et de la variabilité des paramètres entrant en ligne de compte dans l'ensemble du processus des effets du bruit.

Une méthode plus pratique consiste à mesurer de tels paramètres en conditions réelles, dans des environnements perturbateurs. Ces mesures doivent être faites en nombre suffisant pour permettre le traitement statistique nécessaire pour obtenir des valeurs représentatives de l'environnement. Pour y parvenir, on mesurera les paramètres de mode commun E_{L1} et Z_{L1} conformément au principe de Thévenin et dans une configuration de communication réelle. La Figure 3 donne un exemple de mesure des paramètres de Thévenin.



Z impédance de mode commun caractérisant la terminaison distante connectée à la paire étudiée
EUT équipement sous test (*equipment under test*)

Figure 3/K.10 – Caractérisation du générateur de perturbations équivalent

5.3 Mesures

5.3.1 Mesure de l'affaiblissement LCL avec un pont d'essai (Recommandation O.9)

Si les mesures sont faites avec le pont d'essai spécifié dans la Recommandation O.9, l'impédance de mode commun Z_{L1} est égale au quart de l'impédance de mode différentiel de la terminaison (généralement $Z_{L1} = 150$ ohms).

La valeur de l'affaiblissement LCL indique la conversion à la tension de mode différentiel uniquement pour la condition dans laquelle la source perturbatrice a une faible impédance de mode commun (par exemple un long câble ou un câble dont l'extrémité distante est terminée par une faible impédance de mode commun).

5.3.2 Mesure de l'affaiblissement LCL_R en conditions réelles

Dans les mesures faites en conditions réelles, l'impédance de mode commun du générateur d'essai sera l'impédance réelle de mode commun de la ligne avec sa terminaison distante (voir 5.2.2).

En raison de la différence entre l'impédance réelle de la source et l'impédance spécifiée dans la Recommandation O.9, les valeurs d'affaiblissement LCL_R et LCL seront généralement différentes.

La formule simplifiée suivante (5-1) permettra de faire la conversion entre les deux méthodes:

$$LCL_R = LCL + 20 \cdot \text{Log} \left(\frac{Z_{cm_L} + Z_{cm_{eqt}}}{Z_{L1} + Z_{cm_{eqt}}} \right) \quad (5-1)$$

- LCL_R affaiblissement de conversion longitudinale mesuré en conditions réelles (Figure 3)
- LCL affaiblissement de conversion longitudinale mesuré conformément aux spécifications de la Recommandation O.9
- Z_{cm_L} impédance d'une source perturbatrice réelle (Figure 3)
- Z_{cm_{eqt}} impédance de mode commun de l'équipement sous test
- Z_{L1} impédance de mode commun spécifiée dans la Recommandation O.9

D'un point de vue pratique, quand une mesure est faite sur l'extrémité d'un câble avec une terminaison distante qui n'est pas à la terre (par exemple un point de mesure à l'interface entre un commutateur et une terminaison distante comme un terminal d'abonné), l'impédance de mode commun Z_{cm_L} est considérablement plus élevée que l'impédance de mode commun Z_{L1} du pont d'essai de la Recommandation O.9. Dans ce cas on constate, à partir de l'équation 5-1, que la valeur de l'affaiblissement LCL obtenue en conditions réelles est nettement plus élevée que la valeur obtenue au moyen du pont d'essai.

6 Valeurs admissibles

Pour qu'un équipement de télécommunication présente un minimum de qualité en termes de symétrie, il est recommandé que les valeurs minimales admissibles relatives à l'affaiblissement de conversion longitudinale (LCL), mesurées à partir des spécifications de la Recommandation O.9, soient égales à:

40 dB de 300 à 600 Hz

46 dB de 600 à 3400 Hz

Lorsque les mesures sont faites en conditions réelles (voir 5.3.2), les valeurs minimales sont, dans la plupart des cas, plus élevées de 6 dB au moins que les valeurs recommandées ci-dessus. On peut utiliser ces valeurs plus élevées pour évaluer des situations de perturbation réelles.

