

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.978

(12/2006)

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

Sections numériques et systèmes de lignes numériques –
Systèmes de câbles optiques sous-marins

**Caractéristiques des câbles optiques
sous-marins**

Recommandation UIT-T G.978

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
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION ET DES SYSTÈMES OPTIQUES	G.600–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
Généralités	G.900–G.909
Paramètres pour les systèmes à câbles optiques	G.910–G.919
Sections numériques à débits hiérarchisés multiples de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Systèmes numériques de transmission par ligne à débits non hiérarchisés	G.930–G.939
Systèmes de transmission numérique par ligne à supports MRF	G.940–G.949
Systèmes numériques de transmission par ligne	G.950–G.959
Section numérique et systèmes de transmission numériques pour l'accès usager du RNIS	G.960–G.969
Systèmes de câbles optiques sous-marins	G.970–G.979
Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès	G.980–G.989
Réseaux d'accès	G.990–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
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AUX PROTOCOLES EN MODE PAQUET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

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

Recommandation UIT-T G.978

Caractéristiques des câbles optiques sous-marins

Résumé

La présente Recommandation examine les caractéristiques des câbles optiques sous-marins utilisés dans les Recommandations UIT-T G.973, G.974 et G.977. Elle traite des caractéristiques de transmission des câbles optiques sous-marins, des fibres optiques utilisées dans les câbles sous-marins, y compris des caractéristiques mécaniques et de la résistance à l'environnement ainsi que d'autres caractéristiques électriques. Elle traite aussi des caractéristiques de transmission des sections élémentaires de câbles de type fibre unique et fibre hybride. Par ailleurs, des informations précises concernant les caractéristiques des câbles optiques sous-marins sont indiquées dans des Recommandations appropriées se rapportant aux systèmes optiques sous-marins.

Source

La Recommandation UIT-T G.978 a été approuvée le 14 décembre 2006 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

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.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

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 développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

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	Domaine d'application 1
2	Références normatives..... 1
3	Termes et définitions 2
3.1	Définitions 2
3.2	Termes définis dans d'autres Recommandations 3
4	Abréviations..... 4
5	Caractéristiques du câble optique sous-marin 5
5.1	Généralités..... 5
5.2	Caractéristiques de transmission du câble..... 5
5.3	Caractéristiques mécaniques et résistance à l'environnement 5
6	Caractéristiques d'un câble optique sous-marin de réserve 8
6.1	Généralités..... 8
6.2	Types de système d'application en milieu sous-marin 8
6.3	Protection du câble optique sous-marin de réserve 8
6.4	Caractéristiques de transmission 9
7	Caractéristiques électriques 9
8	Caractéristiques des fibres dans un câble sous-marin..... 9
8.1	Généralités..... 9
8.2	Fibres optiques..... 10
8.3	Caractéristiques de transmission des fibres..... 11
8.4	Paramètres recommandés pour élaborer une spécification 13
9	Caractéristiques de transmission de la section élémentaire de câble..... 13
9.1	Généralités..... 13
9.2	Caractéristiques de transmission de la section élémentaire de câble de type fibre unique..... 14
9.3	Caractéristiques de transmission de la section élémentaire de câble de type fibre hybride 14
9.4	Paramètres recommandés pour élaborer une spécification 15
	Appendice I – Structures du câble optique sous-marin et informations relatives..... 15

Recommandation UIT-T G.978

Caractéristiques des câbles optiques sous-marins

1 Domaine d'application

La présente Recommandation examine les caractéristiques des câbles optiques sous-marins utilisés dans [G.973], [G.974] et [G.977].

Un câble optique sous-marin peut être utilisé dans:

- un système de câbles optiques sous-marins avec répéteurs;
- un système de câbles optiques sous-marins sans répéteurs.

La présente Recommandation spécifie les caractéristiques des câbles sous-marins qui peuvent être utilisés à la fois en eaux profondes et peu profondes.

La présente Recommandation traite des points suivants:

- caractéristiques de transmission des fibres optiques dans les câbles sous-marins, y compris les caractéristiques mécaniques et la résistance à l'environnement;
- caractéristiques des câbles optiques sous-marins, y compris les caractéristiques mécaniques et la résistance à l'environnement ainsi que d'autres caractéristiques électriques;
- caractéristiques de transmission des sections élémentaires de câbles de type fibre unique et fibre hybride.

2 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 tout 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. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [G.650.1] Recommandation UIT-T G.650.1 (2004), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs linéaires déterministes des fibres et câbles optiques monomodes.*
- [G.650.2] Recommandation UIT-T G.650.2 (2005), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs se rapportant aux caractéristiques statistiques et non linéaires des fibres et câbles optiques monomodes.*
- [G.652] Recommandation UIT-T G.652 (2005), *Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes.*
- [G.653] Recommandation UIT-T G.653 (2006), *Caractéristiques des fibres et câbles optiques monomodes à dispersion décalée.*
- [G.654] Recommandation UIT-T G.654 (2006), *Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes à longueur d'onde de coupure décalée.*
- [G.655] Recommandation UIT-T G.655 (2006), *Caractéristiques des fibres et câbles optiques monomodes à dispersion décalée non nulle.*

