



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.653

(03/93)

**SUPPORTS DE TRANSMISSION –
CARACTÉRISTIQUES**

**CARACTÉRISTIQUES DES CÂBLES
À FIBRES OPTIQUES MONOMODES
À DISPERSION DÉCALÉE**

Recommandation UIT-T G.653

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

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 que les Commissions d'études de l'UIT-T doivent examiner et à propos desquels elles doivent émettre des Recommandations.

La Recommandation UIT-T révisée G.653, élaborée par la Commission d'études XV (1988-1993) de l'UIT-T, a été approuvée par la CMNT (Helsinki, 1-12 mars 1993).

NOTES

1 Suite au processus de réforme entrepris au sein de l'Union internationale des télécommunications (UIT), le CCITT n'existe plus depuis le 28 février 1993. Il est remplacé par le Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T) créé le 1^{er} mars 1993. De même, le CCIR et l'IFRB ont été remplacés par le Secteur des radiocommunications.

Afin de ne pas retarder la publication de la présente Recommandation, aucun changement n'a été apporté aux mentions contenant les sigles CCITT, CCIR et IFRB ou aux entités qui leur sont associées, comme «Assemblée plénière», «Secrétariat», etc. Les futures éditions de la présente Recommandation adopteront la terminologie appropriée reflétant la nouvelle structure de l'UIT.

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

© UIT 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.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1	Caractéristiques des fibres..... 1
1.1	Diamètre du champ de mode 1
1.2	Diamètre de gaine 1
1.3	Erreur de concentricité du champ de mode..... 2
1.4	Non-circularité..... 2
1.5	Longueur d'onde de coupure..... 2
1.6	Comportement à la courbure à 1550 nm..... 2
1.7	Propriétés des matériaux des fibres 3
1.8	Profil de l'indice de réfraction..... 3
1.9	Uniformité longitudinale..... 3
2	Spécifications relatives aux tronçons à longueur de livraison..... 3
2.1	Affaiblissement linéique 3
2.2	Coefficient de dispersion chromatique 4
3	Sections élémentaires de câble 5
3.1	Affaiblissement..... 5
3.2	Dispersion chromatique 5

CARACTÉRISTIQUES DES CÂBLES À FIBRES OPTIQUES MONOMODES À DISPERSION DÉCALÉE

(Melbourne, 1988; modifiée à Helsinki, 1993)

Le CCITT,

considérant

(a) que les câbles à fibres optiques à dispersion décalée vont être largement utilisés dans les réseaux de télécommunication;

(b) que, pour les applications prévues, il sera nécessaire de disposer de plusieurs types de fibres monomodes se différenciant par la longueur d'onde de fonctionnement, les caractéristiques géométriques et optiques, l'affaiblissement, la dispersion et les autres caractéristiques de transmission,

recommande

d'utiliser une fibre monomode à dispersion décalée dont la longueur d'onde de dispersion nulle nominale est voisine de 1550 nm et dont le coefficient de dispersion est une fonction monotone croissante de la longueur d'onde. Cette fibre est optimisée pour un fonctionnement dans la région de 1500 à 1600 nm, mais elle peut aussi être utilisée au voisinage de 1310 nm sous réserve des restrictions précisées dans la présente Recommandation.

Les caractéristiques géométriques, optiques et de transmission de cette fibre sont décrites ci-après.

La signification des termes utilisés ainsi que les directives à suivre lors des mesures destinées à vérifier les diverses caractéristiques sont données dans la Recommandation G.650. Les caractéristiques de cette fibre, y compris les définitions des paramètres qui s'y rapportent, la façon de les mesurer et les valeurs pertinentes seront précisées au fur et à mesure des progrès accomplis dans les études et en fonction de l'expérience acquise.

1 Caractéristiques des fibres

Seules les caractéristiques des fibres offrant un cadre de conception essentiel minimal pour la fabrication des fibres sont recommandées à l'article 1. Parmi ces caractéristiques, la longueur d'onde de coupure des fibres câblées peut être affectée de manière significative par la fabrication ou l'installation des câbles. Sinon, les caractéristiques recommandées s'appliquent de la même façon à une fibre isolée, à une fibre incorporée dans un câble enroulé sur un touret et à une fibre faisant partie d'un câble installé.

La présente Recommandation s'applique aux fibres ayant un champ de mode nominale circulaire.

1.1 Diamètre du champ de mode

La valeur nominale du diamètre du champ de mode à 1550 nm doit se situer entre 7 et 8,3 μm . La valeur effective ne doit pas s'écarter de $\pm 10\%$ de la valeur nominale.

NOTES

1 Le choix d'une valeur dans cet intervalle n'est pas nécessairement lié à un type de fibre bien précis.

2 Il convient de noter que la qualité de la fibre, nécessaire à une application donnée, est plus fonction des paramètres essentiels de la fibre et des systèmes tels que le diamètre du champ de mode, la longueur d'onde de coupure, la dispersion chromatique, la longueur d'onde de fonctionnement du système et le débit binaire ou la fréquence de fonctionnement que de la structure spécifique de la fibre.

1.2 Diamètre de gaine

La valeur nominale recommandée pour le diamètre de gaine est de 125 μm . L'écart sur cette valeur ne doit pas dépasser $\pm 2 \mu\text{m}$.

Pour certaines techniques particulières de raccordement et pour certaines spécifications portant sur les pertes aux raccordements, on pourra fixer d'autres tolérances.

1.3 Erreur de concentricité du champ de mode

L'erreur de concentricité du champ de mode recommandée à 1550 nm ne doit pas dépasser 1 μm .

NOTE – Pour certaines techniques particulières de raccordement et pour certaines spécifications portant sur les pertes aux raccordements, on pourra fixer des tolérances inférieures ou égales à 3 μm .

1.4 Non-circularité

1.4.1 Non-circularité du champ de mode

Dans la pratique, la non-circularité du champ de mode des fibres ayant des champs de mode nominalement circulaires est suffisamment faible pour ne pas affecter la propagation et le raccordement. Il n'est donc pas jugé utile de recommander une valeur particulière pour la non-circularité du champ de mode. Il n'est normalement pas nécessaire, lors des essais de recette, de mesurer la non-circularité du champ de mode.

1.4.2 Non-circularité de la gaine

La non-circularité de la gaine doit être inférieure à 2%. Pour certaines techniques particulières de raccordement ou pour certaines spécifications portant sur les pertes aux raccordements, on pourra fixer d'autres tolérances.

1.5 Longueur d'onde de coupure

On peut distinguer deux types utiles de longueur d'onde de coupure:

- a) la longueur d'onde de coupure λ_c d'une fibre à revêtement primaire conformément à la RTM pertinente de la fibre;
- b) la longueur d'onde de coupure λ_{cc} d'une fibre câblée dans des conditions d'installation conformes à la RTM pertinente du câble.

La corrélation des valeurs mesurées de λ_c et λ_{cc} dépend de la fibre ainsi que de la conception du câble et des conditions d'essai. Bien que, en général, $\lambda_{cc} < \lambda_c$, une relation quantitative ne peut être assurément établie entre ces deux valeurs.

On peut assurer une transmission monomode dans la région des 1550 nm en recommandant que λ_{cc} soit inférieure à 1270 nm.

NOTE – La recommandation ci-dessus n'est pas suffisante pour assurer un fonctionnement monomode dans la région des 1310 nm dans toutes les combinaisons possibles de longueurs de câble et de conditions d'installation de câbles. Il convient de fixer des limites appropriées des valeurs de λ_c et λ_{cc} au cas où l'on prévoit un fonctionnement dans la région de 1310 nm en veillant tout particulièrement à empêcher les effets de bruit modal dans les longueurs de câble minimales entre les raccords de réparation et les jarretières de câble.

1.6 Comportement à la courbure à 1550 nm

L'accroissement de l'affaiblissement, mesuré à 1550 nm pour 100 tours d'une fibre enroulée de manière lâche suivant un rayon de 37,5 mm, doit être inférieur à 0,5 dB.