En règle générale, une valeur d'affaiblissement LCL_R minimale garantit la compatibilité de l'équipement étant donné qu'elle maintient le niveau de bruit au-dessous d'une limite maximale admissible dans un environnement donné caractérisé par un niveau E_{L1}. Ce principe peut être exprimé par l'équation (5-2).

$$LCL_{R\min} = 20 \cdot \text{Log} \left(\frac{E_{L1}}{u_{d\max}} \right) \text{dB} \quad (5-2)$$

On constate, dans l'équation (5-2), que la contrainte relative à la valeur de l'affaiblissement minimal croît logiquement avec le niveau de la perturbation de mode commun. Il est important de souligner que le niveau de la perturbation atteint généralement une valeur maximale aux extrémités qui ne sont pas mises à la terre et, en conséquence, la contrainte d'affaiblissement LCL_R devrait être plus élevée à ces endroits. Les valeurs minimales de 40 à 46 dB spécifiées ci-dessus sont donc des limites acceptables pour des équipements tels que les interfaces de ligne dans les commutateurs. Toutefois, les valeurs minimales doivent être nettement plus élevées dans le cas des installations d'abonné ou de toute configuration défavorable analogue (voir I.2).

En conclusion, les solutions au problème de compatibilité nécessiteront toujours un choix technique et économique entre la diminution du niveau de la perturbation et/ou l'amélioration du degré de qualité.

7 Protection contre les effets de la dissymétrie des équipements

La première règle en matière de protection consiste à respecter les valeurs minimales d'affaiblissement LCL prescrites au paragraphe 6.

Lorsque la valeur LCL est incompatible avec l'environnement en raison d'un niveau de perturbation trop élevé, il est utile d'adopter une ou plusieurs des solutions suivantes:

- a) diminuer le niveau des effets inducteurs dans le système perturbateur;
- b) diminuer le niveau des perturbations induites dans l'installation de télécommunication.

Une ou plusieurs des solutions suivantes peuvent être retenues à cet effet:

- diminuer le couplage par une séparation des tronçons de câble exposés;
- utiliser des câbles blindés. Le blindage doit être continu entre les deux terminaisons et doit aller jusqu'au conducteur de référence (mise à la terre ou conducteur commun) de l'équipement terminal, dans la mesure du possible. Dans un environnement fortement perturbé, l'utilisation de câbles à armure d'acier (écran ferromagnétique) est recommandée;
- utiliser des transformateurs-neutraliseurs dans le câble.

NOTE – Si l'on utilise un câble dont la gaine a un effet réducteur restreint, la mise à la terre peut augmenter la grandeur du mode commun entre les paires et la gaine, et par conséquent accroître le bruit en raison de la dissymétrie. Pour cette raison, la continuité de la gaine est plus importante que la mise à la terre dans la gamme des basses fréquences.

Si l'on utilise un câble ayant un facteur réducteur (l'impédance de transfert étant différente de la résistance ohmique de la gaine), il faut mettre la gaine à la terre.

- c) diminuer le niveau de perturbation induit à l'entrée de l'équipement par le filtrage du mode commun.

Appendice I

Mécanismes perturbateurs

I.1 Origine des effets de bruit

Lorsqu'une installation de télécommunication est située dans un environnement électromagnétique, des tensions et des courants induits peuvent apparaître entre les conducteurs actifs et le conducteur de référence (terre ou tout autre conducteur commun). Cette perturbation, dite «de mode commun», se propage dans le réseau le long des structures métalliques des câbles (paires, gaine, conducteur de terre) et engendre des tensions de bruit superposées aux signaux utiles. Cet effet perturbateur peut être causé par un ou plusieurs des phénomènes suivants:

- 1) le passage du mode commun au mode différentiel dû à la dissymétrie dans les lignes, le terminal, l'équipement de commutation et tout autre équipement introduit dans le trajet longitudinal;
- 2) la saturation du circuit d'alimentation, du filtre du codeur, etc;
- 3) la distorsion de quantification de la tension de mode différentiel produite par la dissymétrie;
- 4) l'intermodulation entre la tension de mode différentiel apparaissant à la fréquence fondamentale et le signal de bande vocale.

L'effet de la dissymétrie survient fréquemment au premier stade de tous ces processus.

La dissymétrie concerne les impédances et les admittances. Elle peut être répartie le long des lignes ou concentrée au point d'accès d'un équipement. Lorsqu'une perturbation de mode commun est appliquée à une dissymétrie, elle produit une source différentielle (générateur de bruit) due à un processus appelé *conversion de mode commun*. Les différentes sources de bruit peuvent être présentées de la manière suivante:

- a) f.é.m. longitudinale, répartie ou discrète équivalant à la différence des chutes de tension dans les impédances longitudinales dissymétriques. Les signaux de telles sources sont proportionnels aux valeurs d'intensité de dissymétrie de mode commun (ΔZ);
- b) source de courant transversal réparti ou discret, équivalant à la différence des courants circulant dans les admittances transversales. Les signaux de telles sources sont proportionnels à la tension de mode commun et aux valeurs de dissymétrie transversale (ΔY).

Ensuite, les sources de bruit produiront des tensions de bruit qui se propageront dans le réseau conformément à la théorie classique de transmission.

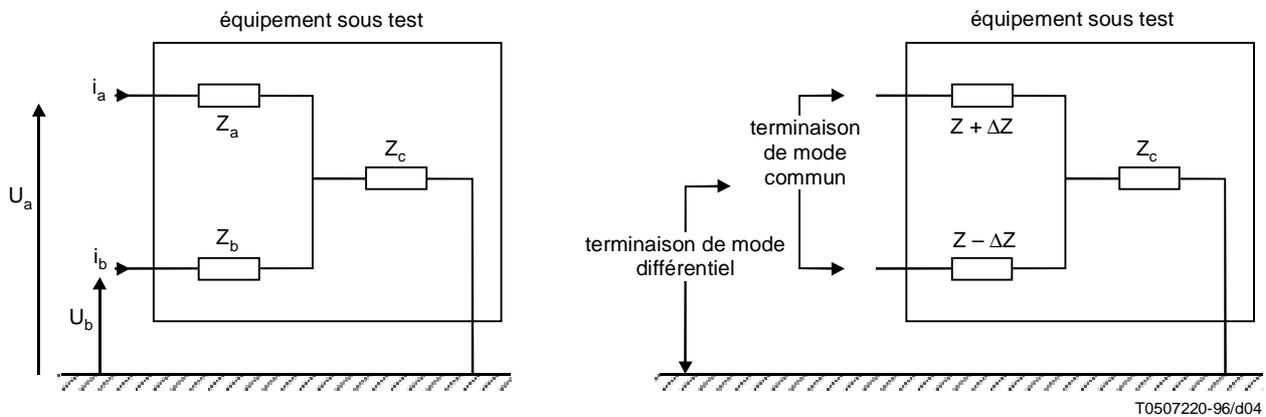
L'ensemble du processus fait intervenir de nombreux paramètres, que l'on peut résumer de la manière suivante:

- l'amplitude et la fréquence des grandeurs de mode commun appliquées au point de dissymétrie;
- la valeur de dissymétrie entre les paramètres relatifs au conducteur de référence (ΔZ et ΔY);
- la fonction de transfert entre le point de conversion et le point de mesure.

D'un point de vue pratique, l'analyse de la conversion du bruit dans un câble semble relativement difficile en raison de la grande variabilité des paramètres ci-dessus et de leur répartition aléatoire le long du câble. Par contre, l'analyse de la conversion du bruit à l'entrée de l'équipement est nettement plus facile étant donné que tous ces paramètres sont plus simples à caractériser. Le sous-paragraphe I.2 contient une méthode théorique simplifiée qui sera utile pour mieux comprendre le phénomène de conversion à l'entrée de l'équipement.

I.2 Mécanisme de conversion à l'entrée d'un équipement

Le circuit d'entrée d'un équipement dipolaire peut être représenté au moyen du circuit équivalent de la Figure I.1.



$$Z_a, Z_b, Z_c \quad \text{représentation en étoile du circuit d'entrée}$$

$$Z = \frac{Z_a + Z_b}{2} \quad \text{valeur moyenne des impédances dissymétriques}$$

$$\Delta Z = \frac{Z_a - Z_b}{2} \quad \text{dissymétrie équivalente des impédances}$$

Figure I.1/K.10 – Circuit équivalent en étoile d'un équipement avec dissymétrie par rapport au conducteur commun

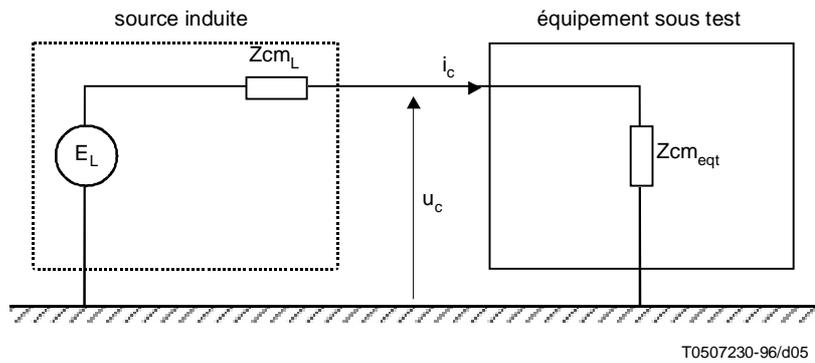
Une méthode simplifiée de calcul consiste à étudier en deux étapes le circuit de mode commun et le circuit de mode différentiel.

En considérant un équipement connecté à une ligne exposée à l'induction, l'ensemble du circuit de mode commun sera représenté comme indiqué dans la Figure I.2.

On peut déduire de la Figure I.2 les expressions suivantes pour exprimer les grandeurs de mode commun:

$$u_c = \frac{Z_{cm_{eqt}}}{Z_{cm_{eqt}} + Z_{cm_L}} \cdot E_L \quad \text{tension de mode commun} \quad (I-1)$$

$$i_c = \frac{E_L}{Z_{cm_{eqt}} + Z_{cm_L}} \quad \text{intensité de mode commun} \quad (I-2)$$

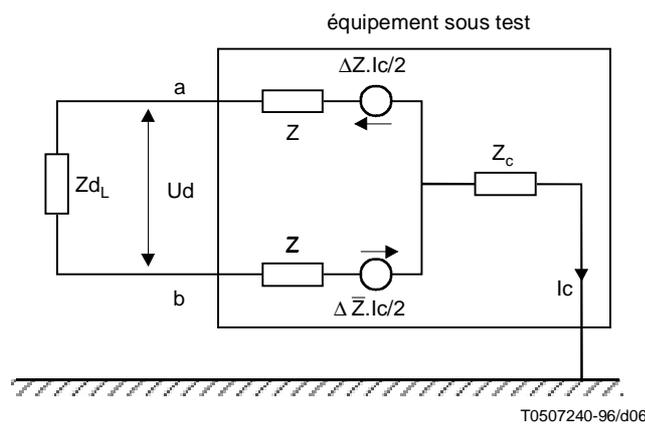


- T0507230-96/d05
- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| E_L | f.é.m. équivalente du mode commun |
| Z_{cm_L} | impédance de mode commun de la source perturbatrice |
| $Z_{cm_{eqt}} = \frac{Z}{2} + Z_c$ | impédance de mode commun de l'équipement |
| $u_c = \frac{u_a + u_b}{2}$ | tension de mode commun |
| $i_c = i_a + i_b$ | intensité de mode commun |

Figure I.2/K.10 – Modèle du circuit de mode commun

Il est important de noter, dans ces expressions, que E_L et Z_L sont des paramètres équivalents caractérisant un générateur perturbateur réel. De tels paramètres peuvent être évalués par des calculs théoriques (méthode des conducteurs multiples [1]) ou par des mesures suivant le principe de Thévenin à l'extrémité de la ligne induite.

La différence de chute de tension produite par le courant circulant dans les impédances série peut être modélisée par une f.é.m. longitudinale de bruit insérée dans le circuit de mode différentiel. Ce phénomène, appelé «conversion de mode commun en mode différentiel» est illustré dans la Figure I.3.



- T0507240-96/d06
- | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Z_{dL} | impédance de mode différentiel mesurée à l'extrémité de la ligne connectée à l'équipement sous test |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|

Figure I.3/K.10 – Modèle du circuit de mode différentiel

A partir du circuit de la Figure I.3, on peut exprimer la tension de bruit constatée à l'entrée de l'équipement par:

$$U_d = \frac{Zd_L \cdot \Delta Z}{Zd_L + 2 \cdot Z} \cdot ic = \frac{Zd_L \cdot \Delta Z}{Zd_L + 2 \cdot Z} \cdot \frac{uc}{Zcm_{eqt}} = \frac{Zd_L \cdot \Delta Z}{(Zd_L + Zd_{eqt})} \cdot \frac{E_L}{(Zcm_L + Zcm_{eqt})} \quad (I-3)$$

où: $Zd_{eqt} = 2 \cdot Z$

A partir de l'équation (I-3), nous pouvons déduire l'expression de l'affaiblissement de conversion longitudinale en conditions réelles (LCL_R):

$$LCL_R = 20 \cdot \text{Log} \left(\frac{E_L}{U_d} \right) = 20 \cdot \text{Log} \left(\frac{(Zd_L + Zd_{eqt})}{Zd_L} \cdot \frac{(Zcm_L + Zcm_{eqt})}{\Delta Z} \right) \quad (I-4)$$

Lorsque les impédances de mode différentiel de l'équipement et des lignes sont égales, l'expression (I-4) peut être écrite sous la forme:

$$LCL_R = 20 \cdot \text{Log} \left(2 \cdot \frac{(Zcm_L + Zcm_{eqt})}{\Delta Z} \right) \text{ dB} \quad (I-5)$$

Dans les équations (I-4) et (I-5), il est important de souligner les points suivants:

- l'affaiblissement LCL_R dépend non seulement des paramètres intrinsèques de l'équipement mais aussi des impédances de l'ensemble de la boucle de mode commun. La valeur LCL_R croît en particulier avec l'impédance de mode commun, tant de l'équipement que du générateur perturbateur.

La Figure I.4 illustre un cas pratique représentant la valeur LCL_R minimale requise en fonction du niveau de perturbation.

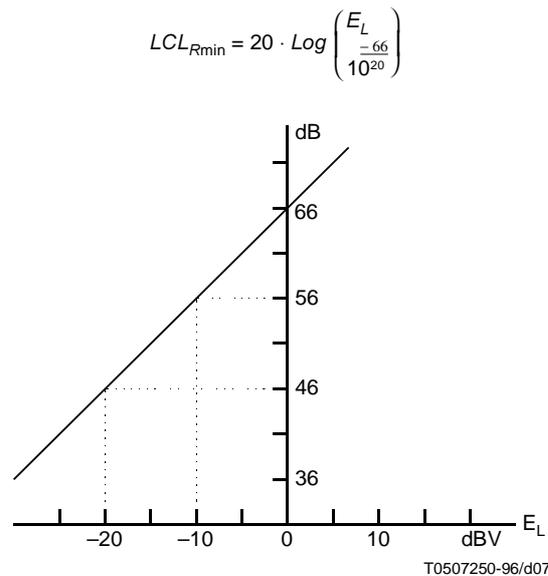


Figure I.4/K.10 – Valeur LCL_R minimale admissible en fonction du paramètre de niveau de perturbation Ud = 0,5 mV (– 66 dBV)

L'expérience montre que les valeurs minimales spécifiées dans la Recommandation Q.552 sont généralement acceptables pour les interfaces de ligne dans le commutateur étant donné qu'à cet endroit les paramètres du générateur perturbateur sont favorables (la valeur E_{L1} est fortement diminuée par les effets de mise à la terre à faible impédance des autres paires, alors que la valeur Z_{L1} est généralement élevée en raison de l'impédance capacitive de la ligne).

En conséquence, il faut prendre en compte la situation réelle et les paramètres électriques de l'ensemble des circuits dans toute analyse d'un problème de dissymétrie.

On peut constater dans la Figure I.4 qu'au moment où le niveau de perturbation appliqué atteint environ 1 V, la valeur LCL_R minimale atteint une valeur qu'il peut être difficile d'atteindre en pratique, selon la technologie utilisée. Dans un tel cas, il pourrait être plus indiqué de résoudre les problèmes de compatibilité en introduisant un dispositif de protection à l'entrée de l'équipement afin de filtrer le signal de mode commun (voir le paragraphe 7).

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 Maintenance: 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 pour données et communication entre systèmes ouverts
- Série Z Langages de programmation