



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.650.2

Amendement 1
(03/2003)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Caractéristiques des supports de transmission – Câbles à
fibres optiques

Définitions et méthodes de test applicables aux
attributs se rapportant aux caractéristiques
statistiques et non linéaires des fibres et câbles
optiques monomodes

Amendement 1

Recommandation UIT-T G.650.2 (2002) – Amendement 1

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
EQUIPEMENTS DE TEST	G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
Généralités	G.600–G.609
Paires symétriques en câble	G.610–G.619
Câbles terrestres à paires coaxiales	G.620–G.629
Câbles sous-marins	G.630–G.649
Câbles à fibres optiques	G.650–G.659
Caractéristiques des composants et sous-systèmes optiques	G.660–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION - ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

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

Recommandation UIT-T G.650.2

Définitions et méthodes de test applicables aux attributs se rapportant aux caractéristiques statistiques et non linéaires des fibres et câbles optiques monomodes

Amendement 1

Résumé

Le présent Amendement 1 de la Rec. UIT-T G.650.2 contient une modification apportée au titre de la Recommandation et un nouvel Appendice IV traitant des statistiques de la dispersion modale de polarisation.

Source

L'Amendement 1 de la Recommandation G.650.2 (2002) de l'UIT-T, élaboré par la Commission d'études 15 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvé le 16 mars 2003 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

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.

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 2003

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) Titre.....	1
2) Nouvel Appendice IV	1

Recommandation UIT-T G.650.2

Définitions et méthodes de test applicables aux attributs se rapportant aux caractéristiques statistiques et non linéaires des fibres et câbles optiques monomodes

Amendement 1

1) Titre

Modifier comme suit le titre de la Rec. UIT-T G.650.2:

Définitions et méthodes de test applicables aux attributs se rapportant aux caractéristiques statistiques et non linéaires des fibres et câbles optiques monomodes.

2) Nouvel Appendice IV

Ajouter le nouvel Appendice IV comme suit:

Appendice IV

Informations sur les statistiques de la dispersion modale de polarisation

Le présent appendice récapitule un certain nombre de calculs statistiques pour la dispersion modale de polarisation. La Publication 61282-3 de la CEI documente les calculs et la théorie de manière plus complète. La décomposition en sera donnée selon les paragraphes suivants:

- Introduction.
- Collecte des données.
- Calcul de PMD_Q (Monte Carlo).
- Calcul de DGD_{max} (Monte Carlo).

NOTE – D'autres méthodes de calcul existent et sont définies dans la Publication 61282-3 de la CEI. La méthode de Monte Carlo est indiquée ici car elle est la plus facile à décrire.

IV.1 Introduction

La dispersion modale de polarisation (PMD, *polarization mode dispersion*) est un attribut statistique qui, pour une fibre donnée, est définie comme étant la moyenne de valeurs mesurées de temps de propagation de groupe différentiel (DGD, *differential group delay*) sur une plage de longueurs d'onde. Etant donné que les valeurs de temps de propagation de groupe différentiel varient aléatoirement en fonction du temps et de la longueur d'onde, il existe une limite inférieure théorique à la reproductibilité réalisable de la valeur communiquée de la dispersion modale de polarisation égale à $\pm 15\%$ environ. Cette caractéristique implique qu'il n'est pas approprié de sélectionner des fibres ou câbles individuels selon une spécification plus contraignante que la capacité du procédé. Ces sélections sont souvent appropriées pour des attributs déterministes tels que l'affaiblissement mais, en général, elles ne le sont pas pour la dispersion modale de polarisation. Ainsi, une spécification portant sur la distribution totale du procédé est plus raisonnable.

Un second élément à considérer pour la fonctionnalité de dispersion modale de polarisation est que la dégradation du système à un instant et à une longueur d'onde donnée est contrôlée par la valeur du temps de propagation de groupe différentiel, qui varie statistiquement autour de la valeur de

dispersion modale de polarisation. Si la valeur de la dispersion modale de polarisation est fournie pour une fibre câblée particulière, on peut calculer la probabilité que le temps de propagation de groupe différentiel soit supérieur à une valeur donnée. Il est toutefois évident que l'application de ces formules à une valeur maximale spécifiée donnera une vue très imprécise du fonctionnement réel du système. Une spécification statistique portant sur la dispersion modale de polarisation fournira cependant une limite statistique aux valeurs du temps de propagation de groupe différentiel pour la population prise dans son ensemble. Cette limite, définie en termes de probabilité, conduit à une valeur utilisable dans la conception de systèmes qui est inférieure d'environ 20% quant à la valeur du temps de propagation de groupe différentiel et inférieure de deux ordres de grandeur quant à la probabilité aux valeurs qu'on aurait obtenues sans une spécification statistique.

