



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**G.652**

(03/93)

**SUPPORTS DE TRANSMISSION –  
CARACTÉRISTIQUES**

---

**CARACTÉRISTIQUES DES CÂBLES  
À FIBRES OPTIQUES MONOMODES**

**Recommandation UIT-T G.652**

(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 révisée UIT-T G.652, 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<sup>er</sup> 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

Page

1	Caractéristiques des fibres.....	1
1.1	Diamètre du champ de mode .....	1
1.2	Diamètre de gaine .....	2
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	Caractéristiques d'affaiblissement à 1550 nm.....	3
1.7	Propriétés des matériaux des fibres .....	3
1.8	Profil de l'indice de réfraction.....	4
1.9	Uniformité longitudinale.....	4
1.10	Exemples de directives pour la conception des fibres .....	4
2	Spécifications relatives aux tronçons à la longueur de livraison.....	4
2.1	Affaiblissement linéique .....	4
2.2	Coefficient de dispersion chromatique .....	4
3	Sections élémentaires de câbles .....	5
3.1	Affaiblissement.....	5
3.2	Dispersion chromatique .....	6
	Appendice I – Modélisation de l'affaiblissement spectral .....	6
	Appendice II – Modèle de matrice .....	7



## CARACTÉRISTIQUES DES CÂBLES À FIBRES OPTIQUES MONOMODES

(Málaga-Torremolinos, 1984; modifié à Melbourne, 1988 et à Helsinki, 1993)

LE CCITT,

*considérant*

- (a) que les câbles à fibres optiques monomodes sont largement utilisés dans les réseaux de télécommunication;
- (b) que les applications prévues peuvent nécessiter plusieurs sortes de fibres monomodes différant par:
  - les caractéristiques géométriques;
  - la longueur d'onde de fonctionnement;
  - la dispersion d'affaiblissement, la longueur d'onde de coupure et d'autres caractéristiques optiques;
  - les aspects relevant de la mécanique et des conditions ambiantes;
- (c) que des Recommandations relatives à différentes sortes de fibres monomodes pourront être élaborées lorsque les études concernant leur utilisation pratique auront suffisamment progressé,

*recommande*

l'utilisation d'une fibre monomode dont la longueur d'onde de dispersion nulle est voisine de 1310 nm, optimisée pour être utilisée aux longueurs d'onde de la région des 1310 nm susceptible aussi d'être utilisée dans la région des 1550 nm (pour laquelle la fibre n'est pas optimisée).

Cette fibre pourra être utilisée pour les transmissions analogiques et numériques.

Les caractéristiques géométriques, optiques et de transmission de cette fibre sont décrites ci-après ainsi que les méthodes de mesure applicables.

La signification des termes utilisés dans la présente Recommandation et les directives à suivre lors des mesures destinées à vérifier les diverses caractéristiques sont données dans la Recommandation G.650.

### 1 Caractéristiques des fibres

Seules sont recommandées à l'article 1 les caractéristiques qui constituent un cadre minimal essentiel de conception en vue de la fabrication des fibres. Parmi ces caractéristiques, la longueur d'onde de coupure de la fibre câblée peut être sensiblement affectée par la fabrication du câble ou par son installation. A ceci près, 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 1310 nm doit se situer entre 9 et 10  $\mu\text{m}$ . La valeur du diamètre effectif ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 10\%$  de la valeur nominale.

##### NOTES

1 On retient généralement une valeur de 10  $\mu\text{m}$  pour les structures à gaine adaptée et une valeur de 9  $\mu\text{m}$  pour les structures à gaine déprimée. Le choix d'une valeur comprise entre 9  $\mu\text{m}$  et 10  $\mu\text{m}$  n'est cependant pas nécessairement lié à un type de fibre bien précis.

2 Il convient de noter que les caractéristiques de fibre nécessaires pour une application donnée s'expriment d'abord en fonction des paramètres essentiels de la fibre et des dispositifs qui s'y raccordent, tels que le diamètre du champ de mode, la longueur d'onde de coupure, la dispersion totale, la longueur d'onde de fonctionnement des dispositifs et le débit binaire ou la fréquence de fonctionnement et non pas nécessairement en fonction de la structure spécifique de la fibre.