- [G.656] Recommandation UIT -T G.656 (2006), *Caractéristiques des fibres et câbles optiques à dispersion non nulle destinés au transport à large bande.*
- [G.667] Recommandation UIT-T G.667 (2006), *Caractéristiques des compensateurs adaptatifs de dispersion chromatique.*
- [G.671] Recommandation UIT-T G.671 (2005), *Caractéristiques de transmission des composants et sous-systèmes optiques.*
- [G.972] Recommandation UIT-T G.972 (2004), *Définition des termes relatifs aux systèmes de câbles optiques sous-marins.*
- [G.973] Recommandation UIT-T G.973 (2003), *Caractéristiques des systèmes en câbles sous-marins à fibres optiques sans répéteurs.*
- [G.974] Recommandation UIT-T G.974 (2004), *Caractéristiques des systèmes de câbles optiques sous-marins équipés de régénérateurs.*
- [G.977] Recommandation UIT-T G.977 (2006), *Caractéristiques des systèmes de câbles optiques sous-marins à amplification optique.*
- [G-Sup.39] Recommandations UIT-T de la série G – Supplément 39 (2006), *Considérations sur la conception et l'ingénierie des systèmes optiques.*
- [G-Sup.40] Recommandations UIT-T de la série G – Supplément 40 (2006), *Guide des Recommandations et Normes traitant des fibres et câbles optiques.*
- [CEI 62285] CEI/TR 62285 (2005), *Guide d'application pour les méthodes de mesure du coefficient de non-linéarité.*
- [CEI 62324] CEI/TR 62324 (2007), *Fibres optiques unimodales – Mesure de rendement de gain Raman en utilisant la méthode d'onde entretenue – Guide d'application.*

3 Termes et définitions

3.1 Définitions

La présente Recommandation utilise les termes suivants.

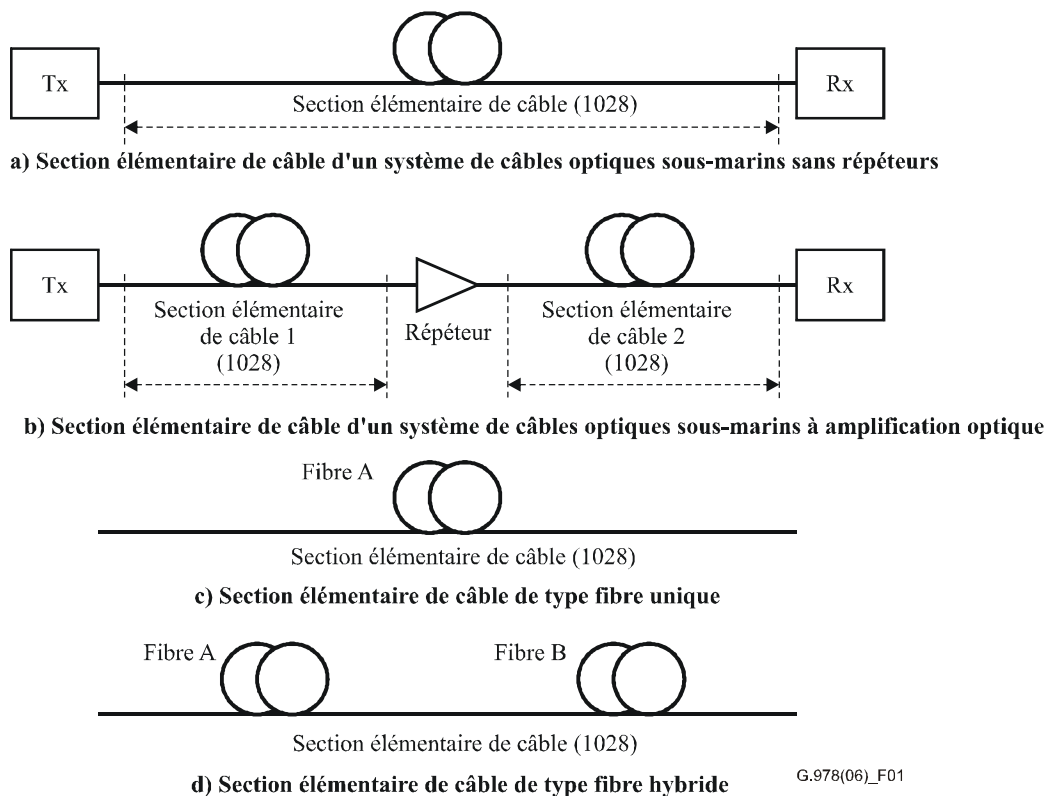
3.1.1 câble optique sous-marin: câble sous-marin utilisant des fibres optiques comme support de transmission. (1019 dans [G.972])

3.1.2 section élémentaire de câble: longueur totale de câble optique entre deux équipements (répéteurs, unités de dérivation ou équipements terminaux de transmission). (1028 dans [G.972].) Dans la présente Recommandation, deux types de sections élémentaires de câbles sont décrits:

- la section élémentaire de câble de type fibre unique;
- la section de câble élémentaire de type fibre hybride.

3.1.2.1 section élémentaire de câble de type fibre unique: la section élémentaire de câble est composée d'un type unique de fibre optique.

3.1.2.2 section élémentaire de câble de type fibre hybride: la section élémentaire de câble est composée de plusieurs types de fibres optiques.



NOTE – (1028) indique un numéro dans la Rec. UIT-T G.972.

Figure 1/G.978 – Définitions de la section élémentaire de câble

3.2 Termes définis dans d'autres Recommandations

La présente Recommandation utilise les termes ci-après définis dans d'autres Recommandations:

- partie sous-marine: voir [G.972] (1005);
- répéteur optique sous-marin: voir [G.972] (1020);
- charge de rupture d'un câble: voir [G.972] (5007);
- câble à double armure: voir [G.972] (5004);
- charge de rupture des fibres d'un câble: voir [G.972] (5008);
- rayon de courbure minimal du câble: voir [G.972] (5032);
- résistance nominale à la traction de manipulation: voir [G.972] (5010);
- résistance nominale à la traction permanente: voir [G.972] (5009);
- résistance nominale à la traction transitoire: voir [G.972] (5011);
- câble superarmé: voir [G.972] (5005);
- câble à simple armature: voir [G.972] (5003);
- pente de dispersion relative: voir [G-Sup.40] (2006);
- équipement terminal de transmission: voir [G.972] (1010).

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

A_{eff}	surface effective (<i>effective area</i>)
Câble DA	câble à double armature (<i>double armoured cable</i>)
Câble LW	câble de grand fond (<i>lightweight cable</i>)
Câble LWP	câble de grand fond protégé (<i>lightweight protected cable</i>)
Câble RA	câble superarmé (<i>rock armoured cable</i>)
Câble SA	câble à simple armature (<i>single armoured cable</i>)
CBL	charge de rupture d'un câble (<i>cable breaking load</i>)
CSF	fibre monomode à longueur d'onde de coupure décalée (<i>cut-off shifted single-mode fibre</i>)
DCF	fibre monomode à compensation de dispersion (<i>dispersion compensating single-mode fibre</i>)
DSF	fibre monomode à dispersion décalée (<i>dispersion shifted single-mode fibre</i>)
DWDM	multiplexage par répartition dense en longueurs d'onde (<i>dense wavelength division multiplexing</i>)
DWDMS	systèmes de multiplexage par répartition dense en longueurs d'onde (<i>dense wavelength division multiplexing systems</i>)
g_R	coefficient de gain de Raman (<i>Raman gain coefficient</i>)
LEF	fibre monomode de très grande surface effective (<i>large effective area single-mode fibre</i>)
n_2/A_{eff}	coefficient de non-linéarité (<i>nonlinear coefficient</i>)
NDF	fibre monomode à dispersion négative (<i>negative dispersion single-mode fibre</i>)
NOTS	résistance nominale à la traction de manipulation (<i>nominal operating tensile strength</i>)
NPTS	résistance nominale à la traction permanente (<i>nominal permanent tensile strength</i>)
NTTS	résistance nominale à la traction transitoire (<i>nominal transient tensile strength</i>)
NZDSF	fibre monomode à dispersion décalée non nulle (<i>non-zero dispersion shifted single-mode fibre</i>)
OFA	amplificateur à fibres optiques (<i>optical fibre amplifier</i>)
PDF	fibre monomode à dispersion positive (<i>positive dispersion single-mode fibre</i>)
PMD	dispersion modale de polarisation (<i>polarisation mode dispersion</i>)
RDS	pente de dispersion relative (<i>relative dispersion to slope</i>)
SMF	fibre monomode décalée sans dispersion (<i>non-dispersion shifted single-mode fibre</i>)
SWS	systèmes mono-ondes (<i>single wavelength systems</i>)
TTE	équipement terminal de transmission (<i>terminal transmission equipment</i>)
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde (<i>wavelength division multiplexing</i>)
WDMS	systèmes de multiplexage par répartition en longueur d'onde (<i>wavelength division multiplexing systems</i>)

WNZDF fibre large bande monomode à dispersion décalée non nulle (*wideband non-zero dispersion single-mode fibre*)

5 Caractéristiques du câble optique sous-marin

5.1 Généralités

Le câble optique sous-marin est destiné à assurer la protection des fibres optiques contre la pression de l'eau, la pénétration longitudinale d'eau, l'agression chimique et les effets de contamination par l'hydrogène tout au long de la durée de vie nominale du câble.

En outre, le câble optique sous-marin doit être tel que les fibres ne subissent pas de dégradation de la performance lorsque le câble est posé, enfoui, relevé et manipulé conformément aux pratiques sous-marines habituelles.

D'après son application, le câble optique sous-marin peut être:

- un câble sous-marin avec répéteurs;
- un câble sous-marin sans répéteurs.

D'après la protection des câbles, le câble optique sous-marin peut être:

- un câble de grand fond (câble LW);
- un câble de grand fond protégé (câble LWP);
- un câble à simple armature (câble SA);
- un câble à double armature (câble DA);
- un câble superarmé (câble RA).

5.2 Caractéristiques de transmission du câble

Généralement, les caractéristiques de transmission des fibres avant câblage (c'est-à-dire avant leur installation dans le câble) sont semblables ou identiques à celles spécifiées dans [G.652], [G.653], [G.654], [G.655] ou [G.656]. Les types de fibre sont choisis de manière à optimiser le coût et la performance de l'ensemble du système.

Les caractéristiques de transmission des fibres installées dans une section élémentaire de câble doivent être comprises dans une certaine plage de variation par rapport aux caractéristiques des fibres avant câblage; en particulier, le câble, les raccords de câble et les fibres doivent être tels qu'une courbure ou une microcourbure de fibre entraînent une augmentation négligeable de l'affaiblissement. Il faut en tenir compte pour déterminer le rayon de courbure minimal des fibres dans le câble et dans les équipements (raccords de câbles optiques, terminaisons, répéteurs, etc.).

L'affaiblissement de la fibre, la dispersion chromatique et la dispersion PMD doivent rester stables dans certaines limites pendant la durée de vie nominale du système; en particulier, le câble doit être tel que l'infiltration d'hydrogène depuis l'extérieur et la génération d'hydrogène à l'intérieur du câble soient réduites aux niveaux minimaux acceptables, même après une rupture de câble à la profondeur d'utilisation; il convient également de tenir compte de la sensibilité de la fibre optique aux rayons gamma.

5.3 Caractéristiques mécaniques et résistance à l'environnement

5.3.1 Protection de la fibre par la structure du câble

La capacité de survie mécanique de la fibre est déterminée par la propagation des défauts à l'intérieur de la structure de verre. Elle dépend de l'état mécanique initial de la fibre avant câblage, c'est-à-dire de la structure physique de la fibre (type de revêtement, contrainte interne), des conditions d'environnement lors de la production de la fibre et du niveau du test de sélection après

étirage de la fibre. Elle dépend également de l'environnement de la fibre dans le câble et de l'effet cumulatif des contraintes appliquées à la fibre pendant sa durée de vie nominale.

La résistance de la structure du câble ainsi que celle de la fibre déterminent le comportement mécanique global du câble et doivent être conçues de manière à garantir la durée de vie nominale du système, compte tenu de l'effet cumulatif de la charge appliquée au câble lors de la pose, du relevage et de la réparation ainsi que de toute charge permanente ou d'allongement résiduel appliqués au câble installé.

Deux types génériques de structure de câble sont généralement utilisés pour protéger les fibres optiques:

- la structure de câble serrée, où la fibre est solidement maintenue dans le câble, de telle sorte que l'allongement de la fibre est essentiellement égal à celui du câble;
- la structure de câble lâche où la fibre est libre de se déplacer à l'intérieur du câble, de telle sorte que l'allongement de la fibre est inférieur à celui du câble, et reste nul jusqu'à ce que l'allongement du câble atteigne une valeur donnée.

En outre, le câble doit protéger la fibre contre l'eau, l'humidité et la pression externe, et limiter la pénétration d'eau longitudinale après rupture du câble à la profondeur d'utilisation.

5.3.2 Caractéristiques mécaniques de la fibre

Les caractéristiques mécaniques de la fibre dépendent largement de l'application d'un test de contrôle à la longueur totale de la fibre. Ce test est caractérisé par la charge appliquée à la fibre ou par l'allongement de la fibre et la durée d'application. Le niveau de ce test doit être déterminé en fonction de la structure du câble. Les épissures de fibre doivent être également testées. Il est recommandé que la durée des essais soit aussi courte que possible.

Il convient de tenir compte de la résistance mécanique des épissures de fibre pour déterminer le rayon de courbure minimal de la fibre dans le câble et dans l'équipement (répéteurs, unités de dérivation, boîtiers de raccordement ou terminaisons de câbles).

5.3.3 Caractéristiques mécaniques du câble

Le câble, avec les boîtiers de raccordement, les coupleurs de câble et les transitions de câble, doit être manipulé avec précaution par les navires câbliers lors des opérations de pose et de réparation; il doit résister à de multiples passages sur le davier.

Le câble doit être réparable et le temps nécessaire pour effectuer un joint de câble lors d'une réparation dans de bonnes conditions de travail doit être raisonnablement court.

Au cas où le câble est accroché par un grappin, une ancre de grande dimension ou un engin de pêche, la charge de rupture peut être égale à une fraction (selon le type de câble et les caractéristiques du grappin) de la charge de rupture en ligne droite; il existe alors, au voisinage du point de rupture, un risque de réduction de la durée de vie et de la fiabilité de la fibre et du câble dû en particulier à la contrainte appliquée à la fibre ou à la pénétration d'eau; il conviendrait alors de remplacer la partie endommagée du câble dont la longueur doit rester dans des limites spécifiées.

Plusieurs paramètres sont définis dans [G.972] pour caractériser les propriétés mécaniques du câble et l'aptitude du câble à être installé, récupéré et réparé; ils doivent servir de guide pour la manipulation du câble:

- charge de rupture du câble (CBL, *cable breaking load*), mesurée lors du test de qualification;
- résistance transitoire nominale à la traction (NTTS, *nominal transient tensile strength*), qui pourrait être accidentellement rencontrée, notamment lors des opérations de récupération;
- résistance nominale de fonctionnement à la traction (NOTS, *nominal operating tensile strength*), qui pourrait être rencontrée lors des réparations;

- résistance permanente nominale à la traction (NPTS, *nominal permanent tensile strength*), qui caractérise l'état du câble après la pose;
- rayon minimal de courbure du câble, qui est un guide pour la manipulation du câble.

Les Tableaux 5-1 et 5-2 indiquent les valeurs recommandées des caractéristiques mécaniques du câble.

Tableau 5-1/G.978 – Valeurs recommandées des caractéristiques mécaniques du câble pour un système de câbles optiques sous-marins sans répéteurs

Paramètres	Détail	Valeur recommandée (KN)			
		Câble LW/LWP	Câble SA	Câble DA	Câble RA
CBL	Minimum	A déterminer	A déterminer	A déterminer	A déterminer
NTTS	Minimum	A déterminer	A déterminer	A déterminer	A déterminer
NOTS	Minimum	A déterminer	A déterminer	A déterminer	A déterminer
NPTS	Minimum	A déterminer	A déterminer	A déterminer	A déterminer
NOTE – La valeur recommandée doit faire l'objet d'un complément d'étude.					

Tableau 5-2/G.978 – Valeurs recommandées des caractéristiques mécaniques du câble pour un système de câbles optiques sous-marins avec répéteurs

Paramètres	Détail	Valeur recommandée (KN)			
		Câble LW/LWP	Câble SA	Câble DA	Câble RA
CBL	Minimum	A déterminer	A déterminer	A déterminer	A déterminer
NTTS	Minimum	A déterminer	A déterminer	A déterminer	A déterminer
NOTS	Minimum	A déterminer	A déterminer	A déterminer	A déterminer
NPTS	Minimum	A déterminer	A déterminer	A déterminer	A déterminer
NOTE – La valeur recommandée doit faire l'objet d'un complément d'étude.					

5.3.4 Protection du câble

Le câble optique sous-marin doit assurer une bonne protection contre les risques de l'environnement à sa profondeur d'utilisation: protection contre la vie marine, les morsures de poisson, l'abrasion et blindage contre les agressions et la navigation maritime. Différents types de câble protégé sont définis dans [G.972], en particulier:

- le câble de grand fond (câble LW);
- le câble de grand fond protégé (câble LWP);
- le câble à simple armature (câble SA);
- le câble à double armature (câble DA);
- le câble superarmé (câble RA).

Le câble de grand fond est adapté à la pose, au relevage et à l'exploitation dans des zones où aucune protection spéciale n'est nécessaire.

Le câble de grand fond protégé est adapté à la pose, au relevage et à l'exploitation dans des zones où une protection spéciale est nécessaire.

Le câble à simple armature est adapté à la pose, à l'ensouillage, au relevage et à l'exploitation et il est convenablement protégé pour des zones particulières de petits fonds.

Le câble à double armature est adapté à la pose, à l'ensouillage, au relevage et à l'exploitation et il est convenablement protégé pour des zones particulières de petits fonds.