NOTES

- 1 Un essai d'homologation peut suffire à vérifier le respect de cette condition.
- 2 La valeur indiquée de 100 tours correspond au nombre approximatif de tours que comportent les coffrets d'épissures situés aux pas de répétition. Le rayon de 37,5 mm équivaut au rayon de courbure minimal communément accepté pour la mise en place durable de fibres dans les systèmes installés dans la pratique afin d'éviter les défaillances dues à la fatigue statique.
- 3 Si, pour des raisons pratiques, on décide d'effectuer cet essai avec moins de 100 tours, il est conseillé de ne pas descendre en dessous de 40 tours et d'utiliser une valeur d'affaiblissement plus faible, proportionnelle au nombre de spires.
- 4 Si l'on envisage d'utiliser dans les coffrets d'épissures ou en d'autres endroits du système des rayons de courbure inférieurs à 37,5 mm (par exemple, $R = 30$ mm), il est conseillé d'appliquer la même valeur d'affaiblissement de 0,5 dB pour 100 tours de fibre enroulée suivant ce rayon plus petit.
- 5 La valeur recommandée de l'affaiblissement de courbure à 1550 nm se rapporte à l'installation de fibres monomodes dans les conditions réelles. L'influence sur les caractéristiques d'affaiblissement du rayon de courbure résultant du retordage des fibres monomodes câblées est incluse dans la spécification relative à l'affaiblissement des fibres câblées.
- 6 Dans le cas où des essais périodiques sont nécessaires, il est possible de se contenter d'une ou plusieurs spires au lieu de 100 et ce par souci de précision et pour faciliter la mesure de la sensibilité à la courbure à 1550 nm. Dans ce cas, on choisira le diamètre de la boucle, le nombre de spires et la valeur maximale admissible d'affaiblissement dû à la courbure de manière que les résultats soient corrélés avec la valeur recommandée de 0,5 dB de l'essai fonctionnel à 100 spires avec un rayon de 37,5 mm.

1.7 Propriétés des matériaux des fibres

1.7.1 Matériaux composant les fibres

Il convient d'indiquer les matériaux dont les fibres sont faites.

NOTE – Il pourra être nécessaire de prendre des précautions pour le raccordement par fusion de fibres constituées de différents matériaux. Les premiers résultats indiquent que le raccordement de fibres différentes de silice de haute qualité permet d'obtenir des valeurs satisfaisantes en matière de perte et de solidité des épissures.

1.7.2 Matériaux protecteurs

Les propriétés physiques et chimiques des matériaux employés pour le revêtement primaire de la fibre ainsi que la meilleure méthode pour l'enlever (si cela est nécessaire) doivent être indiquées. Dans le cas de fibres à enveloppe unique, il convient de donner des indications analogues.

1.7.3 Niveau d'effort de contrôle

- L'effort de contrôle σ_p doit être au moins égal à 0,35 GPa (ce qui correspond approximativement à une déformation de contrôle de 0,5%).
- Le temps de maintien t_d doit être de 1 s. On peut choisir également un temps de maintien t_a plus court mais il faut, dans ce cas, appliquer une contrainte plus grande σ_a conformément à l'équation suivante:

$$\sigma_a = \sigma_p \left[\frac{t_d}{t_a} \right]^{\frac{1}{n_d}}$$

- La valeur du paramètre de fatigue dynamique n_d est déterminée par une méthode d'essai de fatigue dynamique.
- Pour certaines applications, telles que les réseaux locaux ou les systèmes en câbles sous-marins, on peut souhaiter utiliser des valeurs de contrainte (ou de déformation) plus élevées. Des valeurs telles que 0,7 GPa ou 1,4 GPa (ou ~1% et ~2%) font l'objet d'une étude complémentaire.

1.8 Profil de l'indice de réfraction

Il n'est généralement pas nécessaire de connaître le profil d'indice de réfraction; si on souhaite le mesurer, on peut utiliser la méthode de mesure de référence de la Recommandation G.651.

1.9 Uniformité longitudinale

A l'étude.

2 Spécifications relatives aux tronçons à longueur de livraison

Les caractéristiques géométriques et optiques des fibres indiquées à l'article 1 n'étant que peu affectées par le processus de câblage, on trouvera dans le présent article des recommandations portant essentiellement sur les caractéristiques de transmission des tronçons câblés à longueur de livraison.

Les conditions ambiantes et les conditions de mesure, très importantes, sont décrites dans les directives relatives aux méthodes de mesure.

2.1 Affaiblissement linéique

Les câbles à fibres optiques visés par la présente Recommandation ont généralement des affaiblissements linéiques inférieurs à 0,5 dB/km au voisinage de 1550 nm. Lorsque ces câbles sont destinés à être utilisés au voisinage de 1300 nm, leur affaiblissement linéique est généralement inférieur à 1 dB/km dans cette région.

NOTE – Les valeurs les plus faibles dépendent du processus de fabrication, de la composition et de la conception des fibres et de la conception des câbles. Des valeurs de 0,19 à 0,25 dB/km au voisinage de 1550 nm ont été obtenues.

2.2 Coefficient de dispersion chromatique

L'équation suivante donne la dispersion chromatique $D(\lambda)$ en ps/(nm·km):

$$D(\lambda) = (\lambda - \lambda_0) S_0$$

où λ est la longueur d'onde concernée en nm, λ_0 la longueur d'onde à dispersion nulle en nm et S_0 la pente à dispersion nulle en ps/(nm² · km). La pente S_0 est spécifiée par sa valeur maximale: $S_0 < S_{0max}$. La longueur d'onde à dispersion nulle λ_0 est spécifiée par sa valeur nominale (1550 nm) et l'écart de tolérance maximal, $\Delta\lambda_{0max}$ symétrique de part et d'autre de 1550 nm:

$$1550 - \Delta\lambda_{0max} < \lambda_0 < 1550 + \Delta\lambda_{0max}$$

De plus, la valeur absolue maximale du coefficient de dispersion D_{max} en ps/(nm · km) est donnée pour toute la largeur de la fenêtre spécifiée de part et d'autre de 1550 nm par $\Delta\lambda_w$ nm:

$$| D(\lambda) | < D_{max}$$

$$\text{pour } 1550 - \Delta\lambda_w < \lambda < 1550 + \Delta\lambda_w$$

Lorsque l'émission a lieu sur une longueur d'onde centrale différant de $\Delta\lambda_t$ en plus ou en moins de 1550 nm, il est possible de calculer la valeur absolue maximale du coefficient de dispersion par les formules suivantes:

$$D_m(\Delta\lambda_t) = D_{max} (\Delta\lambda_t + \Delta\lambda_{0max}) / (\Delta\lambda_w + \Delta\lambda_{0max}),$$

$$\text{lorsque } 0 \leq \Delta\lambda_t \leq \Delta\lambda_w \text{ et}$$

$$D_m(\Delta\lambda_t) = D_{max} + S_{0max} (\Delta\lambda_t - \Delta\lambda_w),$$

$$\text{lorsque } \Delta\lambda_w \leq \Delta\lambda_t \leq 50 \text{ nm}$$

avec $D_{max} = D_m(\Delta\lambda_w)$. La Figure 1 illustre schématiquement cette spécification:

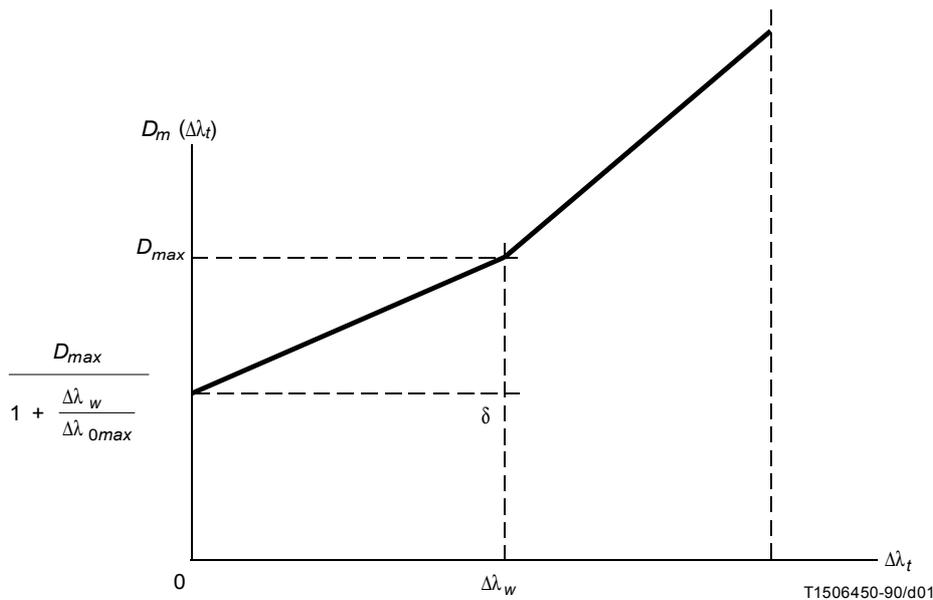


FIGURE 1/G.653

Valeur absolue maximale du coefficient de dispersion

Pour la présente Recommandation, les spécifications concernant le coefficient de dispersion sont les suivantes:

$$\Delta\lambda_{0max} \leq 50 \text{ nm}$$

$$S_{0max} \leq 0,085 \text{ ps} / (\text{nm}^2 \cdot \text{km})$$

$$D_{0max} = 3,5 \text{ ps} / (\text{nm} \cdot \text{km}) \text{ entre } 1525 \text{ et } 1575 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda_w = 25 \text{ nm}$$

NOTES

1 Les valeurs ci-dessus ont été spécifiées à titre provisoire afin de guider les concepteurs de fibres et de systèmes. L'amélioration des caractéristiques de dispersion des fibres dans la fenêtre des fréquences de travail pourra nécessiter dans le futur un complément d'étude et des compromis entre les valeurs de $\Delta\lambda_{0max}$ et S_{0max} .

2 Il n'est pas nécessaire de mesurer le coefficient de dispersion chromatique de manière systématique.

3 Sections élémentaires de câble

Une section élémentaire de câble comprend habituellement un certain nombre de tronçons à longueur de livraison épissurés. Les spécifications portant sur les tronçons à longueur de livraison sont données à l'article 2 de la présente Recommandation. Les paramètres de transmission des sections de câbles élémentaires doivent tenir compte non seulement des caractéristiques de fonctionnement des divers tronçons de câble, mais aussi, entre autres facteurs, des pertes par épissurage et des pertes dues aux connecteurs (le cas échéant).

De plus, les caractéristiques de transmission des tronçons de fibres à longueur de livraison tout autant que celles des différents éléments tels que les épissures, les connecteurs, etc., obéiront à certaines distributions probabilistes dont il faudra souvent tenir compte lors de la conception de systèmes suivant le critère du moindre coût. Il faudra donc lire les sous-paragraphes suivants en gardant à l'esprit la nature statistique de ces différents paramètres.

3.1 Affaiblissement

L'affaiblissement A d'une section élémentaire de câble est donné par la formule suivante:

$$A = \sum_{n=1}^m \alpha_n \cdot L_n + \alpha_s \cdot \chi + \alpha_c \cdot y$$

où

α_n = affaiblissement linéique de la n ème fibre dans une section élémentaire de câble;

L_n = longueur de n ème fibre;

m = nombre total de fibres concaténées dans la section élémentaire de câble;

α_s = affaiblissement d'épissurage moyen;

χ = nombre d'épissures dans la section élémentaire de câble;

α_c = affaiblissement moyen dû aux connecteurs de ligne;

y = nombre de connecteurs de ligne dans la section élémentaire de câble (s'il y a lieu).

Il faut prévoir une marge de câble appropriée pour tenir compte des modifications futures des configurations de câble (épissures supplémentaires, ajout de tronçons supplémentaires, effets du vieillissement, variations de température, etc.). La formule ci-dessus n'inclut pas l'affaiblissement dû aux connecteurs d'équipement.

L'affaiblissements moyen est utilisé pour l'affaiblissement des épissures et des connecteurs. Le bilan d'affaiblissement qui sert à la conception d'un système réel doit tenir compte des variations statistiques de ces différents paramètres.

3.2 Dispersion chromatique

La dispersion chromatique, en picosecondes, peut être calculée à partir des coefficients de dispersion chromatique des tronçons à longueur de livraison, en supposant une relation linéaire avec la longueur, et en tenant compte du signe des coefficients et des caractéristiques de la source du système (voir 2.2).

Imprimé en Suisse

Genève, 1993