3 La valeur moyenne du diamètre du champ de mode peut, en fait, différer des valeurs nominales ci-dessus à condition que toutes les fibres se situent à  $\pm 10\%$  de la valeur nominale spécifiée.

## 1.2 Diamètre de gaine

La valeur nominale recommandée pour le diamètre de gaine est de 125  $\mu\text{m}$ . Ce diamètre ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 2 \mu\text{m}$  de la valeur nominale.

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

La valeur recommandée pour l'erreur de concentricité du champ de mode à 1310 nm ne doit pas excéder 1  $\mu\text{m}$ .

### NOTES

1 Pour certaines techniques particulières de raccordement et pour certaines spécifications portant sur les pertes aux raccordements, des valeurs allant jusqu'à 3  $\mu\text{m}$  peuvent convenir.

2 L'erreur de concentricité du champ de mode et l'erreur de concentricité du coeur représentée par l'intensité lumineuse transmise à des longueurs d'onde autres que 1310 nm (y compris la lumière blanche) sont équivalentes. En règle générale, l'écart entre le centre du profil de l'indice de réfraction et l'axe de la gaine représente aussi l'erreur de concentricité du champ de mode, mais si l'on constate quelque divergence entre l'erreur de concentricité du champ de mode mesurée selon la méthode de mesure de référence (RTM) (*reference test method*), et l'erreur de concentricité du coeur, c'est la première des deux qui constituera la référence.

## 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 ni 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 de mesurer la non-circularité du champ de mode lors des essais de recette.

### 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 et pour certaines spécifications portant sur les pertes aux raccords, on pourra fixer d'autres tolérances.

## 1.5 Longueur d'onde de coupure

On peut distinguer deux longueurs d'onde de coupure utiles:

- la longueur d'onde de coupure  $\lambda_c$  d'une fibre munie de son revêtement primaire conformément à la méthode de mesure de référence appropriée aux fibres;
- la longueur d'onde de coupure  $\lambda_{cc}$  d'une fibre câblée dans les conditions d'installation conformément à la méthode de mesure de référence appropriée aux câbles.

La corrélation des valeurs mesurées de  $\lambda_c$  et de  $\lambda_{cc}$  dépend de la fibre considérée, du type de câble, et des conditions de mesure. Si l'on a en général  $\lambda_{cc} < \lambda_c$ , il est cependant malaisé d'établir une relation quantitative. Même sur la plus courte longueur de câble entre deux raccords et pour la longueur d'onde minimale de fonctionnement du système, il est indispensable de conserver une transmission monomode. On peut traiter la question de deux façons:

- recommander que  $\lambda_c$  soit inférieure à 1280 nm; lorsqu'il est nécessaire de fixer également une limite inférieure,  $\lambda_c$  doit être supérieur à 1100 nm;
- recommander que  $\lambda_{cc}$  ait une valeur maximale de 1260 nm ou 1270 nm.

### NOTES

1) Une marge suffisante pour la longueur d'onde doit être prévue entre la plus petite longueur d'onde de fonctionnement autorisée du système ( $\lambda_s$ ) et la plus grande longueur d'onde de coupure autorisée pour le câble ( $\lambda_{cc}$ ).

2) Pour empêcher les effets de bruit modal et assurer la transmission monomode dans les jarretières de fibre de n'importe quelle longueur – et dans n'importe quelle condition d'installation, il conviendrait de choisir des fibres ayant une longueur d'onde de coupure suffisamment faible. Dans les cas les plus défavorables, la longueur d'onde maximale  $\lambda_c$  pour les fibres à utiliser dans les jarretières ne devrait pas dépasser 1240 nm lorsqu'elle est mesurée dans les conditions indiquées dans la méthode de mesure de référence (RTM) pertinente de la Recommandation G.650.

Il n'est pas nécessaire de faire intervenir les deux spécifications à la fois. Comme la spécification de  $\lambda_{cc}$  constitue une manière plus directe de s'assurer du fonctionnement du câble monomode, on devra donner la préférence à cette méthode. Lorsque les circonstances ôtent toute signification à  $\lambda_{cc}$  (par exemple lors de l'utilisation de câbles de dérivation monofibres ou lors de l'installation des câbles dans des conditions qui diffèrent sensiblement de celles de la méthode de mesure de référence de  $\lambda_{cc}$ ), alors la spécification de  $\lambda_c$  est plus appropriée.

Si l'utilisateur choisit de spécifier  $\lambda_{cc}$  comme en 2), il faut bien savoir que  $\lambda_c$  pourra dépasser 1280 nm.

Si l'utilisateur choisit de spécifier  $\lambda_c$  comme dans 1), il n'est pas nécessaire de spécifier  $\lambda_{cc}$ .

Si l'utilisateur choisit de spécifier  $\lambda_{cc}$ , il peut être toléré que  $\lambda_c$  soit plus grande que la longueur d'onde minimale de fonctionnement du système, en comptant que les effets de la fabrication et de l'installation du câble fourniront des valeurs de  $\lambda_{cc}$  inférieures à la longueur d'onde minimale de fonctionnement du système pour la longueur de câble la plus courte entre deux épissures.

Si l'utilisateur choisit de spécifier  $\lambda_{cc}$ , un essai d'homologation peut suffire pour vérifier que la condition relative à  $\lambda_{cc}$  est respectée.

## 1.6 Caractéristiques d'affaiblissement à 1550 nm

Afin de s'assurer d'un fonctionnement à faible atténuation à 1550 nm de fibres monomodes optimisées pour 1310 nm, l'augmentation de perte pour 100 spires de fibre enroulées de manière peu serrée avec un rayon de 37,5 mm, et mesurée à 1550 nm, sera inférieure à 1,0 dB.

### NOTES

- 1 Un essai d'homologation peut être suffisant pour vérifier que cette condition est satisfaite.
- 2 La valeur de 100 spires indiquée ci-dessus correspond au nombre approximatif de spires enroulées dans les coffrets d'épissure d'une liaison type. Le rayon de 37,5 mm est équivalent au rayon de courbure minimal généralement admis dans la pratique pour l'installation à long terme de fibre dans les réseaux réels, afin d'éviter les pannes dues aux contraintes de fatigue statique.
- 3 Si pour des raisons pratiques, on choisit une configuration avec moins de 100 spires pour procéder à cet essai, il ne faudra pas descendre au-dessous de 40 spires, et on utilisera une valeur d'affaiblissement plus faible proportionnelle au nombre de spires.
- 4 S'il est prévu d'adopter des rayons de courbure inférieurs à 37,5 mm (par exemple,  $R = 30$  mm) dans les coffrets d'épissure ou dans d'autres parties du système, il est suggéré que la même valeur de perte de 1,0 dB soit appliquée pour 100 spires de fibres lovées suivant ce rayon plus faible.
- 5 La recommandation relative aux affaiblissements de courbure à 1550 nm concerne l'installation de fibres dans des réseaux réels à fibres monomodes. L'influence sur les caractéristiques d'affaiblissement du rayon de courbure résultant du retordage des fibres monomodes câblées est comprise dans les spécifications d'affaiblissement des fibres câblées.
- 6 Pour des essais de routine et afin de faciliter la mesure de la sensibilité à la courbure à 1550 nm, on peut utiliser une boucle de faible diamètre à une ou plusieurs spires au lieu de procéder à l'essai avec 100 spires. Dans ce cas, on choisira le diamètre de la boucle, le nombre de spires et l'affaiblissement de courbure maximal admis de manière à ce que les résultats soient corrélés avec la valeur recommandée d'affaiblissement de 1,0 dB dans le test fonctionnel avec 100 spires au rayon de courbure de 37,5 mm.

## 1.7 Propriétés des matériaux des fibres

### 1.7.1 Matériaux composant les fibres

Il convient d'indiquer les substances composant les fibres.

NOTE – Des précautions sont à prendre lorsque l'on raccorde par fusion des fibres faites de matériaux différents. Les résultats préliminaires indiquent que l'on peut obtenir un affaiblissement d'épissurage et une tenue d'épissure de qualité satisfaisante lors du raccordement de fibres différentes à haute teneur en silice.

### 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  $\sigma_p$  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  $\sigma_a$  plus grande conformément à l'équation suivante:

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

- 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 de l'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.

## 1.10 Exemples de directives pour la conception des fibres

Le supplément n° 33 du *Livre bleu* contient un exemple de directives pour la conception de fibres à gaine adaptée utilisées par deux organisations.

## 2 Spécifications relatives aux tronçons à la 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 pièces de câbles à la longueur de livraison.

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

### 2.1 Affaiblissement linéique

Les câbles à fibres optiques visés par la présente Recommandation ont généralement des coefficients d'affaiblissement inférieurs à 1,0 dB/km dans la région des 1310 nm et à 0,5 dB/km dans la région des 1500 nm.

#### NOTES

1 Les valeurs les plus basses dépendent du processus de fabrication, de la composition et de la conception de la fibre, ainsi que de la conception du câble. On a obtenu des valeurs se situant entre 0,3 et 0,4 dB/km dans la région des 1310 nm et entre 0,15 et 0,25 dB/km dans la région des 1550 nm.

2 L'affaiblissement linéique peut être calculé pour un spectre de longueurs d'onde, sur la base de mesures effectuées de quelques longueurs d'ondes prédictives (3 à 5). Cette procédure est décrite dans l'Appendice I et un exemple est donné dans l'Appendice II.

### 2.2 Coefficient de dispersion chromatique

Le coefficient maximal de dispersion chromatique sera déterminé par:

- l'intervalle admis pour la longueur d'onde de dispersion nulle, entre  $\lambda_{0min} = 1300$  nm et  $\lambda_{0max} = 1324$  nm;
- la valeur maximale  $S_{0max} = 0,093$  ps/(nm<sup>2</sup> · km) de la pente à dispersion nulle.

Les limites du coefficient de dispersion chromatique pour toute longueur d'onde  $\lambda$  dans l'intervalle 1260-1360 nm seront calculées de la façon suivante:

$$D_1(\lambda) = \frac{S_{0max}}{4} \left[ \lambda - \frac{\lambda^4_{0min}}{\lambda^3} \right]$$

$$D_2(\lambda) = \frac{S_{0max}}{4} \left[ \lambda - \frac{\lambda^4_{0max}}{\lambda^3} \right]$$

#### NOTES

1 A titre d'exemple les valeurs de  $\lambda_{0min}$ ,  $\lambda_{0max}$ , et  $S_{0max}$  produisent des amplitudes de coefficient de dispersion chromatique  $|D_1|$  et  $|D_2|$  égales ou inférieures aux coefficients maximaux de dispersion chromatique du tableau suivant:

Longueur d'onde (nm)	Coefficient de dispersion maximale [ps/(nm · km)]
1288 – 1339	3,5
1271 – 1360	5,3
1550	20 (environ)

2 L'utilisation de ces formules dans la région des 1550 nm devra être considérée avec prudence.

3 Pour des systèmes de haute capacité ou de grande longueur, il peut être nécessaire de spécifier un intervalle  $\lambda_{0min}$ ,  $\lambda_{0max}$  plus petit ou, si possible, de choisir une valeur de  $S_{0max}$  plus petite.

4 Il n'est pas nécessaire de mesurer systématiquement la dispersion chromatique des fibres monomodes.

### 3 Sections élémentaires de câbles

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 au à l'article 2 de la présente Recommandation. Les caractéristiques de transmission des sections élémentaires de câble doivent tenir compte non seulement des caractéristiques de fonctionnement des divers tronçons à longueur de livraison les composant, 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 ainsi que celles des épissures, des connecteurs, etc., auront une distribution probabiliste dont on devra souvent tenir compte lorsqu'il faudra concevoir des ensembles en obéissant à des contraintes de moindre coût. Les paragraphes suivants doivent être lus 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:

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

où

$\alpha_n$  est l'affaiblissement linéique de la  $n$ ème fibre dans une section élémentaire de câble;

$L_n$  est la longueur de la  $n$ ème fibre;

$m$  est le nombre total de fibres concaténées pour parvenir à la longueur de la section élémentaire de câble;

$\alpha_s$  est l'affaiblissement moyen;

- x est le nombre d'épissures dans une section par épissure élémentaire de câble;
- $\alpha_c$  est l'affaiblissement moyen des connecteurs de ligne;
- y est le nombre de connecteurs de ligne dans une section élémentaire de câble (s'il y a lieu).

Il faut prévoir une certaine marge pour le câble afin de tenir compte des modifications futures de la configuration du câble (épissures supplémentaires, concaténation de tronçons supplémentaires, effets du vieillissement, variations de température, etc.).

Cette formule ne tient pas compte des pertes dans les connecteurs d'équipements.

L'affaiblissement 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 deux termes.

### 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 dûment compte des signes des coefficients et des caractéristiques du système (voir 2.2).

## Appendice I

### Modélisation de l'affaiblissement spectral

(Cet appendice ne fait pas partie de la présente Recommandation)

L'affaiblissement linéique d'une fibre dans un spectre de longueurs d'onde peut être calculé à l'aide d'une matrice de caractérisation  $M$  et d'un vecteur  $v$ . Le vecteur contient les affaiblissements linéiques mesurés à un petit nombre (3 à 5) de longueurs d'onde prédictives (par exemple, 1300 nm, 1330 nm, 1370 nm, 1380 nm et/ou 1550 nm). La matrice  $M$  multiplie le vecteur  $v$  pour donner un autre vecteur  $w$  qui prédit les affaiblissements linéiques à de nombreuses longueurs d'onde (par exemple à des intervalles de longueur d'onde de 10 nm de 1240 nm à 1600 nm).

La matrice  $M$  est donnée par:

$$\begin{matrix}
 A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\
 A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\
 \cdot & & \dots & \\
 \cdot & & \dots & \\
 \cdot & & \dots & \\
 A_{m1} & A_{m2} & \dots & A_{mn}
 \end{matrix}$$

où  $m$  est le nombre de longueurs d'onde dans lesquelles les affaiblissements linéiques doivent être évalués et  $n$  le nombre de longueurs d'onde prédictives. La matrice  $M$  multiplie alors un vecteur  $v$  ( $n$  éléments) contenant les affaiblissements linéiques mesurés pour la fibre donnée, ce qui permet d'obtenir un nouveau vecteur  $w$  ( $m$  éléments) donnant les valeurs estimées des affaiblissements linéiques dans la gamme considérée, comme suit:

$$w = M \cdot v$$

Les valeurs numériques contenues dans cette matrice générique sont à l'étude. L'écart type entre les affaiblissements linéiques réels et prévus doit être meilleur que 0.xx dB/km dans la deuxième fenêtre et meilleur que 0.yy dB/km dans la troisième fenêtre. Les valeurs de xx et de yy sont à l'étude.

Le constructeur de fibres peut également fournir une matrice spécifique qui décrit la fibre considérée d'une manière plus précise que la matrice générique. Les écarts types entre les valeurs réelles et prévues doivent être indiqués. Une matrice spécifique est présentée, à titre d'exemple, dans l'Appendice II.

Etant donné que les spectres d'affaiblissement dépendent du processus de fabrication, une matrice générique ne peut permettre qu'une estimation approximative des affaiblissements linéiques. On peut parfois obtenir une meilleure approximation en ajoutant un autre vecteur de «correction» appropriée qui doit être fourni par chaque constructeur de fibres. Les affaiblissements linéiques estimés sont donc les éléments du vecteur  $w$ , comme indiqué par la formule suivante:

$$w = M \cdot v + e$$

Si on obtient l'estimation en utilisant la matrice  $M$  spécifique du fabricant ou du type de fibre, aucun vecteur de correction  $e$  n'est alors nécessaire.

Les éléments de  $M$  et  $e$  sont obtenus sur une base statistique et les éléments du vecteur  $w$  doivent donc être interprétés comme tels. Pour indiquer l'exactitude des affaiblissements linéiques prévus, les constructeurs de fibres doivent fournir un vecteur contenant l'écart type entre les affaiblissements linéiques réels et prévus dans les deux fenêtres ainsi que les valeurs de  $M$  et/ou de  $e$ .

#### NOTES

1 Pour faciliter l'utilisation de cette matrice, la fibre doit être périodiquement mesurée aux longueurs d'onde prédictives. Le nombre de longueurs d'onde prédictives doit être compris entre 3 et 5, une forte préférence étant accordée au nombre le plus faible si l'on peut obtenir une exactitude suffisante. Les longueurs d'onde spécifiques (par exemple 1300 nm, 1330 nm, 1370 nm, 1380 nm et/ou 1550 nm) doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

2 Ce modèle ne prend en considération que l'affaiblissement des fibres non câblées. Il convient d'ajouter un vecteur complémentaire à  $w$  pour tenir compte des effets du câblage et de l'environnement.

## Appendice II

### Modèle de matrice

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation)

On trouvera ci-après, uniquement à titre d'illustration, un exemple de matrice  $m \times n = 38 \times 3$ .

S'il faut estimer l'affaiblissement spectral dans la gamme de 1240 nm à 1600 nm (par échelons de 10 nm) en utilisant des longueurs d'onde prédictives de 1310 nm, 1380 nm et 1550 nm, un exemple d'éléments de matrice qui s'est révélé applicable<sup>1)</sup> pour certaines fibres de la Recommandation G.652 est donné ci-après:

---

<sup>1)</sup> T.A. Hanson "spectral Attenuation Modelling with Matrix Models", Conference Digest NPL Optical Fibre Measurement Conference, York, Royaume-Uni, p. 8 à 11, 1991.

Longueur d'onde de sortie (µm)	Longueurs d'onde prédictrices		
	1,31 µm	1,38 µm	1,55 µm
1,23	1,46027	-0,04235	-0,20771
1,24	1,35288	-0,01493	-0,13289
1,25	1,31704	-0,00412	-0,14768
1,26	1,26613	-0,00997	-0,13715
1,27	1,20167	-0,00843	-0,10635
1,28	1,14970	-0,01281	-0,06363
1,29	1,11290	-0,01059	-0,06245
1,30	1,03600	-0,00711	0,00711
1,31	0,96276	0,00342	0,05412
1,32	0,90437	0,01435	0,08572
1,33	0,86168	0,02098	0,11776
1,34	0,83194	0,05500	0,05849
1,35	0,73415	0,08336	0,14196
1,36	0,83266	0,11032	-0,10694
1,37	0,69137	0,22596	-0,05961
1,38	0,01006	0,99798	-0,01126
1,39	-0,25502	0,94764	0,48887
1,40	0,00227	0,58463	0,51813
1,41	0,25780	0,33834	0,40811
1,42	0,29085	0,20419	0,49620
1,43	0,29329	0,13569	0,54995
1,44	0,33133	0,09266	0,51936
1,45	0,31608	0,06343	0,55905
1,46	0,24183	0,04483	0,68361
1,47	0,29207	0,03019	0,59222
1,48	0,19214	0,02196	0,75669
1,49	0,18650	0,01132	0,76122
1,50	0,21242	0,00541	0,70722
1,51	0,16884	0,00648	0,75347
1,52	0,11484	-0,00091	0,84972
1,53	0,09334	0,00419	0,85304
1,54	0,07231	-0,00021	0,88512
1,55	0,03111	-0,00115	0,94957
1,56	0,07054	-0,00321	0,87414
1,57	-0,03723	-0,01127	1,08140
1,58	-0,02543	0,00556	1,01041
1,59	-0,01370	0,00457	0,99389
1,60	-0,06916	-0,00107	1,11623



Imprimé en Suisse

Genève, 1993