

2^{ème} édition

Les fibres optiques

Notions fondamentales

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

informatique technique

Téléchargement
www.editions-eni.fr



eni
Editions

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 |

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

- 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

| | | |
|--------|---|-----|
| 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

Aboulement 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 | Soudouses cœur à cœur ou gaine à gaine | 211 |
| 6.2.3 | Autres caractéristiques des soudouses..... | 213 |
| 6.2.4 | Soudouses 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 | 234 |
| 3.2.4 Dispersion du mode de polarisation | 235 |
| 3.3 Réflectométrie et applications particulières | 235 |
| 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 |

Table des matières

| | |
|--|-----|
| 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 | WDM, 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 |
| 8. | Exemples d'applications du WDM | 311 |
| 8.1 | Application du WDM en centre de données | 311 |
| 8.2 | Application du CWDM entre deux centres de données | 312 |
| 8.3 | 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 |

Table des matières

| | | |
|-------|--|-----|
| 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 vidéo-protection..... | 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. Introduction..... | 441 |
| 2. Demain, pour les particuliers..... | 441 |
| 3. Demain pour les entreprises..... | 443 |
| 4. Demain pour les exploitants de réseaux..... | 444 |

Annexes

| | |
|--|-----|
| 1. Organisations de normalisation..... | 447 |
| 2. Autres organisations et associations..... | 449 |
| 3. Acronymes..... | 452 |

| | |
|------------|-----|
| Index..... | 459 |
|------------|-----|

Les fibres optiques

Notions fondamentales

Devenu un classique, ce livre sur les fibres optiques a été mis à jour et complété pour cette nouvelle édition. Il s'adresse à toute personne intervenant dans la prise de décision d'investissement dans ce domaine (**services informatiques, services généraux d'entreprise, collectivités territoriales**, promoteurs immobiliers, gestionnaires d'équipements...) ainsi qu'à des **étudiants** et professionnels de l'informatique désireux de mieux connaître ce support, qui convient aussi bien aux **autoroutes de l'information des opérateurs**, aux **zones d'aménagement public**, aux **data centers des informaticiens**, aux **réseaux locaux des entreprises**, à **l'immobilier et l'habitat**, etc. L'auteur a souhaité présenter de manière simple, sans être simpliste, la grande diversité des éléments qui composent le monde des fibres optiques.

Dans les premiers chapitres, il décrit la **variété des fibres optiques et leurs points forts** (fibres optiques unimodales, multimodales, fibres optiques en plastique, fibres optiques pour applications spécifiques...) ainsi que leur protection vue à travers un large panorama **des câbles en fibres optiques pour l'intérieur ou pour l'extérieur** (câbles en aérien, câbles enterrés, en galerie, en caniveaux, câbles marinisés, câbles hybrides, etc.).

La partie matériel des réseaux optiques est traitée dans les chapitres suivants à travers la présentation des **méthodes d'aboutement des fibres optiques** (connectique optique, épissure...), les **équipements pour les tests et mesures** et les grands types de **composants optoélectroniques** (lasers, photodiodes, coupleurs, atténuateurs, cordons optiques actifs pour data centers, etc.).

Un chapitre sur le **multiplexage en longueur d'onde (WDM)** fait comprendre tout l'intérêt de cette technique appliquée à ce support pour rentabiliser au maximum les investissements déjà consentis dans l'installation de réseaux en fibres optiques.

Les derniers chapitres font le tour des **principaux protocoles transitant sur les fibres optiques** (des divers Ethernet de l'ancien 10 Mbit/s aux récents 40 et 100 Gbit/s et très récent 400 Gbit/s, y compris Ethernet industriel, InfiniBand, Fiber Channel, etc.) et présentent **les grands types de réseaux en fibres optiques** avec un focus particulier sur les **réseaux optiques passifs (PON)** permettant de déployer à moindre coût la fibre optique jusqu'à l'habitation.

Enfin, en annexe, sont fournies les adresses des sites Internet des **organismes de normalisation et d'associations d'industriels** ainsi qu'une liste des **acronymes** propres au domaine des fibres optiques.

Les chapitres du livre

Avant-propos • Généralités sur les fibres optiques • Types de fibres optiques et fabrication • Panorama des fibres optiques unimodales • Fibres multimodales et fibres spéciales • Câbles à fibres optiques • Aboutement des fibres optiques • Mesures dans un réseau de fibres optiques • Composants optoélectroniques • Multiplexage en longueur d'onde • Ethernet et fibres optiques • Réseaux d'entreprise et fibres optiques • Réseaux d'exploitants en fibres optiques • Conclusion : essai de prospective • Annexes

Après avoir assumé des responsabilités dans des entreprises multinationales comme IBM ou ITT et assuré la direction de l'Itef (Institut de la formation de Tyco Electronics France, désormais TE Connectivity) pendant près de 15 ans, **Jean-Michel MUR** est actuellement consultant et expert auprès de l'Union Européenne pour le domaine des réseaux informatiques et télécoms en fibres optiques. Son expertise et sa passion pour ce domaine sont reconnues et elles s'allient à une grande pédagogie pour mettre le monde des fibres optiques à la portée des lecteurs.

ISSN 1960-3444

ISBN 978-2-7460-9649-3



9 782746 096493

54 €

Plus d'informations :



Sur www.editions-eni.fr :
→ Webographie.

 **epsilon**
Collection

www.editions-eni.fr

 **eni**
Editions