En ce qui concerne le premier élément d'appréciation, il est souhaitable de définir une métrique statistique unique pour la distribution des valeurs de dispersion modale de polarisation qui sont mesurées sur des câbles à fibres optiques. Il est donc nécessaire que la métrique incorpore à la fois l'aspect de la moyenne du procédé et celui de la variabilité du procédé. Un exemple d'une telle métrique est la limite supérieure de confiance à un certain niveau de probabilité.

Il est bien connu que le coefficient de dispersion modale de polarisation d'un ensemble de câbles concaténés peut être estimé en calculant la moyenne quadratique des coefficients de dispersion modale de polarisation des câbles individuels. Afin de donner plus de sens à la métrique de limite supérieure de confiance pour une application, on calcule la borne supérieure d'une liaison concaténée de vingt câbles. Ce nombre de câbles est certes inférieur à celui utilisé dans la plupart des liaisons, mais il est suffisamment grand pour avoir un sens en termes de projection des distributions de temps de propagation de groupe différentiel pour les liaisons concaténées. Une valeur de probabilité de 0,01% est également normalisée – en partie pour obtenir une équivalence avec la probabilité que le temps de propagation de groupe différentiel dépasse une valeur limite, que l'on exige très basse. La limite supérieure de confiance est appelée PMD_Q , ou valeur de conception de liaison et ce type de spécification est appelé Méthode 1.

La limite de probabilité pour le temps de propagation de groupe différentiel est réglée à $6,5 \cdot 10^{-8}$ sur la base de différents facteurs concernant les systèmes, y compris la présence éventuelle dans les liaisons d'autres composants générateurs de dispersion modale de polarisation. La Publication 61282-3 de la CEI décrit une méthode de détermination d'un maximum (défini en termes de probabilité) de manière que, si une distribution satisfait à la prescription de la Méthode 1, le temps de propagation de groupe différentiel à travers des liaisons composées uniquement de câbles à fibres optiques dépasse le temps de propagation de groupe différentiel maximal avec une probabilité inférieure à $6,5 \cdot 10^{-8}$. La valeur DGD_{max} est fixée pour une gamme étendue de formes de distribution. Cette méthode du DGD_{max} pour spécifier la distribution de la dispersion modale de polarisation pour des câbles à fibres optiques est appelée Méthode 2. La Publication 61282-3 de la CEI fournit des méthodes pour combiner les paramètres de la Méthode 2 avec ceux d'autres composants optiques.

La Méthode 1 est une métrique basée sur les quantités qui sont l'objet de la mesure et, donc, elle est d'une certaine manière plus simple à utiliser dans le commerce en tant que prescription normative. La Méthode 2 est un moyen d'extrapoler les implications pour la conception de systèmes et, donc, elle est incluse en tant qu'information pour la conception de systèmes.

IV.2 Collecte des données

Les calculs sont effectués avec des valeurs de dispersion modale de polarisation qui sont représentatives d'une période donnée de la construction et de la fabrication d'un câble. En général, au moins 100 valeurs sont nécessaires. L'échantillon est normalement prélevé sur différents câbles de production et en différents endroits sur les fibres.

La distribution des câbles peut être élargie avec des mesures portant sur des fibres non câblées, à la condition qu'on ait apporté, pour une construction donnée, la preuve d'une relation stable entre les

valeurs pour les fibres non câblées et celles pour le câble. Une manière d'augmenter cette distribution est de générer plusieurs valeurs possibles pour les câbles à partir de la valeur de chaque fibre non câblée. Il convient de choisir au hasard ces différentes valeurs pour qu'elles soient représentatives de la relation habituelle et de la variabilité qui découle, par exemple, de la reproductibilité des mesures. Sachant que l'étendue des variations comprend l'erreur de reproductibilité, cette méthode d'estimation de la distribution des valeurs de dispersion modale de polarisation pour câbles peut conduire à surestimer PMD_Q .