Le câble superarmé est adapté à la pose, au relevage et à l'exploitation et il est convenablement protégé pour des zones particulières de petits fonds.

Le Tableau 5-3 indique la profondeur d'application type de chaque câble.

Tableau 5-3/G.978 – Profondeur d'application type d'un câble optique sous-marin

	Câble LW/LWP	Câble SA	Câble DA	Câble RA
Profondeur (m)	> 1000	> 20 – 1500	0 – 20	0 – 20

Le câble terrestre à fibres optiques doit protéger le système et le personnel contre les décharges électriques, les brouillages industriels et la foudre. Deux types de câble terrestre protégé sont généralement utilisés:

- le câble terrestre armé, avec une armure qui doit être maintenue au potentiel de la terre et qui peut être directement enterré;
- le câble armé en conduit avec blindage de sécurité circulaire (qui peut être le blindage de protection contre les morsures de poisson) destiné à être tiré dans des conduits.

NOTE – Il est recommandé que le câble comporte un circuit pour l'application d'un courant d'électrode à sa structure afin de permettre à l'équipement submersible de le localiser. Le courant d'électrode est fourni par une station terminale avec la puissance nécessaire pour localiser le câble et avec une fréquence d'environ 4 à 40 Hz.

6 Caractéristiques d'un câble optique sous-marin de réserve

6.1 Généralités

Le câble de réserve utilisé pour remplacer un tronçon de câble optique sous-marin endommagé doit être un câble optique sous-marin et doit donc être conforme à toutes les spécifications relatives aux câbles optiques sous-marins (voir le § 5).

Toutefois, certaines informations essentielles comme le type d'application en milieu sous-marin, la protection du câble, la longueur de câble ajoutée pendant une réparation ainsi que les caractéristiques de transmission du câble doivent être prises en considération dans la politique de réparation du câble optique sous-marin.

6.2 Types de système d'application en milieu sous-marin

Le câble optique sous-marin de réserve doit être prévu pour le même type d'application que le câble optique sous-marin initial. Autrement dit, il doit s'agir d'un:

- câble sous-marin avec répéteurs s'il faut réparer un câble sous-marin avec répéteurs;
- câble sous-marin sans répéteurs s'il faut réparer un câble sous-marin sans répéteurs.

6.3 Protection du câble optique sous-marin de réserve

Le câble optique sous-marin de réserve doit assurer le même niveau de protection mécanique que la section de câble à remplacer. En l'absence de câbles offrant le type de protection requis, il est possible d'utiliser des câbles de réserve ayant d'autres types de protection. Toutefois, dans ce cas précis, le niveau de protection mécanique du câble de réserve doit être supérieur à celui du câble posé initialement et un câble de transition doit être inséré entre les deux types de câble. Le

Tableau 6-1 indique les niveaux de protection autorisés pour le câble de réserve en fonction des types de protection initiaux.

Tableau 6-1/G.978 – Niveaux de protection autorisés pour le câble de réserve en fonction des types de protection initiaux

		Type de protection du câble optique sous-marin de réserve				
		Câble LW	Câble LWP	Câble SA	Câble DA	Câble RA
Type de protection du câble optique sous-marin initial	Câble LW	A	A	A	A	A
	Câble LWP		A	A	A	A
	Câble SA			A	A	A
	Câble DA				A	A
	Câble RA					A
NOTE – "A" signifie applicable.						

6.4 Caractéristiques de transmission

6.4.1 Gestion des fibres optiques

Le câble optique sous-marin utilisé pour une réparation doit avoir, au minimum, le même nombre de fibres que le câble posé initialement. Un câble optique sous-marin ayant un plus grand nombre de fibres peut également être utilisé comme câble de réserve. Dans ce cas, on ne raccorde que le nombre de fibres dont le système a besoin, les autres fibres n'étant pas utilisées.

6.4.2 Caractéristiques de transmission

Les fibres optiques du câble de réserve doivent avoir les mêmes caractéristiques que les fibres optiques contenues dans le tronçon de câble optique sous-marin à remplacer. Toutefois, des exceptions à cette règle peuvent être admises si des recommandations particulières concernant la réparation des câbles sont clairement formulées dans le Manuel de maintenance que doit remettre le fournisseur du système au moment de la configuration de celui-ci. En particulier, ce document doit expliquer en détail la politique de gestion de la dispersion chromatique à appliquer en cas de réparation des câbles (grands et petits fonds).

7 Caractéristiques électriques

Les caractéristiques électriques sont à étudier.

8 Caractéristiques des fibres dans un câble sous-marin

8.1 Généralités

Les concepteurs de systèmes sous-marins peuvent établir une distinction entre plusieurs types de fibres optiques, à savoir:

- les fibres monomodes définies dans les Recommandations UIT-T de la série G.65x;
- la fibre monomode à dispersion positive (PDF, *positive dispersion single-mode fibre*);
- la fibre monomode à dispersion négative (NDF, *negative dispersion single-mode fibre*);
- la fibre monomode de très grande surface effective (LEF, *large effective area single-mode fibre*);
- la fibre monomode à compensation de dispersion (DCF, *dispersion compensating single-mode fibre*).

Suivant les spécifications du système (débit et codage, nombre de longueurs d'onde, distance entre deux amplificateurs, puissance de sortie des amplificateurs, longueur de la liaison, etc.), on peut utiliser diverses combinaisons de ces types de fibres pour garantir la performance du système.

Les principaux paramètres qui caractérisent les types de fibres optiques indiquées ci-dessus sont les suivants:

- le coefficient d'affaiblissement pour toutes les longueurs d'onde de fonctionnement, à la fois pour les SWS et pour les WDMS, exprimé en dB/km;
- le coefficient d'affaiblissement pour toutes les longueurs d'onde de fonctionnement du pompage, à la fois pour les SWS et pour les WDMS, exprimé en dB/km;
- le coefficient de dispersion chromatique pour toutes les longueurs d'onde de fonctionnement en ps/nm·km;
- la longueur d'onde de dispersion nulle λ_0 en nm;
- la pente de dispersion autour des longueurs d'onde de fonctionnement en ps/nm²·km;
- la pente de dispersion relative (RDS) en nm;
- l'indice de réfraction non linéaire n_2 en m²/W;
- la surface effective A_{eff} en μm^2 ;
- le coefficient de non-linéarité n_2/A_{eff} en W⁻¹;
- le coefficient de gain de Raman g_R en m/W;
- la dispersion modale moyenne de polarisation (PMD, *polarization mode dispersion*) d'ensemble en ps/ $\sqrt{\text{km}}$.

8.2 Fibres optiques

8.2.1 Fibres dans G.65x

Dans les Recommandations de l'UIT-T on distingue cinq types de fibres monomodes, à savoir:

- la fibre monomode décalée sans dispersion (SMF, *shifted single-mode fibre*), définie dans [G.652];
- la fibre monomode à dispersion décalée (DSF, *dispersion shifted single-mode fibre*), définie dans [G.653];
- la fibre monomode à longueur d'onde de coupure décalée (CSF, *cut-off shifted single-mode fibre*), définie dans [G.654];
- la fibre monomode à dispersion décalée non nulle (NZDSF, *non-zero dispersion shifted single-mode fibre*), définie dans [G.655];
- la fibre large bande monomode à dispersion décalée non nulle (WNZDF, *wideband non-zero dispersion single-mode fibre*), définie dans [G.656].

La fibre SMF décrite dans [G.652] a été optimisée initialement pour une utilisation dans la gamme de longueurs d'onde de 1310 nm et sa longueur d'onde de dispersion nominale nulle est proche de 1310 nm. Cette fibre SMF peut également être utilisée dans la région des 1550 nm.

La fibre DSF décrite dans [G.653] a été optimisée initialement pour une utilisation dans la région des 1550 nm et sa longueur d'onde de dispersion nominale nulle est proche de 1550 nm.

La fibre CSF décrite dans [G.654], dont la longueur d'onde de coupure est décalée et l'affaiblissement est minimal, est optimisée pour une utilisation dans la région des 1530-1625 nm.

La fibre NZDSF décrite dans [G.655] a été optimisée initialement pour une utilisation dans la gamme de longueurs d'onde comprise entre 1530 et 1565 nm et possède un coefficient de dispersion

chromatique de valeur non nulle autour de 1550 nm. Cette dispersion réduit l'augmentation des effets non linéaires qui peuvent être particulièrement désagréables dans les systèmes DWDMS.

La fibre WNZDF décrite dans [G.656] a été optimisée initialement pour une utilisation dans la gamme de longueurs d'onde comprise entre 1460 et 1625 nm et possède une dispersion chromatique de valeur non nulle dans cette gamme de longueurs d'onde. Cette dispersion atténue l'augmentation des effets non linéaires qui peuvent être particulièrement gênants pour les systèmes DWDMS.

8.2.2 Fibre monomode à dispersion positive

La fibre PDF possède une valeur de dispersion chromatique D_{min} avec un signe positif dans la région des longueurs d'onde de fonctionnement. Cette dispersion réduit l'augmentation des effets non linéaires qui peuvent être particulièrement gênants dans les systèmes DWDMS.

La plupart des fibres monomodes conformes à telle ou telle Recommandation de la série G.65x sont considérées comme des fibres PDF à une longueur d'onde de fonctionnement d'environ 1550 nm.

8.2.3 Fibre monomode à dispersion négative

La fibre NDF possède une valeur de dispersion chromatique D_{max} avec un signe négatif dans la région des longueurs d'onde de fonctionnement. Cette dispersion réduit l'augmentation des effets non linéaires qui peuvent être particulièrement gênants dans les systèmes DWDMS.

La fibre NZDSF décrite dans [G.655], qui a une dispersion négative, peut être considérée comme fibre NDF à longueur d'onde de fonctionnement d'environ 1550 nm.

On peut utiliser une combinaison de fibres PDF et NDF pour constituer une section élémentaire de câble de type fibre hybride.

8.2.4 Fibre monomode de très grande surface effective

La fibre LEF possède une valeur A_{eff} élargie aux longueurs d'onde de fonctionnement. Cette valeur A_{eff} élargie réduit les effets non linéaires qui peuvent être particulièrement gênants dans les systèmes DWDMS.

8.2.5 Fibre monomode à compensation de dispersion

Le signe de la dispersion chromatique de la fibre DCF dépend de la gestion de la dispersion en vigueur dans le système. En général, la fibre DCF possède une valeur de dispersion chromatique élevée aux longueurs d'onde de fonctionnement. On utilise cette fibre pour compenser la dispersion chromatique cumulative de la fibre PDF ou NDF.

8.3 Caractéristiques de transmission des fibres

8.3.1 Affaiblissement le long des fibres

L'affaiblissement le long d'une fibre optique est caractérisé par le coefficient d'affaiblissement exprimé en dB/km (valeur logarithmique) ou en km^{-1} (valeur linéaire).

La valeur maximale du coefficient d'affaiblissement de chaque fibre conforme à telle ou telle Recommandation de la série G.65x est spécifiée dans des Recommandations UIT-T correspondantes de cette série.

La méthode permettant de mesurer l'affaiblissement le long d'une fibre monomode est décrite dans [G.650.1].

8.3.2 Coefficient de dispersion chromatique

Le coefficient de dispersion chromatique correspond à la variation des vitesses de groupe en fonction de la longueur d'onde de sorte que toutes les composantes spectrales d'un signal optique se propageront à des vitesses différentes. Il en résulte un étalement de l'impulsion, qui peut entraîner une importante dégradation. La pente de dispersion en fonction de la longueur d'onde influe aussi

sur la qualité de transmission, en particulier dans le cas des systèmes WDMS et/ou des systèmes de transmission à débit binaire plus élevé. Le coefficient de dispersion chromatique d'une fibre optique dans une longueur d'unité est exprimé en ps/nm·km. La pente de dispersion à une longueur d'onde de fonctionnement est également exprimée en ps/nm²·km. On utilise aussi une pente de dispersion relative (RDS) exprimée en nm pour tenir compte des dégradations de la dispersion dans la région des longueurs d'onde de fonctionnement, en particulier dans les WDMS.

La caractéristique de dispersion chromatique pour chaque fibre conforme à telle ou telle Recommandation de la série G.65x est spécifiée dans des Recommandations UIT-T correspondantes de cette série.

On trouvera des informations supplémentaires concernant la dégradation de la dispersion chromatique dans [G-Sup.39].

La méthode permettant de mesurer la dispersion chromatique dans une fibre monomode est décrite dans [G.650.1].

8.3.3 Dispersion modale de polarisation (PMD)

De faibles écarts par rapport à la symétrie cylindrique parfaite du cœur de la fibre conduisent à une biréfringence en raison d'indices de modes différents associés aux composantes du mode fondamental à polarisation orthogonale. La dispersion PMD entraîne un étalement de l'impulsion et doit être limitée à une valeur maximale. La dispersion PMD d'une fibre monomode et/ou d'une liaison optique est exprimée en ps/√km. De plus, cette dispersion est traitée de manière statistique. En particulier, on utilise une valeur nominale de dispersion PMD sur la liaison, PMD_Q, comme limite supérieure pour le coefficient PMD des câbles à fibres concaténées, et on définit une liaison possible constituée de M sections de câbles. La limite supérieure est définie en fonction d'un niveau de probabilité faible, Q, qui représente la probabilité qu'une valeur de coefficient PMD concaténée dépasse la valeur PMD_Q.

La valeur PMD_Q de chaque câble en fibre conforme à telle ou telle Recommandation de la série G.65x est spécifiée dans des Recommandations UIT-T correspondantes de cette série.

On trouvera des informations supplémentaires sur la dégradation de la dispersion PMD dans [G-Sup.39].

La méthode de mesure et le traitement statistique de la dispersion PMD applicables à la fois aux fibres et aux câbles monomodes sont décrits dans [G.650.2].

8.3.4 Non-linéarité des fibres

Il faut tenir compte des effets non linéaires lors de la conception de liaisons optiques à grande distance avec des amplificateurs OFA à puissance de sortie élevée. Ces effets sont cumulatifs le long de la liaison optique et sont susceptibles de dégrader considérablement la propagation. Dans les systèmes SWS, l'effet prédominant de la non-linéarité est généralement une automodulation de phase du signal proportionnelle au coefficient de non-linéarité (ratio n_2/A_{eff}) multiplié par le carré de son amplitude normalisée. En présence de dispersion chromatique, cette non-linéarité provoque un étalement de l'impulsion dans le domaine temporel et, par conséquent, une dégradation de la performance du système. Toutefois, dans les systèmes WDMS ou DWDMS, l'effet prédominant est normalement la modulation à mélange de quatre ondes et/ou à croisement de phases, due à la présence de longueurs d'ondes adjacentes. Cette non-linéarité entraîne aussi une dégradation de la performance.

Le coefficient de gain de Raman g_R dans une fibre monomode est également pris en considération dans certains systèmes sous-marins qui ont recours à une amplification répartie de Raman. Le gain de Raman est proportionnel au coefficient g_R et à la puissance de pompage. La valeur g_R du verre de silice pure est d'environ $2,8 \times 10^{-14}$ m/W à 1500 nm, valeur qui dépend du type de matériau utilisé dans la fibre.

On trouvera des informations supplémentaires sur la non-linéarité de la fibre dans [G-Sup.39].

La méthode permettant de mesurer la surface effective A_{eff} dans une fibre monomode est décrite dans [G.650.2].

Les méthodes utilisées pour mesurer le coefficient de non-linéarité n_2/A_{eff} et le coefficient de gain de Raman g_R dans une fibre monomode sont décrites, respectivement, dans [CEI 62285] et [CEI 62324].

8.4 Paramètres recommandés pour élaborer une spécification

S'agissant des fibres et des câbles optiques utilisés dans les systèmes de transmission sous-marins, il est recommandé de spécifier les paramètres ci-après. Ces paramètres seraient spécifiés pour la région des longueurs d'onde de fonctionnement et/ou de pompage.

Paramètres de la fibre:

- coefficient d'affaiblissement maximal (dB/km);
- coefficient de dispersion chromatique maximal et minimal, D_{max} et D_{min} , (ps/nm · km);
- pente de dispersion chromatique maximale (ps/nm² · km);
- surface effective minimale, A_{eff} , (μm²).

Paramètres du câble:

- coefficient d'affaiblissement maximal (dB/km);
- coefficient PMD_Q maximal (ps/√km).

NOTE 1 – Les paramètres de la fibre applicables aux fibres conformes à telle ou telle Recommandation de la série G.65x sont spécifiés dans des Recommandations UIT-T correspondantes de cette série, sauf en ce qui concerne la surface effective.

NOTE 2 – Les coefficients d'affaiblissement maximal à 1550 nm des fibres câblées G.65x compris entre 0,22 et 0,4 dB/km sont spécifiés dans des Recommandations UIT-T de la série G.65x. Il convient de noter que les systèmes de transmission sous-marins types ont besoin d'un coefficient d'affaiblissement plus faible. La valeur type de ce coefficient dans une liaison sous-marine installée doit faire l'objet d'un complément d'étude.

NOTE 3 – Les coefficients de dispersion PMD_Q maximaux des fibres câblées G.65x compris entre 0,20 et 0,5 ps/√km sont spécifiés dans des Recommandations UIT-T de la série G.65x. Il convient de noter que les systèmes de transmission sous-marins types ont besoin d'un coefficient PMD_Q plus faible.

9 Caractéristiques de transmission de la section élémentaire de câble

9.1 Généralités

La section élémentaire de câble désigne la longueur totale de câble optique entre deux équipements (répéteurs, unités de dérivation ou équipements terminaux de transmission). On distingue les deux catégories suivantes:

- section élémentaire de câble de type fibre unique;
- section élémentaire de câble de type fibre hybride.

En fonction de la conception du système et, plus particulièrement, du nombre de longueurs d'onde (WDMS), on peut utiliser divers types de fibres optiques pour garantir la performance du système. En l'occurrence, différentes fibres optiques sont combinées afin de réduire la dispersion cumulative aux longueurs d'onde du signal. On parle alors de gestion de la dispersion. En général, cette gestion conduit à une carte de la dispersion indiquant comment la dispersion est gérée tout au long de la liaison du câble optique sous-marin.

La carte de la dispersion est le principal outil permettant de décrire les caractéristiques de dispersion chromatique d'un système. La dispersion cumulative est définie comme étant la dispersion mesurée

entre la sortie de l'émetteur du terminal et un autre point quelconque sur le trajet optique. La carte de dispersion représente la dispersion chromatique cumulative locale, à une longueur d'onde de fonctionnement donnée, en fonction de la distance entre l'émetteur et le récepteur optiques. La carte de dispersion dépendra essentiellement du type de système (SWS, WDMS ou DWDMS).

S'agissant de la "carte de dispersion" et de "l'implémentation d'une gestion de la dispersion", on trouvera une description plus détaillée dans [G.973] et [G.977].

Les caractéristiques de transmission d'une section élémentaire de câble qui sont nécessaires à la conception des systèmes de câbles sous-marins à fibres optiques sont indiquées ici. Les caractéristiques de transmission des sections élémentaires de câble de type fibre unique et fibre hybride sont décrites respectivement aux § 9.2 et 9.3; les paramètres requis pour élaborer une spécification sont recommandés au § 9.4.

9.2 Caractéristiques de transmission de la section élémentaire de câble de type fibre unique

Une section élémentaire de câble de type fibre unique se compose d'un seul type de fibre optique et elle est utilisée comme ligne de transmission principale des signaux. En certains points de plusieurs sections élémentaires de câble, on utilise des fibres optiques à dispersion chromatique inversée par rapport à la ligne de transmission principale pour compenser la diversion aux longueurs d'onde des signaux. Ces fibres de compensation de la dispersion entrent également dans la composition de la section élémentaire de câble restante pour la transmission des signaux. Pour ce type de section élémentaire de câble, il faudra généralement utiliser des compensateurs de dispersion distincts dans l'équipement TTE qui sont considérés séparément des sections élémentaires de câble. Les caractéristiques des compensateurs de dispersion chromatique sont indiquées dans [G.671] et [G.667].

9.3 Caractéristiques de transmission de la section élémentaire de câble de type fibre hybride

Une section élémentaire de câble de type fibre hybride comprend plusieurs types de fibres optiques.

On distingue deux sortes de combinaisons types de fibres optiques:

- Dans le premier cas, il s'agit d'une combinaison de fibres optiques avec différentes valeurs de surface effective A_{eff} et une pente de dispersion du même signe.

Par exemple, des fibres optiques avec une valeur A_{eff} et une pente de dispersion plus élevées sont combinées avec des fibres ayant une valeur A_{eff} et une pente de dispersion plus faibles, ce qui réduit la pente de dispersion totale de la section élémentaire de câble et permet d'obtenir une puissance d'entrée optique acceptable plus élevée. Toutefois, la pente de dispersion totale ne peut pas être proche de zéro car les fibres ont une pente de dispersion de même signe. Pour ce type de section élémentaire de câble, il faudra généralement utiliser des compensateurs de dispersion distincts dans l'équipement TTE qui sont considérés séparément des sections élémentaires de câble.

- Dans le second cas, il s'agit d'une combinaison de fibres optiques présentant une dispersion et une pente de dispersion de signe opposé, qui tient compte de la pente de dispersion relative (RDS) et de la longueur des fibres optiques combinées, ce qui permet de réduire à une valeur proche de zéro la dispersion totale ainsi que la pente de dispersion de la section élémentaire de câble.

Dans ce cas, par exemple, on combine des fibres ayant une valeur de surface effective A_{eff} plus élevée ainsi qu'une dispersion et une pente de dispersion positives avec des fibres ayant une valeur de surface effective A_{eff} , plus petite ainsi qu'une dispersion et une pente de dispersion négatives.

D'une manière générale, une section élémentaire de câble de type fibre hybride peut avoir une capacité et une distance de transmission maximale plus élevées par rapport à une section élémentaire de câble de type fibre unique.

9.4 Paramètres recommandés pour élaborer une spécification

Les paramètres ci-après sont recommandés si l'on veut spécifier une section élémentaire de câble de type fibre unique ou fibre hybride.

- Affaiblissement total maximal et minimal à 1550 nm ou à une longueur d'onde spécifiée (dB) (Note 1);
- Coefficient de dispersion chromatique maximal et minimal (ps/nm · km);
- Pente de dispersion chromatique maximale (ps/nm² · km);
- Dispersion chromatique cumulative maximale dans une gamme de longueurs d'onde spécifiée (ps/nm);
- Coefficient de non-linéarité minimal, n_2/A_{eff} , (1/W);
- Coefficient de PMD_Q maximal (ps/√km);
- Temps DGD total maximal à 1550 nm ou à une longueur d'onde spécifiée (ps).

NOTE 1 – Le coefficient d'affaiblissement et la longueur de la ligne de transmission pourraient être indiqués à titre de variantes.

NOTE 2 – Dans le cas de la section élémentaire de câble de type fibre hybride, chaque paramètre devrait être recommandé pour les différentes fibres et pour la section élémentaire totale de câble.

Appendice I

Structures du câble optique sous-marin et informations relatives

Cette question doit faire l'objet d'un complément d'étude.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
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	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
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, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication