

2^{ème} édition

Les fibres optiques

Notions fondamentales

(Câbles, Connectique, Composants, Protocoles, Réseaux...)



informatique technique

Téléchargement
www.editions-eni.fr




Collection

epsilon

Jean-Michel MUR

Avant-propos

Chapitre 1
Généralités sur les fibres optiques

- 1. Définition 17
- 2. Préjugés et vérités 18
- 3. Définition d'une liaison optique 20
- 4. Avantages des fibres optiques 22
 - 4.1 Largeur de bande passante et débit 22
 - 4.2 Affaiblissement linéique. 22
 - 4.3 Immunité électromagnétique 23
 - 4.4 Taille et poids 23
 - 4.5 Furtivité et secret des transmissions 24
 - 4.6 Sécurité 25
- 5. Principe de fonctionnement des fibres optiques. 26
 - 5.1 Caractéristiques de la lumière 26
 - 5.1.1 Célérité de la lumière et indice absolu d'un milieu 26
 - 5.1.2 Longueur d'onde et spectre électromagnétique 27
 - 5.2 Lois de l'optique géométrique 28
 - 5.2.1 Première loi de Descartes ou loi de la réflexion. 28
 - 5.2.2 Deuxième loi de Descartes ou loi de la réfraction 28
 - 5.2.3 Réfringence et angle critique 30
 - 5.3 Application à la fibre optique 31
 - 5.3.1 Constitution d'une fibre optique. 31
 - 5.3.2 Principe de fonctionnement d'une fibre optique 33
 - 5.3.3 Ouverture numérique. 34
- 6. Merci, monsieur Kao 35

2 --- Les fibres optiques

Notions fondamentales

Chapitre 2

Types de fibres optiques et fabrication

1. Différents types de fibres optiques	37
1.1 Fibres optiques multimodales	38
1.1.1 Fibres optiques multimodales à saut d'indice.	38
1.1.2 Fibres optiques multimodales à gradient d'indice	39
1.2 Fibres optiques unimodales	40
1.3 Autres types de fibres optiques	41
1.3.1 Fibres optiques spécifiques.	41
1.3.2 Fibres optiques en plastique.	41
2. Longueurs d'onde opératoires	42
2.1 Gamme des longueurs d'onde opératoires	42
2.2 Élargissement des plages de longueurs d'onde pour les fibres unimodales	43
3. Principales caractéristiques physiques.	44
3.1 Caractéristiques géométriques.	44
3.2 Caractéristiques de transmission.	45
3.2.1 Affaiblissement du signal.	45
3.2.2 Bande passante optique	46
3.2.3 Bande passante électro-optique	46
3.2.4 Longueur d'onde de coupure	46
3.2.5 Dispersion chromatique.	47
3.2.6 Dispersion de polarisation	48
3.2.7 Dispersion modale de polarisation	48
3.2.8 Temps de propagation de groupe différentiel.	49
3.2.9 Principales normes de transmission	49
4. Fabrication des fibres optiques	50
4.1 Principe général de fabrication.	50
4.2 Oxydation extérieure en phase vapeur	52
4.3 Décomposition chimique modifiée en phase vapeur	53
4.4 Décomposition chimique de vapeur activée par plasma	54
4.5 Autres procédés.	55

4.6 Principe du fibrage 55
 4.7 Principe du dopage 56

Chapitre 3

Panorama des fibres optiques unimodales

1. Normalisation des fibres optiques unimodales 59
 1.1 Organismes de normalisation 59
 1.1.1 Union internationale des télécommunications 59
 1.1.2 Commission électrotechnique internationale 61
 1.1.3 Association française de normalisation 62
 1.1.4 Autres organisations 63
 1.2 Principales recommandations
 pour les fibres optiques unimodales 64
 1.3 Rappel historique 66
 2. Recommandation UIT-T G.652 67
 2.1 Évolution de la recommandation G.652 67
 2.2 Caractéristiques principales de la recommandation G.652 71
 3. Recommandation UIT-T G.653 73
 3.1 Évolution de la recommandation G.653 73
 3.2 Caractéristiques principales de la recommandation G.653 75
 4. Recommandation UIT-T G.654 77
 4.1 Évolution de la recommandation G.654 77
 4.2 Caractéristiques principales de la recommandation G.654 80
 5. Recommandation UIT-T G.655 81
 5.1 Évolution de la recommandation G.655 81
 5.2 Caractéristiques générales de la recommandation G.655 83
 6. Recommandation UIT-T G.656 85
 6.1 Évolution de la recommandation G.656 85
 6.2 Caractéristiques principales de la recommandation G.656 86

4 **Les fibres optiques**

Notions fondamentales

7.	Recommandation UIT-T G.657	88
7.1	Évolution de la recommandation G.657	88
7.2	Caractéristiques principales de la recommandation G.657	90
7.2.1	Quatre sous-catégories des fibres G.657	91
7.2.2	Modification de l'épaisseur du revêtement	92
8.	Correspondance des normes UIT-T et CEI	94

Chapitre 4

Fibres multimodales et fibres spéciales

1.	Organismes de normalisation	97
1.1	Correspondances entre organismes	97
1.2	Organisation internationale de normalisation	98
2.	Principales fibres optiques multimodales	100
2.1	Rappel historique et ancêtres à gros cœur	100
2.1.1	Rappel historique des fibres multimodales	100
2.1.2	Ancêtres à gros cœur des fibres multimodales	102
2.2	Recommandation UIT-T G.651.1	103
2.3	Fibres optiques multimodales OMx pour les réseaux locaux	105
2.3.1	Fibres optiques multimodales OM1	105
2.3.2	Fibres optiques multimodales OM2 et OM3	106
2.3.3	Arrivée des fibres multimodales OM4	106
2.3.4	Nouvelles fibres 50/125 à faible rayon de courbure	108
2.4	Liaisons entre fibres de cœurs différents	112
3.	Fibres optiques spéciales	113
3.1	Fibres multimodales à revêtement renforcé	114
3.2	Fibres optiques à maintien de polarisation	114
3.3	Fibres optiques résistant aux hautes températures	115
3.4	Fibres optiques dopées aux terres rares	116
3.5	Autres exemples de fibres optiques spécifiques	117

- 4. Fibres optiques multicœurs 119
 - 4.1 Pourquoi ces nouvelles fibres ? 119
 - 4.2 Principaux problèmes rencontrés. 119
 - 4.3 Exemples de fibres optiques multicœurs. 120
 - 4.3.1 Exemple de fibre multimodale multicœur 120
 - 4.3.2 Exemples de fibres unimodales multicœurs 121
- 5. Fibres optiques en plastique. 122
 - 5.1 Généralités sur les fibres optiques en plastique 122
 - 5.2 Fibres optiques en plastique type PMMA. 123
 - 5.3 Fibres optiques en plastique évolué. 126
 - 5.4 Principaux types de fibres optiques en plastique 126
 - 5.5 Association POFTO 127

Chapitre 5
Câbles à fibres optiques

- 1. Généralités sur les câbles à fibres optiques 129
- 2. Constitution d'un câble à fibres optiques 130
 - 2.1 Structure d'un câble à fibres optiques 130
 - 2.2 Contenance d'un câble à fibres optiques. 132
 - 2.2.1 Câbles unifibres 132
 - 2.2.2 Câbles à deux fibres optiques. 132
 - 2.2.3 Câbles multifibres pour distribution intérieure 133
 - 2.2.4 Câbles multifibres pour distribution extérieure 134
 - 2.2.5 Câbles à fibres optiques agencées en ruban 134
 - 2.2.6 Câbles à fibres optiques de conception spécifique 136
- 3. Principales contraintes sur un câble à fibres optiques 137
 - 3.1 Résistance mécanique. 137
 - 3.1.1 Microcourbures et macrocourbures. 137
 - 3.1.2 Efforts de traction. 138
 - 3.1.3 Écrasement, chocs et torsion 138
 - 3.1.4 Trépidations 138

6 Les fibres optiques

Notions fondamentales

3.2	Résistance aux conditions environnementales	139
3.2.1	Conditions aqueuses et gazeuses	139
3.2.2	Résistance au feu	140
3.2.3	Écoconception des câbles	142
4.	Recommandations de l'UIT-T pour les câbles à fibres optiques . . .	144
4.1	Recommandation UIT-T L.10	145
4.2	Recommandation UIT-T L.26	147
4.3	Recommandation UIT-T L.28	150
4.4	Recommandation UIT-T L.43	154
4.5	Recommandation UIT-T L.58	156
4.6	Recommandation UIT-T L.59	158
4.7	Recommandation UIT-T L.60	160
4.8	Recommandation UIT-T L.67	162
4.9	Recommandation UIT-T L.78	164
4.10	Recommandation UIT-T L.87	166
4.11	Recommandation UIT-T G.978	168
4.11.1	Généralités sur la recommandation G.978	169
4.11.2	Typologie des câbles à fibres optiques sous-marins	171
5.	Câbles à fibres optiques pour applications spécifiques	172
5.1	Câbles à fibres optiques pour les réseaux en avionique	172
5.2	Câbles à fibres optiques pour les plateformes pétrolières	175
5.3	Câbles à fibres optiques pour éoliennes en mer	175
6.	Normalisation des câbles vue côté CEI	176
6.1	Panorama des normes CEI pour les câbles à fibres optiques . .	176
6.2	Où acheter les normes CEI des câbles à fibres optiques ?	178

Chapitre 6

Aboutement des fibres optiques

1.	Généralités sur l'aboutement des fibres optiques	179
1.1	Problèmes rencontrés	179
1.2	Définitions de base en connectique optique	183

2.	Exemples de connectique pour fibres optiques	185
2.1	Premières fiches optiques	185
2.2	Exemples de fiches pour fibre optique unitaire	186
2.3	Exemples de fiches pour câbles à deux fibres optiques	187
2.4	Connectique optique à haute densité	188
2.5	Évolution vers la sécurité	191
2.6	Où se procurer les normes de connectique optique ?	191
3.	Couplage entre fibre optique et fiche optique	192
3.1	Principe d'un raccordement classique	192
3.2	Principe du collage	193
3.3	Principe du sertissage	194
3.4	Principes du polissage	195
3.5	Fiches prééquipées	197
3.6	Fibres optiques préconnectorisées	197
3.7	Principes d'ajustement	199
4.	Connectique optique pour environnements difficiles	201
4.1	Principe du faisceau expansé	201
4.2	Connectique optique pour avionique	203
4.3	Connectique optique pour le ferroviaire	204
4.4	Connectique optique pour câbles sous-marins	205
5.	Connectique pour fibre optique en plastique	205
6.	Aboutement semi-fixe ou fixe	207
6.1	Prolongateurs et épissures mécaniques	207
6.2	Soudure ou épissure par fusion	209
6.2.1	Principe de la soudure	209
6.2.2	Soudeuses cœur à cœur ou gaine à gaine	211
6.2.3	Autres caractéristiques des soudeuses	213
6.2.4	Soudeuses pour fibres spécifiques	214
7.	La poussière, ennemi n°1	218

Chapitre 7

Mesures dans un réseau de fibres optiques

1. Caractéristiques optiques à mesurer	223
1.1 Caractéristiques géométriques.	223
1.2 Caractéristiques fonctionnelles	224
1.3 Caractéristiques de transmission.	225
1.4 Méthodes pour les mesures	226
2. Photométrie optique.	227
2.1 Constitution d'un photomètre	227
2.2 Que mesure-t-on ?	228
2.3 Comment mesure-t-on ?	228
2.4 Options pour un photomètre	229
2.5 Limites de la photométrie	229
3. Réflectométrie optique.	230
3.1 Réflectométrie et réflectomètres	230
3.1.1 Principe de la réflectométrie	230
3.1.2 Généralités sur les réflectomètres	232
3.2 Méthodes de mesures en réflectométrie	234
3.2.1 Affaiblissement de la fibre	234
3.2.2 Événement abrupt	234
3.2.3 Dispersion chromatique.	235
3.2.4 Dispersion du mode de polarisation	235
3.3 Réflectométrie et applications particulières	236
3.3.1 Longues distances et plage dynamique	236
3.3.2 Courtes distances et zones mortes	238
3.3.3 Cas des réseaux optiques passifs	239
3.3.4 Cas des câbles à forte densité.	240
3.4 Autres facteurs en réflectométrie	242
3.4.1 Informatique en nuage.	242
3.4.2 Adressage IPv6	242
3.4.3 Caractéristiques fonctionnelles	243

4. Spectrométrie optique	244
4.1 Analyse de spectre optique	244
4.2 Panorama des spectromètres optiques	245
5. Appareils de mesures et normalisation	248
5.1 Normalisation pour les photomètres	248
5.2 Normalisation pour les réflectomètres	249
5.3 Normalisation pour les analyseurs de spectre optique.	249
5.4 Accréditation des laboratoires	251

Chapitre 8
Composants optoélectroniques

1. Émetteurs électro-optiques	253
1.1 Un peu d'histoire	253
1.2 Généralités sur les émetteurs.	255
1.3 Transmission et qualité du signal	256
1.4 Quelques mots sur les VCSEL	259
1.5 Largeur spectrale et distance	260
1.6 Évolutions des lasers.	262
1.7 Exemples de normes pour les lasers.	263
2. Récepteurs optoélectroniques	264
2.1 Généralités sur les récepteurs optoélectroniques	264
2.2 Photodiodes PIN	265
2.3 Photodiodes à avalanche	266
3. Composants optiques.	267
3.1 Coupleurs optiques.	267
3.2 Affaiblisseurs optiques	269
4. Cordons optiques actifs	270
4.1 Raison d'être des cordons optiques actifs	270
4.2 Présentation générale d'un cordon optique actif	271
4.2.1 Émetteurs-récepteurs	272
4.2.2 Connecteurs	272

4.2.3	Fiches optiques	273
4.2.4	Fibres optiques	274
4.3	Critères de choix d'un cordon optique actif	276
5.	Circuits intégrés photoniques	279
5.1	Histoire des circuits intégrés photoniques	279
5.2	Grands types de technologie et couplage	282
5.3	Facteurs de développement des puces photoniques	284
5.4	Puces photoniques dans les réseaux	285
5.5	Puces photoniques et centres informatiques	287
5.6	Exemples de puces photoniques	288

Chapitre 9**Multiplexage en longueur d'onde**

1.	Multiplexage par répartition en longueur d'onde	291
1.1	Principe du multiplexage par répartition en longueur d'onde	291
1.1.1	Canal de transmission et grille spectrale	291
1.1.2	Principe du multiplexage en longueur d'onde	292
1.1.3	Rappel historique	292
1.1.4	Première démarche	293
1.1.5	Avantages du multiplexage en longueur d'onde	294
1.1.6	WWDM, CWDM ou DWDM	294
1.2	Multiplexage par répartition dense en longueur d'onde	296
1.2.1	Caractéristiques générales du DWDM	296
1.2.2	Grilles spectrales du DWDM	297
1.2.3	Grille DWDM "flexible"	299
1.3	Multiplexage par répartition espacée en longueur d'onde	301
1.3.1	Caractéristiques générales du CWDM	301
1.3.2	Grilles spectrales du CWDM	301
2.	Principaux équipements en WDM	303
2.1	Multiplexeur-démultiplexeur	303
2.2	Multiplexeur d'insertion-extraction de longueur d'onde	304

- 2.3 Multiplexeur d'insertion-extraction de longueur d'onde reconfigurable à distance 305
 - 2.3.1 Un ROADM, pour quoi faire ? 306
 - 2.3.2 Comment fonctionne un ROADM ? 307
 - 2.3.3 Quelles évolutions pour les ROADM ? 310
- 3. Exemples d'applications du WDM 311
 - 3.1 Application du WDM en centre de données. 311
 - 3.2 Application du CWDM entre deux centres de données. 312
 - 3.3 Application du multiplexage dans un réseau optique passif . . 313

Chapitre 10
Ethernet et fibres optiques

- 1. Introduction 315
- 2. Ethernet et ses évolutions 315
 - 2.1 Création d'Ethernet 315
 - 2.2 Ethernet et IEEE 316
 - 2.2.1 Historique des normes Ethernet de 1985 à 2010 316
 - 2.2.2 Refondation des normes Ethernet en 2012..... 318
 - 2.3 Évolutions d'Ethernet en débits. 320
 - 2.4 Évolutions d'Ethernet en applications. 321
- 3. FOIRL, Ethernet à 10 Mbit/s et 100 Mbit/s 322
 - 3.1 FOIRL 322
 - 3.2 Ethernet à 10 Mbit/s 323
 - 3.3 Ethernet à 100 Mbit/s 326
- 4. Ethernet à 1 Gbit/s et 10 Gbit/s 328
 - 4.1 Ethernet à 1 Gbit/s 329
 - 4.1.1 Diversité d'Ethernet 1 Gbit/s sur fibres optiques 329
 - 4.1.2 Fibres optiques et connectique 330
 - 4.1.3 Distances minimales couvertes 331
 - 4.1.4 Exemples de topologie d'un réseau Ethernet à 1 Gbit/s . 332

4.2	Ethernet à 10 Gbit/s	333
4.2.1	Diversité d'Ethernet 10 Gbit/s sur fibres optiques	334
4.2.2	Fibres optiques et distances	336
4.2.3	Diversité des interfaces	337
5.	Ethernet à 40 Gbit/s et 100 Gbit/s	339
5.1	Norme IEEE 802.3-2012 section 6	339
5.2	Diversité d'Ethernet à 40 Gbit/s et 100 Gbit/s	340
5.3	Fibres optiques et connectique	341
5.4	Caractéristiques sur le multiplexage	343
5.5	Diversité des interfaces	344
5.6	Émetteurs-récepteurs optiques CFP	346
6.	Ethernet vers les 400 Gbit/s et le 1 Tbit/s	349
6.1	Projet de norme IEEE 802.3bs	349
6.2	400 GbE sur fibres multimodales	350
6.3	400 GbE sur fibres unimodales	351
6.4	Vers le 1 Tbit/s	353

Chapitre 11 **Réseaux d'entreprise et fibres optiques**

1.	Typologie des réseaux d'entreprise	355
2.	Réseaux locaux et de campus	356
2.1	Réseaux locaux	356
2.2	Réseaux de campus	358
2.3	Équipements de distribution physique	360
3.	Protocoles et réseaux informatiques	363
3.1	Fiber distributed data interface - FDDI	364
3.2	InfiniBand	366
3.2.1	InfiniBand ou les InfiniBand	366
3.2.2	InfiniBand Trade Association	368

3.3	Fibre Channel	369
3.3.1	Généralités sur Fibre Channel	369
3.3.2	Fibre Channel Industry Association	370
3.3.3	Fibre Channel over Ethernet - FCoE	371
3.4	Myrinet	372
3.4.1	Normalisation de Myrinet	372
3.4.2	Description générale de Myrinet	374
3.4.3	Fibres optiques et connectique pour Myrinet	376
3.4.4	Équipements actifs	377
4.	Réseaux de type industriel	377
4.1	Problématique des réseaux industriels	377
4.2	Ethernet industriel	379
4.3	Réseaux de vidéoprotection	382
5.	Réseaux embarqués	383
5.1	Réseaux dans l'automobile	383
5.2	Réseaux en avionique	386
5.2.1	Principales applications	386
5.2.2	Ethernet en avionique	387
5.2.3	Programme DAPHNE	389
5.3	Applications en ferroviaire	391
5.4	Réseaux en applications militaires	391

Chapitre 12
Réseaux d'exploitants en fibres optiques

1.	Typologie des réseaux en fibres optiques	393
2.	Réseaux étendus	395
2.1	Réseaux transocéaniques et maritimes	395
2.1.1	Un peu d'histoire...	395
2.1.2	Exemples de matériels	396
2.1.3	Exemples d'installation	397

2.2	Réseaux terrestres, fluviaux et en aérien	399
2.2.1	Réseaux terrestres	399
2.2.2	Réseaux fluviaux	401
2.2.3	Réseaux en aérien	401
2.3	Réseaux métropolitains	403
3.	Réseaux de distribution point-à-point	405
3.1	Point-à-point v/s multipoint	406
3.2	FTTx ?	406
4.	Réseaux optiques passifs	408
4.1	Historique des PON	408
4.2	Rappels sur les premiers PON	409
4.3	PON dits de nouvelle génération	412
4.3.1	Le 10G-EPON	412
4.3.2	Le XG-PON	415
4.3.3	Le NG-PON2	416
4.3.4	Le WDM-PON	418
4.4	Normalisation des PON	420
4.4.1	Travaux du FSAN	420
4.4.2	Recommandations de l'UIT-T	421
4.4.3	Normes de l'IEEE	423
4.4.4	Synthèse des architectures des PON	424
4.5	Propositions d'évolutions des PON	426
5.	Réseaux dans l'immobilier et l'habitat	429
5.1	ARCEP, autorité de régulation	429
5.2	Association Objectif fibre	432
5.3	Exemples d'équipements	437
5.4	Concept RLDO	438

Conclusion

Essai de prospective...

- 1. Introduction441
- 2. Demain, pour les particuliers.....441
- 3. Demain pour les entreprises.....443
- 4. Demain pour les exploitants de réseaux444

Annexes

- 1. Organisations de normalisation.....447
- 2. Autres organisations et associations449
- 3. Acronymes452

Index459



Chapitre 5

Câbles à fibres optiques

1. Généralités sur les câbles à fibres optiques

Dans la majorité des applications, on utilise des câbles à fibres optiques, c'est-à-dire des fibres optiques protégées mécaniquement. Il existe une très large gamme de câbles optiques répondant à tous les cas rencontrés :

- Câbles d'extérieur, entre immeubles, installés en aérien, en souterrain ou en caniveaux.
- Câbles pour la distribution verticale entre étages.
- Câbles pour la distribution horizontale jusqu'au poste de travail, en appartement, en faux-plafond ou faux-plancher.
- Cordons de liaisons et cordons de brassage.
- Câbles dotés de gaines particulières pour certaines protections contre les rongeurs, contre l'humidité, contre des agents corrosifs, contre des plombs de chasse, etc.
- Câbles dont les gaines sont sans halogène et à faibles dégagement de fumées (*low smoke zero halogen* - LSZH ou LSOH) pour les bâtiments recevant du public.
- Câbles pour les liaisons de très longues distances terrestres, fluviales ou sous-marines, etc.

Tout d'horizon des diverses constitutions de câbles à fibres optiques présentes sur le marché, des contraintes auxquelles un câble doit faire face ainsi que des recommandations de l'UIT-T.

2. Constitution d'un câble à fibres optiques

Quel que soit le type de câble, il sera constitué selon une des deux possibilités de structure que sont la structure serrée ou la structure libre et il contiendra un nombre de fibres optiques très variable, de la fibre unitaire à plusieurs centaines de fibres.

2.1 Structure d'un câble à fibres optiques

Câbles à fibres optiques à structure serrée

La structure élémentaire d'une fibre optique est dite structure serrée lorsqu'elle est recouverte de façon solidaire par un revêtement secondaire. Ce revêtement protecteur est extrudé directement sur la fibre optique et, généralement, son diamètre est de 900 microns. Puis, à chaque fibre on ajoute des renforts en polyamide de type Kevlar ainsi qu'une gaine supplémentaire.

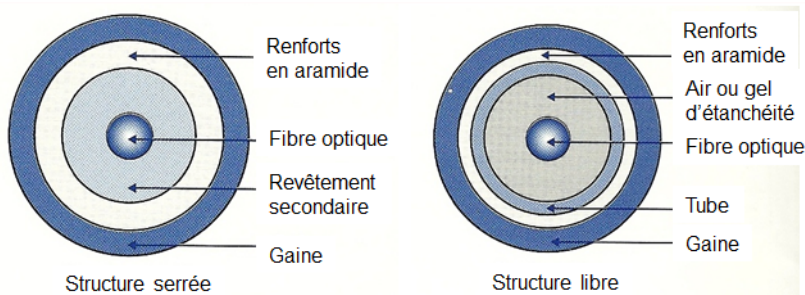
Tout cela confère à la fibre optique des avantages en maniabilité et en résistance mécanique. De plus, l'assemblage des fibres optiques de ce type autour d'un renfort central permet de constituer facilement un câble présentant une grande facilité de pose et de raccordement car chaque fibre est directement connectable.

Les coefficients de dilatation et de rétraction de la fibre en verre et des revêtements en plastique étant différents, cette structure se rencontre essentiellement dans des applications à l'intérieur des bâtiments.

Câbles à fibres optiques à structure libre

En structure libre, la fibre élémentaire de 250 microns est logée librement dans un tube plus large afin de faire face aux risques de dilatation ou rétractation offrant ainsi des possibilités d'utilisation avec des plages de températures plus étendues. Un autre avantage de cette structure tient au fait que plusieurs fibres optiques peuvent être placées dans un même tube d'où un moindre encombrement qu'en structure serrée, à nombre de fibres égal.

En revanche, le tube est rempli d'un gel spécial qui sert de barrière à l'humidité. Ceci nécessite une plus longue préparation du câble, un temps de raccordement plus long et une manipulation plus délicate. Cette structure libre se rencontre en rocade extérieure inter-bâtiments ou sur de longues distances mais aussi en distribution intérieure en version économique sans gel d'étanchéité.



Structures serrée et libre

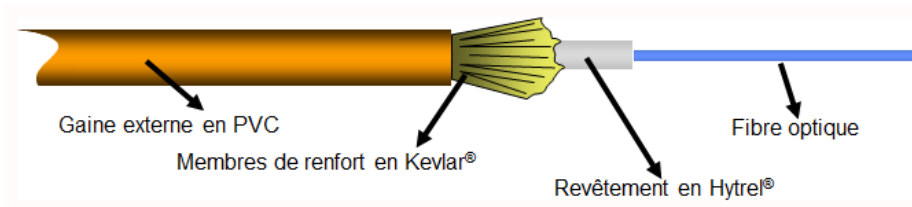
Une fibre optique élémentaire à structure serrée est aussi appelée fibre revêtue 900 microns ou souplisseau. Un câble constitué de telles fibres est nommé, en langue anglaise, *buffer 900 microns* ou structure *light*. Quant à la structure libre, les synonymes sont structure tubée ou câble à graisse et, en anglais, *loose tube fiber*.

On rencontre également une variante de la structure serrée : le principe appelé "micro-gaine" dans laquelle plusieurs fibres optiques sont étroitement enserrées par une enveloppe. Cette structure est fréquemment utilisée pour la pose de câbles en conduite.

2.2 Contenance d'un câble à fibres optiques

2.2.1 Câbles unifibres

Les câbles unifibres ou monofibres ou simplex se rencontrent peu si ce n'est au niveau des derniers raccordements, des cordons optiques ou des jarretières optiques dans les armoires de brassage.

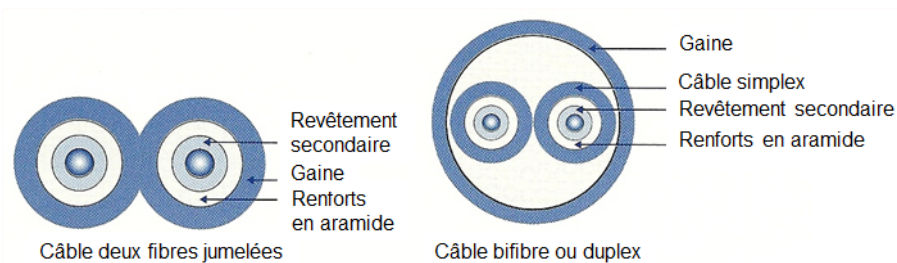


Exemple d'un câble unifibre en structure serrée

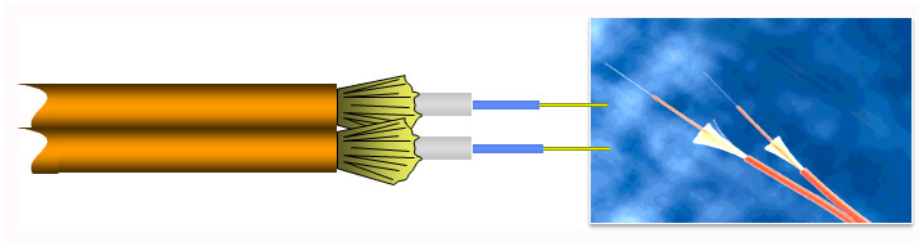
2.2.2 Câbles à deux fibres optiques

Généralement, chaque liaison d'application nécessite deux fibres optiques, une pour chaque sens de transmission. Ainsi, les cordons optiques ou les câbles de branchement des équipements ou ceux de distribution vers le point d'accès comportent deux fibres optiques.

Ces câbles à deux fibres optiques ont deux gaines jumelées, comme le Zipcord, qui peuvent se séparer aisément, ou bien une seule gaine contenant les deux fibres optiques, câbles dits duplex.



Coupes des deux types de câbles à deux fibres optiques



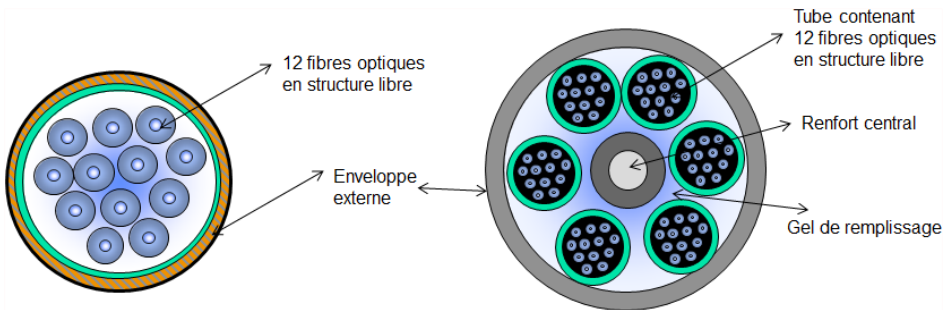
Exemple d'un câble jumelé bifibre en structure serrée

2.2.3 Câbles multifibres pour distribution intérieure

Pour la distribution intérieure, on peut trouver des câbles de six fibres optiques reliant le local technique d'étage à un point de branchement desservant trois points d'accès. Dans les installations moyennement fibrées, entre répartiteurs de locaux techniques, les câbles multifibres optiques sont souvent constitués par multiples de six fibres : 6, 12, 18, 24, 30 ou 36 fibres optiques. Pour les immeubles massivement fibrés, on a recours à des câbles de plus forte densité contenant de 72 fibres optiques à près d'un millier.

Dans tous les cas, le nombre de fibres optiques ne doit pas être chichement dimensionné à la conception de l'installation et il est souhaitable de prévoir des fibres optiques en attente d'affectation.

Ces câbles de distribution intérieure sont gainés de plastique et le comportement au feu de ces gaines doit être conforme à la législation en vigueur (câbles LSZH).



Exemples de câbles multifibres en intérieur

2.2.4 Câbles multifibres pour distribution extérieure

En câbles d'extérieur, trois types de gainage sont généralement rencontrés : câbles non armés standard, câbles non armés pour conditions sévères et câbles armés.

Tous les câbles non armés sont totalement diélectriques, d'où leur insensibilité à la foudre et l'absence de court-circuit, d'étincelle et donc de risque d'incendie. De plus, ils offrent un découplage galvanique parfait. Les câbles pour conditions sévères sont à prévoir dans les atmosphères corrosives ou inflammables comme celles de l'industrie pétrochimique.

Quant aux câbles armés, une tresse de protection en acier leur permet de résister aux rongeurs qui, contrairement à une idée répandue, ne mangent pas les câbles pour le goût de la gaine mais ne les rongent que lorsqu'ils perturbent leurs déplacements. Lors de l'installation, ne pas oublier la mise à la terre de l'armature métallique ! Si les contraintes du site interdisent l'usage de matériaux métalliques, on choisira un câble armé de fibres de verre tressées ou de fibres synthétiques.

2.2.5 Câbles à fibres optiques agencées en ruban

Pour les sites à forte densité de fibres s'est développée la technologie des câbles de fibres optiques agencées en structure de ruban. La fabrication de ces câbles consiste à poser parallèlement 6, 8 ou 12 fibres optiques élémentaires de 125 microns dans un "sandwich".

On rencontre deux grandes familles de câbles à fibres optiques agencées en rubans : une famille appelée bord à bord dans laquelle les fibres sont collées et ainsi liées l'une à l'autre ; une famille dite encapsulée dans laquelle les fibres sont plongées dans un enduit.

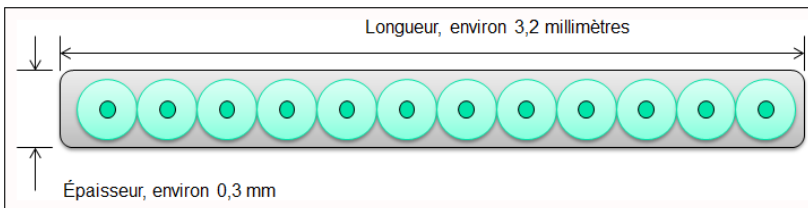


Schéma de 12 fibres optiques agencées bord à bord