La longueur des échantillons mesurés pourrait sembler avoir des implications sur les déductions de la Méthode 2. Cet aspect a été étudié – les conclusions en sont les suivantes. Les implications de la Méthode 2 restent valides pour toute liaison ayant une longueur inférieure à 400 km tant que:

- soit les câbles installés ont une longueur inférieure à 10 km;
- soit les longueurs mesurées sont inférieures à 10 km.

IV.3 Calcul de PMD_Q (Monte Carlo)

D'autres méthodes de calcul sont indiquées dans la Publication 61282-3 de la CEI. La méthode de Monte Carlo est indiquée ici car elle est la plus facile à décrire et utilise le moins d'hypothèses.

Les valeurs mesurées des coefficients de dispersion modale de polarisation sont représentées par x_i , i allant de 1 à N , le nombre de mesures. Ces valeurs sont utilisées pour générer 100 000 valeurs de coefficient de dispersion modale de polarisation pour une liaison concaténée, dont chacune est calculée avec la moyenne quadratique de 20 valeurs de câble individuelles choisies au hasard dans la population échantillon.

NOTE – Lorsque $N = 100$, il existe $5,3 \cdot 10^{20}$ valeurs de liaison possibles.

Pour chaque calcul de valeur de liaison, choisir 20 nombres aléatoires compris entre 1 et N . Choisir ces valeurs et les affecter d'un indice, k . Le coefficient de dispersion modale de polarisation pour la liaison, y , est calculé de la manière suivante:

$$y = \left(\frac{1}{20} \sum_{k=1}^{20} x_k^2 \right)^{1/2} \quad (IV-1)$$

Consigner ces 100 000 valeurs de y dans un histogramme de haute densité au fur et à mesure qu'elles sont calculées. Lorsque la saisie est achevée, se servir de l'histogramme pour calculer la fonction de probabilité cumulée et déterminer la valeur de dispersion modale de polarisation associée avec le niveau de confiance de 99,99%. Consigner cette dernière valeur comme étant PMD_Q . Si la valeur calculée de PMD_Q est inférieure à la valeur spécifiée {0,5 ps/racine(km)}, la distribution satisfait à la Méthode 1.

IV.4 Calcul de DGD_{max} (Monte Carlo)

Ce calcul s'appuie sur celui de PMD_Q . En l'occurrence, une valeur de DGD_{max} est prédéfinie (à 25 ps) et on calcule une probabilité, P_F , de dépasser cette valeur. Si la valeur calculée est inférieure à la valeur spécifiée ($6,5 \cdot 10^{-8}$), la distribution satisfait à la Méthode 2.

Avant de démarrer la méthode de Monte Carlo, calculer la limite du coefficient de dispersion modale de polarisation, P_{max} , de la manière suivante:

$$P_{max} = \frac{DGD_{max}}{\sqrt{L_{ref}}} = \frac{25}{20} = 1,25$$

Pour chaque paire consécutive parmi 20 valeurs de concaténation de liaison pour câble, y_j et y_{j+1} , une valeur de concaténation de 40 câbles, z_j , est générée de la manière suivante:

$$z_j = \left(\frac{y_j^2 + y_{j+1}^2}{2} \right)^{1/2} \quad (\text{IV-2})$$

NOTE – On obtient ainsi 50 000 valeurs de z_j , ce qui constitue un nombre convenable.

Calculer la probabilité de dépasser DGD_{\max} sur la j^{e} concaténation de 40 liaisons, p_j , de la manière suivante:

$$p_j = 1 - \int_0^{P_{\max}/z_j} 2 \left(\frac{4}{\pi} \right)^{3/2} \frac{t^2}{\Gamma(3/2)} \exp \left[-\frac{4}{\pi} t^2 \right] dt \quad (\text{IV-3})$$

ExcellTM définit une fonction, GAMMADIST (X, ALPHA, BETA, Cumulative), qui permet de calculer p_j . Il convient d'appeler cette fonction de la manière suivante:

$$PJ = 1 - \text{GAMMADIST}(4 * P_{\max} * P_{\max} / (PI() * ZI * ZI), 1.5, 1, \text{TRUE}) \quad (\text{IV-4})$$

La probabilité de dépasser DGD_{\max} , P_F , est donnée par:

$$P_F = \frac{1}{50000} \sum_j p_j \quad (\text{IV-5})$$

Si la probabilité P_F est inférieure à la valeur spécifiée, la distribution satisfait à la Méthode 2.

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 et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication