



LA FIBRE OPTIQUE DANS LES RESEAUX D'ENTREPRISE



1. PRÉAMBULE	1
2. POURQUOI L'OPTIQUE DANS LES RÉSEAUX LOCAUX ?	2
3. INTRODUCTION À L'OPTIQUE	11
4. ÉVOLUTION DES APPLICATIONS OPTIQUES	22
5. QUELLE FIBRE DANS VOTRE INFRASTRUCTURE ?	29
6. ARCHITECTURE ET INGÉNIERIE DES RÉSEAUX OPTIQUES	35
7. CHOIX DE COMPOSANTS DANS LA DISTRIBUTION VERTICALE	47
8. CHOIX DE COMPOSANTS DANS LA DISTRIBUTION HORIZONTALE	67
9. AMÉNAGEMENT DU LOCAL OPTIQUE	75
10. RÈGLES DE MISE EN ŒUVRE	84
11. RÈGLES DE CONTRÔLE	94
12. MISE EN ŒUVRE DES APPLICATIONS	113
13. INTRODUCTION AU FTTH	116
14. ANNEXES	118
LISTE DES ADHÉRENTS AU CERCLE C.R.E.D.O.	122
REMERCIEMENTS	123

Tous droits de reproduction réservés sans autorisation.

1. PRÉAMBULE	1
2. POURQUOI L'OPTIQUE DANS LES RÉSEAUX LOCAUX ?	2
2.1 Avant propos	2
2.2 Quel marché pour la fibre dans les réseaux locaux ?	2
2.2.1 Le SOHO (Small Office Home Office)	2
2.2.2 Les PME (petites et moyennes entreprises), les immeubles et campus	2
2.3 La compétition entre cuivre et optique	3
2.3.1 Course à la performance : l'optique l'emporte toujours	3
2.3.2 Mise en oeuvre : la simplicité de l'optique	4
2.3.3 Architectures : vers la simplification et les économies	4
2.3.4 Immunité électromagnétique: vers la simplification des infrastructures	4
2.3.5 Sécurité	4
2.4 Pour une migration en douceur vers la fibre optique	5
2.4.1 La situation actuelle : prédominance du support cuivre	5
2.4.2 La fibre optique sur le LAN: une solution d'avenir	7
2.4.3 Une offre technologique mature	8
2.5 Conclusion	10
3. INTRODUCTION À L'OPTIQUE	11
3.1 Un peu d'histoire	11
3.2 Les différents types de fibres	11
3.2.1 Qu'est ce qu'une fibre ?	11
3.2.2 Comment est fabriquée une fibre optique ?	13
3.3 Rappel des principes fondamentaux de la transmission optique	15
3.3.1 Réflexion et réfraction	15
3.3.2 Mode de propagation dans les fibres	16
3.4 Comment caractérise-t-on une fibre ?	17
3.4.1 Ouverture numérique	17
3.4.2 Affaiblissement	18
3.4.3 Fenêtres de transmission et longueur d'onde	19
3.4.4 Bande passante	21
4. ÉVOLUTION DES APPLICATIONS OPTIQUES	22
4.1 Les technologies d'injection	22
4.1.1 La LED	22
4.1.2 Le LASER	22
4.2 Les Détecteurs de Lumière	22
4.3 Caractéristiques des applications optiques	23
4.3.1 Produits destinés aux déports sur fibre multimode	23
4.3.2 Produits destinés aux déports sur fibre monomode	23
4.4 L'évolution des réseaux LAN	23
4.4.1 Spécifications générales de quelques normes	24
4.5 Zoom sur la norme Gigabit Ethernet	25
4.5.1 Généralités sur le 1000Base-X	26
4.5.2 1000Base-SX	26
4.5.3 1000Base-LX	27
4.6 Zoom sur la norme 10 Gigabit Ethernet	27
4.6.1 Débit et trame	28
4.6.2 Interfaces physiques	28

5.	QUELLE FIBRE DANS VOTRE INFRASTRUCTURE ?	29
5.1	Introduction	29
5.2	Bases de réflexion	29
5.2.1	La bande passante devient le paramètre primordial	29
5.2.2	L'importance des conditions d'injection	30
5.3	Réalités	31
5.3.1	Panorama des types de fibre	31
5.3.2	Évolution des normes système	31
5.4	En l'état, quelle fibre choisir ?	32
5.5	Conclusion	34
6.	ARCHITECTURE ET INGÉNIERIE DES RÉSEaux OPTIQUES	35
6.1	Les principaux acteurs de la normalisation	35
6.1.1	Organismes officiels de normalisation	35
6.1.2	Organismes contributeurs actifs	35
6.2	Les positionnements respectifs de ces normes	35
6.2.1	Le standard ISO/IEC IS11801	35
6.2.2	Le standard EN50173	36
6.2.3	La recommandation EIA/TIA 568	36
6.3	Périmètre de l'analyse	36
6.3.1	L'état actuel des standards	36
6.3.2	Limitation du périmètre d'analyse	36
6.4	L'état de l'art du standard ISO IS 11801	37
6.4.1	Une Architecture hiérarchisée	37
6.4.2	Les différentes options technologiques	38
6.4.3	Spécification des composants	39
6.4.4	Spécification des liens	39
6.4.5	Contrôle des performances	40
6.5	Évolution du standard	41
6.5.1	Évolution des architectures	41
6.5.2	Spécification des composants	42
6.5.3	Spécification des liens	43
6.5.4	Procédures de test	43
6.6	Les choix d'architecture du Cercle C.R.E.D.O.	44
6.6.1	Quel regard porter sur l'évolution du standard ?	44
6.6.2	Quelle type d'architecture déployer ?	44
6.6.3	Quelle technologie de connectique au poste de travail ?	45
6.6.4	Quelle fibre mettre en œuvre dans la distribution ?	45
6.6.5	Comment matérialiser le répartiteur de distribution (FD) ?	45
6.6.6	Quelle fibre mettre en œuvre dans la distribution verticale ?	46
6.6.7	Comment matérialiser le répartiteur de bâtiment ou campus (BD - CD) ?	46
6.6.8	Quelle fibre mettre en œuvre dans l'interconnexion extérieure ?	46
6.6.9	Quelle règles de contrôle appliquer sur l'installation optique ?	46
7.	CHOIX DE COMPOSANTS DANS LA DISTRIBUTION VERTICALE	47
7.1	Types de câbles	47
7.1.1	Structure de la fibre mise en câble	47
7.1.2	Repérage par couleurs	50
7.1.3	Types de câbles associés aux différentes structures de fibre	50
7.1.4	Choix d'une structure de câble pour la distribution verticale	53
7.1.5	Choix des éléments de protections et des renforts périphériques	53
7.1.6	Conclusion	56

7.2	Type de connectique	57
7.2.1	Introduction	57
7.2.2	Le standard 2,5 mm	57
7.2.3	Autres standards de couplage	60
7.2.4	Les connecteurs SFF	60
7.2.4	Les connecteurs multivoie	63
7.2.5	Choix technologiques de la connectique	63
7.3	Répartiteurs et têtes de câble optiques	65
7.3.1	Têtes de câbles optiques	65
7.3.2	Cassettes à accrochage direct	65
7.3.3	Tiroirs fibre optique 19"	66
7.3.4	Accessoires de raccordement	66
7.4	Coffrets d'épissurage	67
8.	CHOIX DE COMPOSANTS DANS LA DISTRIBUTION HORIZONTALE	67
8.1	Types de câbles	69
8.1.1	Introduction	69
8.1.2	Inventaire des structures de câbles	69
8.1.3	Architecture de câblage horizontale	72
8.1.4	Conclusion	74
8.2	Type de connectique	75
8.3	Poste de travail et prise terminale	75
8.4	Usage d'un convertisseur de média	76
9.	AMÉNAGEMENT DU LOCAL OPTIQUE	75
9.1	Contexte général	77
9.2	Les locaux de répartition	78
9.3	Critères de choix	80
9.3.1	L'application	80
9.3.2	La capacité finale	80
9.3.3	Nature et nombre de câbles traités au répartiteur	81
9.4	L'ergonomie	81
9.4.1	Le type de support	82
9.4.2	L'encombrement	83
9.4.3	L'accessibilité	83
9.4.4	L'étanchéité	84
9.4.5	La sécurisation	84
9.5	Les critères d'exploitation	84
9.5.1	Les conditions d'implantation du répartiteur	84
9.5.2	La flexibilité et l'exploitation	84
9.5.3	Lovage des sur-longueurs de jarretières	85
9.5.4	Le repérage	85
10.	RÈGLES DE MISE EN ŒUVRE	84
10.1	Pose et tirage des câbles	86
10.1.1	Les contraintes	86
10.1.2	Plan de pose / Éléments d'installation	87
10.1.3	Transport et stockage des câbles	88
10.1.4	Pose et tirage des câbles	88
10.1.5	Les environnements de pose	90
10.2	Préparation des câbles, têtes et accessoires pour le raccordement	91
10.3	Mise en œuvre de la connectique	91
10.3.1	Inventaire des technologies de mise en œuvre	91
10.3.2	Critères d'évaluation des technologies à mettre en œuvre	94
10.3.3	Mise en perspective des différentes technologies	95

11. RÈGLES DE CONTRÔLE	94
11.1 Principe des mesures par rétrodiffusion	96
11.1.1 Validité de la mesure	97
11.1.2 Mesure totalement automatique	97
11.1.3 Mesure semi-automatique	98
11.1.4 Mesure manuelle	98
11.2 Principe de photométrie	106
11.2.1 Sources, Radiomètres et Atténuateurs	106
11.2.2 Mesures d'affaiblissement	107
11.2.3 Mesures de puissance	108
11.3 Les étapes du contrôle	109
11.4 Méthodes de mesure préconisée	112
11.4.1 Longueur d'onde retenue	113
11.4.2 Choix de l'appareillage et paramétrage	113
11.4.3 Précision des mesures	114
11.5 Sanctions applicables	114
11.5.1 contrôle de la connectique	114
11.5.2 Contrôle du câble	114
12. MISE EN ŒUVRE DES APPLICATIONS	113
12.1 Constitution d'une chaîne de liaison	115
12.2 Contraintes de l'application	115
12.3 Appréciation et contrôle des paramètres	116
12.3.1 Contrôle de la bande passante	116
12.3.2 Contrôle du budget optique	116
12.3.3 Contrôle de la réflectance	117
13. INTRODUCTION AU FTTH	116
13.1 La fibre jusqu'au poste de travail : mythe ou réalité ?	118
13.2 Câblage cuivre – câblage optique : une migration en douceur	118
13.3 Câblage optique et optique centralisé	117
14. ANNEXES	118
14.1 Les spécifications des standards systèmes (évolutions en cours)	120
Fibres multimodes (OM1, OM2, OM3)	120
Fibre monomode (OS1)	120
Connectique optique	120
14.2 Les fibres préconisées par le Cercle C.R.E.D.O.	120
La fibre monomode 9/125 µm	120
Les fibres multimodes 50/125 µm et 62.5/125 µm	121
14.3 Les câbles pour environnement LAN	121
Les câbles de distribution d'intérieur	121
Les câbles Multifibres d'intérieur	121
Les câbles multifibres d'extérieur	122
14.4 Connectique optique pour environnement LAN	122
Performances des principaux connecteurs mis en œuvre en LAN	122
Tableau des spécifications et sanctions applicables	123
LISTE DES ADHÉRENTS AU CERCLE C.R.E.D.O.	122
REMERCIEMENTS	123

Association Loi 1901, créée en 1993, le Cercle C.R.E.D.O., Cercle de Réflexion et d'Étude pour le Développement de l'Optique, s'est donné pour vocation de promouvoir le rôle et l'utilisation de la fibre optique dans le domaine des infrastructures et applications des télécommunications et réseaux.

Les travaux du Cercle s'appuient sur l'expertise technique de ses membres qui mettent en commun leurs expériences et savoir-faire spécifiques. Organisation interprofessionnelle, il réunit l'ensemble des acteurs impliqués dans le cycle de vie d'une infrastructure de réseau de télécommunications :

donneurs d'ordre et utilisateurs exploitants,
opérateurs,
industriels,
prescripteurs et cabinets d'ingénierie,
formateurs,
installateurs.

Le Cercle C.R.E.D.O. est structuré autour de commissions techniques spécialisées qui réunissent des spécialistes du domaine en association avec les différentes parties concernées et éditent des recommandations et spécifications dans leur domaine.

L'objectif du Cercle C.R.E.D.O. est le développement de recommandations concernant l'utilisation de la technologie optique. Sa démarche se veut globale et prend en compte non seulement des choix de composants et équipements, mais aussi les règles d'ingénierie et d'installation associées, les règles de contrôle, les applications et le niveau de qualification des prestataires.

Le Cercle C.R.E.D.O. représente aujourd'hui une force d'expertise spécifique au service de ses adhérents et plus généralement des acteurs du marché de la technologie fibre optique.

Les membres du Cercle C.R.E.D.O. ont jugé nécessaire de créer un document facile à consulter, regroupant l'ensemble des points pouvant représenter une aide à la décision pour tout ce qui concerne les domaines de la fibre optique dans les infrastructures de réseaux d'entreprise.

La présentation ainsi que son contenu, qui est le fruit du travail des membres du Cercle, doivent également permettre à tous : industriels, installateurs, donneurs d'ordres, prescripteurs et utilisateurs, de trouver les réponses aux questions qu'ils sont amenés à se poser.

Le système décrit l'état de l'art des infrastructures de réseaux locaux d'entreprise, dans les câblages d'immeuble. Il dresse et prend en compte l'état de l'art des standards existants en la matière et les travaux en cours concernant l'évolution de ces standards, ainsi que l'état de l'art des marchés et technologies.

Il met en œuvre un ensemble de technologies et produits éprouvés, matures et accessibles à l'ensemble des professionnels du domaine.

Fondé en premier lieu sur l'utilisation de la fibre multimode, qui constitue le support privilégié pour les applications des réseaux informatiques courte distance existants, il préserve l'avenir et la pérennité des installations en préconisant la mise en place de systèmes mixtes, multimodes et monomodes.

Ce guide n'a pas la prétention, bien sûr, d'être exhaustif. Sa vocation est de s'enrichir au fil du travail des ateliers de réflexion, des expériences réalisées par les utilisateurs, et de l'évolution des technologies et des normes.

Dans un domaine en perpétuel progrès, un tel sujet ne peut en aucun cas être considéré comme définitivement achevé. Cet ouvrage constitue néanmoins un référentiel actualisé de l'état de l'art des technologies et pratiques. Il constituera à ce titre un support précieux pour l'ensemble des acteurs appelés à intervenir sur ce domaine.

2. POURQUOI L'OPTIQUE DANS LES RÉSEAUX LOCAUX ?



2.1 AVANT PROPOS

Depuis quelques années, la fibre optique a été fortement introduite comme support de transmission terrestre de données, d'images et de la voix.

Certains segments de marché sont déjà pleinement occupés par les systèmes optiques : les transmissions à très hauts débits, les réseaux WAN (Wide Area Networks), les réseaux MAN (Metropolitan Area Networks), les fédérateurs des réseaux LAN (Local Area Networks) et les transmissions en milieu parasité.

Cette poussée a d'ailleurs été favorisée par les efforts de la normalisation tant au niveau des fibres que des composants optoélectroniques.

Malgré cela, ces technologies restent mal connues et parfois perçues à tort comme immatures et économiquement inadaptées. Aussi l'introduction dans l'entreprise pose-t-elle parfois plus de problèmes psychologiques que techniques. Ce sont des à priori que nous allons essayer de dissiper.

2.2 QUEL MARCHÉ POUR LA FIBRE DANS LES RÉSEAUX LOCAUX ?

La fibre optique est d'ores et déjà une réalité dans les marchés du système de câblage pour réseaux locaux (LAN).

En première approche, on pourrait penser que la fibre optique n'y est présente que de façon sporadique, mais il n'en est rien. Nous avons utilisé les études du marché européen pour mieux apprécier la place de cette technologie dans les réseaux locaux d'aujourd'hui.

2.2.1 LE SOHO (SMALL OFFICE HOME OFFICE)

Dans ce secteur de marché où les distances sont faibles (moins de 30 mètres), les débits peu élevés (10/100 Mbit/s maximum) et le nombre de points limité (moins de 10 postes), on peut constater que la fibre optique est quasi inexistante. Les solutions retenues utilisent le support cuivre, et le Wireless LAN (réseaux sans fil) semble apporter des solutions nouvelles et viables pour l'avenir.

2.2.2 LES PME (PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES), LES IMMEUBLES ET CAMPUS

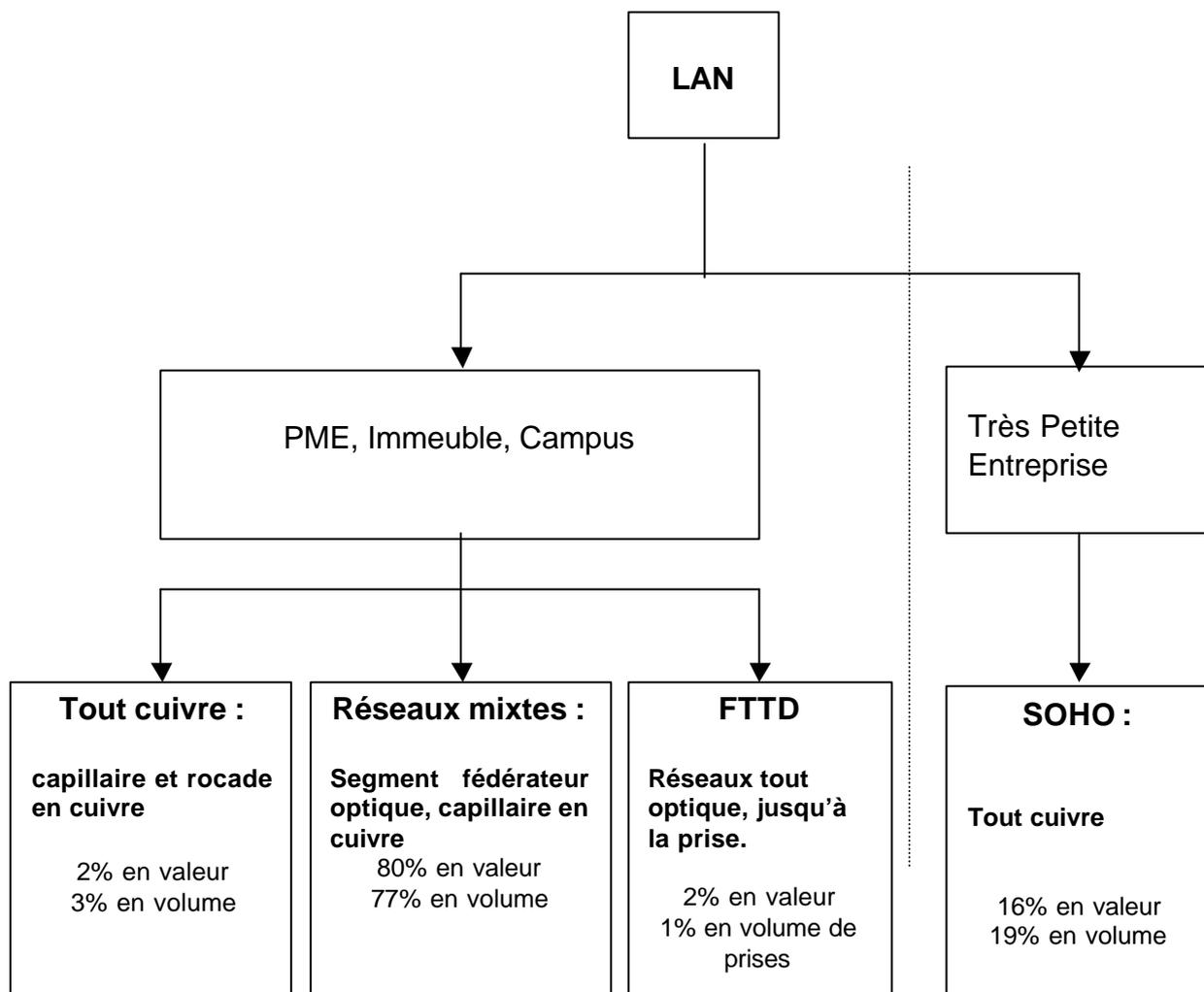
Sur ce marché la réalité est toute autre. On constate que la quasi-totalité des infrastructures réalisées sur l'année 2000 (96 %) utilisent le support optique. En effet les architectures LAN imposent d'avoir un segment fédérateur qui supporte de hauts débits dès que le nombre de poste est important. De plus, la limitation des liens à une longueur maximale de 90 m en cuivre est pratiquement inapplicable pour des bâtiments importants ou des campus. Quant aux problèmes d'immunité électromagnétique ils ne sont qu'un facteur supplémentaire de choix de la fibre optique.

La fibre optique s'est imposée comme « le » support incontournable sur les segments fédérateurs des réseaux LAN d'aujourd'hui. Elle n'est pas présente sur toutes les installations réalisées au cours des dernières années, mais 96% des nouvelles installations utilisent désormais l'optique pour ce segment fédérateur.

Le marché européen s'est donc ouvert à l'optique. Même si le tout optique (fibre jusqu'au poste de travail) ne s'est pas encore imposé sur les 90 derniers mètres, la fibre optique est bien présente et rien ne semble pouvoir la déloger des segments fédérateurs. Les débits continuent de croître, les prix des installations optiques et des composants optoélectroniques ne cessent de décroître tandis que les limites du support cuivre semblent atteintes.

Mis à part le cas du SOHO, la fibre optique est, aujourd'hui, le pilier de nos réseaux LAN.

Le schéma suivant donne les chiffres du câblage LAN européen pour l'année 2000 (sources BSRIA, BASIC, Forrester research) :



Marché des composants passifs en Europe pour les réseaux LAN
(année 2000, hors installation)

FTDD : « Fiber To The Desk » - fibre jusqu'au bureau
SOHO : « Small Office Home Office »

2.3 LA COMPÉTITION ENTRE CUIVRE ET OPTIQUE

2.3.1 COURSE À LA PERFORMANCE : L'OPTIQUE L'EMPORTE TOUJOURS

Les industriels du câble et de la connectique ont essayé de repousser toujours plus loin les limites des technologies «cuivre » à base de paires torsadées. Les câblages «cuivre » ont ainsi connu de nombreuses ruptures technologiques depuis leur apparition au milieu des années 80.

Aujourd'hui encore, la course à la performance se poursuit. Après la catégorie 5, les catégories 6 et 7 sont apparues sur le marché et sont en cours de normalisation. Les performances visées par ces composants et systèmes demeurent dans tous les cas et de très loin en deçà des performances actuelles de la fibre.

2.3.2 MISE EN ŒUVRE : LA SIMPLICITÉ DE L'OPTIQUE

Pour obtenir les caractéristiques d'affaiblissement et de diaphonie dans la bande de fréquence désirée (600 MHz pour les composants de catégorie 7), le câble catégorie 7 doit être de type SSTP, c'est à dire blindé par paires. La mise en œuvre d'un tel câble devient beaucoup plus complexe et nécessite des précautions particulières pour le raccordement des prises d'extrémités (raccordement à 360° sur le plan de masse).

A contrario, les industriels de la fibre optique et du raccordement se sont mobilisés pour développer de nouveaux types de connectique adaptés à des mises en œuvre rapides sur le terrain. Les temps de mise en œuvre des installations « cuivre » haute performance deviennent ainsi considérables en comparaison de ceux appliqués pour les installations fibre optique.

2.3.3 ARCHITECTURES : VERS LA SIMPLIFICATION ET LES ÉCONOMIES

Même avec l'accroissement des performances, le câblage « cuivre » demeure dans tous les cas limité à une couverture de 90 m. C'est en effet la distance maximale couverte entre la prise localisée dans le bureau et le répartiteur où seront regroupés les équipements de régénération. Cette contrainte impose de démultiplier, dans les étages, les locaux techniques qui abritent les répartiteurs. Ces « surfaces techniques » mobilisées ont un coût certain, à fortiori dans le cas de réhabilitation de bâtiments dans lesquels elles n'ont pas été prévues.

Dans le cas des câblages « fibre », la performance de la technologie permet de couvrir des distances beaucoup plus importantes et de bâtir des « architectures centralisées », dans lesquelles les prises de bureau sont ramenées en étoile sur un seul point de répartition dans le bâtiment. Cette architecture innovante, maintenant reconnue par les organismes de normalisation, tire le meilleur parti des performances de la fibre. Elle permet de réaliser de précieuses économies de surface, en particulier dans le contexte des réhabilitations.

2.3.4 IMMUNITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE : VERS LA SIMPLIFICATION DES INFRASTRUCTURES

La technologie fibre optique est, contrairement au cuivre, totalement insensible aux perturbations électromagnétiques ou radioélectriques. Elle ne nécessite pas, par ailleurs, d'équipotentialité des terres. Les contraintes d'environnement spécifiques relatives au cuivre ne s'appliquent donc pas aux distributions optiques.

Ces caractéristiques permettent de simplifier considérablement les règles d'ingénierie relatives aux installations optiques. Il est ainsi possible, contrairement au cuivre, de partager les infrastructures lourdes (chemins de câbles, gaines techniques, goulottes) existantes pour la distribution d'énergie et d'éviter la recréation, souvent problématique, et toujours coûteuse, de nouvelles infrastructures spécifiques.

2.3.5 SÉCURITÉ

Protection des données et des applications

Les applications informatiques génèrent des données de plus en plus sensibles et vitales pour l'entreprise. Ces données circulent sur les réseaux et doivent être protégées. La mise en œuvre d'une politique de sécurisation passe par la mise en œuvre de différents « composants » qui visent à protéger les échanges aux accès et réseaux qu'ils soient locaux (LAN) ou étendus (WAN et accès distants).

Parmi les profils « d'agressions », les intrusions « de l'intérieur » sont les plus fréquentes. La mise en œuvre de la fibre optique permet, dans ce contexte, de sécuriser les échanges car, à contrario du cuivre, le « piratage » d'informations sur une fibre optique demeure, même si elle est possible, une opération extrêmement complexe.

Protection des personnes

A contrario des câbles à paires symétriques, la technologie fibre optique permet la réalisation de câbles totalement diélectriques (ces câbles ne renferment aucun conducteur électrique). Cette caractéristique les rend totalement insensibles aux incidents électriques, coups de foudre, surtensions, décharges électriques, et préserve de tout danger les personnes intervenant sur ou à proximité de ces câbles.

2.4 POUR UNE MIGRATION EN DOUCEUR VERS LA FIBRE OPTIQUE

La fibre optique s'installe de plus en plus dans le LAN. Toutefois, force est de constater que son domaine d'application demeure encore limité et que la majorité des installations aujourd'hui en place utilise encore le support cuivre dans la distribution.

Malgré les nombreux intérêts qu'offre l'utilisation de la fibre optique, la méconnaissance, les à priori, mais aussi le coût ont pu apparaître à certains comme rédhibitoires. Face à un câblage tout cuivre qui semble rencontrer aujourd'hui ses limites, la fibre devrait s'imposer naturellement comme le support de transmission sur le LAN. Toutefois cette domination ne semble pas pouvoir s'imposer d'un coup.

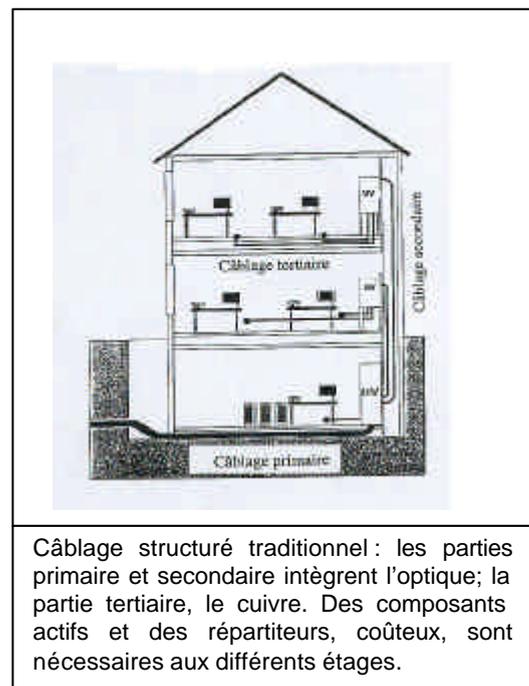
Une mise en œuvre par étape, par le biais de l'utilisation de l'optoélectronique et des convertisseurs de média semble la plus appropriée pour préserver l'investissement de l'utilisateur et lui permettre de migrer en douceur ses applications sur l'infrastructure fibre.

2.4.1 LA SITUATION ACTUELLE : PRÉDOMINANCE DU SUPPORT CUIVRE

La fibre optique apparaît certes dans le LAN mais son domaine d'application semble aujourd'hui encore limité au segment fédérateur. Celle-ci se rencontre de plus en plus dans la distribution verticale vers les étages alors que le cuivre demeure présent sur le niveau horizontal.

Dans ce sens, les normes EN 50173 et ISO/IEC 11801 définissent un standard générique pour le câblage des immeubles de bureaux. Ce standard s'appuie sur une architecture de câblage en arbre (étoile) mettant en œuvre des câbles à paires torsadées et fibres optiques. Le standard distingue trois niveaux hiérarchiques, le primaire, le secondaire et le tertiaire.

- Niveau primaire : fédérateur inter-bâtiment. Généralement destiné à un réseau étendu et à très haut débit, il réalise l'interconnexion des bâtiments d'un même site. Le pré-câblage conseillé est la fibre optique.
- Niveau secondaire : fédérateur intra-bâtiment. Il réalise l'interconnexion du nœud central d'un bâtiment avec les répartiteurs d'étage d'où s'effectue la distribution vers les postes de travail. Le pré-câblage conseillé est soit la fibre optique soit la paire torsadée.
- Niveau tertiaire : câblage de distribution, niveau final. Il réalise l'interconnexion des postes de travail situés dans les bureaux sur le répartiteur d'étage. Le pré-câblage conseillé est la paire torsadée.



Un tel schéma appelle quelques remarques et réflexions :

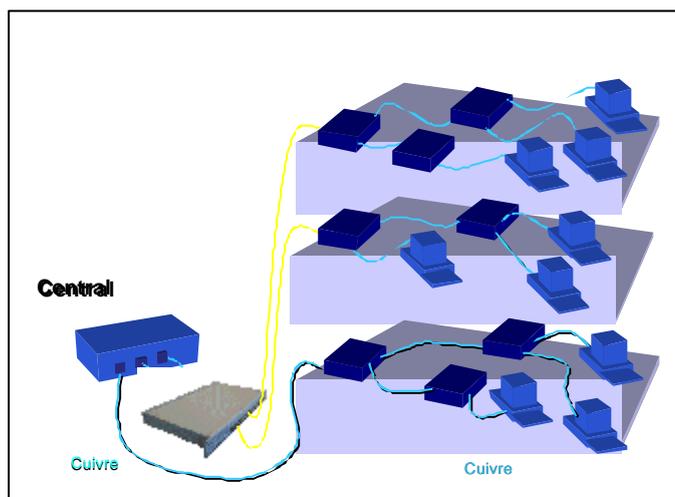
L'architecture hiérarchisée démultiplie les surfaces immobilisées et les points de fragilité

La concentration du câblage paire torsadée et la limite de la longueur des segments (90m) qui en découle nécessitent une sous-division en niveaux secondaires et tertiaires. Cette approche démultiplie les locaux et surfaces techniques affectés à cet usage. Cette démultiplication des répartiteurs et des équipements fragilise la fiabilité de l'ensemble. Les répartiteurs et sous répartiteurs sont en effet autant d'intermédiaires soumis à des risques de pannes et dont la gestion et la maintenance ne sont pas facilités dans la mesure où ils sont dispersés.

L'architecture hiérarchisée limite la montée en puissance des applications

La segmentation et la hiérarchisation de l'infrastructure imposent naturellement une hiérarchisation des débits mis en œuvre sur cette architecture.

Dans le domaine des données, le protocole Ethernet offre une structure simple et une mise en œuvre économique qui lui ont permis de s'imposer sur le marché. C'est aussi la seule technologie de réseaux (avec ATM) qui permette, en préservant les protocoles, le passage à des débits de transmission plus élevés et favorise ainsi l'évolutivité.



La hiérarchisation par palier des débits de distribution pose problème, notamment à cause de l'évolution vers des débits de transmission au niveau de l'utilisateur final.

Le protocole Fast Ethernet, avec un débit réseau de 100 Mbit/s, est aujourd'hui un standard au niveau de l'utilisateur final ce qui impose que soient déployés des débits supérieurs (1 Gbit/s ou 10 Gbit/s) sur les niveaux primaires et secondaires. Les fédérateurs traditionnels dimensionnés à 100 Mbit/s deviennent de véritables goulets d'étranglement.

La pérennité du support cuivre est soumise à rude épreuve

Face aux besoins toujours croissants de bande passante, le support cuivre est confronté aujourd'hui à un problème aigu de pérennité. Ce support a déjà connu, par le passé, plusieurs ruptures technologiques et remises en cause. Après de nombreux changements de câblage, le responsable réseaux doit à nouveau faire des choix d'avenir (Cat.5 ?, 5E ?, 6 ?, 7 ?, etc..) sans réelle garantie sur la validité à terme de l'investissement.

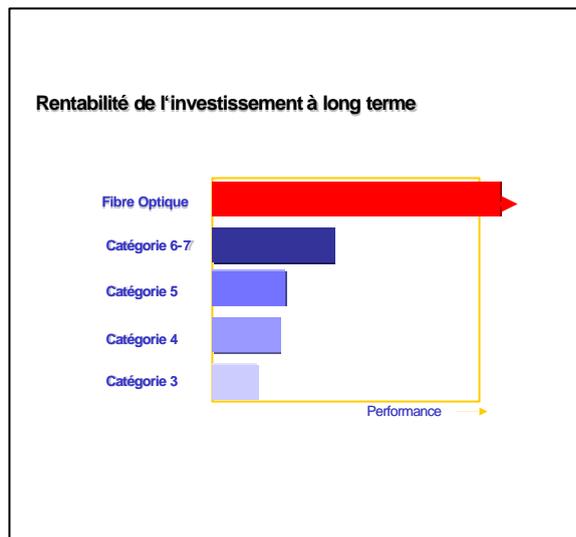
Par ailleurs, ce support n'est pas adapté à certains environnements perturbés. En particulier, dans l'environnement industriel, où les machines outils peuvent créer des arcs électromagnétiques, la transmission de données est perturbée si elle circule sur le cuivre.

2.4.2 LA FIBRE OPTIQUE SUR LE LAN : UNE SOLUTION D'AVENIR

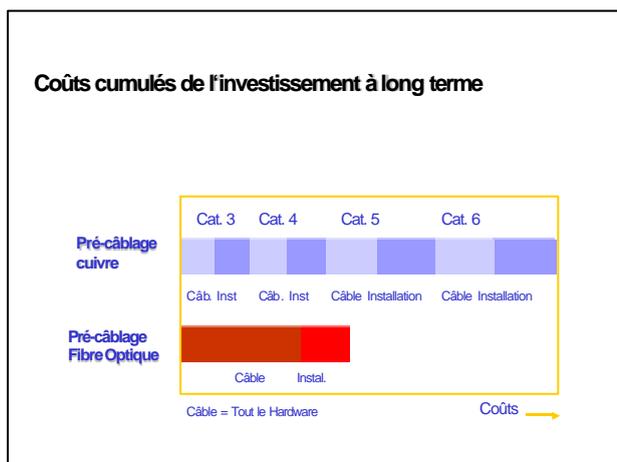
Le choix d'une solution pérenne

Un câblage immobilier viable à long terme doit satisfaire aux exigences de performance des applications actuelles et garantir la compatibilité avec les évolutions futures. C'est pourquoi on voit de plus en plus de structures modernes amener la fibre optique (jusqu'ici cantonnée au niveau du fédérateur) jusqu'à l'utilisateur final.

Les nombreux avantages de la fibre optique l'imposent comme la seule alternative capable de répondre dès aujourd'hui et à terme aux besoins des entreprises : bande passante, capacité de couverture de longues distances (plusieurs centaines de mètres), immunité contre les parasites électromagnétiques, confidentialité, faible affaiblissement, encombrement moindre pour de meilleures performances. La fibre optique apparaît ainsi comme le meilleur investissement à terme pour les entreprises.



Le meilleur compromis économique



Un câblage cuivre peut apparaître a priori moins onéreux, mais la fibre optique offre l'avantage d'un investissement pérenne puisqu'elle s'adapte aux avancées technologiques.

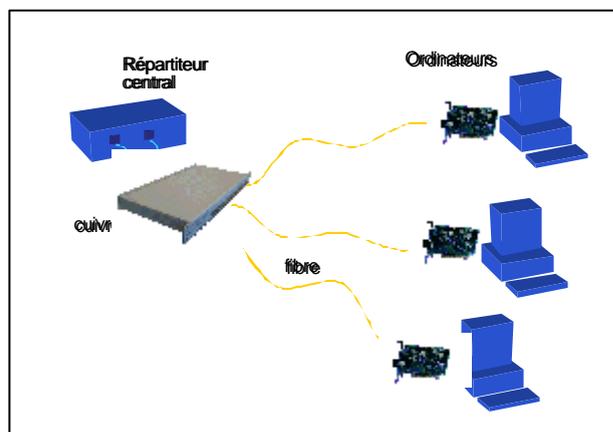
Le câblage « cuivre » devra faire l'objet de modifications régulières, durant sa durée de vie, afin de suivre les besoins des utilisateurs ce qui entraînera un coût cumulé important.

La fibre optique, quant à elle, une fois implantée, peut être considérée comme le squelette de l'infrastructure du réseau, au même titre que les canalisations d'eau. Installée dans la durée, ses qualités intrinsèques permettront de procéder aux modifications des produits d'extrémité sans aucun changement sur l'infrastructure.

L'intérêt d'une architecture centralisée

La réalisation d'un pré-câblage en fibre optique jusqu'au niveau final permet de déployer des longueurs de segments telles qu'il est possible de se doter pour l'ensemble du site d'une répartition centrale des réseaux.

La technique de « réseau fédérateur centralisé » (collapsed backbone) offre une solution optimale aux problèmes de largeur de bande au niveau de la répartition. Le fédérateur ainsi obtenu est concentré en un point et ce schéma en étoile permet de relier tous les terminaux sans composants actifs et répartiteurs intermédiaires.



Les économies découlant de la sous-répartition (surfaces, répartiteurs, équipements actifs) et la simplification de la maintenance et du management du réseau contrebalancent avantageusement l'argument actuel du coût du pré-câblage fibre optique.

2.4.3 UNE OFFRE TECHNOLOGIQUE MATURE

Aujourd'hui déjà, de nombreux constructeurs offrent des solutions permettant l'accès de la fibre optique jusqu'au poste de travail à travers l'utilisation de cartes réseaux optiques à intégrer dans les ordinateurs.

Pour autant, le concept « Fiber To The Desk » (FTTD) progresse au niveau des serveurs ou dans le cadre de réseaux à hautes exigences de sécurité et de confidentialité, sans toutefois rencontrer le même succès dans les applications classiques.

Le concept semble encore réservé à un marché de niche de connaisseurs et de sociétés réunissant une quantité suffisante d'ordinateurs, confrontées à des problèmes de distance, d'environnement électromagnétique (industrie) ou encore de sécurité optimale (banques, Défense Nationale, etc...). Malgré la baisse sensible du coût de la fibre optique et des produits actifs, le passage au tout optique semble encore faire l'objet de réticence dans l'esprit de l'utilisateur.



Cartes optiques pour ordinateurs

L'investissement dans une infrastructure optique est pérenne mais peut être ressenti comme une remise en cause des investissements réalisés par le Client sur ses équipements réseau majoritairement « cuivres ». Pour simple exemple, si la carte réseau cuivre est disponible nativement à l'intérieur de l'ordinateur, l'utilisateur devra investir dans l'achat d'une nouvelle carte fibre optique qu'il lui faudra installer dans le PC. Par ailleurs, l'offre optique est encore limitée au niveau des produits périphériques tels que les imprimantes, les scanners ou encore les ordinateurs portables... qui ne possèdent en général que des ports réseaux en cuivre.

Parions que ces problèmes de jeunesse seront prochainement résolus par l'utilisation de plus en plus massive de fibre optique dans le LAN. En effet, il ne fait plus de doute aujourd'hui, que la fibre optique s'imposera sur ce marché. La question qui se pose aujourd'hui à l'administrateur réseau n'est pas tant celle du type de câblage à utiliser (cuivre ou fibre optique) que de satisfaire l'équation économique suivante : comment disposer d'un câblage d'avenir en fibre pour un coût proche de celui du cuivre et qui ne remette pas en cause l'investissement déjà réalisé dans les équipements de réseau ? Des solutions existent déjà. Elles passent par l'optoélectronique et les convertisseurs de média.

L'optoélectronique facilite la migration vers la fibre optique

L'utilisation de convertisseurs permet une migration en douceur et évite la remise en cause de l'ensemble des équipements de réseau préexistants. Cette solution limite au mieux les investissements liés à l'évolution technologique.

Par l'intégration de produits dits optoélectroniques, il est possible de transformer des signaux électriques en lumière (et vice versa) afin de les faire circuler sur la fibre optique. Les fonctionnalités mises en œuvre par ces convertisseurs permettent d'apporter au réseau un haut niveau de sécurité de fonctionnement (redondance, management, etc.).

Les convertisseurs de média : évolution et non révolution du réseau

Depuis la naissance des réseaux locaux et pendant plusieurs années, chacun s'est équipé à son gré, faisant appel à des types de câblage et normes de réseau différents les uns des autres. Les industriels ont donc développé des produits aujourd'hui matures et éprouvés qui permettent d'interconnecter les différents types de réseaux et supports.

Les convertisseurs de média réalisent la connexion directe entre deux supports au niveau physique du réseau. Il est ainsi possible, au travers de ces équipements, de « basculer » sur fibre optique des interfaces telles que 10 ou 100BaseTX Ethernet prévues pour la paire torsadée et limitées à 100 m de distance. Les convertisseurs de média permettent ainsi d'étendre le segment jusqu'à 2 km maximum sur une fibre multimode. De nombreuses solutions industrielles du marché permettent de répondre aux besoins des déports pour les protocoles Ethernet (10, 100, 1000), Token Ring, ATM, G.703, ainsi que des interfaces ou bus industriels tels que RS-232, RS-422 ou RS-485.

Facteur économique

La conversion de média permet de préserver les équipements existants du réseau cuivre (cartes réseau, Hubs et Switches) lorsque l'on passe d'un réseau tout cuivre à un réseau type "Fiber To The Desk". Dans un contexte « normalisé », ces équipements sont compatibles et fonctionnent avec l'ensemble des produits de réseau fabriqués par les nombreux constructeurs internationaux.



Ces dernières années, en particulier, le marché des commutateurs « cuivres » (switches) (10/100Base-TX) s'est considérablement développé. Les prix de ces produits sont devenus très attractifs, alors que le coût des ports fibre optique demeurait élevé chez les mêmes constructeurs.

Dans ce contexte, la fonctionnalité « commutateur fibre » peut être avantageusement réalisée à partir d'un commutateur « cuivre » associé à des convertisseurs « fibre ». Ces convertisseurs, spécialement développés et industrialisés dans un contexte optimisé fournissent une solution économiquement optimale au déport.

Selon les domaines d'application et le nombre de voies à convertir, différentes solutions de convertisseurs autonomes ou en châssis, existent sur le marché.



2.5 CONCLUSION

L'administrateur réseaux est aujourd'hui confronté à un choix pour l'évolution de son infrastructure de réseau (fibre optique ou cuivre). Le critère déterminant demeure toujours celui du seuil de rentabilité financière et s'il apparaît évident qu'un câblage d'avenir doit être réalisé en fibre optique, la question se pose sur la manière de le mettre en œuvre.

Grâce aux nouveaux développements dans les domaines de la connectique passive et des composants optiques actifs, les coûts de réalisation des infrastructures réseaux fibre optique baissent considérablement. Les convertisseurs de média contribuent à cette réduction des coûts et les développements constants dans l'optoélectronique (redondance, management...) leur ont donné leurs lettres de noblesse. Autrefois produits de niche, ils sont aujourd'hui un produit de masse à la base des premières applications du concept innovant de « Fiber To The Desk ».

La faisabilité technique de tels réseaux « Fiber To The Desk / Office » est quotidiennement prouvée par de nouvelles références de bâtiments ainsi équipés et qui fonctionnent parfaitement. Les gros utilisateurs ont d'ores et déjà constaté ce fait et, ces derniers temps, les annonces de réalisations de réseaux FTTD couronnés de succès se sont multipliées.

Le concept « Fiber To The Desk » rencontre déjà un véritable succès outre-Rhin où il a été déployé dans des réseaux de grande envergure. En France, quelques initiatives novatrices ont permis son introduction dans les milieux industriels dès le milieu des années 80. Son développement se poursuit aujourd'hui, notamment dans le milieu de la Défense Nationale, et laisse entrevoir un avenir prometteur.

3.1 UN PEU D'HISTOIRE

L'idée d'utiliser la lumière comme support véhiculant des informations n'est pas récente. Dès la plus haute antiquité, les hommes ont utilisé des sources optiques (soleil, feu de nuit, nuage de fumée le jour) pour transmettre des messages. Les débits d'information étaient très faibles, les portées très courtes.

Le 19^{ième} siècle et le début du 20^{ième} ont vu le développement très rapide des connaissances en électricité. Des systèmes de transmission très performants sur câbles «cuivre» ou sur ondes hertziennes ont été mis au point : l'idée d'utiliser l'optique fut pratiquement abandonnée.

C'est en 1960 qu'un fait nouveau, l'invention du LASER (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation) modifia la mauvaise opinion que les transmetteurs avaient sur l'optique. Le LASER, générateur de lumière cohérente, stable et monochromatique, pouvait remplir dans le domaine lumineux le même rôle que l'oscillateur radioélectrique dans le cas des ondes hertziennes.

Aussitôt, on a recherché à utiliser directement cette source pour des transmissions directes en espace libre. Malheureusement, l'atmosphère s'avéra un milieu de transmission dispersif et absorbant (brouillard, pollution) et ces projets furent assez vite abandonnés. L'idée est alors venue de protéger la lumière des atteintes extérieures en la confinant dans un milieu qui la guiderait sans l'affaiblir : la fibre optique.

En 1970, les premières fibres optiques fabriquées présentaient encore des caractéristiques d'affaiblissement de l'ordre de 1000 dB/km, ce qui les rendaient totalement impropres à toute application de télécommunication. En quelques années, les progrès furent déterminants et l'affaiblissement peu à peu maîtrisé pour atteindre 20 dB/km en 1975 puis 5 dB/km en 1977. C'est à partir de là que les fibres purent être considérées sérieusement comme moyen de transmission pour les télécommunications et leur développement s'amorça. Depuis lors, on ne cessa d'améliorer les procédés de fabrication pour atteindre aujourd'hui des caractéristiques d'affaiblissement très inférieures à 1 dB/km.

3.2 LES DIFFÉRENTS TYPES DE FIBRES

Il existe deux grandes technologies de fibre, la fibre de verre et la fibre plastique. La fibre plastique est aujourd'hui limitée dans son usage à l'éclairage et quelques applications spécifiques à très courte distance (application automobile en particulier). Pour la transmission des données à haut débit, seule la fibre de verre apporte les performances attendues, c'est pourquoi, dans tout ce qui suit, on s'intéressera uniquement à ce type de fibre.

3.2.1 QU'EST CE QU'UNE FIBRE ?

Structure de la fibre optique

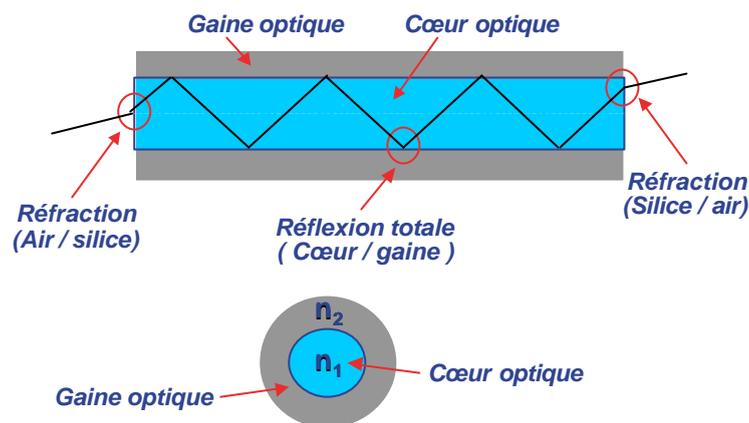
La fibre optique est constituée de plusieurs couches concentriques. Elle se décompose en premier lieu en :

- une partie « optique » qui canalise et propage la lumière.
- une couche de protection mécanique appelée « revêtement primaire » sans fonction de propagation.

La partie « optique », qui propage la lumière, est constituée de deux couches concentriques indissociables :

- le **cœur** optique composé de silice, quartz fondu ou plastique dans lequel se propagent les ondes optiques,
- la **gaine** optique composée en général du même matériau que le cœur mais avec des additifs. Elle confine les ondes optiques dans le cœur. L'indice de réflexion de la gaine est inférieur à celui du cœur.

Dans une fibre, la réflexion est totale sur la gaine. La réfraction a lieu aux extrémités.



Dans cet état, la fibre optique est cassante. On rajoute donc, pour pouvoir la manipuler, une couche de protection mécanique en époxy appelée revêtement primaire (coating). L'ensemble ainsi composé (partie optique + revêtement primaire) est appelé « **fibre nue** ».

Types et dimensions des fibres optiques

On rencontre deux types de fibre optique :

- la fibre multimode,
- la fibre monomode.

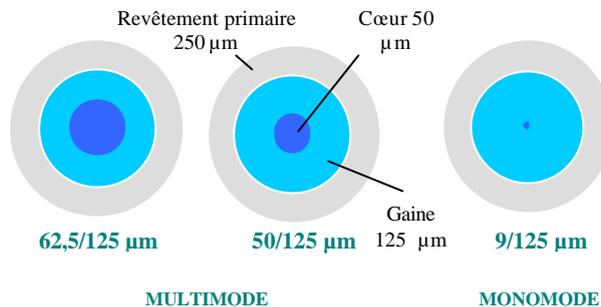
Dans la fibre multimode, on distingue deux familles de fibres :

- la fibre multimode à saut d'indice,
- la fibre multimode à gradient d'indice.

Les performances des fibres à saut d'indice n'étant pas suffisantes pour répondre aux besoins de bande passante des applications des télécommunications, ces fibres furent progressivement abandonnées au profit des fibres à gradient d'indice.

Les fibres multimodes à gradient d'indice les plus utilisées sont aujourd'hui les fibres 50/125 μm et 62,5/125 μm . Ces fibres présentent un diamètre de cœur de 50 μm (respectivement 62,5 μm) et un diamètre de gaine de 125 μm .

Les fibres monomodes ont un diamètre de cœur d'environ 9 μm et un diamètre de gaine de 125 μm .



3.2.2 COMMENT EST FABRIQUÉE UNE FIBRE OPTIQUE ?

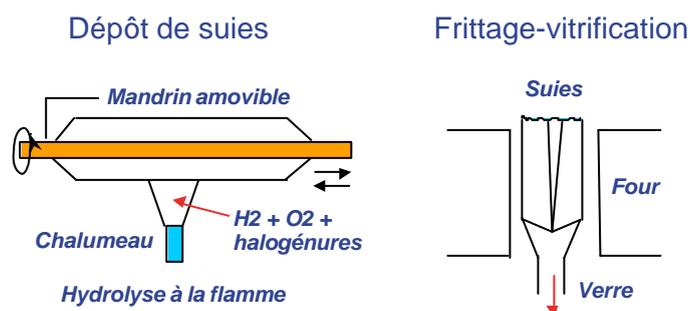
La fabrication des fibres se décompose en 2 étapes :

- **réalisation d'une préforme**: sorte de barre de verre d'un mètre de long (ou plus dans les nouveaux procédés) et de quelques centimètres de diamètre permettant de fabriquer environ 250 km de fibre,
- **fibrage** (étirage de la préforme) : la préforme, placée dans un four, situé en haut d'une « tour de fibrage », est fortement chauffée pour être étirée sous forme de fibre dont le diamètre est vérifié avec précision.

Réalisation d'une préforme

Les technologies de fabrication sont complexes et évoluent en permanence pour améliorer les caractéristiques et réduire les coûts.

Il existe plusieurs techniques pour la fabrication des préformes. Une de ces techniques est le procédé MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition). Dans ce procédé, un courant gazeux circule dans un tube de quartz chauffé par un chalumeau. Le dépôt, interne, se fait par couches concentriques, obtenues par oxydation à l'intérieur du tube en rotation. Les couches déposées correspondent au cœur et à la partie interne de la gaine optique. On peut ainsi contrôler l'indice de chaque couche déposée, par la composition du mélange gazeux envoyé dans le tube, et obtenir ainsi un profil d'indice très précis.

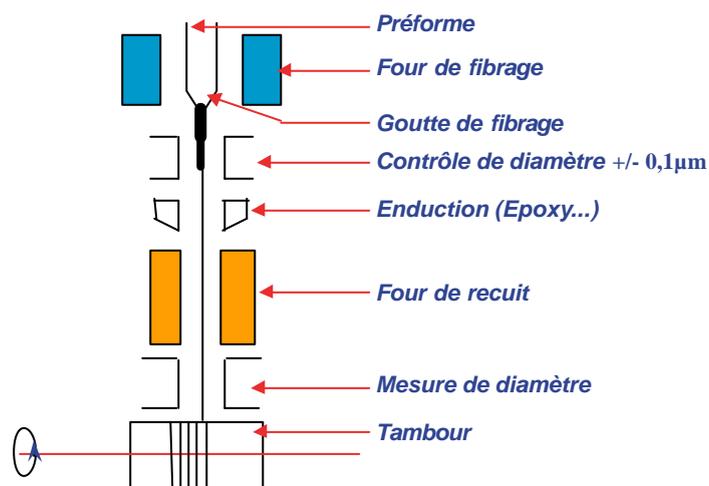


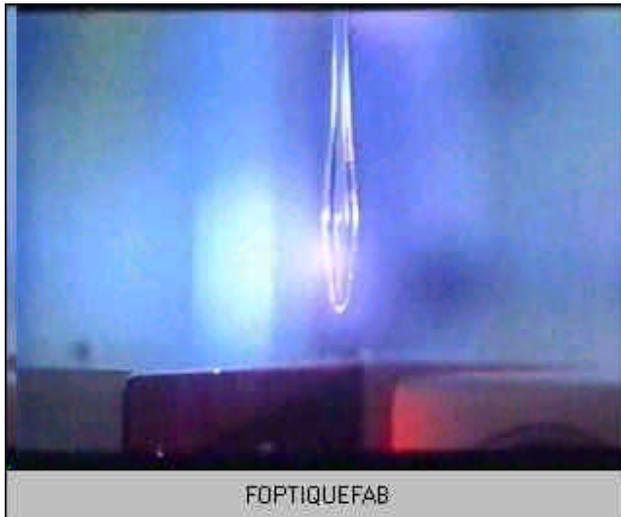


Le fibrage

Placée dans un four à 2000°C la préforme ramollit. Elle est alors étirée en fibre, dont le diamètre est vérifié avec précision.

Après cette première mesure de diamètre, la fibre est protégée par un revêtement primaire en époxy (250 µm ; enduction de résine suivie d'une polymérisation dans un four). Ce revêtement est nécessaire pour protéger mécaniquement la fibre et en permettre la manipulation. Elle est enfin enroulée sur un tambour. L'ensemble obtenu est appelé « fibre nue ».



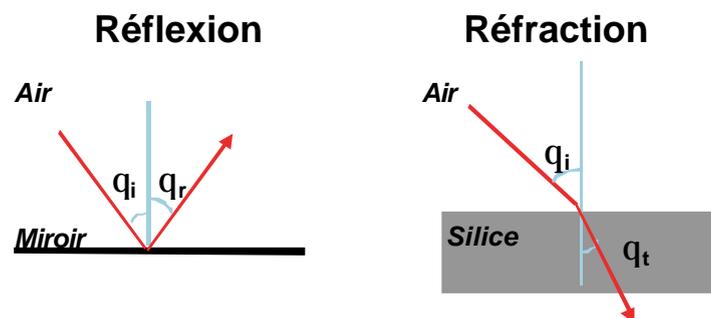


3.3 RAPPEL DES PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA TRANSMISSION OPTIQUE

3.3.1 RÉFLEXION ET RÉFRACTION

Les deux principaux phénomènes qui régissent le transport de la lumière sont la réflexion et la réfraction.

A chaque changement de milieu rencontré par un rayon lumineux, ces deux phénomènes sont combinés. Un signal lumineux passant d'un milieu à un autre sera pour partie réfléchi et pour partie réfracté (passage dans l'autre milieu). Les milieux sont caractérisés par leur indice de réfraction qui correspond au rapport de la vitesse de la lumière dans le vide sur la vitesse de la lumière dans le milieu considéré.



On se réfèrera au « Glossaire du câblage optique » réf C.R.E.D.O. 06/97-002FR pour plus d'information sur ces différentes notions.

Dans le vide l'indice de réfraction est égal à 1. Dans les autres milieux, il est supérieur à 1. Dans la fibre optique, l'indice est compris entre 1,4 et 1,5.

3.3.2 MODE DE PROPAGATION DANS LES FIBRES

Les modes de propagation varient selon qu'il s'agit de fibre multimode ou monomode.

Nous fournissons ci-après une approche volontairement simplifiée des principes de propagation, basée sur les lois de « l'optique géométrique » (appelées également lois de Descartes). La réalité scientifique est, en pratique, plus complexe et repose sur les équations de Maxwell qui permettent de passer de la notion de « rayons lumineux » à la notion de « modes ».

Fibre multimode

La fibre optique multimode est capable de propager des rayons ayant des angles d'incidence différents en entrée.

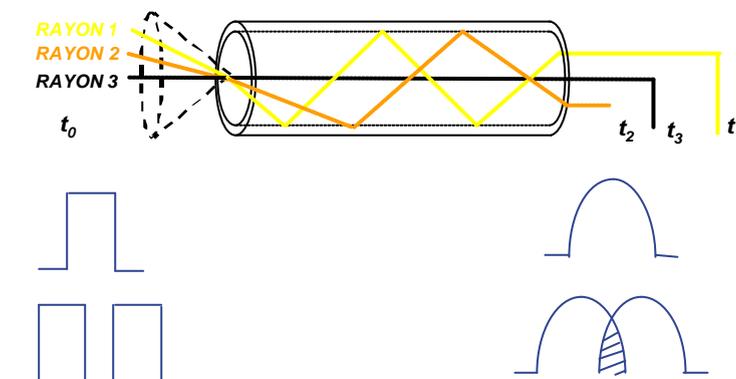
Chaque rayon parcourt un chemin différent des autres.

Les modes de propagation varient selon le profil d'indice des fibres multimodes :

- la fibre multimode à saut d'indice,
- la fibre multimode à gradient d'indice.

Fibre à saut d'indice

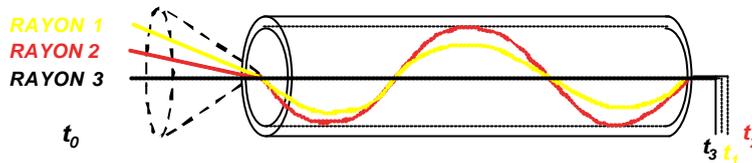
Ce type de fibre n'est pratiquement plus utilisé aujourd'hui dans les applications courantes. Cependant, regardons son principe.



La fibre a un indice de cœur constant. Il y a une variation brutale d'indice (saut d'indice) à l'interface entre le cœur et la gaine.

Les rayons ont une vitesse constante dans un indice constant, mais les chemins qu'ils parcourent sont différents. Les temps de propagation correspondants sont donc différents. C'est la dispersion modale. Deux impulsions très rapprochées en entrée de la fibre peuvent ainsi se chevaucher à la sortie et ne pas être décodées. Pour palier ce défaut, et pouvoir lire les impulsions en sortie, on est obligé de maintenir un écartement minimal entre celles-ci en entrée. Pour cela, il faut donc limiter le débit. La bande passante de ce type de fibre se trouve donc par le fait, limitée.

Fibre à gradient d'indice



Pour atténuer la dispersion modale, on a d'abord cherché à augmenter la vitesse des modes ayant le plus long trajet et à ralentir les autres. La fibre obtenue est dite multimode à gradient d'indice (décroissance de l'indice du centre du cœur vers l'extérieur).

Les modes axiaux sont ralentis (indice plus fort) alors que les modes réfléchis sont accélérés, ce qui entraîne une diminution de la dispersion modale et une augmentation de la bande passante.

Fibre monomode (unimodale)

Pour supprimer totalement la dispersion modale, on a ensuite développé les fibres monomodes. La petite dimension du cœur optique (de l'ordre de 5 à 10 μm) généralement homogène (fibre à saut d'indice) ne permet qu'un mode de propagation des signaux lumineux : seuls les rayons parallèles à l'axe du cœur sont propagés d'où une bande passante maximale et théoriquement illimitée.



3.4 COMMENT CARACTÉRISE-T-ON UNE FIBRE ?

Une fibre est caractérisée par :

- son ouverture numérique,
- son affaiblissement linéique (dB/km),
- sa bande passante (MHz.km).

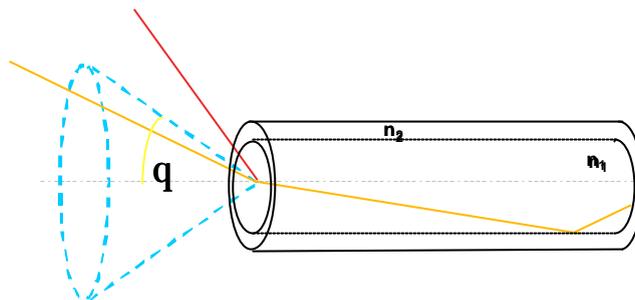
3.4.1 OUVERTURE NUMÉRIQUE

Lorsque l'on tente d'éclairer la surface d'entrée d'une fibre à l'aide d'une source lumineuse, tous les rayons ne sont pas transmis à l'intérieur de la fibre. Sur cette surface, un rayon est soit réfléchi (et donc perdu), soit réfracté (et donc transmis). Pour qu'il soit réfracté, l'incidence du rayon doit rester dans un certain angle appelé « cône d'acceptance ».

L'ouverture numérique dans un plan est le sinus de l'angle formé par l'axe de la fibre et le rayon le plus incliné par rapport à cet axe susceptible d'être guidé.
C'est aussi, dans l'espace, le cône d'acceptance des rayons reçus par la fibre optique tels que définis ci dessus.

$$O.N = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sin q$$

En général, L'ouverture numérique est voisine de 0,2, ce qui entraîne un angle de 12°, donc une tolérance de 24° pour une fibre multimode 62,5/125 µm.



On pourra se référer au « Glossaire du Câblage Optique » réf. C.R.E.D.O. 06/97-002FR pour plus de précision sur ce paramètre.

3.4.2 AFFAIBLISSEMENT

Lorsqu'un signal se propage le long de la fibre, il perd de sa puissance : c'est l'affaiblissement. Dans une fibre donnée, l'affaiblissement dépend de la longueur d'onde utilisée et de la distance parcourue. Il est dû aux phénomènes d'absorption (présence d'impureté ou d'humidité) et à l'inhomogénéité de la silice (diffusion de Rayleigh). Des contraintes mécaniques (micro courbures, étirement, compression, etc.) peuvent accentuer ce phénomène.

$$a \text{ (dB/km)} = 10 \times \log \frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}} \text{ (à 1 km)}}$$

A titre indicatif, le tableau ci-après donne le pourcentage de puissance du signal transmis et absorbé en fonction de l'affaiblissement.

Affaiblissement	% transmis	% absorbé
0,00 dB	100	0
0,01 dB	99,8	0,2
0,1 dB	97,7	2,3
1 dB	79,4	20,6
2 dB	63,1	36,9
3 dB	50	50
4 dB	39,8	60,2
10 dB	10	90
20 dB	1	99
40 dB	0,01	99,99

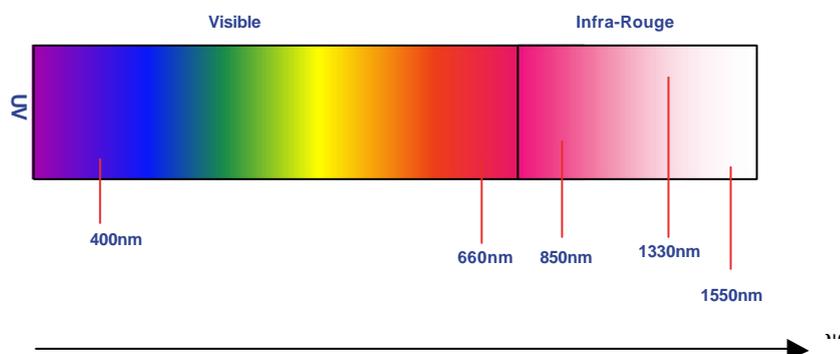
En fibre optique, on parle plus volontiers de puissance optique. Celle-ci s'exprime en dBm. La relation mathématique entre la puissance optique (dBm) et la puissance électrique (mW) est :

$$\text{dBm} = 10 \log P / 1\text{mW}$$

P (mW)	P(dBm)
10	10
3,16	5
1,26	1
1	0
0,79	-1
0,32	-5
0,001	-30

3.4.3 FENÊTRES DE TRANSMISSION ET LONGUEUR D'ONDE

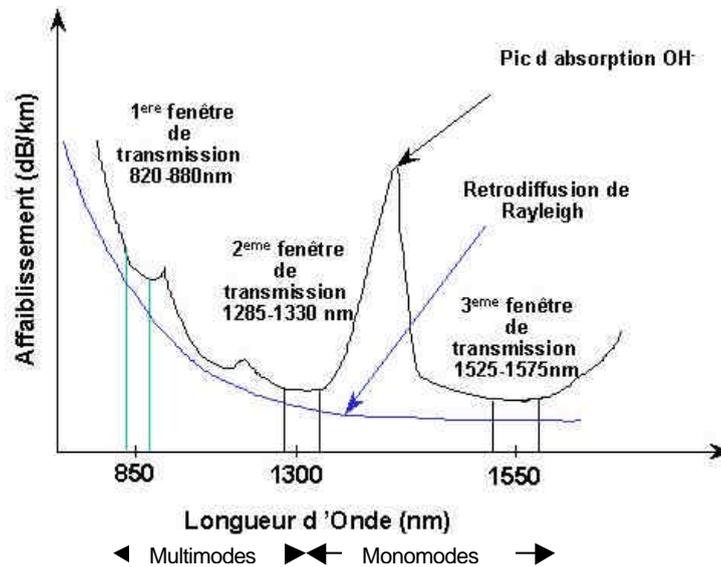
Dans le spectre lumineux, seul l'infra-rouge est retenu pour la fibre optique.



Les longueurs d'onde pour lesquelles l'affaiblissement est minimum correspondent à des fenêtres de transmission.

Toutes les fibres présentent les mêmes fenêtres, mais les valeurs de l'affaiblissement peuvent être différentes selon les constructeurs.

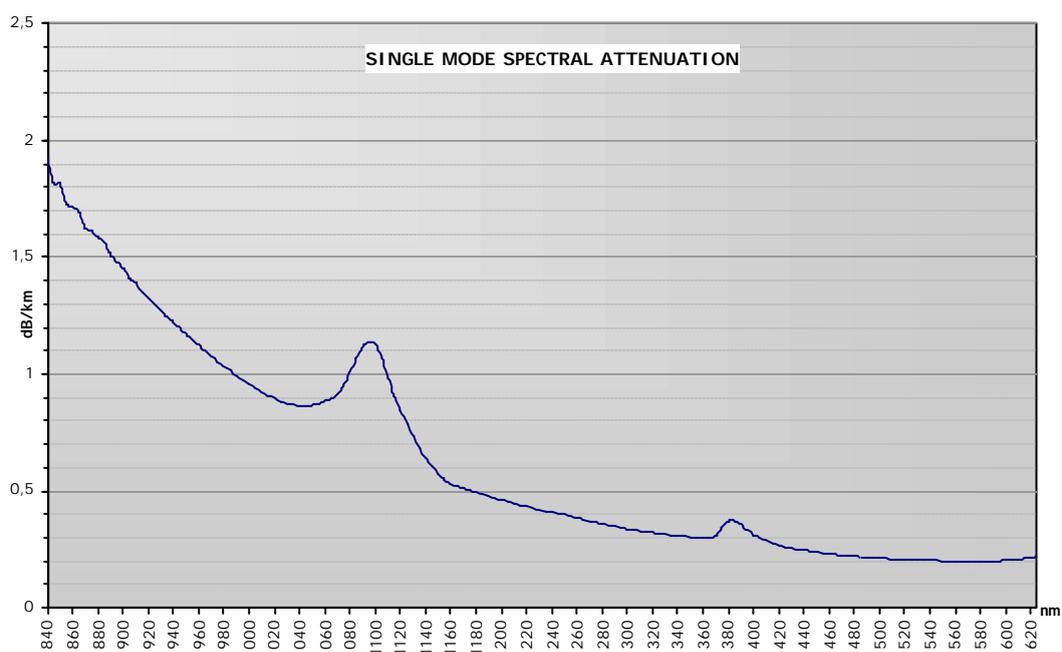
- En fibre multimode, on utilise deux fenêtres de longueurs d'onde (λ) : 850 et 1300 nm
- En fibre monomode, deux fenêtres de longueurs d'onde sont aussi spécifiées : 1310 et 1550 nm



Type de fibre	Fenêtre	Affaiblissement typique
fibre multimode	850 nm	3 dB/km
	1300 nm	1 dB/km
fibre monomode	1310 nm	0,5 dB/km
	1550 nm	0,3 dB/km

La courbe fournie précédemment correspond à une courbe théorique qui englobe tous les types de fibres.

Nous fournissons, à titre d'illustration, une courbe correspondant à une fibre monomode réelle:



3.4.4 BANDE PASSANTE

La bande passante est la fréquence maximum pour laquelle le signal transmis subit un affaiblissement de 3 dB.

La bande passante, exprimée en MHz.km, est inversement proportionnelle à la longueur de la liaison.

Exemple : une fibre de 2 km de longueur avec une bande passante 200 MHz.km à 850 nm a une bande passante effective de $200/2 = 100$ MHz. A contrario, une fibre de 500 m de longueur disposera d'une bande passante de $200/0,5 = 400$ MHz.

<i>TYPE DE FIBRE</i>	<i>BANDE PASSANTE</i>
Multimode à saut d'indice	20 à 100 MHz.km
Multimode à gradient d'indice	150 à 2000 MHz.km
Monomode	> 10 GHz.km

4. EVOLUTION DES APPLICATIONS OPTIQUES



4.1 LES TECHNOLOGIES D'INJECTION

Il existe deux types de sources émettrices permettant de coupler de la lumière dans les fibres : Les LED (Light Emitting Diodes) et les LASER (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation)

4.1.1 LA LED

La LED est un composant utilisé en association avec des fibres multimodes. Ses caractéristiques typiques sont les suivantes :

Fenêtre centrale	800 à 900 nm et 1250 à 1350 nm
Largeur spectrale	à 850 nm : 40 à 60 nm à 1310 nm: 150 nm
Puissance moyenne	-10 à -30 dBm
Bande passante	< 200 MHz

La faible puissance émise prédestine ce composant à des fibres de gros diamètre de cœur donc multimodes.

Les LED les plus économiques fonctionnent dans la fenêtre 850 nm ; c'est le choix arrêté pour les applications des réseaux locaux informatiques à courte distance et à bas débit. Toutefois, ces composants sont limités en bande passante.

4.1.2 LELASER

Le LASER est un composant utilisé à l'origine dans les applications télécom, en association avec des fibres monomodes. Ses caractéristiques typiques sont les suivantes :

Fenêtre centrale	1310 nm et 1550 nm
Largeur spectrale	0,3 à 20 nm
Puissance moyenne	-3 à +10dBm
Bande passante	plus de 1GHz

La forte puissance émise et la faible largeur spectrale lui permettent d'attaquer des fibres de diamètre de cœur restreint donc monomodes.

Avec l'apparition des nouvelles technologies VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser), fonctionnant notamment dans la fenêtre 850 nm, ce composant est désormais associé aux nouvelles applications sur fibres multimodes.

4.2 LES DÉTECTEURS DE LUMIÈRE

Les détecteurs de lumière utilisés en transmission optique sont des photodiodes à semi-conducteur. Il existe sur le marché essentiellement deux types de composants :

- la photodiode PIN (P. Intrinsèque N),
- la photodiode à avalanche (APD).

Ce dernier composant, plus onéreux, est surtout utilisé pour les très faibles niveaux de réception.

4.3 CARACTÉRISTIQUES DE S APPLICATIONS OPTIQUES

Les tableaux ci-dessous fournissent les caractéristiques typiques des produits et applications du marché.

4.3.1 PRODUITS DESTINÉS AUX DÉPORTS SUR FIBRE MULTIMODE

Type de produit	Longueur d'onde	Type d'émetteur	Budget Optique
Courte distance	850 nm	LED	12 dB
	1300 nm	LED	10 dB
	850 nm	VCSEL	7,5 dB
Moyenne distance	1310 nm	Laser	20 dB

Le budget optique correspond à l'écart entre la sensibilité maximale du récepteur et le niveau minimal de puissance couplé dans la fibre par l'émetteur.

4.3.2 PRODUITS DESTINÉS AUX DÉPORTS SUR FIBRE MONOMODE

Type de produit	Longueur d'onde	Type d'émetteur	Budget Optique
Moyenne distance	1310 nm	Laser faible puissance	20 dB
Longue distance	1310 nm	Laser	30 dB
	1550 nm ⁽¹⁾	Laser	30 dB

Nota :

(1) Les applications fonctionnant à la longueur d'onde de 1550 nm sont aujourd'hui réservées au marché des télécommunications longue distance (WAN).

4.4 L'ÉVOLUTION DES RÉSEAUX LAN

Si les années 80 et 90 furent une période d'explosion des débits, la généralisation des applications Gigabit Ethernet et l'attente du 10 Gigabit Ethernet montrent que la course au débit se poursuit.

Le tableau ci-après retrace l' « histoire » des applications LAN :

1983	Adoption par l'IEEE du premier standard Ethernet 10Base5	10 Mbit/s sur câble coaxial
1985	Apparition des premiers câblages structurés – offres « propriétaires »	
1990	Adoption par l'IEEE du standard Ethernet 10BaseT	10 Mbit/s sur paire torsadée
1993	Adoption par l'IEEE du standard Ethernet 10BaseF	10 Mbit/s sur fibre multimode
1995	Adoption par l'ISO du standard 11801 concernant les câblages structurés	
1995	Adoption par l'IEEE des standards Ethernet 100BaseTX et 100BaseFX	100 Mbit/s sur paire torsadée et fibre multimode
1998	Adoption par l'IEEE des standards Ethernet 1000BaseSX et 1000BaseLX	1 Gbit/s sur fibre multimode et monomode
2000	Adoption par l'IEEE du standard Ethernet 1000BaseTX	1 Gbit/s sur paire torsadée
2001	Apparition des premiers produits « 10 Gbit/s » basés sur des interfaces « télécoms » STM64	10 Gbit/s sur fibre monomode
2002	Finalisation et vote espérés sur le standard Ethernet 10 Gbit/s	10 Gbit/s sur fibre multimode et monomode
2002 2003	Finalisation et vote espérés sur le standard ISO 11801 Édition 2	

Pendant longtemps, le transit d'informations sur les réseaux locaux se limitait à des débits relativement faibles. Le bon fonctionnement de ce type de réseaux sur les infrastructures n'était alors lié qu'au strict respect du budget optique sur chacun des différents liens, et on ignorait les limitations liées à la bande passante de la fibre.

Les réseaux locaux ont cependant connu un fort développement et de nouveaux standards sont apparus pour répondre à des besoins de débit toujours plus importants. L'apparition des applications Gigabit Ethernet a fait prendre conscience que la bande passante devenait le facteur limitatif principal sur les fibres optiques multimodes.

Cette limitation par la bande passante concerne bien sûr la fibre, mais également les composants d'émission ; c'est pourquoi la technologie d'émission retenue pour les applications Gigabit est le laser (VCSEL). L'utilisation de lasers pour « éclairer » des fibres optiques multimodes (à gros cœur) a engendré de nouveaux phénomènes et limitations non désirables (en particulier le DMD : Differential Mode Delay) liés au fait que le pinceau lumineux du laser n'excite que le centre du cœur de la fibre et risque ainsi de privilégier certains modes particuliers.

Prenant en compte la limitation apportée par la bande passante, le marché de la fibre et les instances de normalisation ont été conduits à réfléchir à l'introduction de « nouvelles » classes de fibres présentant des performances améliorées. Ces différentes fibres seront décrites dans la suite de cet ouvrage.

Les tableaux fournis ci-après fournissent les éléments de spécification des interfaces optiques de différentes applications de réseaux LAN.

Les différentes applications considérées ici sont celles définies dans le cadre de l'IEEE et de l'ANSI, en particulier :

IEEE	802.3	10Base F – Ethernet sur fibre
IEEE	802.3u	100Base FX – Fast Ethernet sur fibre
IEEE	802.3z	1000Base SX ; 1000Base LX – Gigabit Ethernet sur fibre
IEEE	802.5 J	Token Ring sur fibre
ANSI		Fiber Channel
ANSI	X3T9.5	FDDI
IBM	ESCON	

Ces organismes se sont attachés à décrire les caractéristiques des interfaces optiques d'entrée et de sortie de manière très précise.

Cependant, ces normes sont mises à jour régulièrement afin de suivre l'évolution des technologies et les exigences du marché.

4.4.1 SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES DE QUELQUES NORMES

Norme	IEEE 802.3	IEEE 802.5-J	ANSI X3T9.5
Type	10BASE F	Token Ring	FDDI
Débit de l'application	10 Mbit/s	16 Mbit/s	100 Mbit/s
Fenêtre d'utilisation	850 nm	850 nm	1300 nm
Affaiblissement dans la fenêtre	< 3,5 dB/km	< 3,5 dB/km	< 1 dB/km
Budget Optique	12 dB	12 dB	11 dB
Bande passante spécifiée dans la fenêtre (2)	>160 MHz.km	>160 MHz.km	>500 MHz.km
Fibre de référence (1)	62,5/125 µm	62,5/125 µm	62,5/125 µm
Distance couverte (3)	3 km (4)	3 km	2 km
Origine de la limitation	budget optique	budget optique	Lié au protocole

Norme	IEEE 802.3u	IEEE 802.3z		IEEE 802.3z	
Type	100BASE FX	1000BASE SX		1000BASE LX	
Débit de l'application	100 Mbit/s	1 Gbit/s		1 Gbit/s	
Fenêtre d'utilisation	1300 nm	850 nm		1310 nm	
Budget Optique	11 dB	7,5 dB		7,5 dB	
Fibre de référence (1)	62,5/125 µm	62,5/125µm	50/125 µm	62,5/125 µm	50/125 µm
Affaiblissement dans la fenêtre	< 1 dB/km	< 3,5 dB/km	< 3,5 dB/km	< 1 dB/km	< 1 dB/km
Bande passante spécifiée dans la fenêtre (2)	>500 MHz.km	>200 MHz.km	>500 MHz.km	>500 MHz.km	>500 MHz.km
Distance couverte (3)	5 km (4)	275 m	550 m	550 m	550 m
Origine de la limitation	budget optique	bande passante		bande passante	

Notas :

1. Fibre de référence : en règle générale, les standards applicatifs spécifient le fonctionnement des appareils sur une fibre donnée, par exemple la fibre 62,5/125 µm. Bien entendu, le fonctionnement de ces mêmes appareils sur d'autres types de fibres plus performantes, en particulier la fibre 50/125 µm, est en pratique assuré.
2. La bande passante est ici spécifiée selon la méthode de mesure « OFLBW » (Overfilled Launch Bandwidth). Cette méthode suppose une technique d'injection par diode électroluminescente, qui « éclaire » l'ensemble du cœur.
3. Pour les applications de type Ethernet (IEEE 802.3), l'envergure du réseau est limitée, non seulement par des considérations liées à la performance du support, mais aussi par le protocole lui-même (Limitation du temps de propagation - RTD Round Trip Delay). Cette limitation s'applique aux architectures dites « half duplex » et ne s'applique plus aux nouvelles architectures commutées dites « full duplex ». Les distances fournies dans le tableau correspondent aux limitations induites par le support ; elles n'intègrent pas d'éventuelles limitations supplémentaires motivées par le protocole.
4. Les standards d'application définissent le lien entre un émetteur et un récepteur en terme de budget optique et de bande passante, mais ne définissent jamais la valeur de la distance couverte. En fonction du type et de la performance de la fibre, cette distance pourra varier. Les distances fournies dans le tableau ont été évaluées sur la base du paramètre le plus contraignant « budget optique » ou « bande passante », pour une fibre donnée. Les standards « systèmes » (ISO11801 et EN50173) se limitent, eux, dans tous les cas et par construction à une distance maximale de 2 km. Pour cette raison, certains documents et spécifications limitent les applications à cette distance. Ces spécifications sont restrictives et la réalité technique permet d'atteindre des distances garanties bien supérieures.

4.5 ZOOM SUR LA NORME GIGABIT ETHERNET

L'IEEE a normalisé le Gigabit Ethernet sur fibre multimode et monomode.

On distingue le 1000Base-SX (Short wave length) et le 1000Base-LX (Long wave length). Le premier est supporté par la fibre **multimode** avec un émetteur travaillant dans la première fenêtre (850 nm). Le deuxième est supporté à la fois par la fibre **multimode et monomode** avec des émetteurs travaillant dans la seconde fenêtre (1300 nm).

Certains constructeurs ont aussi créé de nouvelles interfaces Gigabit Ethernet. On parle alors de 1000Base-LH (Long Haul) ou de 1000Base-ZX (Extended Distance). Ces nouvelles interfaces permettent d'atteindre des distances de plusieurs dizaines de kilomètres voire même 100 kilomètres.

4.5.1 GÉNÉRALITÉS SUR LE 1000BASE-X

Codage et débit en ligne

Le codage utilisé par les interfaces Gigabit est de type 8B/10B ; pour transporter 8bits utiles, il est donc nécessaire d'en générer 10. Le débit en ligne de l'interface est donc de 1,250 Gbit/s pour assurer un débit utile de 1 Gbit/s.

La limitation en bande passante des émetteurs de type LED a conduit à retenir, dans les deux fenêtres de transmission, des émetteurs de type lasers (VCSEL – Vertical Cavity Surface Emitting Laser à 850 nm et Lasers à 1310 nm) pour transmettre ce débit de ligne.

Type de connecteurs

Les connecteurs retenus par l'IEEE pour les interfaces 1000Base-SX et le 1000Base-LX sont de type SC duplex.

Des implémentations « constructeurs » existent également à base de connectique plus compacte telle que MT-RJ, SG (également dénommé VF45) ou LC. Elles permettent de densifier le nombre de ports optiques sur une même carte électronique.

4.5.2 1000BASE-SX

Cette interface a été définie pour être supportée par de la fibre **multimode** et fonctionne à 850 nm.

La principale limitation provient de la bande passante de la fibre et la distance couverte, selon le type de fibre, dépend directement de ce paramètre.

Paramètre	Unité	multimode 62,5/125 µm		multimode 50/125 µm		Mono mode
Bande Passante à 850 nm ⁽²⁾	MHz.km	160	200	400	500	NA ⁽¹⁾
Budget optique de liaison	dB	7,5	7,5	7,5	7,5	NA
Distance maximale couverte ⁽³⁾	m	220	275	500	550	NA
Conditions de couplage ⁽⁴⁾		direct				
Return Loss global requis minimum	DB	12	12	12	12	NA
Return Loss requis pour la connectique	dB	20	20	20	20	NA

- (1) NA : Non applicable : le fonctionnement sur fibre monomode n'est pas supporté.
- (2) La bande passante spécifiée ici correspond à la bande mesurée dans des conditions d'injection telles que le cœur de fibre est totalement éclairé. Les différents « modes » ou trajets optiques sont tous présents dans la fibre, et aucun mode individuel n'est privilégié. Cette mesure est baptisée : mesure « OFLBW » (OverFilled Launch BandWidth).
- (3) La distance couverte ne dépend pas ici du budget optique mais de la bande passante de la fibre.
- (4) Conditions de couplage :
dans le cas de l'interface 1000BaseSX, bien que l'émetteur soit de type laser, les conditions d'injection ont été prévues à l'intérieur de l'interface pour produire un volume de modes suffisant pour qu'il n'y ait pas des modes individuels dominants (effets indésirables de « DMD » - Differential Mode Delay). Le couplage de l'interface sur la fibre s'effectue au travers d'un cordon multimode classique.

4.5.3 1000BASE-LX

Cette interface a été définie pour être supportée par de la fibre **multimode et monomode** et fonctionne à 1310 nm.

La principale limitation provient ici encore de la bande passante de la fibre et la distance couverte, selon le type de fibre, dépend directement de ce paramètre.

Paramètre	Unité	multimode	Monomode
		62,5/125 µm ou 50/125 µm	
Bande Passante à 1300 nm ⁽²⁾	MHz.km	500	NA ⁽¹⁾
Budget optique de liaison	dB	7,5	8
Distance maximale couverte ⁽³⁾	m	550	5000
Condition de couplage		Cordon spécial requis ⁽⁴⁾	direct
Return Loss global requis minimum	db	12	12
Return Loss requis pour la connectique	db	20	26

(1) NA : Non applicable : sur fibre monomode, la bande passante n'est pas mesurée dans ces conditions.

(2) La bande passante spécifiée ici correspond à la bande mesurée dans des conditions d'injection telles que le cœur de fibre soit totalement éclairé (mesure « OFLBW »).

(3) La distance couverte ne dépend pas du budget optique mais de la bande passante de la fibre.

(4) Conditions de couplage

Dans le cas de l'interface 1000BaseLX, la même interface (Laser 1310 nm) a été prévue pour fonctionner à la fois sur fibre monomode et sur fibre multimode.

Dans le cas d'un couplage sur une fibre monomode, le couplage de l'interface sur la fibre s'effectue au travers d'un cordon monomode classique.

Dans le cas d'un couplage sur fibre multimode, un couplage direct de cette interface pose problème car le pinceau laser n'éclaire que le centre du cœur de la fibre, privilégiant la propagation du mode « rapide » azimutal et entraînant des effets non désirables de DMD. Dans ce cas, la norme précise que le couplage doit s'effectuer aux deux extrémités par des cordons spéciaux dits « à offset » ("single-mode fiber offset-launch mode-conditioning patch cord"). Le rôle de ces cordons est de produire un nombre de modes suffisant pour éviter des modes individuels dominants. La réalisation d'un tel cordon prévoit l'aboutement, avec un léger décalage de centrage, d'une fibre monomode sur une fibre multimode (62,5/125 µm ou 50/125 µm) du même type que celle sur lequel on veut connecter l'équipement.

4.6 ZOOM SUR LA NORME 10 GIGABIT ETHERNET

L'IEEE travaille actuellement sur un projet de norme visant à étendre le fonctionnement d'Ethernet jusqu'à 10 Gbit/s. Le fonctionnement est actuellement prévu sur fibre multimode et monomode.

Les travaux, menés par le groupe de travail IEEE 802.3ae, ont démarré en janvier 2000 et devraient aboutir mi 2002 avec la ratification du standard. Ils sont menés en parallèle et en coopération avec les travaux de normalisation de « fiber channel ».

4.6.1 DÉBIT ET TRAME

Le standard prévoit deux types d'encodage différents pour les trains de données Ethernet :

le premier type, « LAN PHY » adresse les besoins de type LAN ou WAN, mais ne prévoit pas de compatibilité avec les interfaces WAN existants en SDH,

le second type, « WAN PHY » adresse les besoins de type WAN. Il ajoute au précédent une fonction de tramage qui rend le train de données compatible avec le format SDH STM64 à 9,29Gbit/s. Ce type d'interface pourra se connecter directement sur les équipements SDH d'un réseau MAN ou WAN pour être déporté par ce « service » de réseau.

Ces deux types d'encodage sont associés à 4 interfaces physiques différentes.

4.6.2 INTERFACES PHYSIQUES

Le standard prévoit 4 interfaces physiques différentes (Physical Media Dependent – PMDs) :

- 3 interfaces de type « série » fonctionnant aux 3 longueurs d'onde 850 nm, 1310 nm et 1550 nm,
- 1 interface multiplexée sur 4 longueurs d'ondes à 1310 nm.

Interface	Type d'interface	Type de fibre	Budget Optique	Distance couverte
10GbaseS	850 nm série	Multimode	7,3 dB	Cf bande passante
10GbaseLX4	1310 nm WWDM 4 longueurs d'onde	Multimode	8 dB	Cf bande passante
		Monomode	8,6 dB	2 à 10 km
10GbaseL	1310 nm série	Monomode	9,4 dB	2 à 10 km
10GbaseE	1550 nm série	Monomode	15 dB	30 à 40 km

Les interfaces séries supportent un débit de 10,3 Gbit/s dans le cas des codages de type « LAN PHY » et de 9,953 Gbit/s dans le cas des codages de type « WAN PHY ».

L'interface WWDM (Wide WDM) consiste à multiplexer 4 longueurs d'onde dans la fenêtre 1310 nm. Chaque longueur d'onde supporte un train de 2,5 Gbit/s de débit utile. Le débit en ligne est de 3,125 Gbit/s .

Les distances couvertes sur fibre multimode dépendent bien entendu du type de fibre multimode et de sa bande passante. Ces distances sont résumées dans les tableaux ci-dessous.

Attention : les travaux de normalisation du 10 Gigabit Ethernet n'étant pas finalisés, ces valeurs sont sujettes à évolution. Il s'agit de données extraites d'un document de travail (Draft 4) de l'IEEE en date de décembre 2001.

10GbaseS : interface série 850 nm

Type de fibre	Bande Passante à 850 nm	Distance développée
62,5/125 µm	160 MHz.km	26 m
	200 MHz.km	33 m
50/125 µm	400 MHz.km	66 m
	500 MHz.km	82 m
	2000 MHz.km	300 m

10GbaseLX4 : Interface multiplexé 1310nm WWDM

Type de fibre	Bande Passante à 1310 nm	Distance développée
62,5/125 µm ou 50/125 µm	500 MHz.km	300 m

5. QUELLE FIBRE DANS VOTRE INFRASTRUCTURE ?

5.1 INTRODUCTION

Les applications informatiques sont de plus en plus consommatrices de bande passante. L'apparition des réseaux Gigabit Ethernet, et l'avènement des réseaux 10 Gigabit Ethernet entraînent une modification des offres des principaux constructeurs de câbles et de fibres optiques. Les discours commerciaux sont souvent difficiles à interpréter et les offres nombreuses.

L'utilisateur final ou le décideur est confronté à des problématiques nouvelles liées aux hauts débits.

Le but de ce chapitre est de donner les moyens de se poser les bonnes questions pour choisir la fibre optique en fonction de son utilisation.

5.2 BASES DE RÉFLEXION

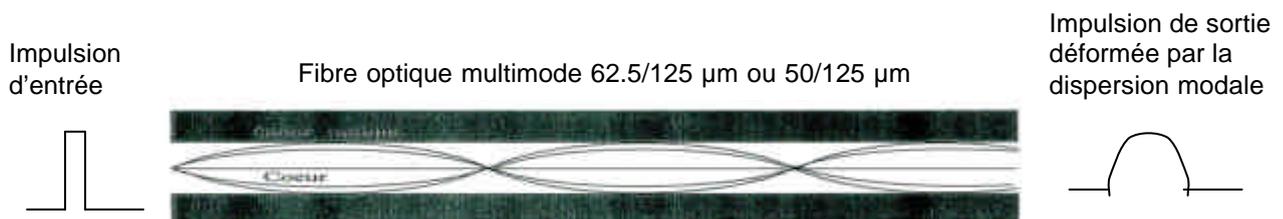
Avant de choisir un support optique, il est préférable de connaître certaines règles de base de la transmission dans une fibre optique.

Aujourd'hui, même si l'affaiblissement de la fibre demeure un paramètre important qu'il convient de considérer, c'est la bande passante qui devient la caractéristique principale limitant et conditionnant le support des nouvelles applications.

5.2.1 LA BANDE PASSANTE DEVIENT LE PARAMÈTRE PRIMORDIAL

C'est ce paramètre qui induit les principales limites d'utilisation d'une fibre multimode dans les nouveaux réseaux LAN.

La lumière se propage dans le cœur de la fibre. Dans le cas des fibres **multimodes**, l'effet le plus gênant pour la transmission des données est la dispersion modale. La lumière se propageant suivant des chemins différents, une impulsion optique est déformée tout au long de son trajet dans la fibre. Cette déformation induit une limitation du débit transmissible sur une distance donnée. Cette limitation est indiquée par la bande passante.



En première approche, plus le cœur d'une fibre est gros, plus la lumière aura de chemins possibles pour se propager et plus forte sera la dispersion modale. Pour cette raison, une fibre multimode ayant un cœur de 62.5 µm a intrinsèquement une bande passante inférieure à une fibre ayant un cœur de 50 µm. Une fibre ayant un cœur de 9 µm (fibre monomode) dispose d'une bande passante théoriquement infinie.

Ce phénomène explique pourquoi, en première approche, la fibre 50/125 µm est mieux adaptée que la fibre 62.5/125 µm pour les nouvelles applications Gigabit Ethernet et 10 Gigabit Ethernet.

5.2.2 L'IMPORTANCE DES CONDITIONS D'INJECTION

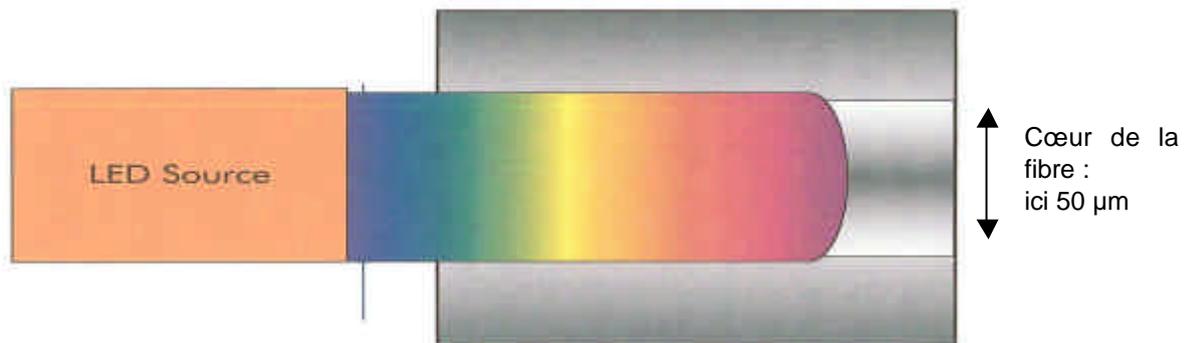
Les nouvelles applications à haut débit (Gigabit Ethernet) mettent en œuvre des composants d'émission (VCSEL ou laser) différents des composants LED jusqu'alors utilisés dans les applications multimodes.

Ces nouveaux types d'émetteurs n'excitent pas la fibre dans les mêmes conditions que les LED traditionnelles. Une même fibre peut ainsi présenter des caractéristiques et performances différentes selon qu'elle est éclairée par une source lumineuse classique (LED) ou ces nouveaux composants d'injection. Les caractéristiques obtenues avec ces nouvelles conditions de couplage sont en général bien meilleures que celles obtenues dans les conditions d'injection « traditionnelles ». La méthode de mesure pour caractériser les fibres dans ces conditions est en phase finale de normalisation.

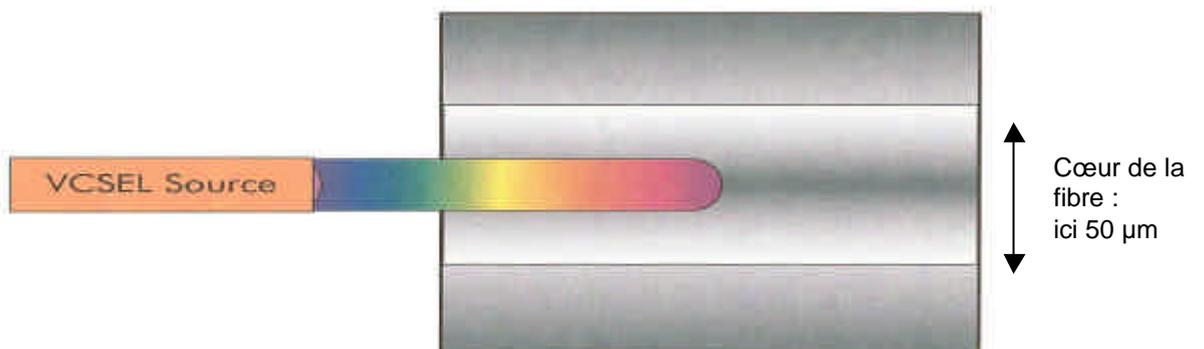
Quelle méthode de mesure pour caractériser la bande passante ?

Le choix d'une méthode de mesure permet de qualifier différemment une même fibre.

Traditionnellement, la bande passante d'une fibre multimode est caractérisée selon la méthode nommée «OFLBW» (OverFilled Launch BandWidth). Cette méthode consiste à générer une lumière qui excite l'ensemble des modes de propagation dans la fibre. Cette méthode est normalisée et donne les résultats correspondant au «pire cas» d'utilisation de la fibre. Néanmoins, cette méthode correspond parfaitement à la réalité quand l'injection de lumière se fait à l'aide d'une LED. La figure ci-dessous montre que l'injection de lumière par une LED éclaire tout le cœur de la fibre créant un grand nombre de modes (chemins) différents. C'est avec cette méthode que sont mesurées, jusqu'à aujourd'hui, les bandes passantes des fibres.



Avec l'arrivée des réseaux hauts débits, la LED est de moins en moins utilisée au détriment de la diode laser VCSEL. La diode VCSEL permet d'injecter la lumière dans le centre du cœur de la fibre. Le phénomène de dispersion modale est donc considérablement atténué. La bande passante augmente dans des proportions qui dépendent de la diode laser choisie ainsi que de certains paramètres intrinsèques à la fibre. Cette méthode s'appelle méthode RML (Restricted Mode Launch)



Les instances de normalisation internationales travaillent activement à finaliser un document (IEC 60793-1-41) qui définit les méthodes de mesure de bande passante associées à ce type de condition d'injection (VCSEL).

5.3 RÉALITÉS

5.3.1 PANORAMA DES TYPES DE FIBRE

Si les discours commerciaux sont en pleine effervescence, les réalités techniques restent inchangées.

- Les fibres optiques multimodes sont classées par catégorie, et à chaque catégorie correspondent des performances différentes.
- La fibre monomode ne connaît pas de sous classes et demeure une solution totalement éprouvée et normalisée.

Les bandes passantes des fibres multimodes dans les deux fenêtres sont données sous la forme de deux chiffres qui se suivent. On parlera par exemple d'une fibre «160-500 » ; ceci signifie que la bande passante de cette fibre est de 160 MHz.Km à 850 nm et de 500 MHz.Km à 1300 nm.

Les normes internationales de caractérisation des fibres classent les fibres multimodes par catégories. Nous fournissons ci-dessous un tableau décrivant les bandes passantes (mesurées en OFLBW) aux 2 longueurs d'onde pour différentes catégories de fibres multimodes du marché. Ces fibres correspondent soit à des catégories définies par les normes internationales (norme IEC 60793-2), soit à des standards du marché (non IEC).

		Fibre 50/125 µm			Fibre 62,5/125 µm		
		Classe de fibre	Bande passante en MHz.Km		Classe de fibre	Bande passante en MHz.Km	
			850 nm	1300 nm		850 nm	1300 nm
Fibres Courantes	IEC	200 - 400	200	400	160 - 500 200 - 500	160 200	500 500
	Non IEC	500 - 800 500 - 1200	500 500	800 1200			
Autres Fibres	IEC	500 - 500	500	500			
		600 - 1200	600	1200			

Les «fibres courantes» correspondent à des standards du marché. Leur disponibilité est aujourd'hui généralisée. Leur approvisionnement ne pose pas de problème particulier.

Les «autres fibres» correspondent à des produits spécifiques, généralement triés. Leur disponibilité est donc moins courante.

5.3.2 ÉVOLUTION DES NORMES SYSTÈME

Le panorama précédent des normes et produits existants est à mettre en relation avec l'évolution des normes systèmes décrites au chapitre 6. Les nouvelles normes systèmes (ISO 11801) travaillent actuellement sur la définition de 4 catégories de fibres :

3 catégories de fibres multimodes :

Type de fibre	Diamètre de cœur	Bande passante minimale MHz.km		
		Mesure OFLBW standard		Mesure RML en cours de définition
		850 nm	1300 nm	
OM1	50 µm ou 62,5 µm	200	500	Non spécifiée
OM2		500	500	Non spécifiée
OM3	50 µm	1500	500	2000

Valeurs issues du "Final Committee Draft" ISO/IEC JTC1/SC25 N789 du 10 Octobre 2001, confirmées au cours de la réunion du 25 Février 2002

1 catégorie de fibre monomode :

OS1 : conforme à la spécification des standards IEC 60793-2 type B1.1 et ITU-T G652. Cette fibre est la fibre monomode couramment utilisée dans les réseaux de télécommunication.

La fibre OM1 : couvre dans l'architecture ISO11801, des besoins allant de L'Ethernet 10 Mbit/s (10BaseFL) sur 3 Km, à l'Ethernet 100 Mbit/s (100BaseFx) sur 5 Km. Elle permet de transporter le Gigabit Ethernet sur des liaisons de 275 m en 1000BaseSX (850 nm) et 550 m en 1000BaseLX (1310 nm). Elle permet de transporter l'application 10 Gigabit Ethernet sur des liaisons de 33 m en 10GbaseS (850 nm) et 300 m en 10 GbaseLX4 (1310 nm).

La fibre OM1 correspond à une fibre 62,5/125 μm « courante ».

La fibre OM2 : couvre des besoins allant de L'Ethernet 10 Mbit (10BaseFL) sur 3 km, à l'Ethernet 100 Mbit (100BaseFx) sur 5 km. Elle permet de transporter le Gigabit Ethernet sur des liaisons de 550 m en 1000BaseSX (850 nm) et 550 m en 1000BaseLX (1310 nm). Elle permet de transporter l'application 10 Gigabit Ethernet sur des liaisons de 82 m en 10GbaseS (850 nm) et 300 m en 10GbaseLX4 (1310nm).

La fibre OM2 stipule une bande passante de 500 MHz.km dans les deux fenêtres 850nm et 1300nm. Les fibres 50/125 μm « courantes » répondent à cette spécification (et la dépassent).

La fibre OM3 : est définie pour couvrir les besoins des futures liaisons à 10 Gbit/s. Cette spécification de fibre vise à atteindre ce débit sur des distances de 300 m à 850 nm (10GbaseS).

La fibre OM3 stipule une bande passante de 1500 MHz.km dans la fenêtre 850 nm et des caractéristiques de bande passante mesurées avec un émetteur à diodes laser (RML – Restricted Mode Launch). Cette fibre suscite de nombreux effets d'annonce de la part des « constructeurs ». Toutefois, au jour de la publication de cet ouvrage, ces fibres ne peuvent être considérées comme un « standard du marché » et leur disponibilité réelle est sujette à caution.

Par ailleurs, au jour de la publication de cet ouvrage, les normes 10 Gigabit Ethernet (850 nm, 1310 nm, série ou multiplexées en longueur d'onde) circulent toujours pour approbation. Tant qu'elles ne sont pas définitivement finalisées, le choix des fibres qui seront associées à ce protocole peut être encore amené à évoluer.

La fibre OS1 : permet de transmettre 10 Gbit/s sur 2 à 10 km.

La fibre OS1 est la fibre monomode G652, la plus couramment utilisée dans les réseaux de télécommunication.

5.4 EN L'ÉTAT, QUELLE FIBRE CHOISIR ?

Au jour de la publication de cet ouvrage, l'environnement normatif est encore mouvant. Les valeurs de bande passante définies pour les classes OM1, OM2 et OM3 sont encore sujettes à discussion dans les instances de normalisation, et les méthodes de mesure en condition d'injection « laser » (RML Restricted Mode Launch) (OM3) sont encore en cours de définition.

Les fibres 62,5/125 μm courantes (200-500) seront cependant assimilées à la catégorie OM1.

Les fibres 50/125 μm courantes (500-800 ou 500-1200) seront assimilées à la catégorie OM2.

Les fibres OM3 ne peuvent être considérées, à ce jour, comme un « standard du marché », même si des « annonces constructeurs » apparaissent. L'usage de telles fibres ne pourra être préconisé qu'une fois leur disponibilité démontrée, ainsi que leur performance réelle et leur niveau d'interopérabilité (brassage de fibres d'origines industrielles différentes).

Il nous paraît donc préférable, aujourd'hui, de retenir des fibres les plus « standard » possible tout en retenant la meilleure caractéristique de performance en bande passante OFLBW (ex : 500-800 ou 500-1200).

Ces fibres multimodes répondent d'ores et déjà aux besoins des réseaux 1 Gbit/s et supporteront les applications 10 Gigabit dans des conditions de distance limitées (82 m en 10GbaseS et 300 m en 10GbaseLX4).

Le seul apport, en l'état, d'une fibre OM3, est l'extension à 300m de la distance couverte par l'application 10GbaseS. Dans l'attente d'une stabilisation du marché, ceci ne nous semble pas constituer un argument suffisant pour « s'aventurer » au choix de telles fibres.

Nous fournissons ci-après quelques éléments d'aide à la décision :

- les fibres **62,5/125 µm (160-500)** : ce type de fibre a été déployé abondamment par le passé. Les fibres déjà installées pourront supporter une montée en débit en utilisant des applications dans la fenêtre 1300 nm, mais leur bande passante limitée à 850 nm ne permet pas de garantir le support des nouvelles applications dans cette fenêtre. Leur utilisation devra donc être prohibée dans les nouvelles infrastructures et au mieux tolérée dans le cas d'un usage de type « cordons courts » (2m max.),
- les fibres **62,5/125 µm (200-500)** : préconisées par le Cercle C.R.E.D.O. dès 1995, elles sont « conformes à la catégorie OM1 ». Elles répondent aux impératifs des liaisons hauts débits type Gigabit Ethernet sur des distances limitées. Leur bande passante dans la fenêtre 850 nm en limite l'usage dans la perspective des applications 10 Gigabit Ethernet. Pour les nouvelles installations, on leur préférera donc des fibres de la catégorie suivante,
- les fibres **50/125 µm (500-800) ou (500-1200)** : préconisées par le Cercle C.R.E.D.O. dès 1995, elles sont « conformes à la catégorie OM2 » et de performances supérieures. Elles répondent aux impératifs des liaisons hauts débits type Gigabit Ethernet et supporteront les nouvelles applications 10 Gigabit Ethernet sur des distances limitées. **On privilégiera l'usage de ce type de fibre dans les nouvelles installations,**
- les fibres **OM3** ne correspondent pas encore, à la date de publication de cet ouvrage, à un « standard du marché ». Nous ne disposons pas encore, à ce jour, d'un recul suffisant, pour en préconiser l'usage.

☞ La fibre monomode reste LA fibre de référence pour toutes les applications au-delà du Gigabit.

Le tableau ci-dessous fournit, en fonction du type de fibre sélectionné, la distance couverte, en mètres, par les différentes applications de réseau Ethernet.

Type de réseau Ethernet	Caractéristiques	Type de fibre				
		62.5/125 µm (200/500)	62.5/125 µm 50/125 µm (500/500)	50/125 µm (500/800) (500/1200)	50/125 µm (1500/500)	Fibre monomode
		OM1	OM2	Supérieur OM2	OM3	OS1
10 Base FL	10 Mbit/s 850 nm	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	N.A ⁽¹⁾
100 Base FX	100 Mbit/s 1300nm	5 000 m	5 000 m	5 000 m	5 000 m	N.A ⁽¹⁾
1000 Base SX	1 Gbit/s 850 nm	275 m	550 m	550 m	550 m	N.A
1000 Base LX	1 Gbit/s 1300 nm	550 m	550 m	> à 550 m	550 m	5 000 m
10 GBase S ⁽²⁾	10 Gbit/s 850 nm	33 m	82 m	82 m	300 m	N.A
10 GBase L ⁽²⁾	10 Gbit/s 1300 nm	N.A	N.A	N.A	N.A	10 000 m
10 GBase LX4 ⁽²⁾	10 Gbit/s - 4 λ 1300 nm	300 m	300 m	> à 300 m	300 m	10 000 m
10 GBase E ⁽²⁾	10 Gbit/s 1550 nm	N.A	N.A	N.A	N.A	40 000 m

Remarques :

- (1) bien que la norme 802.3 ne prévoio pas ce type d'interface, il existe de nombreuses solutions industrielles sur le marché, souvent inter opérables, qui permettent de déporter des réseaux Ethernet à 10 ou 100 Mbit/s sur de la fibre monomode,
- (2) la spécification de cette application n'est pas encore finalisée.

5.5 CONCLUSION

Les méthodes de mesure de la bande passante avec une diode laser (RML) sont en cours de normalisation. Il est donc préférable de juger une fibre en fonction de sa bande passante mesurée avec la méthode classique (OFLBW).

Pour des applications ne dépassant pas le Gigabit Ethernet sur 550 m, il est désormais souhaitable d'utiliser des fibres multimodes 50/125 μm courantes. Ces fibres supportent également les applications 10 Gigabit Ethernet sur des distances limitées.

Pour les applications 10 Gigabit Ethernet ou des distances supérieures à 550 m en Gigabit Ethernet, la fibre monomode reste aujourd'hui la meilleure solution pour garantir une fonctionnalité et une pérennité maximale.

6. ARCHITECTURE ET INGÉNIERIE DES RÉSEAUX OPTIQUES



Ce chapitre introduit l'état de la normalisation en matière d'infrastructures de câblage de bâtiments et campus et définit la position du Cercle C.R.E.D.O. vis à vis de cet état de l'art.

6.1 LES PRINCIPAUX ACTEURS DE LA NORMALISATION

Les organismes et acteurs suivants sont impliqués dans la normalisation en matière de systèmes de câblage :

6.1.1 ORGANISMES OFFICIELS DE NORMALISATION

- L'ISO/CEI, organisme international qui définit le standard 11801 au sein du groupe JTC1/SC25/WG3.
- Le CENELEC, organisme européen qui définit le standard 50173 au sein du groupe TC215.
- La CEI et le CENELEC qui définissent les normes fibres 60793 et câbles 60794.

6.1.2 ORGANISMES CONTRIBUTEURS ACTIFS

- L'EIA/TIA, association américaine de constructeurs qui définit la recommandation 568. C'est, historiquement le premier texte apparu.

Ces différentes prescriptions sont à mettre en relation avec les différents réseaux et applications que les infrastructures doivent supporter et qui sont quant à eux définis par les groupes suivants :

- l'IEEE, organisme américain qui définit les standards de réseaux locaux 802.X (Ethernet dans ses versions 10, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s, et 10 Gbit/s, Token ring),
- l'ANSI, organisme américain qui définit les standards de réseaux locaux FDDI et TPDDI (groupe X3T9),
- l'UIT (ex CCITT) qui définit les interfaces de transmission liés aux applications de télécommunication (téléphonie, téléinformatique, transmission SDH, ATM, DWDM, etc..).

6.2 LES POSITIONNEMENTS RESPECTIFS DE CES NORMES

6.2.1 LE STANDARD ISO/IEC IS11801

ISO/IEC (International Organisation for Standardization / International Electrotechnical Commission) : l'ISO est une organisation internationale de normalisation qui regroupe la plupart des organismes nationaux. L'ISO élabore des normes dans tous les domaines. Concernant l'électrotechnique, l'ISO travaille en étroite collaboration avec l'IEC représentant plus de quarante pays dans ce domaine. L'IEC travaille notamment sur les composants "passifs" de précâblage : fibres, câbles, connecteurs.

Standard ISO/IEC IS11801 : ce standard définit une directive générale pour système de précâblage. Cette directive précise l'ensemble des éléments d'architecture, les types et performances des composants ainsi que les performances attendues d'un système de précâblage, en particulier :

- l'architecture générique du système,
- les longueurs maximales des liaisons entre les répartiteurs et les points de connexion,
- la nature et les caractéristiques mécaniques et électriques des composants de câblage : prises, cordons, câbles ...

6.2.2 LE STANDARD EN50173

Les normes EN sont élaborées par le CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique), composé de représentants des organismes nationaux membres du CEN. Le CENELEC traite des besoins européens en matière de normalisation dans les domaines électriques et électroniques. Les normes EN sont exigibles dans tous les pays de l'Union Européenne et doivent être transposées tel quel.

La norme EN50173 repose en grande partie sur la norme ISO/IEC IS11801 mais en précise certaines caractéristiques de composants de câblage. Elle inclut en particulier les exigences européennes en matière de compatibilité électromagnétique et les propriétés LSOH (Low Smoke Zero Halogen) des supports de transmission. Ce standard est complété, pour la partie mise en œuvre, par le standard EN50174.

6.2.3 LA RECOMMANDATION EIA/TIA 568

l'EIA/TIA (Electronic Industries Association / Telecommunication Industries Association) : cette association américaine regroupe des industriels. Elle est à l'origine de nombreux standards et des premières recommandations concernant le câblage.

L'EIA/TIA 568 : première recommandation indépendante d'un système ou d'un constructeur, pour le câblage des immeubles, ce standard a été progressivement complété et amendé et a inspiré en partie les travaux de l'ISO.

6.3 PÉRIMÈTRE DE L'ANALYSE

6.3.1 L'ÉTAT ACTUEL DES STANDARDS

Ces différents standards évoluent en permanence pour intégrer les besoins relatifs aux nouvelles applications. Les différentes commissions techniques travaillent à faire évoluer, en particulier, les spécifications des composants pour obtenir plus de performance du système global. L'avancement des différentes commissions techniques peut bien entendu varier d'un organisme à un autre.

Nous fournissons ci-après l'état des versions stables de ces standards . Il s'agit ici des documents approuvés et publiés :

ISO 11801	Édition 1.2 - Version de 01/2000
EN50173	Version de 1995

Ces différents standards sont encore en cours d'évolution pour une prochaine version d'édition courant 2002 voire 2003.

Nous fournirons dans ce chapitre un état des versions actuelles ainsi qu'une visibilité sur les évolutions prévues dans les versions futures.

6.3.2 LIMITATION DU PÉRIMÈTRE D'ANALYSE

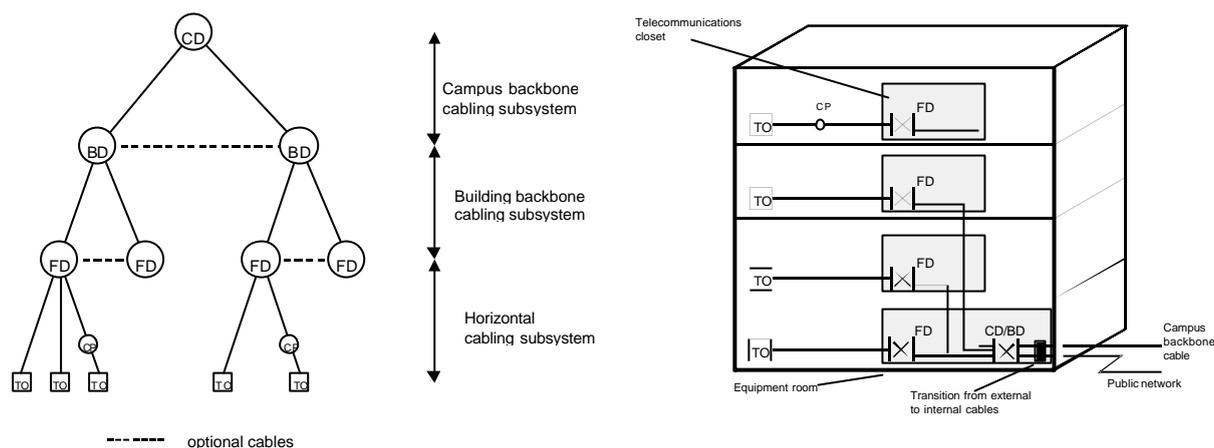
Dans la suite de ce chapitre, notre analyse est limitée au périmètre du standard le plus large, à savoir, le standard ISO. L'analyse porte par ailleurs sur le contenu « fibre » de ce standard. Par rapport à ce contenu « fibre », les trois standards ont des approches extrêmement similaires. C'est essentiellement sur les spécifications « cuivre » que leurs approches diffèrent.

6.4 L'ÉTAT DE L'ART DU STANDARD ISO IS 11801

6.4.1 UNE ARCHITECTURE HIÉRARCHISÉE

Dans la suite de ce chapitre, nous avons volontairement choisi de conserver les dénominations et sigles anglais de la norme, qui font référence dans de nombreux ouvrages et illustrations.

Le standard repose actuellement sur un principe d'architecture en étoile, basée sur une arborescence maximale de 3 niveaux.



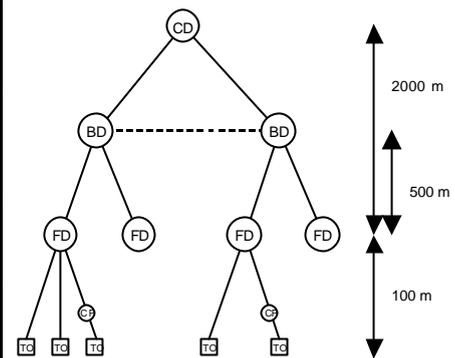
- TO : les points d'accès (TO – Terminal Outlet) sont reliés en étoile sur le répartiteur d'étage (FD – Floor Distributor), sur une distance n'excédant pas 90 m et ce quel que soit le type de câble mis en œuvre. Cette partie de l'architecture est baptisée « Horizontal cabling subsystem ». Un point intermédiaire de transition connectique (CP – Consolidation Point) peut être mis en œuvre dans cette partie. Cette adaptation permet en particulier de gérer les câblages de zone (distribution d'« Open Spaces »),
- FD : les répartiteurs d'étage (FD – Floor Distributor) sont eux aussi fédérés sur un répartiteur de bâtiment (BD – Building Distributor). Cette partie de l'architecture est baptisée « Building Backbone cabling subsystem »,
- BD : les répartiteurs de bâtiment (BD – building Distributor) peuvent être fédérés sur un répartiteur général de site CD (CD – Campus Distributor), dans le cas d'un site étendu présentant plusieurs bâtiments. Cette partie de l'architecture est baptisée « Campus Backbone cabling subsystem ».

Les liens intermédiaires entre répartiteurs d'étages (FD) peuvent être mis en place de manière optionnelle.

Cette architecture correspond bien entendu à un « modèle ». Sa représentation la plus usuelle est celle d'un immeuble comportant plusieurs étages avec un répartiteur de bâtiment et des répartiteurs d'étage. Dans la pratique, ce modèle peut très bien s'appliquer à une situation « à plat » où plusieurs répartiteurs (FD) couvrent une surface localisée sur un même étage.

Dans ce schéma d'architecture, les distances mises en œuvre sont figées quelle que soit la technologie de câblage utilisée (fibre, câble en paire symétrique, etc...). Le tableau ci-après reprend les distances autorisées dans les trois parties de l'architecture. Ces distances définissent le « lien » et correspondent à la distance maximale mise en œuvre entre les appareils et incluent les cordons qui relient les appareils à l'infrastructure :

Partie de l'architecture	Dénomination du Modèle	Distance autorisée (m)
Câblage fédérateur de site + Câblage fédérateur de bâtiment	Building backbone + campus backbone cabling subsystem	2 000
Câblage fédérateur de bâtiment ou "vertical"	Building backbone cabling subsystem	500
Câblage de distribution ou "horizontal"	Horizontal cabling subsystem	100



6.4.2 LES DIFFÉRENTES OPTIONS TECHNOLOGIQUES

Les points d'accès

Un point d'accès est un ensemble de ressources localisées dans le bureau, destinées à connecter les applications d'un utilisateur. Il est constitué au minimum d'un accès pour le téléphone et d'un ou plusieurs accès pour raccorder les terminaux de données.

Le point d'accès est constitué d'un ensemble minimal de 2 prises. Une de ces prises est systématiquement de type IEC 60 603-7-x série (RJ45) associée à un câble 4 paires, catégorie 3, 4 ou 5. Cette prise est supposée supporter l'application téléphonique. La seconde prise supporte les applications de « données » et peut être choisie parmi un ensemble de technologies :

- prise RJ45 + câble 4 paires cat 3, 4 ou 5,
- ou prise optique + 2 fibres,
- ou prise hermaphrodite + Câble type 1.

Les différentes options technologiques

Le standard référence des choix et options technologiques concernant les câbles à paires torsadées, à fibre optique et la connectique qui leur est associée. Des choix préférentiels et des alternatives sont définis dans chaque partie du système:

	Desserte des bureaux Câblage des prises	Desserte inter répartiteurs
Câble à paires symétriques 100 Ω ou 120 Ω Cat3, 4 ou 5	Recommandé	Recommandé
Câble à paires 150 Ω (1)	Alternative	
Câble à fibres 62,5/125 μm .	Recommandé	Recommandé
Câble à fibres 50/125 μm .(2)	Alternative	Alternative
Câble à fibres 9,5/125 μm .		Alternative

Nota :

1. Le câble 150 Ω (type 1) est aujourd'hui toléré comme une alternative dans la distribution horizontale. L'évolution des standards prévoit d'en limiter l'usage aux extensions d'installation (plus de nouvelles installations en type 1) et de retirer cette technologie dans une version future des standards.
2. La fibre optique multimode 50/125 μm est définie comme une alternative à la fibre optique multimode 62,5/125 μm qui lui est préférée. L'apparition des applications Gigabit Ethernet (1000BaseSX) et 10 Gigabit Ethernet et les limitations induites sur la fibre 62,5/125 μm de par sa bande passante réhabilite l'usage de la 50/125 μm dans les versions futures des standards. Celle-ci sera traitée au même niveau que la 62,5/125 μm voire favorisée.

6.4.3 SPÉCIFICATION DES COMPOSANTS

Spécification de la fibre optique

Fibre multimode 62,5/125 µm ou 50/125 µm

Le standard préconise l'usage de fibres selon les spécifications IEC 60793-2:

Fibre 62,5/125 µm	IEC 60793-2 – A1b
Fibre 50/125 µm	IEC 60793-2 – A1a

Les spécifications minimales relatives à ces fibres câblées sont les suivantes :

	850 nm	1300 nm
Affaiblissement - dB/km	3,5	1
Bande passante - MHz.km	200	500

Fibre monomode 9/125 µm

Le standard préconise l'usage de fibres selon les spécifications IEC 60793-2 B1 ou ITU-T G652.

Les spécifications minimales relatives à ces fibres câblées sont les suivantes :

	1310 nm	1550 nm
Affaiblissement - dB/km	1	1

Spécification de la connectique optique

Le choix de la technologie de raccordement optique est libre hormis au niveau des points d'accès (TO) dans les bureaux. A ce niveau, les deux technologies retenues sont :

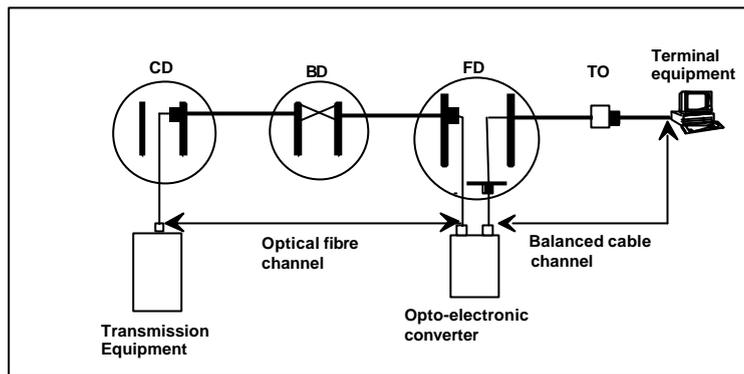
- d'une part le SC duplex, dont l'usage est recommandé pour toute nouvelle installation,
- d'autre part le ST, dont l'usage est toléré pour toutes les extensions d'installations ayant déjà mis en œuvre cette technologie.

Pour l'ensemble des points de connectique, les spécifications suivantes s'appliquent :

Connecteurs	Perte d'insertion	Moyenne	0,5 dB
		Maximale	0,75 dB
	Réflectance (Affaiblissement de réflexion)		
	Connecteur multimode	- 20 dB	
	Connecteur monomode	- 26 dB	
Épissure	Perte d'insertion	0,3 dB	

6.4.4 SPÉCIFICATION DES LIENS

Au sens du standard, la liaison, également appelée « canal » correspond à l'ensemble des composants, fibre, connecteurs, épissures, cordons, assemblés pour réaliser un « chemin optique » entre deux appareils. Il s'agit donc, pour le signal optique entre l'émetteur et le récepteur, d'un chemin de bout en bout.



Ce « chemin » peut être totalement spécifié par la caractérisation des paramètres d'affaiblissement, de bande passante et de taux de réflexion.

Le standard définit 3 gabarits de liaisons correspondant aux trois parties de l'architecture. Quelle que soit la longueur effective de la liaison, celle-ci devra présenter un niveau de performances rentrant dans ces gabarits.

Affaiblissement du lien

Partie du système	Longueur du lien	Multimode		Monomode	
		850 nm	1300 m	1310 nm	1550 nm
Horizontal	100 m	2,5 dB	2,2 dB	2,2 dB	2,2 dB
Building Backbone	500 m	3,9 dB	2,6 dB	2,7 dB	2,7 dB
Campus Backbone	1500 m	7,4 dB	3,6 dB	3,6 dB	3,6 dB

Bande passante du lien

	850 nm	1300 m
MHz	100	250

Affaiblissement de réflexion du lien (ORL)

Multimode		Monomode	
850 nm	1300 nm	1310 nm	1500 nm
- 20 dB	- 20 dB	- 26 dB	- 26 dB

6.4.5 CONTRÔLE DES PERFORMANCES

Le standard préconise la vérification de certains des paramètres de spécification des liens.

Lorsque l'origine des composants élémentaires et leurs performances sont maîtrisées, une simple recette est préconisée. Ce test porte sur l'affaiblissement du lien et son affaiblissement de réflexion.

Lorsque l'origine des composants et leur spécification sont inconnues, la conformité totale doit être contrôlée et la bande passante mesurée.

La méthode de mesure préconisée pour l'affaiblissement est la mesure par insertion.

Les méthodes de mesure de l'affaiblissement de réflexion et de la bande passante ne sont pas décrites.

6.5 ÉVOLUTION DU STANDARD

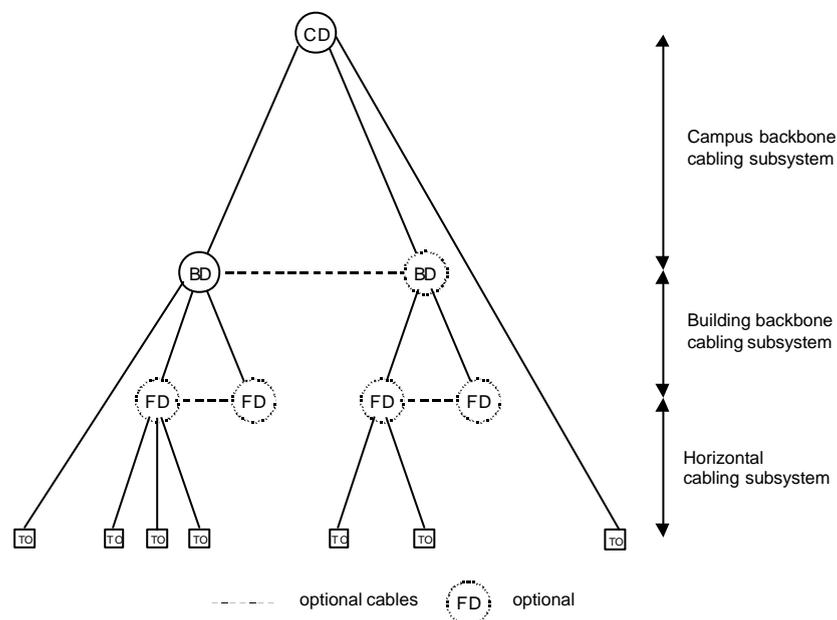
La version actuelle du standard est en cours d'évolution. Bien sûr, à ce stade, et tant qu'une nouvelle version officielle n'est pas votée, les évolutions pressenties doivent être uniquement considérées comme des tendances, dont nous fournissons ci-après les grandes lignes. Dans ce qui suit, ne sont listées que les évolutions significatives qui portent sur la fibre optique. D'autres évolutions sont également à l'étude, en particulier la définition de composants « cuivre » de catégories 6 et 7 et de liens « cuivre » Classe E et Classe F.

6.5.1 ÉVOLUTION DES ARCHITECTURES

Un des points marquants des évolutions en cours concerne l'architecture du système.

Si l'architecture précédente subsiste, elle est complétée par une architecture de « câblage optique centralisé ». Cette architecture tire profit des performances de la fibre optique en permettant de déployer les liens sur des distances plus importantes. Les points d'accès peuvent ainsi être reliés par câble fibre optique sur un répartiteur central, sans traverser de répartiteurs intermédiaires.

Pour tirer le meilleur parti des caractéristiques de la fibre, la contrainte de distance dans la distribution (90 m) est ainsi relâchée. Ceci permet en particulier de traiter plus correctement le cas des bâtiments à usage industriel ou spécifiques (aéroports, Hall d'exposition, etc....) où l'implantation de locaux techniques à moins de 90 m des points d'accès est une donnée technique extrêmement contraignante.



La matérialisation des répartiteurs d'étage (FD) et de bâtiment (BD) est optionnelle. Les points d'accès pourront être raccordés sur le (BD) ou même le (CD) soit directement, soit au travers de la mise en œuvre de simples points d'épissures dans les points de passage (FD, BD) intermédiaires. L'objectif de distance à couvrir entre le point d'accès et le répartiteur en optique est de 300 m minimum.

6.5.2 SPÉCIFICATION DES COMPOSANTS

Spécification de la fibre optique

La nouveauté concerne l'introduction de différentes classes de fibres destinées à répondre à différents usages et applications. Trois classes de fibres multimodes (OM1, OM2, OM3) sont introduites en complément de la fibre monomode (OS1). Ces trois classes se distinguent par la bande passante de la fibre et sont destinées à supporter les applications sur des distances différentes.

Fibres multimodes (OM1, OM2, OM3):

	Type de fibre	850 nm	1300 nm
Affaiblissement - dB/km	OM1, OM2, OM3	3,5	1,5

Valeurs issues du "Final Committee Draft" ISO/IEC JTC1/SC25 N789 du 10 Octobre 2001

Type de fibre	Diamètre de cœur	Bande passante minimale MHz.km		
		Mesure OFLBW standard		Mesure RML en cours de définition
		850 nm	1300 nm	850 nm
OM1	50 µm ou 62,5 µm	200	500	Non spécifiée
OM2		500	500	Non spécifiée
OM3	50 µm	1500	500	2000

Valeurs issues du "Final Committee Draft" ISO/IEC JTC1/SC25 N789 du 10 Octobre 2001, confirmées au cours de la réunion du 25 Février 2002

Contrairement à la version précédente, le standard réhabilite aujourd'hui l'usage de la fibre multimode 50/125 µm par rapport aux fibres multimodes 62,5/125 µm.

Fibre monomode (OS1) :

OS1 : Cette fibre se conforme à la spécification des standards IEC 60793-2 type B1.1 et ITU-T G652. Cette fibre est la fibre monomode « traditionnelle ».

	Type de fibre	1310 nm	1550 nm
Affaiblissement - dB/km	OS1	1,0	1,0

Valeurs issues du "Final Committee Draft" ISO/IEC JTC1/SC25 N789 du 10 Octobre 2001

Spécification de la connectique optique

Comme dans la version précédente, le choix de la technologie de raccordement optique est libre hormis au niveau des points d'accès (TO) dans les bureaux. A ce niveau, la technologie préconisée demeure le SC duplex.

Pour l'ensemble des points de connectique, les spécifications suivantes s'appliquent :

Connecteurs	Perte d'insertion	
		Maximale
		0,75 dB
	Affaiblissement de réflexion	
	Connecteur multimode	- 20 dB
Connecteur monomode	- 35 dB	
Épissure	Perte d'insertion	0,3 dB

Valeurs issues du "Final Committee Draft" ISO/IEC JTC1/SC25 N789 du 10 Octobre 2001

6.5.3 SPÉCIFICATION DES LIENS

Le lien optique, entre un émetteur et un récepteur optique est constitué de fibres, points de connectique et épissures, tels que spécifiés précédemment. Selon le modèle d'architecture retenu (centralisé ou non), le lien met en œuvre plus ou moins « d'étages » de connectique, mais devra demeurer dans tous les cas dans un gabarit donné. Le standard fait abstraction du type d'architecture et définit en pratique trois gabarits de liaisons :

- les liens de « Classe OF-300 » qui supportent des applications sur un minimum de 300 m,
- les liens de « Classe OF-500 » qui supportent des applications sur un minimum de 500 m,
- les liens de « Classe OF-2000 » qui supportent des applications sur un minimum de 2000 m.

Comme dans la version précédente du standard, chaque lien est défini par un affaiblissement maximal à chacune des longueurs d'onde. Il est par contre plus difficile de les associer à une partie donnée de l'architecture.

Affaiblissement maximal du lien (dB)	Fibre Multimode		Fibre Monomode	
	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm
OF300	2,55	1,95	1,80	1,80
OF500	3,25	2,25	2,00	2,00
OF2000	8,50	4,50	3,50	3,50

Valeurs issues du "Final Committee Draft" ISO/IEC JTC1/SC25 N789 du 10 Octobre 2001

L'affaiblissement maximal du lien est calculé en allouant un budget global de 1,5 dB de pertes à l'ensemble de la connectique traversée tout au long du lien. En pratique, pour tenir ce budget global, et compte tenu du nombre de connecteurs traversés sur la liaison, il faudra « durcir » la spécification « connectique » par rapport au tableau précédent.

En fonction du type de fibre utilisé (OM1, OM2, OM3, OS1), la bande passante du lien sera différente et permettra de supporter des applications différentes. Formulé autrement, pour une fibre donnée, plus la longueur du lien sera faible et plus il sera possible de supporter d'applications :

Lien	OM1	OM2	OM3	OS1
OF 300	Applications OF 500 + Ethernet 10GbaseLX4	Applications OF 500 + Ethernet 10GbaseLX4	Applications OF 500 + Ethernet 1000BaseSX Ethernet 10GbaseLX4 Ethernet 10GbaseS	Applications OF 2000
OF 500	Applications OF 2000 + Ethernet 1000BaseLX	Applications OF 2000 + Ethernet 1000BaseLX Ethernet 1000BaseSX	Applications OF 2000 + Ethernet 1000BaseLX Ethernet 1000BaseSX	Applications OF 2000
OF 2000	Ethernet 10BaseF Token Ring 802.5 Ethernet 100BaseFX	Ethernet 10BaseF Token Ring 802.5 Ethernet 100BaseFX	Ethernet 10BaseF Token Ring 802.5 Ethernet 100BaseFX	Ethernet 10BaseF Token Ring 802.5 Ethernet 100BaseFX Ethernet 1000BaseLX Ethernet 10GbaseL Ethernet 10GbaseE

L'introduction de la fibre OM3 ne présente d'intérêt que pour le support sur 300 m de l'application 10GbaseS - 10Gbit/s série à 850 nm. Une telle application pourra être déployée sur 80 m sur fibre OM2 et 30 m sur fibre OM1 traditionnelles.

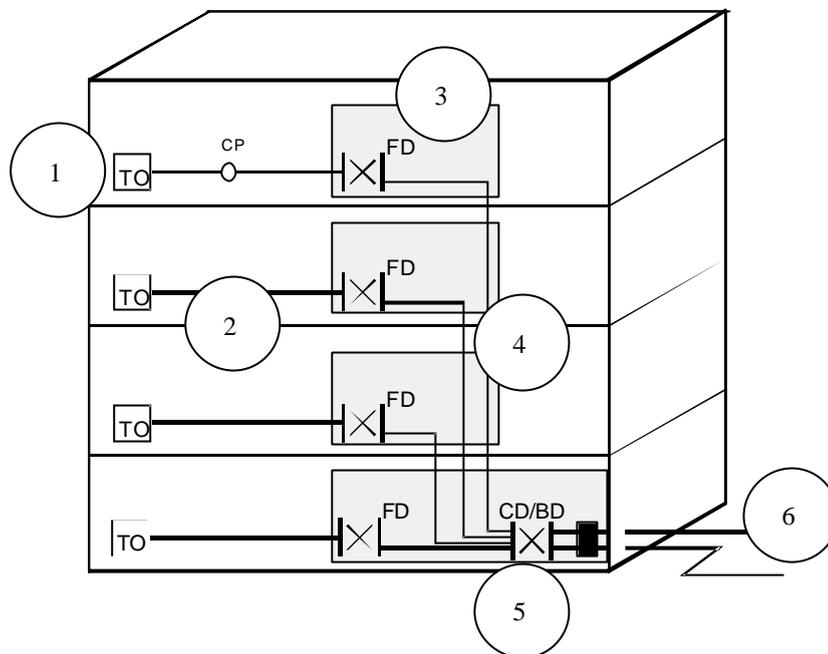
La limitation à 275 m du 1000BaseSX sur fibre OM1 sort cette application du cadre visé par les liens OF300.

6.5.4 PROCÉDURES DE TEST

Ici encore le contrôle diffère selon que l'origine des composants élémentaires et leurs performances sont maîtrisées ou non.

Dans le cas où les composants sont connus, une simple recette est préconisée. Le test porte sur l'affaiblissement et le temps de propagation du lien. Lorsque l'origine des composants et leur spécification sont inconnues, la conformité totale doit être contrôlée et la bande passante et l'affaiblissement de réflexion mesurés.

6.6 LES CHOIX D'ARCHITECTURE DU CERCLE C.R.E.D.O.



6.6.1 QUEL REGARD PORTER SUR L'ÉVOLUTION DU STANDARD ?

Les avancées prévues dans le standard marquent une reconnaissance de la technologie fibre optique. A ce titre, la version en cours d'élaboration rejoint, sur un certain nombre de choix fondamentaux, la position arrêtée par le Cercle C.R.E.D.O dès 1995 :

- reconnaissance de l'architecture optique centralisée,
- réhabilitation de l'intérêt de la fibre 50/125 μm par rapport à la fibre 62,5/125 μm .

L'état du marché et certains groupes de pression contraignent encore aujourd'hui le standard et son évolution sur certains points que nous souhaitons expliciter ci-après.

6.6.2 QUELLE TYPE D'ARCHITECTURE DÉPLOYER ?

Le Cercle C.R.E.D.O. reconnaît, sur le marché, la prédominance d'architectures mixtes « cuivre et optique », mais recommande l'usage de la technologie optique jusqu'au poste de travail, dans le cadre d'une « architecture optique centralisée ».

Ce type d'architecture permet en effet de tirer le meilleur parti des performances de la fibre et d'optimiser les coûts d'infrastructures.

La distance mise en œuvre dans le bâtiment, entre la prise terminale (TO) et le répartiteur de bâtiment (BD) sera limitée à 300 m, conformément à la préconisation du standard.



6.6.3 QUELLE TECHNOLOGIE DE CONNECTIQUE AU POSTE DE TRAVAIL ?

Le standard ne reconnaît toujours que l'usage de la technologie SC Duplex au niveau du poste de travail. De nombreuses tentatives d'introduction des technologies SFF (Small Form Factor) dans le standard n'ont pas abouti, faute de consensus.

Ces technologies n'en demeurent pas moins extrêmement bien adaptées à l'environnement d'une connectique d'extrémité (bureau) et le démontrent d'ores et déjà sur le marché par leur application.

Le cercle C.R.E.D.O. est convaincu que ce type de connectique, qui par sa compacité, s'intègre peu à peu sur les cartes électroniques, mérite d'être considéré et mis en œuvre dans cet environnement. Il est pratiquement acquis qu'elles seront introduites dans une prochaine révision du standard.

Reconnaissant leurs avantages, et anticipant sur leur reconnaissance, le Cercle C.R.E.D.O. considère ces technologies, aux chapitres 7 et 8 de cet ouvrage, au même titre que la technologie SC.



6.6.4 QUELLE FIBRE METTRE EN ŒUVRE DANS LA DISTRIBUTION ?

La fibre déployée dans la distribution vers les postes de travail sera de type « multimode ». Prenant en compte l'évolution des applications, la maturité des standards et l'état technologique de l'offre du marché à ce jour, nous préconisons, parmi les différentes classes en cours de définition par le standard, l'usage d'une fibre de type « OM2 ».

Le Cercle C.R.E.D.O. préconise l'utilisation de fibres « OM2 ». Dans la pratique, ce choix doit correspondre à des fibres du marché. Les fibres 50/125 µm courantes de largeurs de bande (500 / 800 ou 500 / 1200) sont conformes à cette spécification et de performances supérieures. Certaines fibres 62,5/125 µm peuvent également répondre à cette spécification.

Un minimum de 2 fibres devra bien entendu être déployé pour chaque poste de travail.



6.6.5 COMMENT MATÉRIALISER LE RÉPARTITEUR DE DISTRIBUTION (FD) ?

Dans le cas de l'architecture optique centralisée, le répartiteur de distribution pourra :

- ne pas être matérialisé. Dans ce cas, les câbles de distribution « remonteront » jusqu'au répartiteur de bâtiment (BD),
- être matérialisé au travers d'un boîtier de jonction permettant d'éclater un câble de regroupement vers les prises terminales. Dans ce cas, un coffret d'épissures sera mis en œuvre à ce niveau. Ce point réalise une simple jonction de câbles et ne permet pas, bien entendu, de « brassage » entre les différentes fibres.

Dans le cas d'une architecture mixte ou si l'utilisateur souhaite un point de gestion et de flexibilité au niveau du répartiteur de distribution, il convient de mettre en œuvre un véritable répartiteur au niveau (FD) :

- dans ce cas, le répartiteur abrite têtes de câbles et connectique optique,
- le choix de la technologie connectique est laissé libre par le standard.

4

6.6.6 QUELLE FIBRE METTRE EN ŒUVRE DANS LA DISTRIBUTION VERTICALE ?

Dans le cas de l'architecture optique centralisée, la distribution verticale n'est pas matérialisée et les fibres remontent directement au répartiteur de bâtiment qui réalise le premier point de flexibilité.

Dans le cas d'une architecture mixte ou si l'utilisateur souhaite un point de gestion et de flexibilité au niveau du répartiteur de distribution, il convient de mettre en œuvre une interconnexion entre les deux répartiteurs de distribution (FD) et de bâtiment (BD).

Nous préconisons de déployer deux types de fibre dans cette interconnexion :

- des fibres multimodes de type OM2,
- des fibres monomodes de type OS1.

La modularité minimale sera appréciée notamment en fonction du nombre de postes de travail « optiques » dans la distribution pour permettre de « prolonger » les liaisons de la distribution horizontale vers le répartiteur de bâtiment et ne sera jamais inférieure à 6 fibres.

5

6.6.7 COMMENT MATÉRIALISER LE RÉPARTITEUR DE BÂTIMENT OU CAMPUS (BD - CD) ?

Ces points correspondent nécessairement à des points de flexibilité et mettent en œuvre des fonctions de répartiteurs :

- ils abritent têtes de câbles et connectique optique,
- le choix de la technologie connectique est laissé libre par le standard.

6

6.6.8 QUELLE FIBRE METTRE EN ŒUVRE DANS L'INTERCONNEXION EXTÉRIEURE ?

Comme dans la distribution verticale, nous préconisons de déployer deux types de fibre dans cette interconnexion :

- des fibres multimodes de type OM2,
- des fibres monomodes de type OS1.

6.6.9 QUELLES RÈGLES DE CONTRÔLE APPLIQUER SUR L'INSTALLATION OPTIQUE ?

Le standard définit des caractéristiques minimales pour chacun des composants mais ne prévoit pas la vérification de ces paramètres. Les tests et sanctions reposent sur des « gabarits » de pertes d'insertion correspondant à des liens (OF300, OF500, OF2000) pré-caractérisés.

Si une liaison de 1500 m est mise en œuvre dans l'architecture, elle ne pourra être « sanctionnée » que par rapport à un gabarit de type OF2000, ce qui nous apparaît extrêmement « laxiste ».

Le Cercle C.R.E.D.O. préconise une procédure de test et recette de l'installation, basée principalement sur la réflectométrie, et qui différencie les différentes parties de l'infrastructure. Elle s'attachera, notamment dans le cas des liaisons longues (et de ce fait moins « robustes » en terme de marge de fonctionnement que les liaisons courtes), à contrôler chacun des composants constitutifs d'une liaison (câble, connectique, épissure).

7. CHOIX DE COMPOSANTS DANS LA DISTRIBUTION VERTICALE

Le chapitre suivant décrit les différents composants entrant dans la composition de la distribution verticale. Il s'agit :

- des câbles optiques,
- de la connectique optique,
- des répartiteurs et têtes de câbles optiques,
- des coffrets d'épissurage.

Pour chacun de ces composants, différents choix techniques peuvent être réalisés, en fonction notamment de l'environnement de mise en œuvre (bureau, usine, etc.), de la performance attendue et bien entendu du prix du composant. Il faudra cependant prêter une grande attention à la cohérence globale des choix réalisés. Il faudra veiller en particulier à ce que le diamètre du câble choisi et sa structure soient compatibles avec le montage de la connectique retenue et le type de têtes de câbles mis en œuvre.

A titre d'exemple, le choix d'une structure de câble sur le seul critère économique conduira à retenir une structure libre élémentaire de type « loose tube » qui impose de travailler sur fibres nues (250 μm). Ce choix ne sera possible qu'à la condition que les autres composants soient sélectionnés de manière cohérente. La connectique retenue devra pouvoir se monter sur fibre nue et les têtes de câble devront présenter tous les éléments de protection (cassettes de lovage) pour fibre nue. Par ailleurs, le monteur, sur le terrain, devra être familiarisé avec la manipulation de cette fibre nue.

Des choix incohérents conduisent, sur le terrain, à des incompatibilités qui malheureusement sont trop souvent solutionnés, dans l'urgence, par des « bricolages » qui dégradent la qualité de l'installation et les performances attendues.

7.1 TYPES DE CÂBLES

Un câble optique est composé d'un assemblage de fibres protégées mécaniquement. Plusieurs types de structures permettent de protéger la fibre nue.

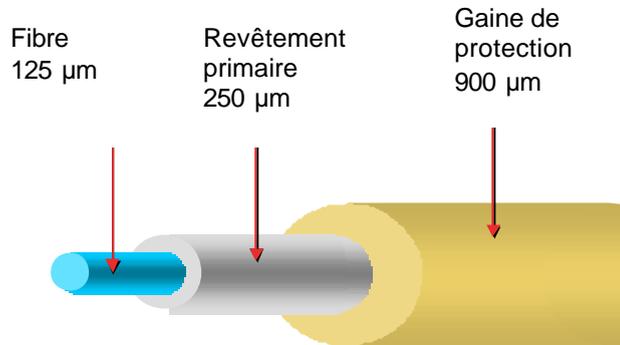
7.1.1 STRUCTURE DE LA FIBRE MISE EN CÂBLE

Quatre types de structures existent :

- la structure serrée,
- la structure semi serrée,
- la structure libre,
- la structure ruban.

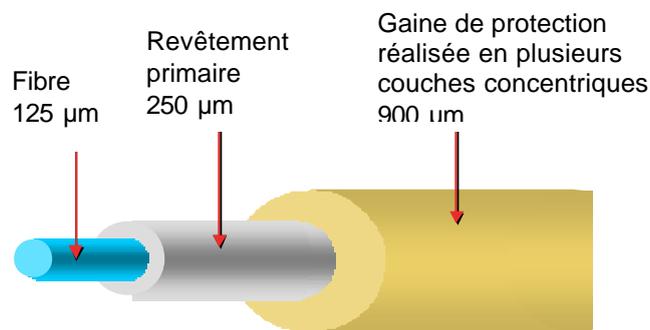
la structure serrée

Dans cette structure, chaque fibre nue est recouverte d'une gaine de protection dont elle est solidaire (dénudage par petits « tronçons » successifs de 5 mm).



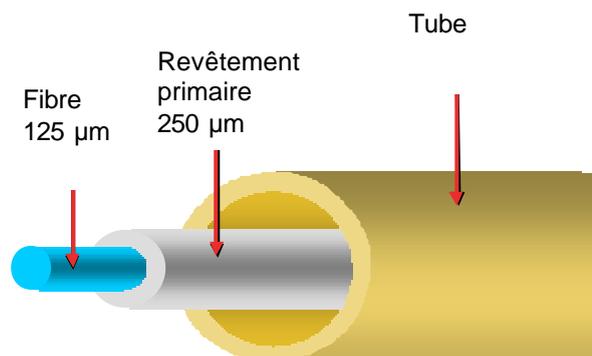
les structures «à dénudage aisé»

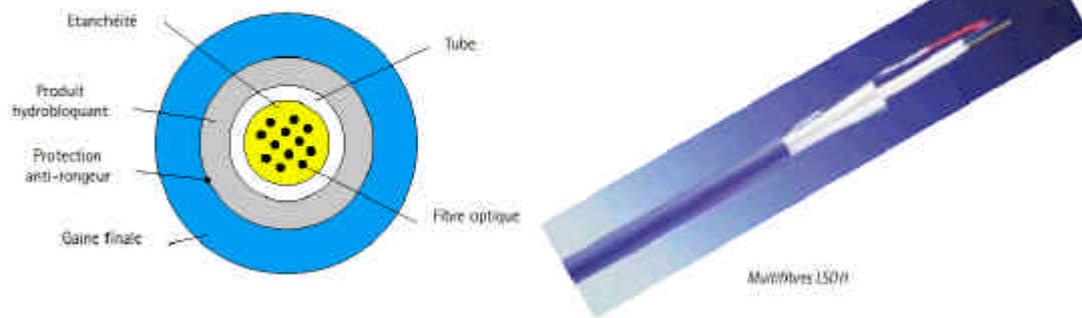
Ces structures existent sur le marché sous les dénominations « semi serrée », « semi tight », « serrée lâche ». Dans ces structures, la protection est réalisée par plusieurs « couches » concentriques. Cette réalisation facilite le dénudage de la fibre (dénudage de plus de 30 mm en une seule passe) et permet le dénudage sur une longueur pouvant atteindre 2 m.



la structure libre

La structure libre est composée de 1 à 12 fibre(s) nue(s) (250 µm) placées dans un tube dont elles ne sont pas solitaires.



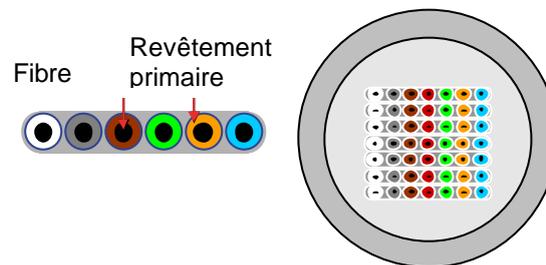


Il existe des structures dites “tubes compacts” de très faible diamètre (1 à 1,2 mm) permettant de traiter de 2 à 12 fibres dans un même tube. Ces structures permettent de réaliser des câbles de grande capacité à faible encombrement et de mise en œuvre facilitée (lovage et dénudage aisé).

la structure ruban

La structure ruban est réalisée par juxtaposition de 4, 6, 8 ou 12 fibres nues collées entre elles par une résine.

Les rubans ainsi créés peuvent être superposés et placés dans un tube.





Choix d'une structure

Ces différentes structures induisent des dimensions, poids, caractéristiques mécaniques et modes de connectivité différents. Le choix de la structure et du câble se fera en tenant compte de l'environnement (mécanique, climatique) et des applications.

7.1.2 REPÉRAGE PAR COULEURS

Les fibres et/ou les structures élémentaires sont colorées pour faciliter leur repérage dans le câble. Ce repérage est particulièrement important dans la phase d'installation (connectivité).

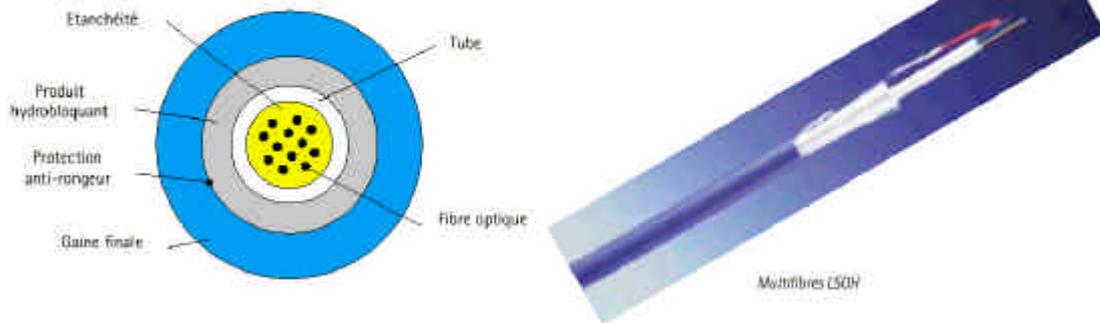
Plusieurs codes de couleurs existent sur le marché et aucun standard ne s'est véritablement imposé en la matière, même si un code américain (le FOTAG) fait référence chez un certain nombre de constructeurs.

Pour faciliter les opérations de mise en œuvre, on veillera à respecter une certaine cohérence de code couleur dans une même installation.

7.1.3 TYPES DE CÂBLES ASSOCIÉS AUX DIFFÉRENTES STRUCTURES DE FIBRE

Toutes les structures vues précédemment permettent une mise en câble de la fibre. La structure de la fibre avant sa mise en câble va déterminer le type de câble réalisé. Nous allons, dans ce chapitre, dresser un panorama des câbles standards actuels.

Structure libre - câbles « loose tube »



La structure libre permet la réalisation de câbles appelés « **loose tube** » dans lesquels la fibre est placée dans un tube rempli de gel hydrophuge. Ces câbles trouvent leur application principale dans les liens inter bâtiments horizontaux. Leur faible coût et leur facilité d'installation sont les principaux critères de leur réussite commerciale. Un exemple de caractéristiques mécaniques associées à ce type de câble est donné ci-dessous.

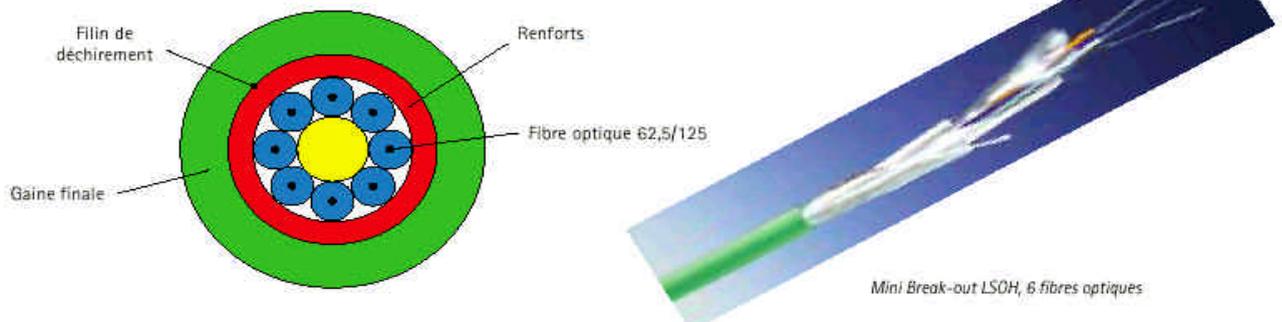
	Diamètre	Poids	Écrasement	Tension Max à la pose	Hauteur max de pose en vertical	Rayon de courbure min (statique)
2 à 12 fibres	6.3 mm	42 kg/km	250 N/cm	500 N	200 m	60 mm

Température de stockage et de transport	-40 à +70°C
Température d'installation	-5 à +50°C
Température de fonctionnement	-20 à +70°C
Comportement au feu	Catégorie C2

Cette structure permet de créer des câbles de plus forte capacité par assemblage de tubes de 6 à 12 fibres

Il existe aussi sur le marché des structures de câbles à tube sans gel. Cette structure est intéressante pour ce qui est de la manipulation du câble lors de sa mise en œuvre. La présence d'eau ou d'une forte humidité au long du cheminement du câble, peut, en cas de détérioration du câble en superficie entraîner un écoulement important à une extrémité. Le tube doit donc être placé dans une structure qui le protège des agressions extérieures (eau et humidité).

Structure serrée ou semi-serrée - câbles « mini-break out »



La structure serrée ou semi-serrée permet la réalisation de câbles de type **mini-break out**. Ces câbles sont constitués d'un assemblage de fibres gainées à 900 µm. Les connecteurs optiques se

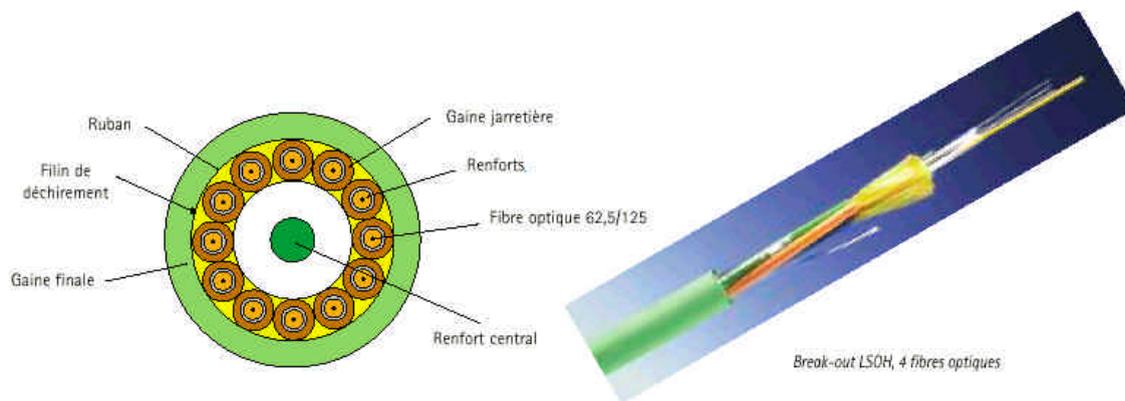
montent aisément sur ce support. Un exemple de caractéristiques mécaniques associées à ce type de câble est donné ci-dessous.

	Diamètre	Poids	Ecrasement	Tension Max à la pose	Hauteur max de pose en vertical	Rayon de courbure min (statique)
6 fibres	5.9 mm	37 kg/km	200 N/cm	500 N	200 m	60 mm
12 fibres	7.2 mm	57 kg/km		600 N		75 mm

Température de stockage et de transport	-30 à +70°C
Température d'installation	-5 à +50°C
Température de fonctionnement	-30 à +70°C
Comportement au feu	Catégorie C1

Cette structure permet de créer des câbles de plus forte capacité par assemblage de modules de 6 à 12 fibres

Structure serrée ou semi serrée - câbles « break out »



Des faisceaux de jarretières de 2 à 2,5 mm permettent de réaliser des câbles de type **break-out**. Ces câbles ont un diamètre et un poids supérieurs aux câbles du type mini break-out mais ils disposent de performances mécaniques supérieures. Les connecteurs optiques se montent également aisément sur ce support. On lui préfère généralement le câble mini-break out pour des raisons de diamètre, souplesse, poids et prix, mais avec l'apparition des jarretières de 2 mm de diamètre, le câble break out s'allège, devient plus compact et connaît un net regain d'intérêt. Un exemple de caractéristiques mécaniques associées à ce type de câble est donné ci-dessous.

Type de Jarretière	Modularité du câble	Diamètre	Poids	Ecrasement	Tension Max à la pose	Hauteur max de pose en vertical	Rayon de courbure min (statique)
2.5 mm	6 fibres	10.1 mm	104 kg/km	350 N/cm	900 N	200 m	100 mm
	12 fibres	15.4 mm	239 kg/km	350 N/cm	1900 N		160 mm
2 mm	6 fibres	7.6 mm	58 kg/km	250 N/cm	800 N		40 mm
	12 fibres	9.7 mm	95 kg/km	200 N/cm	1500 N		50 mm

Température de stockage et de transport	-30 à +70°C
Température d'installation	-5 à +50°C
Température de fonctionnement	-25 à +70°C
Comportement au feu	Catégorie C1

7.1.4 CHOIX D'UNE STRUCTURE DE CÂBLE POUR LA DISTRIBUTION VERTICALE

Dans le cas de la distribution verticale, on privilégiera le choix d'une structure serrée ou semi serrée. Compte tenu de leur poids inférieur, de leur meilleure compacité, de leur plus grande facilité de mise en œuvre tant pour ce qui est du montage de connectique que du respect des rayons de courbure, les câbles de type mini break out 900 μm seront préférés à toute autre structure.

Le choix d'une structure serrée ou semi-serrée pour ce type de câble est essentiellement lié à la méthode de montage de connectique retenue. Pour le montage de connecteurs sur site, la structure serrée est parfaite. Pour la soudure de pigtails en tiroirs optiques, la meilleure solution consiste à utiliser une structure facilement dénudable à 250 μm . On préférera une structure semi-serrée ou « serrée lâche » que propose certains constructeurs. Cette dernière structure a l'avantage de permettre un dénudage aisé de la fibre 250 μm tout en maintenant correctement la fibre dans sa gaine 900 μm lors de la soudure.

Dans le cas où un câble à structure libre serait installé en colonne montante, il conviendra de faire un lovage de deux tours respectant le rayon de courbure minimum du câble tous les deux étages. Ces lovages permettent d'éviter à la fibre de subir la contrainte liée à son propre poids mais assure surtout une meilleure tenue du gel dans le tube. Ces lovages évitent un épanchement de gel trop important à l'étage inférieur.

7.1.5 CHOIX DES ÉLÉMENTS DE PROTECTIONS ET DES RENFORTS PÉRIPHÉRIQUES

Différentes caractéristiques doivent être étudiées pour décider du choix final d'un câble.

Armure et protection

En premier lieu, il est important de savoir si une structure diélectrique est imposée ou si la présence de métal est tolérée ou tolérable.

Pour des raisons de sécurité vis à vis de phénomènes tels que la foudre ou la transmission de pics de tension par des câbles de puissance juxtaposés, les structures diélectriques sont le plus souvent conseillées en extérieur comme en intérieur.

Les structures métalliques sont souvent retenues pour des protections renforcées : anti-rongeurs, résistance à l'écrasement... Ce point suscite plusieurs observations :

Les tests réalisés en environnement réel montrent que l'armature acier n'empêche pas totalement la dégradation par des rongeurs. Le diamètre du câble est un élément important pour la protection anti-rongeurs. Ce sont en effet les câbles à fort diamètre qui résistent le mieux aux rongeurs et ce, quelle que soit leur armature. L'armature fibre de verre est légèrement moins efficace que l'armure acier mais réalise un bon compromis technico-économique en environnement exposé aux rongeurs.

Si le câble dispose de renforts métalliques, il convient de traiter correctement son armure (mise à la terre ou au contraire isolement) aux extrémités, et le cas échéant, le long de son parcours, pour protéger les personnes intervenant sur ou à proximité du câble. Ce point est très généralement ignoré ou très mal traité dans les installations LAN.

Pour ces raisons, sauf environnement particulier, **on privilégiera la conservation des propriétés diélectriques dans le choix des protections du câble, par rapport à la protection anti-rongeurs renforcée.**

Dans l'hypothèse où le choix d'un câble armé s'imposerait, on veillera à traiter l'armature métallique selon les règles de l'art.

Étanchéité

L'étanchéité d'un câble doit être vérifiée dès lors qu'il peut être soumis à la présence d'eau en cheminement intérieur ou extérieur. L'étanchéité doit être vérifiée suivant deux caractéristiques :

L'étanchéité transversale

Elle est garantie par une gaine extérieure étanche qui peut être LSOH pour un cheminement en intérieur.

L'étanchéité longitudinale:

Une « blessure » sur la gaine extérieure ou une extrémité en milieu humide ne doit pas engendrer de propagation d'un liquide dans le câble . La propagation du liquide doit être évitée que ce soit dans la structure même du câble (propagation via le renfort périphérique) ou propagation dans le tube central. Il est primordial que la structure du câble soit étanche à tous ses niveaux de fabrication. Il faut s'assurer que tous les éléments constitutifs du câble offrent une solution de protection au passage de l'eau.

Dans le cas de câbles à usage intérieur exclusivement, l'étanchéité transversale sera considérée comme suffisante.

Protection au feu :

La « tenue » au feu est nécessaire dans les bâtiments même si aucune norme ne l'impose aujourd'hui formellement. Il s'agit notamment de garantir le non dégagement de substances halogénées en cas d'incendie.

La seule caractéristique ZH (Zéro Halogène) ou LSOH (Low Smoke Zero Halogene) n'est pourtant pas suffisante pour juger de la tenue au feu d'un câble.

La non propagation de la flamme et/ou de l'incendie est une caractéristique qu'il ne faut pas oublier.

Non propagation de la flamme (flame retardant) :

L'essai est réalisé sur un câble posé verticalement et soumis à une flamme à son extrémité inférieure.

Norme internationale et équivalences :	CEI 60332-1, EN 50265.1, EN50265.2.1
Norme Française :	NF C 32-070 2.1 (catégorie C2)

Les essais CEI, EN et NF sont désormais harmonisés et identiques. Le test C2 consiste à enflammer le câble posé verticalement dans une cheminée et à s'assurer que le câble s'éteint naturellement sans s'être consumé sur plus de 50 cm.

Un cahier des charges pour une installation en intérieur doit demander une protection minimale de type C2 à défaut de pouvoir l'imposer par référence à une norme existante.

Non propagation de l'incendie (fire retardant):

Norme internationale et équivalences :	CEI 60332-3, EN 50266, NFC 32072
Norme Française :	NF C 32-070 2.2 (catégorie C1)
Autres normes	IEEE 383

Les essais de la norme CEI (ou ses équivalents) pour juger de la non propagation de l'incendie sont réalisés sur des câbles posés en nappes verticales. Les normes CEI comportent trois catégories d'essais (A – B – C) définies suivant la quantité de matériau combustible présent par mètre de nappe.

Catégorie	Volume de matériau par mètre de câble (litre / m)	Durée d'application de la flamme (en minutes)
A	7	40
B	3,5	40
C	1,5	20

L'essai est satisfaisant si la partie des échantillons de câble carbonisée n'atteint pas une hauteur supérieure à 2,50 m au-dessus du brûleur.

Pour les câbles optiques, la catégorie « C » est généralement demandée, elle est jugée suffisante à défaut d'être imposée par une norme.

Pour la norme NFC (ou catégorie C1), un faisceau de câbles disposé verticalement est exposé à l'action d'un four (830°C) et d'une ventilation forcée. La durée de l'essai est de 30 minutes. L'essai est satisfaisant si la partie des échantillons de câbles carbonisée n'atteint pas 0,80 m au-dessus du four.

La protection C1 peut-être demandée si cela est compatible avec le type de câble choisi : peu de gel, PeHD.

La Directive européenne des Produits de Construction (CPD) prévoyant les mesures de dégagement de chaleur (EN 50266 modifiée) est en cours d'élaboration au sein du CENELEC pour définir les exigences en fonction du type de local concerné. Cette directive ne devrait pas être applicable avant 2004.

Aucune norme n'impose donc à ce jour de protection au feu ou à la flamme pour des bâtiments publics ou privés. Il s'agit là d'une lacune qui sera comblée dans les années à venir.

Normes d'émission de fumées : (opacité des fumées):

Norme internationale et équivalences:	CEI 61034, EN 50268, NFC 32 073
Norme Française :	NF C 20-902

Pour les deux normes, on soumet les matériaux à un rayonnement thermique avec ou sans flammes. La vitesse d'obscurcissement des fumées est alors mesurée. L'essai CEI est réalisé sur le câble. L'essai NFC est réalisé sur les matériaux constitutifs du câble.

Normes d'émission de gaz toxiques :

Norme internationale et équivalences:	CEI 60754.1, EN 50267-2-1
Norme Française :	NF C 20-454

Les essais visent à déterminer la quantité de gaz toxiques dégagée par la combustion des matériaux isolants et/ou de gainage.

Normes d'émission de gaz corrosifs :

Norme internationale et équivalences:	CEI 60754.2, EN 50267 2.2
Norme Française :	NF C 32-074 et NF C 20-453

Les essais déterminent la corrosivité par mesure de l'acidité et de la conductivité des gaz dégagés lors de la combustion des matériaux de gainage ou d'isolement. Ces normes sont aussi utilisées pour qualifier l'utilisation de matériaux « zéro Halogène ».

Low Smoke Zero Halogen (LSOH) :

Norme Française :	NF C 32-062.
-------------------	--------------

Cette norme précise les propriétés des matériaux utilisés pour l'isolation ou le gainage de câbles de télécommunication.

Toute installation d'intérieur doit utiliser des câbles certifiés ZH ou LSOH par le constructeur.

Marquage :

Le marquage sur le câble doit contenir un certain nombre d'informations : le nom du constructeur, l'année de fabrication, la contenance, le type de fibres et le type de gaine.

Conditions de fonctionnement.

Les conditions de fonctionnement ainsi que les normes de sécurité doivent être respectées. Une température de fonctionnement de -20 à +60°C est suffisante pour les câbles LAN de nos contrées tempérées.

7.1.6 CONCLUSION

Dans le cas de la distribution verticale, on privilégiera des câbles à structure serrée de type break-out ou mini Break-out disposant d'une étanchéité transversale.

Pour faciliter la mise en œuvre de ces câbles une structure « à dénudage aisé » est idéale.

Dans les environnements fortement soumis aux rongeurs, une armure à base de fibre de verre est généralement suffisante et préserve le caractère diélectrique du câble. Dans les cas extrêmes, une armure acier est envisageable mais nécessite, aux extrémités, un traitement de l'armure métallique conforme aux « règles de l'art ».

En environnement intérieur, une protection à la flamme de type C2 est nécessaire. La protection au feu de type C1 est souhaitable, mais impose certaines restrictions sur les choix de structures de câbles.

Le non-dégagement de substances dangereuses en cas d'incendie est un paramètre primordial pour la sécurité des personnes. Un câble LSOH (Low Smoke Zero Halogen) est nécessaire en câblage d'intérieur. Aucune norme n'imposant à ce jour ce type de protection il est préférable de notifier clairement voir d'expliquer ce besoin.

7.2 TYPE DE CONNECTIQUE

7.2.1 INTRODUCTION

Sous l'influence d'une part des groupements d'utilisateurs ou des instances de normalisation (EIA/TIA-568, ISO/IEC-11801), et des constructeurs d'équipements actifs d'autre part, les années 95 ont connu un resserrement de l'offre connecteurs optiques pour les applications LAN vers un standard commun : le standard 2,5 mm (valeur qui définit le diamètre de la férule) et plus particulièrement vers les interfaces connecteurs ST et SC. Les constructeurs ont alors adopté unilatéralement ces standards et se sont concentrés sur la réduction des coûts de fabrication pour les uns et sur la simplification de la mise en œuvre pour les autres pour se différencier.

Paradoxalement plusieurs de ces constructeurs, seuls ou en constituant des consortiums, se sont lancés à cette époque dans la conception de connecteurs de nouvelle génération avec un objectif commun dicté par les constructeurs d'équipements de réseaux : l'augmentation du nombre de ports et donc la densité ou la taille des connecteurs. C'est alors qu'est employée la dénomination SFF ou « Small Form Factor » pour tout connecteur répondant à ce critère.

En 1997, l'organisme américain EIA/TIA entreprend de définir un successeur au connecteur SC parmi les nouveaux connecteurs SFF. Mais le vote final échoue en février 1998 et la décision est prise de laisser le marché, donc l'utilisateur, libre de son choix parmi les systèmes proposés. Face à cette incertitude et devant la difficulté d'offrir une gamme complète de produits actifs de réseaux pour toutes les interfaces SFF existantes, les constructeurs d'équipements se regroupent et rédigent en 1998 un cahier des charges commun qu'ils intitulent SFF Transceiver MSA (Multi Source Agreement). Ce cahier des charges définit les dimensions du transceiver, son implantation sur circuit et le brochage. Par la suite en 2000, cet accord évolue et devient le SFP (Small Form-Factor Pluggable) Transceiver MSA. Dès lors, on appellera connecteur SFF uniquement les connecteurs dont les dimensions coïncident avec les exigences du MSA, les trois principaux cités dans le MSA étant le LC DUPLEX, le MT-RJ et le SG (VF-45).

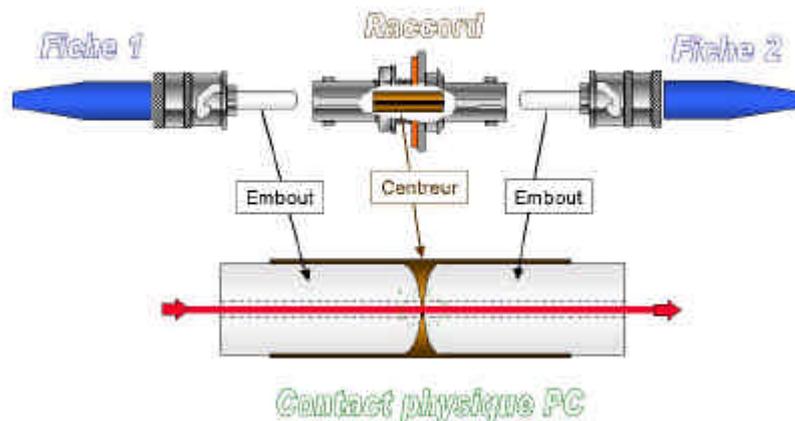
7.2.2 LE STANDARD 2.5 mm

Rappelons tout d'abord le principe d'une connexion à fibre optique tel que connu à ce jour. Une connexion optique est généralement composée de deux fiches et d'un raccord. La fiche termine la fibre, la protège, la positionne et la rend manipulable. Le raccord réalise le guidage et le verrouillage des deux fiches pour assurer d'une part la continuité du signal optique d'une fibre à l'autre, et d'autre part l'attachement mécanique de l'ensemble.

Ce principe de connexion fiche-raccord-fiche s'applique à la majorité des connecteurs déployés jusqu'à ce jour sur le marché, les plus connus d'entre eux étant les interfaces ST et SC.

On parle de connectique au standard 2,5 mm car la technologie employée repose sur l'utilisation d'un embout optique (férule) de diamètre 2,5 mm percé en son centre et dans lequel est fixée la fibre. Cet embout constitue la pièce de précision de la fiche et influe directement sur les performances optiques du connecteur. A l'intérieur du raccord se trouve un cylindre fendu (centreur) de diamètre 2,5 mm dont le rôle est d'auto-aligner les embouts optiques l'un en face de l'autre. On parle de connectique PC pour "physical contact" car les faces optiques à l'extrémité des embouts sont en contact l'une avec l'autre. La férule et le centreur sont en général réalisés en céramique zircone, mais des variantes existent en métal (cuivre beryllium) et en polymère avec différents niveaux de performance et de coût (voir catalogues constructeurs).

Pour garantir la reproductibilité des performances dans le temps, on privilégiera le choix des férules céramique.



Ces connecteurs existent en versions multimode et monomode. La différence majeure entre ces deux versions réside dans la précision dimensionnelle de l'embout en terme de concentricité et diamètre de perçage. On parle de 3 μm de tolérance pour une fiche multimode (férule percée à 128 μm), et <1 μm pour une fiche monomode (férule percée à 126 μm). L'alignement étant réalisé sur la gaine extérieure de la fibre, les fiches multimodes s'adaptent indifféremment aux principaux types de fibres multimodes (50/125 μm ou 62,5/125 μm). Les versions monomodes se déclinent en général selon deux modes : finition PC et finition APC (A pour « Angled », signifie que les faces optiques sont polies avec un angle de 8 degrés). La version APC permet d'obtenir une valeur de réflectance élevée qui convient aux applications de télécommunications hauts débits (> 2,5 Gbit/s). Elle n'est pas utilisée à ce jour pour les applications LAN.

On notera que tous les connecteurs issus de cette technologie sont mariables entre eux par l'utilisation de raccords inter séries ou raccords hybrides, à condition de respecter le même type de fibre et la même finition.

Les connecteurs au standard 2.5 mm sont illustrés dans le tableau ci après.

<p>ST®</p> 	<p>Norme: CEI 60874-10</p> <p>Dénomination: BFOC 2.5</p> <p>Verrouillage de la fiche sur le raccord de type baïonnette « pousser & tourner »</p> <p>Conçu par AT&T en 1985</p>	<p>Proposé par tous les constructeurs de connecteurs, le ST est devenu un standard « de facto ». Il est majoritairement utilisé pour les applications LAN multimodes. La dénomination ST2 correspond à une ergonomie améliorée de la baïonnette sous forme d'une rampe hélicoïdale. Le ST2 a rigoureusement les mêmes performances que le ST.</p> <p>Il n'existe pas de règle normalisée pour distinguer les applications multimode et monomode, mais l'usage veut que le manchon soit de couleur noire ou rouge pour la première, et jaune ou bleu pour la seconde.</p> <p>La version ST à embout métallique est surtout utilisée pour le raccordement sur fibres spéciales de type 100/140 μm, 200/230 μm et sur fibre optique plastique 1000 μm. La version ST à embout polymère est une alternative bas coût, mais qui n'est pas très populaire (performance moindre et difficulté de mise en œuvre).</p>
<p>SC</p> 	<p>Norme: CEI 60874-14</p> <p>Dénomination: SC ("Subscriber Connector")</p> <p>Verrouillage de type encliquetable « push-pull »</p> <p>Développé par NTT en 1986</p>	<p>L'interface SC est la plus employée actuellement. On la retrouve sur un très grand nombre d'équipements actifs quelle que soit l'application (Ethernet, ATM, Sonet/SDH, Fiber Channel...). Elle présente de nombreux avantages par rapport au ST : dépassement moindre de l'embout donc diminution du risque de pollution, conception « pull-proof » donc pas de risque de déconnexion lors d'une traction sur le câble, section rectangulaire pour une meilleure prise en main et un guidage amélioré à l'intérieur du raccord, code couleur normalisé.</p> <p>Le code couleur s'applique à la fois sur les corps de fiche et les raccords de la façon suivante : beige pour une application multimode, bleu pour monomode PC, et vert pour monomode APC.</p>

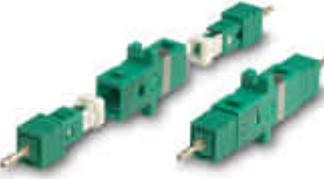
<p>SC DUPLEX</p> 	<p>Norme: CEI 60874-19</p> <p>Dénomination: SC DPX</p>	<p>Le SC DUPLEX est l'association de deux fiches SC, rendues solidaires à l'aide d'un clip ou de tout autre artifice mécanique. Ses caractéristiques sont identiques à celles du SC. Dans sa version duplex, l'utilisation du SC est recommandée dans les standards génériques ISO/IEC-11801 et EN-50173. Les lettres A et B indiquées sur le clip identifient les ports Rx (réception) et Tx (transmission) conformément à la norme.</p> <p>Le même code couleur s'applique: beige pour une application multimode, bleu pour monomode PC, et vert pour monomode APC</p>
<p>FDDI</p> 	<p>Norme: CEI 61754-12 & ANSI X3T9.5</p> <p>Dénomination: MIC, FSD</p> <p>Verrouillage latéral</p> <p>Lancé en 1984</p>	<p>D'utilisation restreinte aux réseaux FDDI, le MIC (Media Interface Connector) fut le premier connecteur bivoie à embouts flottants disponible sur le marché. Ce connecteur présente aussi l'avantage d'offrir un système de détrompage fiches/raccords à l'aide de clés de couleur clipsables sur le boîtier du connecteur. A noter que le boîtier est très robuste et protège efficacement les embouts (pollution ou dommages). Cependant, son encombrement est pénalisant.</p> <p>Les versions multimodes sont de couleur beige, le noir étant réservé pour les applications monomodes.</p>
<p>ESCON</p> 	<p>Norme: ESCON</p> <p>Dénomination: RSD</p> <p>Verrouillage latéral</p> <p>Développé par IBM en 1990</p>	<p>D'utilisation exclusive pour les environnements ESCON (Enterprise Systems Connector) et réseaux de type SAN (Storage Area Network), il s'agit d'un connecteur bivoie à embouts flottants. Il dispose d'un volet rétractable qui protège les embouts optiques lorsque la fiche n'est pas utilisée.</p> <p>Pour les applications monomodes, il est courant d'utiliser le SC DUPLEX, bien qu'il existe au moins un constructeur proposant une version ESCON monomode.</p>
<p>FC</p> 	<p>Norme: CEI 60874-7</p> <p>Dénomination: FC</p> <p>Verrouillage à vis « screw-in »</p> <p>Inventé par NTT en 1984</p>	<p>Le FC est très rarement utilisé dans les réseaux LAN, mais il a été souvent choisi par les constructeurs comme interface sur les équipements de mesure. Le FC est plutôt utilisée pour des applications monomodes et surtout au Royaume Uni.</p> <p>L'usage veut que le manchon soit de couleur noire pour les applications multimodes, jaune ou bleu pour celles monomodes PC, et vert pour celles monomodes APC.</p>

A noter qu'il existe également d'autres standards de connectique qui sont encore utilisés épisodiquement sur certains réseaux LAN. Ces connecteurs utilisent des technologies d'alignement différentes et ne peuvent donc se connecter que sur eux même.

Parmi eux, on trouve un vieux standard multi constructeur : le F-SMA, lancé à partir de 1970. Le F-SMA est décliné en deux versions : 905 et 906, et ne convient que pour des applications multimodes.

7.2.3 AUTRES STANDARDS DE COUPLAGE

D'autres standards de couplage ont été développés, sur le marché, par différents constructeurs, en particulier pour s'affranchir de l'usage d'une fêrulle cylindrique.

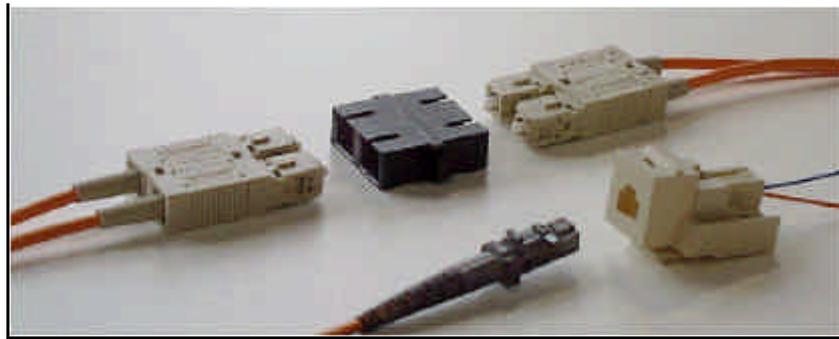
<p>EC</p> 	<p>Norme: CEI 60874-13</p> <p>Dénomination: EC (« European Connector »), CFO8</p> <p>Verrouillage de type encliquetable "push-pull"</p> <p>Développé par RADIALL en 1990</p>	<p>Le EC a été développé par la société RADIALL dans le cadre d'un projet RACE (Research and development in Advanced Communication technologies in Europe). Ce connecteur est basé sur une technologie d'alignement sphère-cône propre à RADIALL et brevetée. Il est compatible avec le connecteur SC en terme d'encombrement. Il convient pour les applications multimodes et monomodes, mais est très peu utilisé dans les réseaux LAN en raison de l'absence d'équipements actifs utilisant cette interface. Il existe en version monomode « faibles pertes » de couleur verte. Le EC est homologué par France Télécom dans ses réseaux de transmission sur fibre optique.</p>
<p>OPTOCLIP II®</p> 	<p>Norme: CEI 60874-1</p> <p>Dénomination: OPTOCLIP II, CFO10</p> <p>Verrouillage de type encliquetable "push-pull"</p> <p>Conçu par Compagnie DEUTSCH en 1995</p>	<p>Basé sur une technologie 'Sans Fêrulle', l'Optoclip a été conçu pour les applications FTTH. Sa mise en œuvre sur le terrain en moins de 3 minutes, sur fibres monomodes ou multimodes, avec un outillage simple et léger en fait un connecteur de choix dans de nombreux cas.</p> <p>La précision du système de centrage, la robustesse de son enveloppe mécanique et son principe de clivage en biais lui confèrent des performances idéales. Il allie ainsi les performances d'une épaisseur optique à celles d'un connecteur APC. Il possède un volet de protection de la fibre.</p> <p>Principalement utilisé dans les applications Télécom, en intérieur comme à l'extérieur, l'OPTOCLIP est néanmoins utilisé dans de nombreux réseaux LAN. Ses dimensions mécaniques permettent de le monter en lieu et place de tout connecteur au standard SC.</p>

7.2.4 LES CONNECTEURS SFF

L'apparition des connecteurs « Small Form Factor » a apporté un changement important dans les technologies d'interconnexion, autant en terme de concept, qu'en terme d'ergonomie, densité et mise en œuvre.

Le principal changement a conduit à appliquer à la fibre optique le principe de connexion fiche mâle – prise femelle avec une ergonomie proche de celle du connecteur pour câble cuivre multipaire "RJ45" bien connu et largement utilisé dans les applications téléphoniques et informatiques. Dans le cas de tels produits, la notion de raccord disparaît. Le connecteur est alors composé de deux éléments au lieu de trois : la fiche qui termine le cordon de brassage ou le câble de liaison, et la prise qui pourra directement se clipser dans un panneau de brassage au niveau du local technique, ou dans un boîtier au niveau du poste de travail.

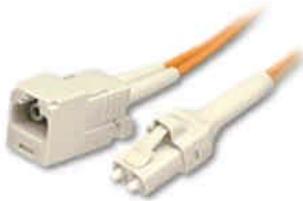
De plus, les constructeurs ont adopté le dispositif de verrouillage à languette du RJ-45 et sont allés jusqu'à réutiliser une partie du nom pour dénommer leurs systèmes d'interconnexion optique SFF, par exemple "VF-45" et "MT-RJ" dont une illustration est donnée ci après.



Concept MT-RJ vs SC DUPLEX

Avec les connecteurs SFF, les technologies d'alignement sont innovantes, voir radicalement différentes dans certains cas. La densité d'interconnexion est multipliée par deux en moyenne. Les câbles à jarretière ont également évolué vers une réduction des diamètres pour s'adapter aux contraintes de raccordement des SFF.

<p>VF-45</p> 	<p>Norme : CEI 61754-19</p> <p>Dénomination: SG, VF-45 et système de câblage Volition</p> <p>Verrouillage à languette</p> <p>www.vf45.com</p>	<p>Ce connecteur développé par 3M prend en compte une solution très innovante en s'affranchissant des férules en céramique pour utiliser un élément dans lequel les deux fibres (multimode 50, 62.5 ou monomode 9 /125 μm) sont maintenues mécaniquement. Cet élément est placé dans deux pièces moulées qui forment le design final de la prise. Le principe d'alignement fibre à fibre repose sur une rainure en V moulée qui guide les fibres. Les fibres sont espacées de 4,5 mm. Le SG possède un volet obturateur côté fiche et côté prise, ce qui implique un kit de nettoyage spécifique. On notera que le concept SG introduit un angle mécanique entre l'axe de la fiche et l'axe de la prise.</p> <p>Le gain de temps dans sa mise en œuvre est considérable puisque les deux fibres sont raccordées en une seule opération et qu'il n'existe pas de temps de chauffage dans un four. Dans la solution proposée par 3M, tous les câbles sont composés de modules de deux fibres, protégés par une mini gaine de 850 μm.</p> <p>L'offre en produits de réseau actifs pour applications multimodes est assez bien fournie, et supportée par 3M.</p>
<p>MT-RJ</p> 	<p>Norme : CEI 61754-18</p> <p>Dénomination: MT-RJ et système de câblage Solarum</p> <p>Verrouillage à languette</p> <p>www.mtrj.com</p>	<p>Imaginé par un consortium de plusieurs constructeurs, dont TYCO et SIECOR, le MT-RJ est réalisé autour d'un embout rectangulaire à deux positions en polymère chargé. C'est donc un véritable connecteur bivoie, ou les deux fibres dans l'embout sont espacées de 750 μm. Le principe d'alignement fibre à fibre s'inspire exactement de l'embout MT bien connu, et utilise deux pions de centrage de part et d'autre des fibres. Les pions se situent côté prise et impliquent un kit de nettoyage spécifique, alors que la fiche peut se nettoyer de façon classique.</p> <p>La principale technologie retenue pour le raccordement sur site consiste à cliver les fibres à raccorder, puis à les abouter face à des morceaux de fibres préalablement insérés dans la prise, collés et polis par le constructeur. La tenue mécanique est réalisée par sertissage du revêtement de la fibre. Cette méthode garantit un temps d'installation très court.</p> <p>Certains constructeurs ont adopté un code couleur pour la prise pour différencier les applications à fibre 50/125, 62.5/125 et monomode</p> <p>L'offre en produits de réseau actifs est bien fournie pour les applications multimodes.</p>

<p>LC</p> 	<p>Norme : CEI 61754-20</p> <p>Dénomination : LC</p> <p>Verrouillage à languette</p> <p>www.lcalliance.com</p>	<p>Ce connecteur duplex est à l'origine un produit développé par AVAYA. Il fait appel à des technologies parfaitement connues et maîtrisées : embouts céramiques 1,25 mm et corps plastique. AVAYA a réussi le pari de réduire de moitié la taille des connecteurs existants tout en conservant des technologies éprouvées. Les fibres sont espacées de 6,25 mm. La procédure de nettoyage reste classique, comme les techniques de raccordement, moyennant quelques adaptations mineures. Le code couleur (corps de fiche et de raccord beige, bleu ou vert) suit les mêmes règles que pour le connecteur SC.</p> <p>L'offre en produits de réseau actifs est bien fournie pour les applications à la fois multimodes et monomodes, et est supportée par AVAYA.</p>
<p>FJ</p> 	<p>Norme : TIA FOCIS-6</p> <p>Dénomination : FJ, OptiJack</p> <p>Verrouillage à languette</p> <p>www.fj-connector.com</p>	<p>L'OptiJack, développé par PANDUIT, a été le premier connecteur duplex à adopter le concept mâle – femelle et le verrouillage à languette propre au RJ45. Sa technologie d'alignement est classique puisqu'elle repose sur des embouts optiques au standard 2,5mm. De ce fait, le gain en densité reste assez faible, et le connecteur n'est pas tout à fait compatible avec l'accord multi-constructeurs SFP MSA. L'offre en produit actif étant très limitée, le FJ reste très peu déployé.</p>
<p>SC-DC</p> 	<p>Norme : N/A</p> <p>Dénomination : SC-DC, SC-QC</p> <p>Verrouillage de type encliquetable « push-pull »</p>	<p>Proposé par SIECOR et appuyé initialement par IBM, le SC-DC est un connecteur d'aspect rigoureusement identique au SC, mais dont l'embout optique permet d'aligner deux fibres en ligne. Le principe d'alignement est identique au SC, mais il nécessite en plus de contrôler avec exactitude l'alignement angulaire des fiches en vis à vis.</p> <p>Le SC-DC est très peu déployé, à l'exception de quelques applications IBM.</p>
<p>MU</p> 	<p>Norme :</p> <p>Dénomination : MU, Mini-SC</p> <p>Verrouillage de type encliquetable « push-pull »</p>	<p>Le connecteur MU a été introduit par NTT bien avant que le terme SFF ne soit employé. Il a été largement déployé au Japon pour les applications de fibre jusqu'à l'abonné et en Europe pour les applications fond de panier. Mais il n'a jamais été envisagé pour les applications LAN et n'est pas vraiment considéré comme un connecteur SFF, même s'il peut le prétendre du fait de ses dimensions. Il est construit sur une technologie semblable au LC à l'exception du verrouillage, et quelques constructeurs proposent une version duplex.</p> <p>L'offre en produit actif est inexistante à ce jour.</p>
<p>LX.5</p> 	<p>Norme :</p> <p>Dénomination : LX.5</p> <p>Verrouillage à languette</p>	<p>Le connecteur duplex LX.5 peut lui aussi prétendre à l'appellation SFF même s'il a été introduit par ADC bien après les autres. Il est majoritairement utilisé dans les applications télécoms monomodes et n'a pas encore été envisagé pour les applications LAN. Il est construit sur une technologie semblable au LC et propose en plus un volet obturateur sur la fiche et sur le raccord, ce qui nécessite un kit de nettoyage spécifique.</p> <p>Le nombre de licences constructeur est très faible et l'offre en produit actif est inexistante à ce jour.</p>

7.2.4 LES CONNECTEURS MULTIVOIE

Il convient de citer également les connecteurs MPO et URM qui, même s'ils ne sont pas couramment utilisés, se justifient dans le cadre d'installations «Plug and Play » où l'utilisateur recherche un système de câblage dont les éléments et en particulier les rocares ont été pré-assemblés et testés en usine, et qui puisse être très rapidement mis en œuvre. C'est le cas de salles informatiques hébergeant des réseaux de type SAN (Storage Area Network) par exemple.

<p>MPO</p> 	<p>Norme :</p> <p>Dénomination : MPO, MTP</p> <p>Verrouillage de type encliquetable « push-pull »</p>	<p>Le connecteur MPO se compose de manière traditionnelle de deux fiches et un raccord. Il intègre un embout optique rectangulaire MT en silice chargée. Il est décliné pour une capacité de 4 à 12 fibres sur une rangée, et jusqu'à 24 fibres multimodes sur deux rangées. Les applications monomodes se limitent aujourd'hui à 8 fibres avec une finition APC. La technologie d'alignement repose sur deux pions de guidage situé sur l'embout de part et d'autre de la rangée de fibre. Il nécessite un kit de nettoyage approprié. D'un prix élevé, ce système est assez peu utilisé dans les réseaux LAN.</p>
<p>URM</p> 	<p>Norme : N/A</p> <p>Dénomination : URM, PC8</p> <p>Verrouillage de type encliquetable « push-in »</p>	<p>Le connecteur URM est un nouveau connecteur multivoie proposé par RADIAL et EUROMICRON. Il présente l'avantage d'offrir une solution modulaire à 2, 4 et 8 voies. Il est construit autour de la férule céramique de diamètre 1,25 mm utilisée pour le LC. Ce connecteur présente de bonnes performances en utilisation multimode et monomode. Il existe en version APC et peut être ajusté fibre par fibre. Le raccord de l'URM 8 voies se fixe en lieu et place d'un raccord SC Duplex. Contrairement au MPO, il peut être installé directement en face avant des équipements de brassage avec utilisation de jarretières mixtes URM bivoie vers SC ou LC Duplex.</p>

7.2.5 CHOIX TECHNOLOGIQUES DE LA CONNECTIQUE

Seuls les connecteurs susceptibles d'être utilisés dans les réseaux LAN sont repris dans le tableau ci-dessous.

Si la plupart de ces connecteurs sont assez proches en terme de performance catalogue, leur utilisation peut s'avérer plus propice pour certaines applications par rapport à d'autres. Le tableau récapitulatif ci-dessous illustre les points forts caractéristiques de certains connecteurs.

Connecteur	Embout optique	Concept	Principales caractéristiques	Pertes d'insertion (dB)		Réflectance min (dB) Multi / Mono
				Multi / Mono		
				Typique	Max	
VF45™	sans	F-P Bivoie	mise en œuvre FTTH, offre système, bas coût	0,30 / 0,20	0,75 / 0,75	-20 / -45
MT-RJ	polymère	F-P Bivoie	offre en composants actifs, compacité	0,20 / 0,20	0,50 / 0,40	-20 / -45
LC	céramique 1,25mm	F-R-F Duplex	polyvalence multi/mono, offre en composants actifs, version mono ajustable et APC	0,10 / 0,15	0,30 / 0,40	-20 / -55
FJ	céramique 2,5mm	F-P Bivoie	offre système	0,10 / NC	0,75 / NC	-20 / NC
SC (FC)	céramique 2,5mm	F-R-F Duplex	polyvalence multi/mono, offre en composants actifs, nombre élevé de constructeurs	0,20 / 0,15	0,45 / 0,30	-20 / -55
ST	céramique 2,5mm	F-R-F	standard de facto, simplicité, mise en œuvre	0,20 / 0,15	0,45 / 0,30	-20 / -35
FDDI & ESCON	céramique 2,5mm	Bivoie	robustesse, détrompage	0,30 / NC	0,50 / NC	-20 / NC
OPTOCLIP	Ferule-less	F-R-F	Mise en œuvre très rapide - SM ou MM Performances d'une épissure avec les caractéristiques d'un connecteur APC FTTH, boucles d'accès, LAN	0,1 / 0,15	0,5	-40 / -60
MPO	polymère	Multivoie 4 à 24 FO	densité	0,35 / 0,35	1,00 / 0,50	-20 / -45
URM	Céramique 1,25 mm	F-R-F 2 à 8 FO	Polyvalence multi/mono, densité	0,20 / 0,20	0,40 / 0,50	-20 / -50

Nota :

F-P signifie « Fiche – Prise »

F-R-F signifie « Fiche – Raccord – Fiche »

Si l'affaiblissement maximum peut atteindre 0,75 dB pour certaines technologies, une mise en œuvre appliquée, respectant les consignes et modes opératoires de montage du constructeur permet de réaliser aujourd'hui tout type de connectique sur le terrain avec une valeur moyenne d'affaiblissement inférieure à 0,5 dB.

7.3 RÉPARTITEURS ET TÊTES DE CÂBLE OPTIQUES

Ces équipements supportent les raccordements fibre optique. En fonction de leur format mécanique, on parlera de têtes de câble, tiroirs optiques ou de cassettes à accrochage direct.

Le choix de la modularité du câble est généralement de modulo 6 fibres. Les accessoires de raccordement sont donc généralement conçus pour cette modularité de 6 fibres.

En fonction du support choisi, on pourra utiliser :

- des têtes de câbles optiques pour châssis de répartition et fermes,
- des tiroirs optiques au format 19".

Ces têtes de câbles et tiroirs disposent de face avant pouvant recevoir des traversées correspondant à différents standards de connectique SC, ST, MTRJ, VF45 ou autres.

7.3.1 TÊTES DE CÂBLES OPTIQUES

Les têtes de câbles optiques apportent une solution optimale à la gestion des câbles optiques sur les répartiteurs au format « ferme » verticale.

Elles permettent de recevoir généralement 3, 6, 12 ou 24 fibres.

Elles se fixent sur le rail du répartiteur et intègrent :

- un compartiment prévu pour l'amarrage et l'épanouissement de chaque câble installé, permettant le travail en fibres non gainées et les ré-interventions en toute sécurité,
- 3, 6 ou 12 cassettes pivotantes recevant les fibres, constituées chacune d'un cadre rotatif assurant le positionnement de 2 connecteurs, le repérage des fibres, le positionnement et le maintien de 2 épissures.

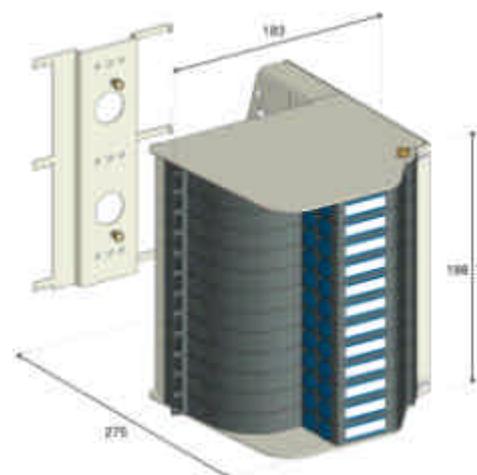
Chaque cassette peut recevoir jusqu'à 3 mètres de fibres gainées. Il est important que le type de gaine et son diamètre soient compatibles avec les dimensions mécaniques de la cassette.

Si les liaisons fibres optiques sont importantes, il est recommandé de prévoir une ferme particulière. Pour une installation normale, on utilise un répartiteur mixte (cuivre, fibre optique). Dans ce cas, il est recommandé de positionner la tête à l'extrémité inverse de l'arrivée des câbles et de fixer les câbles optiques au fond de la goulotte avant de positionner les câbles cuivre.

7.3.2 CASSETTES À ACCROCHAGE DIRECT

Pour les petites configurations où le nombre de fibres à raccorder ne justifie pas l'emploi de têtes de câbles, des cassettes à accrochage direct peuvent être positionnées sur des châssis de répartition ou des fermes.

Un couvercle devra permettre de protéger les fibres de la cassette supérieure contre la poussière.



7.3.3 TIROIRS FIBRE OPTIQUE 19"

Les tiroirs fibre optique apportent une solution pour la gestion des câbles optiques dans un environnement 19". Leur concept original et économique permet de les utiliser dans tous les cas de figures :

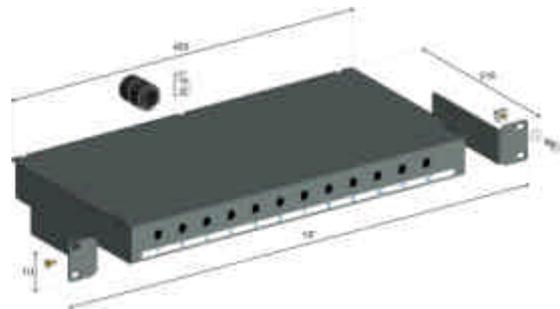
- simple jonction par épissurage,
- terminaison de câble par connecteurisation,
- utilisation mixte (épissures et connecteurs).

Ces tiroirs peuvent être utilisés avec différents types de connectique et raccords : SC simple et duplex, ST simple et duplex, MT RJ, Volition ou autre.

Selon la structure de câble et le type de connectique retenu, la connecteurisation de la fibre pourra s'effectuer soit directement, soit au travers d'épissures. En fonction du mode de connecteurisation retenu, les tiroirs devront donc intégrer l'ensemble des accessoires nécessaires à l'opération de raccordement (supports d'épissures, cassettes de lavage).

Leur composition sera la suivante :

- logement inférieur pour le lavage et la fixation des câbles en arrivée,
- platine supérieure sur glissière recevant les épissures,
- face avant pour recevoir les raccords en version simplex ou duplex,
- encombrement très faible,
- standard (fixe) ou à glissière (extractible).



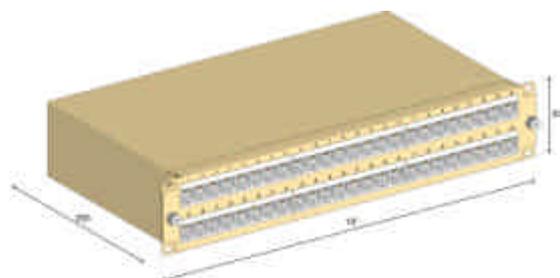
Tiroir optique classique

Le raccordement peut se faire à l'aide de connecteurs classiques ou SFF.

Les tiroirs 19" équipés pour la connectique classique permettent de recevoir typiquement 12 ou 24 fibres sur 2U.

Les tiroirs 19" équipés pour des connecteurs SFF (par exemple en VF45) permettent de recevoir 48 ou 96 fibres sur 2U.

Au-delà de la densité de fibres gérée, il conviendra de considérer également l'organisation de la baie et les flux de cordons de brassage.



Tiroirs optique Volition VF45

7.3.4 ACCESSOIRES DE RACCORDEMENT

Deux méthodes sont couramment utilisées pour la connecteurisation :

- la connecteurisation sur site,
- la connecteurisation en usine, notamment dans le cas de répartiteurs de grande capacité.

La première méthode consiste à monter le connecteur directement sur la fibre du câble sur site. La seconde consiste à équiper le répartiteur de « pigtails » en usine. Le raccordement sur site entre le « pigtail » et la fibre du câble est réalisé par épissurage.

Dans ce dernier cas, il est important de prévoir, dans les têtes de câbles, l'ensemble des accessoires de raccordement qui permettent de réaliser puis protéger l'épissure.

Les cassettes d'épissurage

Les cassettes ont plusieurs fonctions :

- lovage des sur-longueurs de fibres nécessaires à l'opération d'épissurage (environ 1,20 m de part en d'autre de l'épissure),
- respect des rayons de courbure (30 mm),
- maintien des épissures et de leurs protections (mécanique ou thermorétractable),
- protection de l'ensemble.

Modularité des cassettes

Plusieurs écoles s'affrontent sur le sujet :

- gestion par circuit c'est à dire que chaque cassette comporte le même nombre de fibres que l'application (2 ou 4 en général),
- gestion par élément, chaque cassette renfermant les fibres d'un module du câble (6, 12 ou 24 en général).

Les cassettes au répartiteur étant utilisées côté câble, nous préconisons la gestion par élément qui paraît la plus logique.

Les logements d'épissures

Les cassettes devront permettre de loger les épissures ou les protections d'épissures (cas d'épissurage par fusion) utilisées.

Les plus courantes :

- protection thermorétractable unitaire,
- protection thermorétractable pour épissurage de masse (ruban),
- protection mécanique (ANT),
- épissure mécanique unitaire,
- épissure mécanique de masse.

7.4 COFFRETS D'ÉPISSURAGE

Ceux-ci sont utilisés dans le cas des câblages optiques centralisés et permettent de réaliser un épanouissement de câbles de regroupement vers des câbles de distribution sans mettre en œuvre de répartiteurs.

Ces coffrets mettront en œuvre, en particulier les différentes fonctions définies ci-dessus :

- fixation et lovage des câbles,
- cassettes d'épissurage,
- logement d'épissures.

8. CHOIX DE COMPOSANTS DANS LA DISTRIBUTION HORIZONTALE - FTTD



8.1 TYPES DE CÂBLES

8.1.1 INTRODUCTION

Dans le cas de la distribution horizontale FTTD, les câbles ont généralement des contenances faibles de l'ordre de 2 à 8 fibres. Nous allons présenter les différentes structures de câbles utilisables en cheminement horizontal. Le but de ce chapitre est aussi de présenter une évolution du concept de câblage horizontal : le câblage à accessibilité continue.

Le choix d'une infrastructure optique horizontale est aujourd'hui, plus qu'hier d'actualité. L'avenir du système de câblage LAN est certainement dans le positionnement de la fibre optique jusque dans le bureau. L'augmentation des débits, la facilité d'installation des prises optiques, la baisse des coûts des composants optiques sont autant d'éléments qui amènent inéluctablement un développement de l'utilisation du câblage optique horizontal.

Les produits FTTD (Fiber To The Desk) et FTTO (Fiber To The Office) se positionnent sur le marché et le câble optique est un élément qui doit être correctement choisi pour satisfaire ces nouvelles applications.

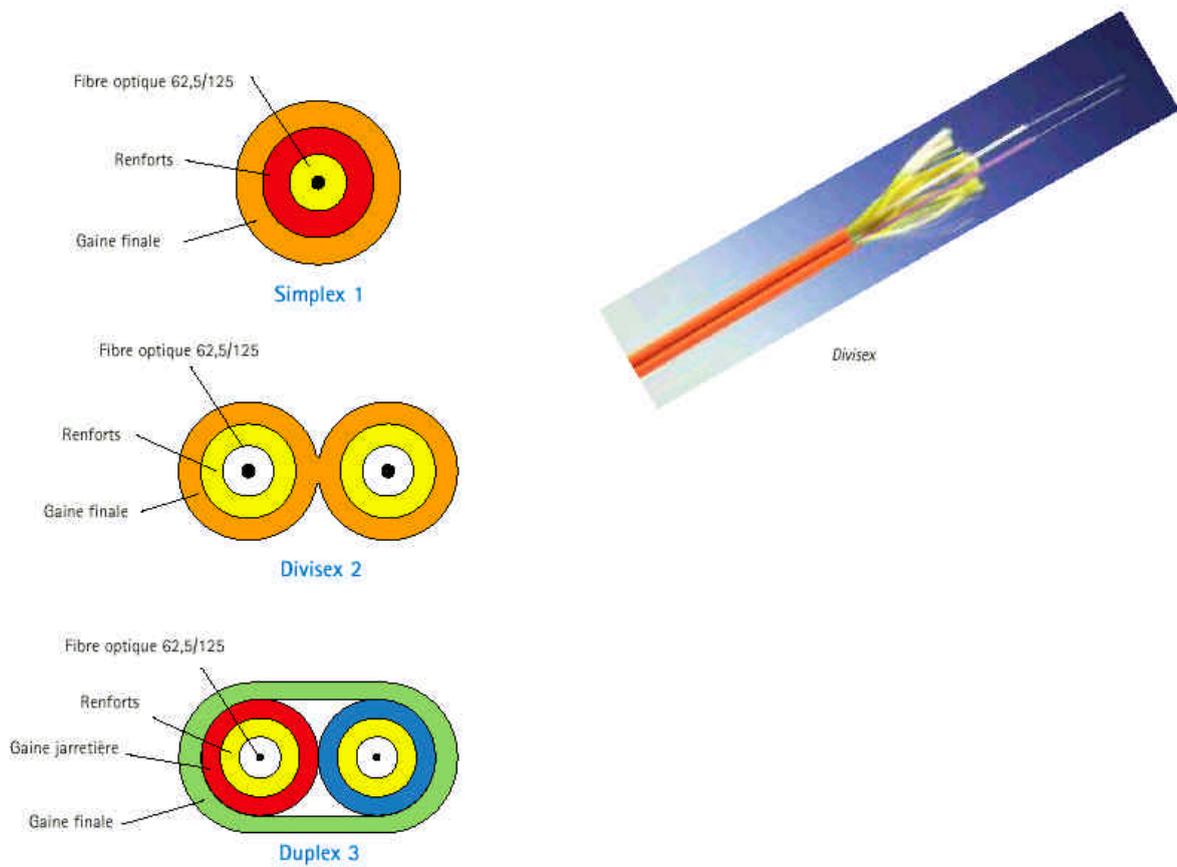
8.1.2 INVENTAIRE DES STRUCTURES DE CÂBLES

Câble Jarretière:

Le câble élémentaire pour la distribution horizontale FTTD est composé d'un assemblage de deux jarretières optiques. Ce type de câble peut être utilisé pour amener 2 fibres à un poste de travail. Les renforts latéraux en mèches d'aramide permettent aux câbles d'avoir de bonnes caractéristiques de traction. La connectique se monte aisément sur le module primaire de 900 µm. Les jarretières ont généralement un diamètre de 2,5 mm, mais des nouveaux produits, avec un diamètre de 2 mm apparaissent sur le marché. Un exemple de caractéristiques mécaniques associées à ce type de câble est donné ci-dessous avec une représentation de ce produit.

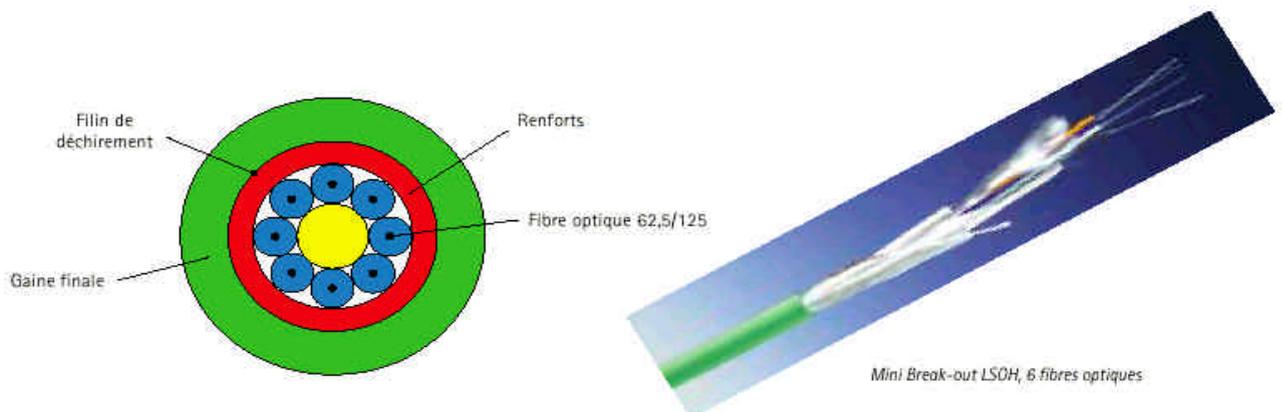
Type de Jarretière	Type de câble	Dimension	Poids	Écrasement	Tension Max à la pose	Hauteur Max de pose en vertical	Rayon de courbure min (statique)
2,5 mm	2 fibres divisex (scindex)	2.5x5 mm	12 Kg/Km	200 N/cm	300 N	200 m	25 mm
	2 fibres duplex	3.5x5.8 mm	19.5 Kg/Km				
2 mm	2 fibres divisex (scindex)	2x4,3 mm	8,4 Kg/Km				

Température de stockage et de transport	-30 à +70°C
Température d'installation	-5 à +50°C
Température de fonctionnement	-10 à +70°C
Comportement au feu	Catégorie C2



Câble mini-break out:

La structure serrée ou semi-serrée 900 µm permet la réalisation de câbles de type **mini-break out**. Ces câbles sont constitués d'un assemblage de fibres gainées à 900 µm. Dans ce cas aussi le montage de connecteurs sur la gaine 900 µm est aisé. Un exemple de caractéristiques mécaniques associées à ce type de câble est donné ci-dessous.

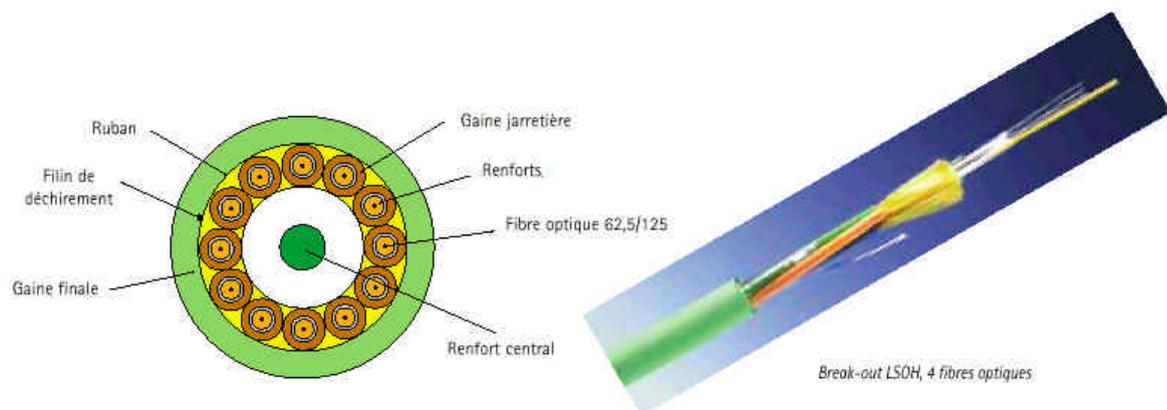


	Diamètre	Poids	Ecrasement	Tension Max à la pose	Hauteur max de pose en vertical	Rayon de courbure min (statique)
2 fibres	4.3 mm	30 kg/km	200 N/cm	300 N	200 m	45 mm
4 fibres	4,5 mm	30 kg/km		300 N		45 mm
6 fibres	5.9 mm	37 kg/km		500 N		60 mm
12 fibres	7.2 mm	57 kg/km		600 N		75 mm

Température de stockage et de transport	-30 à +70°C
Température d'installation	-5 à +50°C
Température de fonctionnement	-30 à +70°C
Comportement au feu	Catégorie C1

Câble break out:

Des faisceaux de jarretières de 2 à 2,5 mm permettent de réaliser des câbles de type **break-out**. Ceux-ci ont un diamètre et un poids supérieurs aux câbles du type mini break-out mais ils disposent de performances mécaniques supérieures. Les connecteurs optiques se montent également aisément sur ce support. On lui préfère généralement le câble mini-break out pour des raisons de diamètre, souplesse, poids et prix, mais avec l'apparition des jarretières de 2 mm de diamètre, le câble break out s'allège, devient plus compact et connaît un net regain d'intérêt. Un exemple de caractéristiques mécaniques associées à ce type de câble est donné ci-dessous.



Type de Jarretière	Modularité du câble	Diamètre	Poids	Ecrasement	Tension Max à la pose	Hauteur max de pose en vertical	Rayon de courbure min (statique)
2.5 mm	2 fibres	8.7 mm	72 Kg/Km	350 N/cm	500 N	200 m	90 mm
	4 fibres	8.7 mm	72 Kg/Km	350 N/cm	500 N		90 mm
	6 fibres	10.1 mm	104 kg/km	350 N/cm	900 N		100 mm
	12 fibres	15.4 mm	239 kg/km	350 N/cm	1900 N		160 mm
2 mm	6 fibres	7.6 mm	58 kg/km	250 N/cm	800 N	200 m	40 mm
	12 fibres	9.7 mm	95 kg/km	200 N/cm	1500 N		50 mm

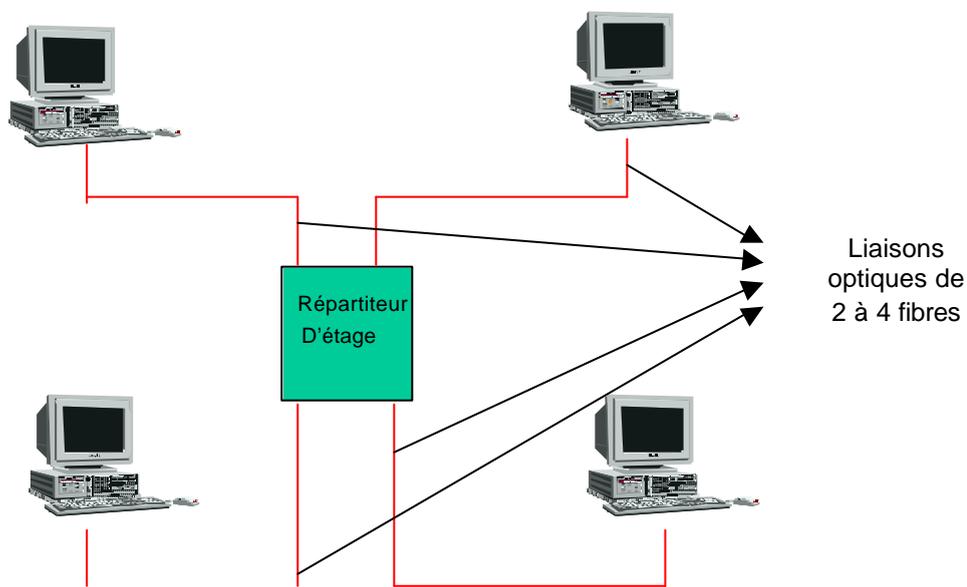
Température de stockage et de transport	-30 à +70°C
Température d'installation	-5 à +50°C
Température de fonctionnement	-25 à +70°C
Comportement au feu	Catégorie C1

8.1.3 ARCHITECTURE DE CÂBLAGE HORIZONTAL

Dans le cas du câblage optique horizontal, le choix de la structure de câble dépend de l'architecture du système de câblage.

Architecture étoile :

L'**architecture « étoile »** est basée sur la liaison de chaque point d'accès au répartiteur d'étage. Le répartiteur d'étage concentre donc toutes les liaisons optiques. Une liaison utilise une fibre pour la transmission de données et une fibre pour la réception de données, soit deux fibres. On prendra donc soin d'amener à chaque point d'accès au moins deux fibres optiques. Pour assurer une redondance des liens ou les extensions ultérieures, on peut envisager d'amener 4 fibres optiques par poste de travail. 6 ou 8 fibres peuvent être envisagées dans le cas où il est prévu de transmettre plusieurs flux de données.



Aide au choix du câble dans le cas d'une architecture étoile :

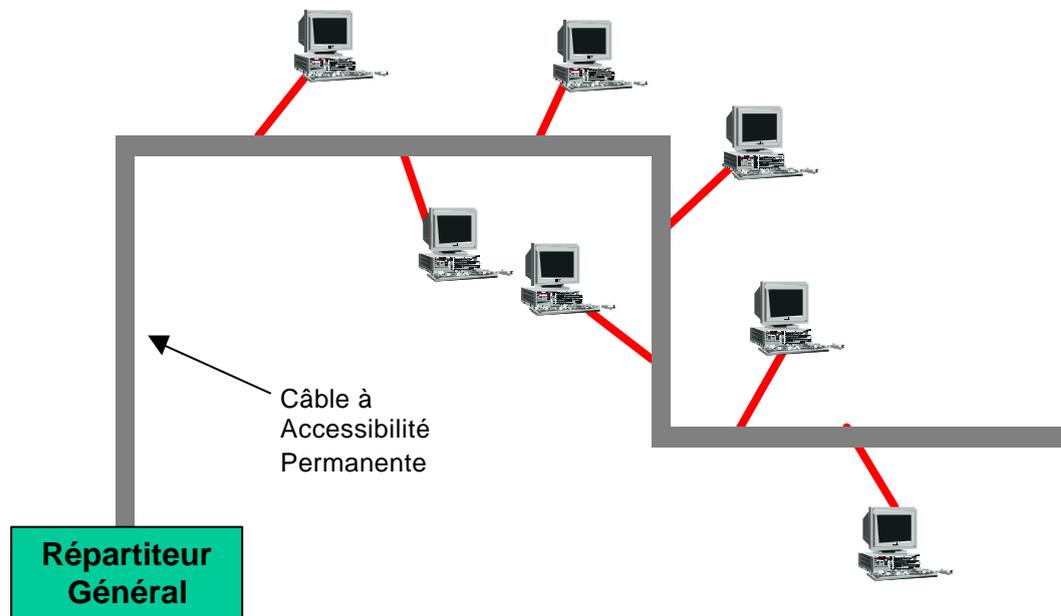
Si le diamètre du câble n'est pas un élément primordial comme pour le brassage dans les chambres de répartiteur, le câble de type break-out, constitué de jarretières assemblées est idéal. L'ouverture du câble donne accès à des jarretières standards qu'il est aisé de manipuler et de raccorder à un connecteur optique quelconque.

Pour relier les points d'accès aux concentrateurs d'étage, des câbles de type mini-break-out ou des jarretières duplex constituées de 2 fibres peuvent être disposés dans les goulottes. Là encore, la manipulation est aisée et le raccordement facile. Le câble de type mini break-out reste plus souple, plus léger et moins cher que le câble break-out. Ce dernier ne sera choisi que pour sa résistance mécanique plus élevée si cela s'impose.

Architecture Anywhere Anytime «A.A » et Câble à Accessibilité Permanente (CAP):

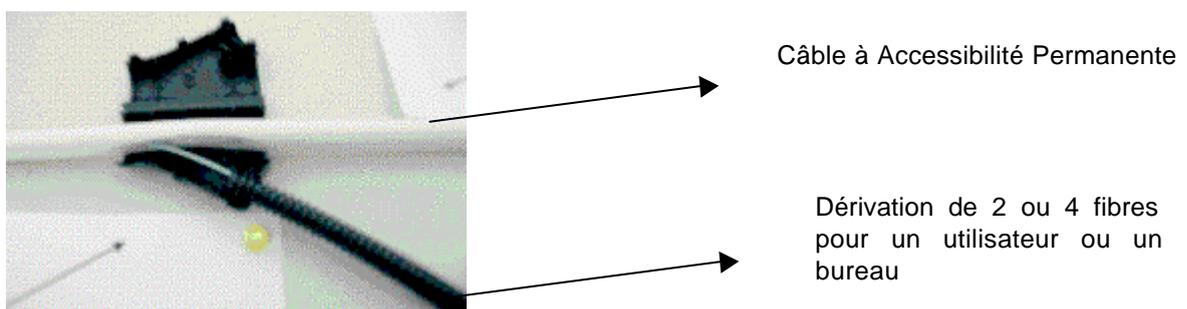
Un autre concept peut être envisagé aujourd'hui ; les normes le reconnaissent avec la normalisation des réseaux en architecture centralisée.

L'architecture optique centralisée avec connexion «Anywhere, Anytime » est basée sur la mise en place d'un câble optique de capacité élevée circulant dans le bâtiment. Ce câble est placé, par exemple, dans un cheminement central en faux plafond et peut être juxtaposé aux câbles d'énergie.



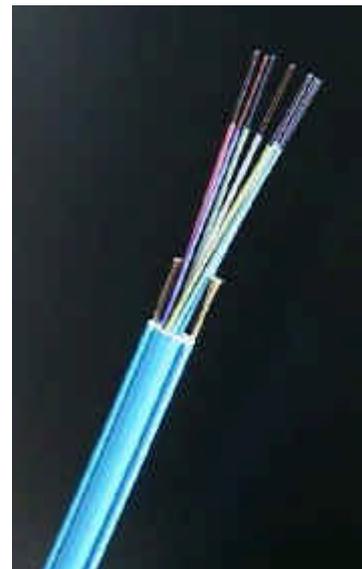
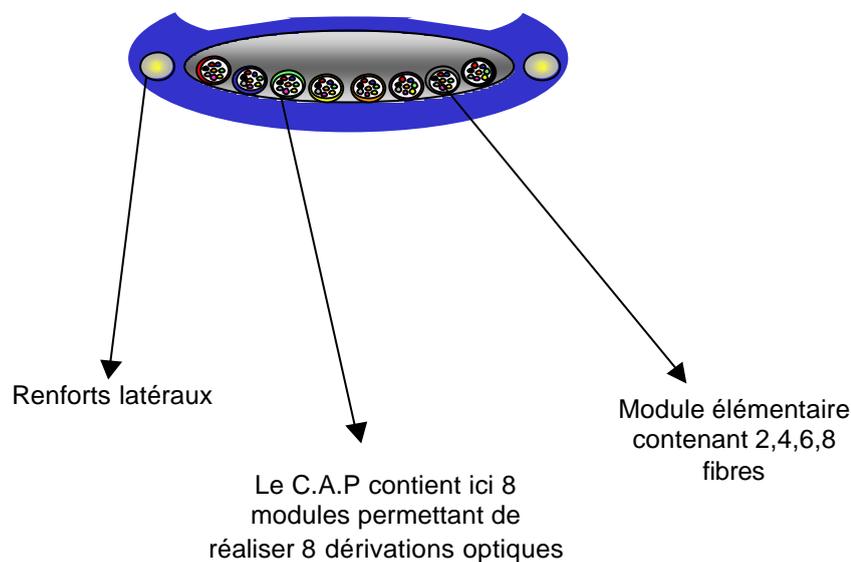
Au fur et à mesure de l'évolution des besoins des utilisateurs du réseau, des liens pourront être réalisés par dérivation des fibres dans le Câble à Accessibilité Permanente (C.A.P). Des nouveaux utilisateurs peuvent ainsi être insérés dans le réseau à tout moment.

Exemple de dérivation de fibres



Il faut prévoir lors de l'installation du Câble à Accessibilité Permanente, un nombre suffisant de modules internes. Chaque module peut desservir un poste de travail ou un bureau. Le nombre de fibres dans un module peut-être de 2, 4, 6, 8 fibres en fonction du nombre de points optiques que l'on souhaite dériver. Le nombre de bureaux ou de postes informatiques dérivés est limité par le nombre de modules élémentaires présents dans le C.A.P.

Coupe du Câble à Accessibilité Permanente (CAP) :



8.1.4 CONCLUSION

Dans le cas du câblage optique horizontal, deux solutions sont envisageables.

- Pour une infrastructure traditionnelle en étoile, des câbles de type jarretières, divisex ou duplex ainsi que des câbles de type mini break-out d'une contenance maximale de six fibres sont les meilleures solutions.
- Pour éviter d'avoir à gérer des chemins de câbles nombreux et complexes et créer un réseau très évolutif, l'architecture « A.A » basée sur un Câble à Accessibilité Permanente réalise une solution séduisante.

Simple à installer, évolutive, cette architecture « Anywhere, Anytime » est à ce jour en phase de développement final. Gageons que l'avenir verra de nouvelles offres apparaître pour la satisfaction des installateurs, des concepteurs et des utilisateurs de réseaux LAN.

8.2 TYPE DE CONNECTIQUE

Les différentes technologies de connectique ont été présentées au chapitre précédent. Dans la distribution horizontale, et en particulier au niveau du poste de travail localisé dans le bureau le choix de la technologie devra tenir compte :

- de l'environnement spécifique du bureau,
- des conditions de pose (pose en plinthe, localisation difficile, place limitée, courant électrique disponible ou non).

Il conviendra de choisir impérativement une connectique Duplex et de type «Pull-Proof». Ceci évitera les problèmes de micro coupures en cas de tirage involontaire sur le cordon de raccordement de l'appareil.

Les standards systèmes ISO11801 et EN50173 préconisent encore, ici, l'emploi de la technologie SC Duplex. Il est probable qu'ils évolueront dans de prochaines versions, pour inclure l'usage des nouvelles technologies SFF, plus compactes et plus simples de mise en œuvre.

Nous recommandons dès aujourd'hui l'usage de ces technologies, notamment au regard de la facilité de mise en œuvre, adaptée à un environnement de bureau.

8.3 POSTE DE TRAVAIL ET PRISE TERMINALE

Le point d'accès optique est conçu pour être utilisé en intérieur, pour le raccordement d'un équipement terminal. Il s'adapte dans les goulottes ou boîtiers de prises.

On veillera à ce que le format mécanique du port optique soit adapté à l'encombrement de la connectique retenue et permette le dégagement arrière du câble, tout en respectant les rayons de courbure mécaniques.

Plusieurs formats pourront être utilisés, selon les standards de connectique retenus.

Par exemple, dans le cas des connecteurs ST, SC etc ...deux raccords équiperont un format 45 x 45 mm, tandis que le SG (VF-45™) devra de son côté utiliser un format 45 x 90 mm afin de loger la forme arrière de la prise ainsi que le système de lovage de la fibre.

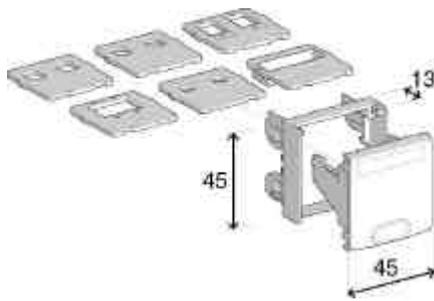
Une profondeur intérieure de goulotte d'un minimum de 50 mm sera nécessaire pour permettre le dégagement arrière de la connectique et du câble. Attention, il s'agit de la profondeur de dégagement nécessaire pour le câble optique. Dans le cas où la goulotte est encombrée par d'autres câbles, la profondeur laissée libre au dessus du lit de câbles devra être au minimum de 50 mm.

Dans tous les cas de figure, l'arrivée des câbles se fait par l'arrière et la sortie des cordons par la face avant.

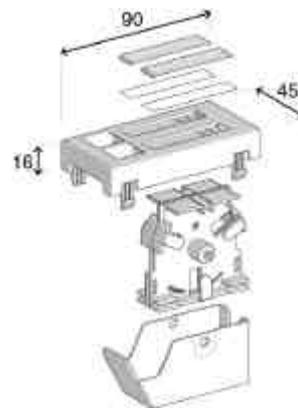
Le point d'accès doit posséder une protection permettant, en position fermée dite d'attente de protéger les raccords des connecteurs. Ceci n'est pas utile dans le cas où la connectique est elle même équipée d'un volet de protection (SG (VF-45™) ou OPTOCLIP par exemple) qui se dégage à l'insertion de la fiche.

Le point optique mural reçoit les prises terminales et est relié au répartiteur ou boîtier d'épissurage par le câble de distribution de 2 voire 4 fibres.

Point optique pour ST,SC,...



Point optique pour SG



8.4 USAGE D'UN CONVERTISSEUR DE MÉDIA

Si la carte électronique intégrée dans le poste de travail n'est pas équipée d'interfaces optiques, la mise en œuvre d'un convertisseur de média « cuivre – optique » est nécessaire. Ce convertisseur peut se présenter sous plusieurs formats mécaniques.

Le plus courant correspond à un petit boîtier électronique qui vient s'intercaler entre le poste de travail et la prise murale. Le convertisseur est relié à la prise au moyen d'un cordon optique et dessert, selon le cas, un ou plusieurs postes de travail raccordés à l'aide de cordons RJ45.



Une autre solution consiste à intégrer le boîtier convertisseur directement dans la plinthe. Une telle solution évite la mise en place d'une prise optique matérialisée dans le bureau. Le convertisseur restitue une ou des interfaces « cuivres » RJ45 vers l'utilisateur.



Convertisseur intégré en plinthe

La mise en œuvre de cette solution devra prendre en compte l'alimentation électrique du convertisseur et tenir compte des conditions d'environnement (en particulier la température) qui peuvent être difficiles pour cette électronique logée en plinthe.

Il ne faudra pas perdre de vue que le convertisseur est spécifique de l'application mise en œuvre dans le bureau et devra donc être changé si cette application évolue.

9. AGENCEMENT ET ORGANISATION DU LOCAL TECHNIQUE OPTIQUE

9.1 CONTEXTE GÉNÉRAL

Le réseau fibre optique s'articule autour des différents nœuds que sont les répartiteurs.

Ces équipements assurent les fonctions générales :

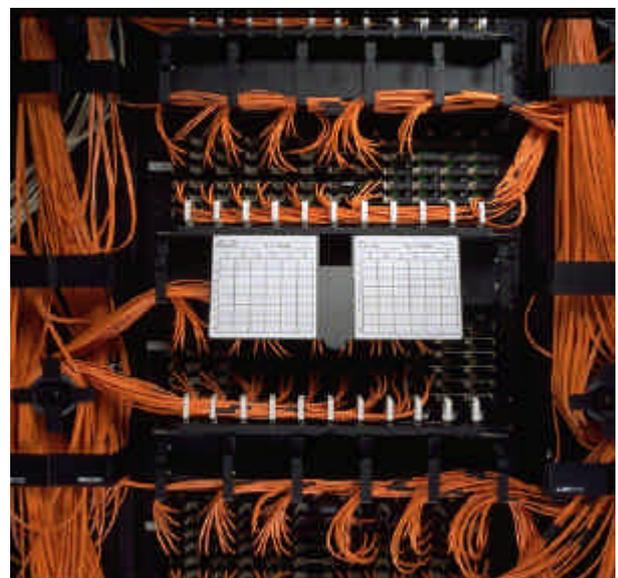
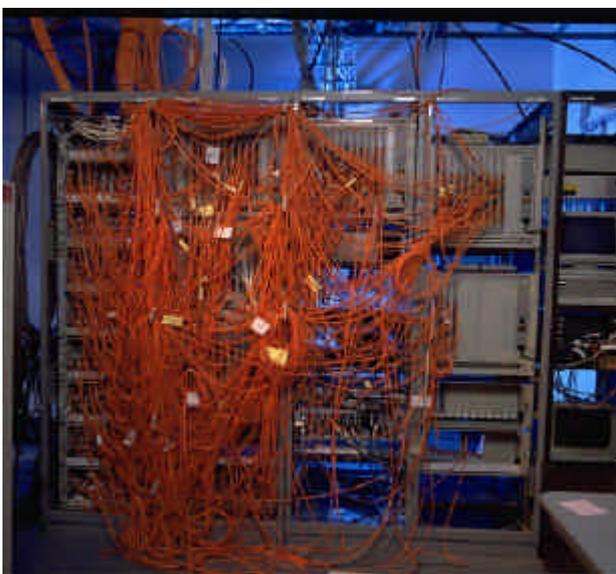
- de répartition du réseau (point de convergence des câbles et d'aiguillage des fibres - brassage).
- d'agencement pour les fibres, les connectiques et les jarretières,
- d'accès de test.

L'agencement du local de répartition, son organisation et le choix de ses composants est particulièrement important dans le cas d'une architecture centralisée où le répartiteur sera le point de convergence de l'ensemble des fibres du câblage de l'immeuble ou groupe d'immeubles.

La fonction répartition et sa souplesse d'utilisation revêtent une importance particulière dans les réseaux actuels dont la caractéristique principale est sans aucun doute la constante évolution :

- mise en place des fibres au fil du temps,
- modification des architectures de réseau,
- nouvelles générations de connectiques,
- nouveaux services.

Ce chapitre fait le point sur les caractéristiques essentielles des points de répartition et les solutions techniques existantes qui permettront d'avoir au final :



- la configuration optimale en fonction de l'application,
- une bonne flexibilité,
- une excellente facilité d'exploitation.

Ceci dans le contexte actuel caractérisé par la croissance exponentielle des quantités de fibres aux nœuds de réseau et la demande de produits ou d'équipements toujours plus compacts.

9.2 LES LOCAUX DE RÉPARTITION

Dans un système de câblage qu'il soit optique, cuivre ou mixte, il convient toujours de disposer de locaux de répartitions qui soient le point de convergence des câbles et le lieu de regroupement des composants de raccordement passifs et actifs.

Ces locaux doivent être de véritables locaux techniques, suffisamment spacieux, accessibles et dotés de différents fluides : électricité, ventilation ou air conditionné...

Ces locaux doivent tenir compte des limites et spécifications de chaque système de câblage. Ils doivent être placés de préférence au centre des zones de travail qu'ils desservent. On considère, dans une distribution traditionnelle, qu'un local dessert entre 50 et 60 points d'accès. Dans le cas d'une architecture centralisée, toutefois, le même local concentrera l'ensemble des points d'accès de l'immeuble et devra avoir été dimensionné pour cet usage.

C'est dans ces locaux que sont réalisés le brassage et les connexions vers d'autres réseaux, extérieurs ou non.

L'emplacement des locaux de sous-répartition dans l'immeuble dépendra de l'architecture de celui-ci :

- dans le cas d'un immeuble à structure verticale, ils seront implantés à proximité d'une colonne montante, superposés les uns au-dessus des autres,
- dans le cas d'un immeuble à structure horizontale ils seront regroupés le long d'un couloir principal.

Caractéristiques du local

- surface : 4 à 6 mètres carrés au minimum (ces dimensions dépendent du matériel qui y sera implanté et du nombre de points d'accès à desservir),
- alimentation électrique : 1 KVA au moins (selon les équipements à installer),
- système d'aération,
- téléphone modèle « mains libres »,
- raccordement à la colonne montante,
- éclairage de 500 lux minimum,
- porte d'accès de 90 cm de large minimum et fermant à clef,
- peinture au sol antistatique,
- éloignement de toutes sources de perturbations électromagnétiques (si le câblage inclut une partie cuivre).

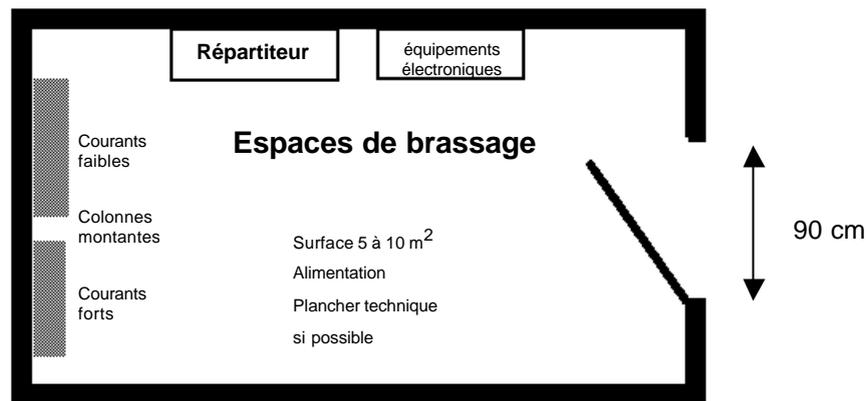
L'implantation des locaux impose de prendre en compte la topologie de l'immeuble et ses contraintes (immeuble neuf ou ancien).

La surface du local de répartition doit être suffisante pour recevoir tous les produits de raccordement du système de câblage mais également les accessoires de communication permettant de construire les réseaux. Ces matériels, souvent au format 19", nécessitent des alimentations électriques et une ventilation.

Les châssis de répartition doivent être reliés à leurs deux extrémités à la ceinture de masse de la salle lorsqu'elle existe (suivant la classe de l'îlot), sinon à la borne de masse principale de la salle.

Les répartiteurs doivent être reliés électriquement aux chemins de câbles métalliques.

La continuité électrique entre les rails d'un même répartiteur doit être assurée (pour câblage cuivre).



Exemple d'espace d'un local de répartition

Les locaux doivent être fermés pour assurer la sécurité des réseaux installés. Dans le cas d'immeuble partagé entre plusieurs clients, les locaux de répartition peuvent être également partagés, mais il peut alors se poser un problème de sécurité et de secret des informations entre les différentes entreprises.

Organisation du local :

L'organisation du local de répartition doit être étudiée de façon à pouvoir y installer tout le matériel nécessaire à court et moyen terme.

Le local de répartition pour le câblage en fibres optiques n'est pas distinct de celui utilisé pour le câblage cuivre. Toutefois, quand le nombre de modules optiques dans la répartition est important, ce qui est notamment le cas dans une architecture centralisée, il est conseillé de réserver et dédier un ou plusieurs supports (fermes, châssis ou baie) pour ce câblage. Ces supports abriteront les têtes de câbles ou tiroirs permettant l'insertion des connecteurs sur les câbles optiques.

Il y a lieu de prévoir un espace de dégagement minimum de 1,5 m devant les fermes de répartiteur, pour pouvoir loger une table supportant l'outillage d'installation optique durant l'installation des fibres. A l'intérieur du local de répartition, on trouvera les fermes, les châssis, ainsi que des éléments 19" (bâti-rack, armoire) nécessaires pour le montage des équipements de transmission :

- répéteurs,
- concentrateurs,
- unités HUB,
- ponts, routeurs, passerelles,
- multiplexeurs vidéo.

9.3 CRITÈRES DE CHOIX

Plusieurs critères conduisent au choix d'un répartiteur :

Les critères fonctionnels	Les critères d'exploitation
<ul style="list-style-type: none"> • l'application : répartiteur d'équipement ou nœud passif de réseau, • la capacité finale en nombre de connexions, • le nombre et types de câbles traités, • le type de connectique, • l'ergonomie (support, encombrement, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • les conditions d'installation, • les conditions d'exploitation, • la flexibilité et la maintenabilité, • le repérage, • les tests.

9.3.1 L'APPLICATION

On distingue essentiellement deux types d'applications :

L'interconnexion avec des équipements actifs

Ce type de répartiteur est l'interface entre le réseau passif et les équipements électro-optiques.

Le nœud de réseau passif

Le répartiteur est un point de flexibilité au sein même du réseau passif.

Il permet notamment :

- de modifier la topologie du réseau,
- d'effectuer des tests,
- etc.

De l'application dépendra le choix de la configuration du répartiteur (interconnexion ou brassage) et le type de liaisons (connectique, épissurage, etc.)

9.3.2 LA CAPACITÉ FINALE

Le nombre de connexions contenues dans un répartiteur est très variable.

Des capacités de 500 à 1000 fibres sont courantes aujourd'hui notamment sur les MANs. Cette modularité peut également s'appliquer aux réseaux LAN, notamment dans le cas des architectures centralisées.

Conseils :

- à l'installation prévoir une réserve de l'ordre de 30 à 50 % de la capacité maximale estimée,
- choisir le répartiteur en fonction de ses possibilités d'extension,
- prévoir l'emplacement de la future extension (dos à dos, sur le côté, etc.).



9.3.3 NATURE ET NOMBRE DE CÂBLES TRAITÉS AU RÉPARTITEUR

Suivant son emplacement sur le réseau, le répartiteur devra être compatible avec un ou plusieurs types de câble :

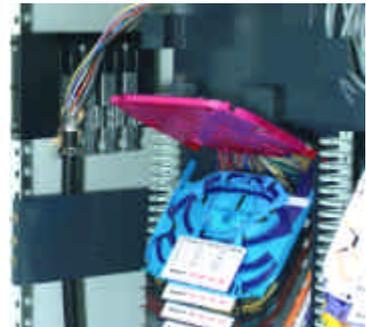
- de conduite,
- enterrable,
- autoporté,
- d'intérieur,
- câbles jarretières (break out).

Dans le choix du répartiteur, les points importants seront :

- la capacité en nombre de câble,
- les diamètres acceptés par les pièces d'amarrage,
- la compatibilité des amarrages et des câbles,
- les mises à la masse ou à la terre des parties métalliques.

Les amarrages se feront sur l'ensemble des constituants du câble :

- porteurs centraux ou latéraux,
- renforts périphériques,
- gaines extérieures.



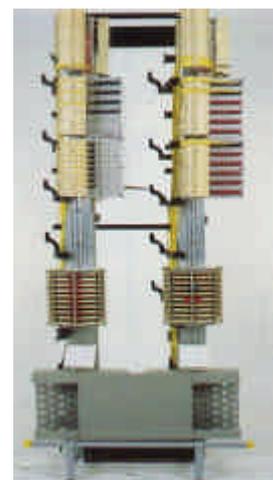
9.4 L'ERGONOMIE

Le répartiteur est placé dans un environnement :

- salle des équipements,
- salle de répartition,
- local commun avec d'autres utilisateurs,
- couloir,
- etc.

Cinq critères dicteront le choix du design général :

- le type de support,
- l'encombrement,
- l'accessibilité ,
- l'étanchéité,
- la sécurisation.



9.4.1 LE TYPE DE SUPPORT

Les fermes, châssis ou baies reçoivent les différents têtes de câble permettant de connecter les câbles optiques.

Fermes verticales

Particulièrement adaptées aux salles de répartition, les fermes présentent l'avantage d'être un système ouvert, modulaire, facilitant les extensions.

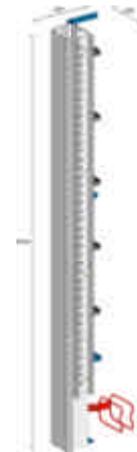
Suivant la configuration de la salle, il pourra être intéressant de placer le répartiteur au centre afin d'avoir un maximum d'accessibilité aux différentes fonctions notamment aux lits de jarretière.

Ces fermes sont constituées d'une ossature porteuse en aluminium qui présente en face avant pour les fermes simple face, et aussi en face arrière pour les fermes double face, un rail recevant différents types de moyens de raccordement.

Les châssis sont prévus pour recevoir des cassettes optiques à accrochage direct et des têtes de câbles fibre optique 6, 12 ou 24 fibres à raccords ST ou SC.

Il convient de respecter un écartement minimum entre les axes des fermes afin de pouvoir loger les cassettes individuelles ou les têtes de câble optique.

Pour maintenir les câbles sur les modules, une goulotte en aluminium de grande capacité est jumelée avec chaque rail.



Châssis de répartition

D'une capacité forcément réduite (environ 200 fibres), ces petits répartiteurs seront principalement utilisés pour les terminaisons finales ou insérés dans des armoires d'équipements.

Ils sont constitués de deux rails en aluminium verticaux assemblés par des traverses pour assurer une fixation murale. Ils permettent de recevoir des cassettes fibre optique à accrochage direct et/ou des têtes de câbles optiques 6, 12 ou 24 fibres à raccords ST ou SC. Ils sont équipés d'anneaux passe-fils pour la gestion des flux verticaux.



Armoire 19"

C'est le standard des « informaticiens », il trouvera donc naturellement sa place au milieu d'une salle d'équipements en 19". La grande profondeur de ce type d'armoire permettra de monter des répartiteurs dos à dos dans un même châssis.

Ces éléments viendront compléter l'installation constituée de fermes ou de châssis dans le cas où ils sont utilisés pour les équipements informatiques. Il faut, bien entendu, prévoir le local de répartition en conséquence.



Autres Standards

Le standard ETSI est le nouveau standard utilisé dans les Télécoms. De nombreux répartiteurs de très grande capacité ont été développés pour ce marché dans ce standard mécanique et peuvent trouver leur application dans les infrastructures LAN.

La faible profondeur de 300 mm est également un atout non négligeable pour les installations où la place est comptée.



9.4.2 L'ENCOMBREMENT

Il est toujours possible d'établir des comparaisons entre le nombre de points de connexion et l'emprise au sol. On constate qu'en moins de 10 ans, on est passé d'environ 700 à 3000 fibres par m².

A notre avis, plus que l'encombrement, c'est l'exploitation et l'évolutivité du système qui doit dicter le choix. La seule question à ce stade est : le répartiteur est-il toujours exploitable une fois câblé à 100 % ?

9.4.3 L'ACCESSIBILITÉ

C'est un des critères les plus importants si l'on veut conserver une bonne exploitation du répartiteur dans le temps.

Tous les modules fonctionnels du répartiteur devront être facilement accessibles. On évitera notamment les passages cachés au niveau des cheminements des fibres, pigtails ou jarretières.

La conception modulaire

La tendance est de concevoir les répartiteurs sous forme de modules. Chaque module ou bloc abrite une fonction séparée des autres avec notamment :

- le cheminement des câbles,
- le bloc amarrage des câbles,
- le module épissurage,
- le cheminement des pigtails,
- le module de brassage ou d'interconnexion,
- le cheminement des jarretières.

Cette configuration présente l'avantage de sécuriser les différentes fonctions et de minimiser les risques en cas d'intervention.

Le tout à l'avant

Suivant l'implantation du répartiteur et la configuration de la salle, il peut être nécessaire que toutes les fonctions soient accessibles en face avant.

Pour des raisons d'encombrement, d'accessibilité aux autres faces ou tout simplement parce que les baies sont collées au mur, la grande majorité des répartiteurs actuels est conçue sur ce principe.

9.4.4 L'ÉTANCHÉITÉ

Ce n'est pas un critère habituel pour un répartiteur, cependant certaines conditions d'exploitation notamment celles rencontrées dans des environnements industriels nécessitent des armoires à l'étanchéité renforcée.

Par expérience pour ce type d'installation, on fixera l'indice de protection (IP) à IP 55 suivant la norme NF EN 60 529 :

- IP 5Y protégé contre la poussière,
- IP X5 protégé contre les projections d'eau.

Certaines implantations nécessitent également une protection anti-rongeurs. Ce critère impose un répartiteur fermé type armoire ETSI ou 19" avec des entrées de câble spécialement aménagées.

- Un IP 2 est alors requis : enveloppe assurant une protection contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm.

9.4.5 LA SÉCURISATION

Le répartiteur peut être sécurisé à plusieurs niveaux :

- au niveau du local,
- au niveau du répartiteur (porte à serrure),
- au niveau d'un module (compartiments raccordement et/ou épissurage sécurisé),
- au niveau d'une application (cas des répartiteurs mutualisés ou en colocation).

Le choix sera fait en fonction des critères d'exploitation et du partage des compétences.

9.5 LES CRITÈRES D'EXPLOITATION

9.5.1 LES CONDITIONS D'IMPLANTATION DU RÉPARTITEUR

Ne pas oublier qu'un répartiteur dans son emballage est un produit imposant. Il est donc nécessaire de s'assurer qu'il passera aisément les portes ou les escaliers !

Dans certains cas, il sera nécessaire d'utiliser des ensembles modulaires permettant un assemblage sur site.

9.5.2 LA FLEXIBILITÉ ET L'EXPLOITATION

Les opérations de réinterventions sont nombreuses sur un répartiteur :

- installation d'un nouveau câble,
- installation de nouvelles connectiques,
- ré-affectation d'un lien,
- etc.

Dans tous les cas s'assurer que le répartiteur accepte ces opérations sans contraintes sur les liens existants.

9.5.3 LOVAGE DES SUR-LONGUEURS DE JARRETIÈRES

Si on reprend la photo qui illustre le paragraphe «9.1 », on comprend aisément que cette fonction peut devenir à la longue essentielle.

Préférer donc les répartiteurs dans lesquels tous ces circuits sont apparents, les tiroirs de stockage étant généralement des sources d'ennui.

9.5.4 LE REPÉRAGE

L'exploitation d'une installation passe par un bon repérage, il est donc essentiel que le répartiteur soit conçu et livré en standard avec ses accessoires. Les circuits seront repérés depuis l'arrivée des câbles jusqu'aux fiches et raccords.

Quelques principes :

Avant l'amarrage :

- identification du câble par étiquette sur gaine.

Cassettes : chaque cassette portera plusieurs indications :

- son numéro dans l'organiseur,
- le ou les numéros des tubes arrivants,
- les numéros ou le nom des pigtails sortants ou l'emplacement des raccords.
-

Des cassettes de couleur peuvent éventuellement aider à l'identification (un tube une couleur).

Raccords : chaque raccord est identifié au sein du panneau de brassage ou d'interconnexion.

10.1 POSE ET TIRAGE DES CÂBLES

D'une manière générale, les opérations de pose se feront en veillant à ne pas dégrader les performances des composants à poser et ceux déjà éventuellement posés. Cet objectif sera d'autant plus facilement atteint que les conditions d'environnement seront prises en compte lors du choix de ces composants.

Comme pour les câbles « cuivre », les principales contraintes subies par un câble optique lors des opérations de pose sont :

- la traction,
- la torsion ou vrillage,
- le pliage (faible rayon de courbure),
- l'écrasement,
- les contraintes climatiques.

Les mesures de la recette permettront de détecter d'éventuels défauts de pose. La mesure par réflectométrie optique permettra de visualiser les défauts tout au long de la liaison. Ces conditions de test sont beaucoup plus strictes que celles appliquées généralement aux câbles cuivre et on pense parfois, à tort, que ce type de câble est plus sensible aux conditions de pose. Il faut se garder de telles conclusions hâtives. Si la mesure des liaisons cuivres se faisait par échométrie au lieu de la simple mesure de puissance (vision globalisée de la liaison) appliquée, le même type de sanction s'imposerait.

Les opérations de mise en œuvre peuvent être séquencées ainsi :

- établissement d'un plan de pose (« piquetage »),
- transport et stockage des composants,
- pose et installation des câbles,
- raccordement des câbles,
- recette.

10.1.1 LES CONTRAINTES

La traction.

La résistance d'un câble à la traction dépend de sa structure. Nous reviendrons sur ce paramètre lors de la description des techniques de pose.

La torsion ou vrillage

Lors de la pose on veillera à ce que le câble ne subisse pas de torsion. Les inscriptions sur la gaine pourront servir de témoin. Pour le tirage au treuil (voir paragraphe Pose et tirage des câbles), il sera utile d'accrocher le câble à la câblette à l'aide d'un émerillon. Si un entraîneur intermédiaire est utilisé, on vérifiera qu'il n'induit pas d'effort de torsion sur le câble.

Le pliage (faible rayon de courbure statique ou dynamique).

Les valeurs fixées par le constructeur permettent de garantir un niveau minimum de contrainte sur les fibres. Il faut veiller, lors de la réalisation de « love » au sol ou en chambre de tirage à éviter toute formation de boucle. Pour dévider un touret de câble les spires doivent être prélevées par rotation du touret, soit en utilisant un dérouleur de câble, soit en faisant rouler le touret. Dans le cas de pose en

conduit extérieur, les équipements ad hoc (poules de renvoi, galets de guidage, gouttières de protection,...) seront utilisés afin de limiter les rayons de courbure dynamiques ou statiques des câbles et également afin de réduire le frottement sur des angles vifs.

L'écrasement.

Pendant les opérations de pose, on apportera un soin particulier au « stockage intermédiaire » des câbles. Lorsqu'il sera nécessaire de mettre un câble en attente, un balisage approprié sera utilisé.

Les contraintes climatiques.

Les températures de pose seront typiquement limitées entre 0°C et 45°C

10.1.2 PLAN DE POSE / ÉLÉMENTS D'INSTALLATION

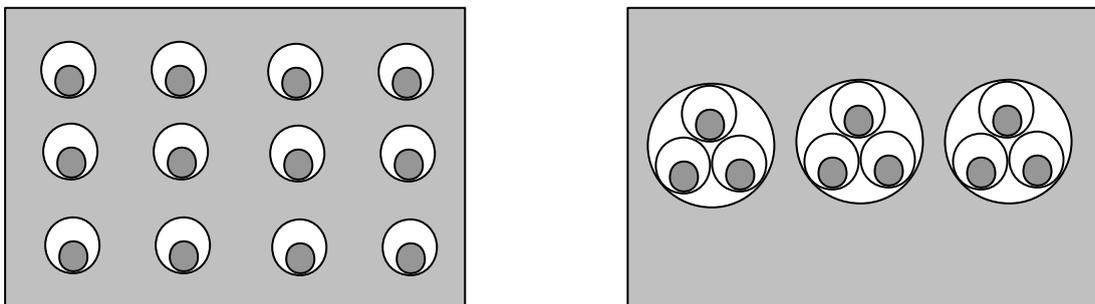
Afin de réduire les risques, il est très souhaitable qu'une spécification d'installation soit établie, soit par l'utilisateur, soit par un bureau d'étude, soit par l'installateur ou par le gestionnaire du site. Un certain nombre d'éléments contractuels décriront ainsi sans ambiguïté les étapes, les règles de mise en œuvre que l'on souhaite voir appliquer, les niveaux de performances associés à respecter et enfin les méthodes qui seront utilisées pour les vérifier.

Un document devra, sur l'ensemble du réseau à installer, préciser les parcours et points d'aboutissement des liaisons, éventuellement les emplacements des boîtes d'épissurage, détailler les supports existants ou à créer ainsi que le mode de pose envisagé pour chaque tronçon.

Le parcours initialement proposé devra être examiné en fonction des performances des câbles retenus et des modes de pose envisagés. Les critères déterminants sont l'effort maximal de traction que peut supporter le câble, les rayons de courbure statiques et dynamiques à ne pas dépasser, le poids linéique du câble. Une prédiction des efforts attendus pourra être faite et pourra conduire à une redéfinition des parcours.

Pour la pose en conduite, compte tenu des contraintes mécaniques imposées aux câbles dans l'environnement extérieur, les infrastructures (fourreau, chambres de tirage) doivent être conçues pour respecter un rayon de courbure minimal de 300 mm.

Les câbles ont un diamètre extérieur maximal de 20 mm. Pour faciliter les actions de trage, on privilégiera, quand cela est possible, le passage dans des fourreaux individuels de diamètre 30 mm, éventuellement regroupés dans des alvéoles plus importantes de diamètre 80 mm (sous-fourreautage).



Enfin, des réserves de câbles de longueurs suffisantes sous forme de boucles ou loves seront disposées dans les chambres de tirage ou à d'autres endroits spécifiés par le plan d'installation, en vérifiant la possibilité de bonne exécution des raccordements et celle des réinterventions éventuelles.

10.1.3 TRANSPORT ET STOCKAGE DES CÂBLES

Afin de limiter toute contrainte sur les fibres, les tourets de câble doivent être transportés et stockés debout et non couchés dans un local sec et dont la température ne descende pas en dessous de celle donnée par le constructeur.

Dans le cas de stockage en extérieur, un manchonnage des extrémités de câble doit être opéré. Une protection des spires extérieures du câble sur le touret peut être assurée par différents procédés (douvage, matelas élastique, etc.).

10.1.4 POSE ET TIRAGE DES CÂBLES

Le choix d'un câble optique (et notamment sa structure) doit être fait en fonction de son environnement une fois mis en place, mais aussi des méthodes de pose que l'on désire utiliser.

Les techniques de pose utilisées peuvent être :

- le déroulage,
- la pose et le tirage manuel,
- le tirage au treuil,
- le soufflage,
- le portage à air.

Dévidage du touret.

Les spires de câble ne seront jamais extraites par le côté du touret. Pour dévider un touret celui-ci sera placé sur un axe ou posé sur des galets (dérouleur de câble) en rapport avec son poids. Le déroulage du câble se fera à partir des spires extérieures, en tirant le câble avec une force très faible, pour ceci on aidera la rotation du touret en utilisant les côtés de ce dernier. Pendant cette opération on veillera à ce que le câble ne subisse aucune contrainte.

Lors de la pose, on veillera à ce que les efforts de traction ne soient en aucune façon appliqués aux fibres. Pour cela on utilisera les éléments du câble prévus à cet effet en confectionnant un clou de tirage ou par utilisation de « chaussette » par exemple.

Pour le tirage en conduit, on pourra diminuer la force nécessaire en utilisant des lubrifiants conçus pour cet usage.

La pose et le tirage manuel.

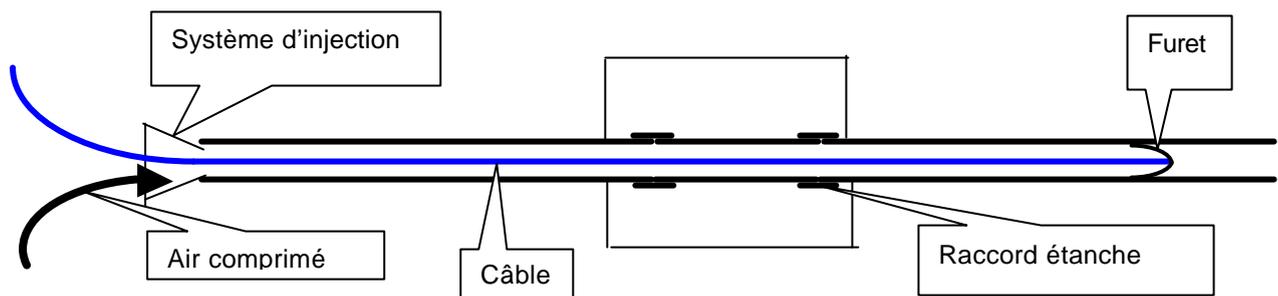
Les opérations manuelles sont encore les plus courantes dans les câblages d'immeubles et de petits ou moyens campus. La pose est généralement préférée au tirage. La force humaine est limitée mais il convient néanmoins d'en faire un usage modéré en matière de tirage de câbles. Les « à-coups » sont à proscrire. Les caractéristiques mécaniques des câbles sont en général supérieures à celles requises pour les opérations manuelles, mais les efforts additionnés (rayon de courbure + force de traction, torsion + force de traction ...) peuvent engendrer des dégradations.

Le tirage au treuil.

Le dépassement des forces de tirage prévues pour un câble donné peut entraîner la destruction de celui-ci. Pour cette raison on utilisera un limiteur dynamométrique qui pourra être couplé à un enregistreur d'effort. Dans ce cas l'enregistrement sera joint au cahier de recette de l'installation.

Le soufflage des câbles.

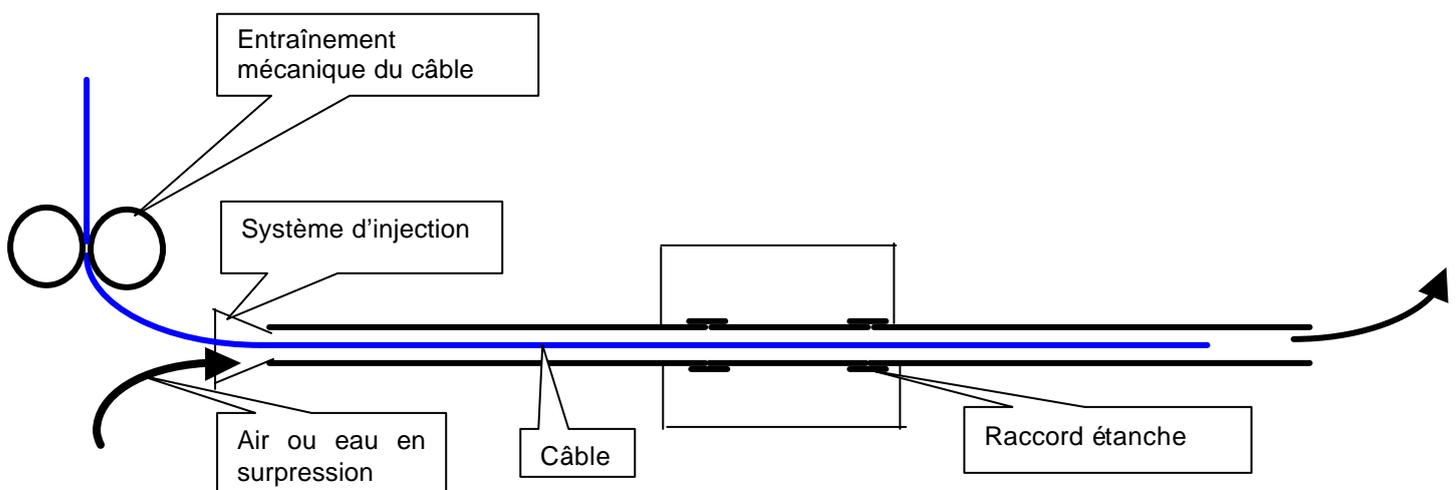
Cette technique de pose nécessite une infrastructure (fourreaux) spécifique. Elle est plutôt utilisée dans les câblages et réseaux longue distance, mais peut s'appliquer dans les cas de campus étendus. Cette méthode consiste à pousser le câble mécaniquement, dans un fourreau adapté à cette application, tout en le tirant par la tête à l'aide d'un furet étanche mû à l'aide d'air comprimé. Les vitesses de pose peuvent être ainsi augmentées. Le système est limité au maximum de traction toléré par le câble et au maximum de pression d'air admissible dans la gaine. Pour que cette technique apporte les gains espérés, il est souhaitable que l'on puisse raccorder les éléments de conduit, entre eux, en assurant une étanchéité. Pour cela les conduits ne seront jamais coupés au raz des chambres de tirage.



Le portage des câbles.

Ici encore, cette technique nécessite une infrastructure spécifique et est plutôt utilisée en câblage longue distance. Le câble est poussé mécaniquement, dans un fourreau, mais contrairement à la méthode précédente il n'est pas tiré par la tête à l'aide d'un furet, mais par un très fort courant d'air qui passe à grande vitesse le long du câble et qui par sa viscosité l'agrippe sur l'ensemble de sa surface pour le tirer à l'intérieur de sa gaine protectrice.

Cette méthode est de loin la moins contraignante pour le câble qui n'est exposé qu'à de très faibles tractions. Elle est certainement la méthode présentant la plus grande sécurité pour le câble, avec celle du flottage.



10.1.5 LES ENVIRONNEMENTS DE POSE

Pose de câble en aérien.

Que le câble soit de type auto-porté ou ligaturé sur support, les règles de l'Art en la matière devront être respectées, pour que les contraintes (traction, cisaillement...) supportées par le câble restent dans les limites acceptables. Pour la pose en aérien, les caractéristiques critiques des câbles sont :

- la résistance à la traction,
- la compatibilité avec les systèmes d'ancrage et de suspension.

Pose de câble enterré.

On rencontre deux types de techniques :

- pose de câble en tranchée ouverte,
- pose de câble derrière trancheuse ou soc (cette dernière est très rarement rencontrée en LAN).

Les règles de l'Art en la matière devront être respectées. (Nivelage et granulométrie des fouilles autour des câbles, profondeurs d'enfouissement, règles de proximité des ouvrages, dispositifs avertisseurs). Dans tous les cas, le câble devra avoir été conçu spécifiquement pour cet usage. En ce qui concerne le cas des câbles purement diélectriques, la question de la localisation ultérieure du câble devra être abordée.

Pour la pose par enfouissement direct, les caractéristiques critiques des câbles sont :

- la résistance à l'écrasement,
- la résistance au cisaillement.

Pose en caniveau.

Sauf pour de très courtes longueurs, elle se fera en déplaçant le touret le long du caniveau, en laissant le câble se dérouler sans torsion. La vitesse de déroulement sera lente et surtout maîtrisée. Cette technique s'applique, sauf présence d'obstacle physique. Dans ce cas, la technique de tirage sera utilisée.

Les caractéristiques critiques des câbles sont les mêmes que pour les câbles enterrés.

Pose sur chemin de câbles, tablettes, corbeaux.

C'est la plus courante dans les environnements LAN. Comme pour la pose en caniveaux, pour de grandes longueurs elle se fera en déplaçant le touret le long du chemin de câbles, en laissant le câble se dérouler sans torsion.

Pour des distances courtes (100 m), on pourra envisager de tirer le câble, touret sur un axe, se déroulant à vitesse lente et maîtrisée, en le soulageant de part en part, à la main ou avec des systèmes à galets. Les précautions suivantes seront observées :

- limitation du rayon de courbure minimum,
- limitation de la torsion,
- immobilisation des câbles par colliers adaptés à la résistance à l'écrasement des câbles.

Les transitions de zone (pénétration de bâtiment, transition sous conduite, etc.) devront également faire l'objet de mentions particulières dans les documents de spécification.

10.2 PRÉPARATION DES CÂBLES, TÊTES ET ACCESSOIRES POUR LE RACCORDEMENT

Jusqu'à présent, les liens composant les câblages d'immeuble ou des campus étaient constitués de sections de câble homogènes sans raccord entre deux systèmes d'épanouissement logés dans des baies d'extrémités. L'apparition de câblage à forte densité de fibres optiques introduit des techniques et produits jusqu'alors destinés au câblage MAN ou WAN.

L'extrémité d'un câble aboutit toujours dans un contenant aux formes et accessoires adaptés à sa fonction.

Ces contenants peuvent être :

- des têtes optiques,
- des tiroirs de brassage,
- des coffrets d'épissurage,
- des manchons.

D'une manière générale l'ensemble accueillant l'extrémité d'un câble se compose :

- du câble lui-même (éventuellement associé à d'autres câbles),
- d'un contenant,
- d'un système de connectique.

Le choix du connecteur (fiche et raccord) et du contenant ne peut être fait indépendamment de la nature du câble (microstructure, câble à gel, monotube, câble à ruban...).

Dans le contenant on trouvera au minimum les fonctions :

- d'amarrage du câble,
- de protection des fibres,
- de gestion des surlongueurs,
- de support des épissures et connecteurs.

Le type de connectique sera en rapport avec la présentation des fibres (diamètre de gainage, fibres nues...).

10.3 MISE EN ŒUVRE DE LA CONNECTIQUE

Plusieurs critères conduisent au choix de la connectique :

- qualité optique : perte d'insertion et réflectance,
- type de verrouillage : à visser, à bayonnette, encliquetable, à languette,
- facilité de montage sur la fibre.

10.3.1 INVENTAIRE DES TECHNOLOGIES DE MISE EN ŒUVRE

Il existe différentes technologies de mise en œuvre des connecteurs fibres optiques. On distinguera les technologies de câblage traditionnelles des technologies à montage rapide. Les premières sont surtout appliquées pour le câblage des fiches en usine, les secondes sont dédiées au raccordement des connecteurs sur chantier.

Dans chaque cas et pour chaque connecteur, on se reportera scrupuleusement aux fiches d'instruction rédigées par le constructeur. Outre les performances annoncées, on comparera le temps de mise en œuvre, le prix du connecteur, la simplicité, le taux de réussite, le nombre d'outillages et le coût du consommable, le degré d'autonomie, la facilité de raccordement en situations chantier extrêmes, etc....

Si les progrès réalisés dans la connectique rapide autorisent déjà certaines utilisations sur site en environnement monomode, on notera que toutes les technologies à montage rapide ne sont pas forcément adaptées à cette application et qu'un certain nombre d'entre elles ne donnent pas des résultats satisfaisants. Lorsque cela est possible, on leur préférera un raccordement par soudure d'un pigtail sur le câble à raccorder.

Les opérations de préparation de la fibre et du câble, ainsi que le contrôle final, étant communs à toutes les technologies, les principales étapes techniques sont décrites pour chacune dans le tableau ci dessous.

Attention, pour toutes les fiches collées, le choix de la colle n'est pas un choix anodin. Il convient de se référer strictement aux prescriptions du constructeur de fiche. Un mauvais choix de colle ou un mauvais dosage de la quantité de colle peuvent provoquer par exemple, une compression de la fibre à l'intérieur de la fiche, voire même son « éclatement ».

Technologie	Description
Collage à chaud traditionnel	La colle est préparée par mélange d'une résine et d'un durcisseur, puis injectée dans le connecteur par l'arrière à l'aide d'une seringue. La fibre est insérée dans la fiche et l'ensemble est placé dans un four de polymérisation à 80°C pendant 20 mn environ. La colle durcit sous l'effet de la chaleur. On retire la fiche du four et on clive le morceau de fibre dépassant de l'embout. Il reste alors à polir l'extrémité de l'embout par étape pour éliminer la colle et obtenir une surface parfaite en bout de fibre. Cette technologie est universelle et convient pour tous les types de connecteurs qu'ils soient multimodes ou monomodes.
Pré-encollé type HotMelt (3M)	Dans le cas du connecteur pré-encollé, la fiche est déjà pré-chargée de colle thermofusible. En préalable de toute manipulation, il est nécessaire de placer la fiche dans un four haute température (200°C) pendant une dizaine de minutes. Sous l'effet de la chaleur, la colle se ramollit, ce qui permet d'insérer la fibre dans le connecteur. Après avoir laissé l'ensemble refroidir suffisamment, on sectionne le morceau de fibre dépassant de l'embout. Il reste alors à polir l'extrémité de l'embout par étapes successives pour éliminer la colle et obtenir une surface parfaite en bout de fibre. Cette technologie n'existe que pour les grands standards de connecteurs 2,5 mm (ST, SC, FC) multimodes ou monomodes. L'intérêt de la technologie est de permettre de s'affranchir de la gestion des consommables (colle, seringues) dont les conditionnements et périodes de péremption sont inadaptés aux conditions de certains chantiers. Le dosage de la colle dans la fiche est par ailleurs calibré ce qui évite tout à la fois les surcharges et les sous-charges de colle.
Collage UV type Camlight (Siecor)	La colle est injectée dans le connecteur par l'arrière à l'aide d'une seringue. La fibre est insérée dans la fiche et l'ensemble est placé sous une lampe à insolation pendant 1 à 2 mn. La fiche comporte des éléments en plastique transparent pour laisser passer les UV. La colle durcit sous l'effet des UV. L'opérateur sectionne le morceau de fibre dépassant de l'embout. Il reste alors à polir l'extrémité de l'embout par étapes successives pour éliminer la colle et obtenir une surface parfaite en bout de fibre. Cette technologie n'existe que pour les grands standards de connecteurs 2,5 mm multimodes ou monomodes.
Colle à froid	Le principe du collage à froid est sensiblement identique au collage à chaud à la différence près que le durcissement de la colle s'effectue à la température ambiante. Il existe plusieurs sortes de colle à froid : colle mono-composant et colle bi-composant avec durcisseur actif, et plusieurs méthodologies d'utilisation de la colle. Les colles monocomposant présentent l'inconvénient d'être peu fiables sur les temps de prise dans le connecteur, et d'être sensibles aux conditions climatiques (degré d'humidité, température). Les colles bicomposants donnent de meilleurs résultats, mais il faut aussi être attentif aux conditions de stockage, d'utilisation et de péremption des composants. Le durcisseur est plus ou moins facile à utiliser avec la résine selon qu'il est sous forme visqueuse, liquide ou en poudre. Une fois la colle durcie, (1 à 5 mn d'attente), l'opérateur sectionne le morceau de fibre dépassant de l'embout. Il reste alors à polir l'extrémité de l'embout par étapes successives pour éliminer la colle et obtenir une surface parfaite en bout de fibre. Cette technologie n'est recommandée que pour les connecteurs multimodes.

<p>Sertissage/polissage type LightCrimp (AMP) ou CrimpLok (3M)</p>	<p>Dans le cas du connecteur LightCrimp d'AMP, la fiche est pré-chargée de billes en matière spéciale réparties circulairement à l'intérieur du corps de fiche. La fibre est insérée dans la fiche. L'immobilisation de la fibre est obtenue par sertissage manuel d'une pièce métallique à l'arrière du connecteur, qui vient écraser les billes. Sous l'effet de la pression, les billes se ramollissent et la matière se répartit tout autour de la fibre en l'immobilisant. Cette opération est quasi immédiate. Ensuite, l'opérateur sectionne le morceau de fibre dépassant de l'embout et procède au polissage par étapes successives. Cette technologie n'existe que pour les standards de connecteurs ST et SC multimodes.</p>
<p>Fusion/sertissage type FuseLite (Siecor)</p>	<p>La fiche est livrée avec à l'intérieur un morceau de fibre pré-assemblé en usine par collage à chaud. L'extrémité de l'embout avec la fibre est déjà poli parfaitement. L'extrémité opposée du morceau de fibre à l'arrière du connecteur est laissée libre après avoir été clivée en usine. A l'aide d'un équipement spécifique, l'opérateur réalise une jonction par arc fusion entre la fibre à raccorder et le morceau de fibre à l'intérieur de la fiche. Cette technologie n'existe que pour les standards de connecteurs 2,5 mm (ST, SC, FC) multimodes ou monomodes. Elle nécessite un investissement lourd.</p>
<p>Clivage/sertissage type LightCrimp+ (AMP), Unicam (Siecor)</p>	<p>La fiche est livrée avec à l'intérieur un morceau de fibre pré-assemblé en usine par collage à chaud. L'extrémité de l'embout avec la fibre est déjà poli parfaitement. L'extrémité opposée du morceau de fibre à l'arrière du connecteur est clivée en usine et maintenue à l'intérieur du corps de fiche dans un guide mécanique. Elle est entourée de gel d'indice. La fibre à raccorder est d'abord clivée, puis insérée à l'intérieur de la fiche jusqu'à entrer en contact avec le morceau de fibre. L'immobilisation mécanique de la fibre à raccorder est réalisée par sertissage manuel d'éléments métalliques livrés avec la fiche. Cette technologie est disponible en particulier pour les grands standards de connecteurs ST et SC multimodes.</p>
<p>Sertissage/polissage type SG (VF45 de 3M)</p>	<p>Le SG (VF45) est un connecteur SFF duplex constitué d'une fiche et d'une prise. La fiche est montée sur un cordon en usine. La prise est montée sur site selon le descriptif suivant.</p> <p>La prise est composée d'un boîtier à l'ergonomie de style RJ45, qui reçoit l'élément de connexion des 2 fibres. Après une préparation classique des 2 fibres (dénudage), celles-ci sont introduites dans l'élément pour réalisation du sertissage. L'outil de mise en œuvre adapté pour cette opération permet également le clivage et le polissage en simultané des 2 fibres. Celles-ci sont ensuite auto-alignées dans 2 guides en forme de V à l'intérieur du boîtier. La prise est prête à être utilisée en quelques minutes.</p>
<p>Clivage/sertissage type MT-RJ (AMP, Siecor)</p>	<p>Il s'agit de fiches duplex pour le raccordement d'une paire de fibres. La fiche MT-RJ est livrée avec à l'intérieur deux morceaux de fibre pré-assemblés en usine par collage à chaud. L'extrémité de l'embout avec les deux fibres est déjà poli parfaitement. L'extrémité opposée de chaque morceau de fibre à l'arrière du connecteur est clivée en usine et maintenue à l'intérieur du corps de fiche dans un guide mécanique. Chaque guide contient du gel d'indice au niveau de l'interface. Les fibres à raccorder sont d'abord clivées, puis insérées successivement à l'intérieur de la fiche jusqu'à toucher le morceau de fibre en vis à vis. L'immobilisation mécanique de la fibre à raccorder est réalisée par pincement ou par sertissage mécanique. Cette technologie n'est disponible que pour les fibres multimodes.</p>
<p>Sertissage / Clivage Type OPTOCLIP (Compagnie DEUTSCH)</p>	<p>La fibre est sertie dans la fiche OPTOCLIP après avoir été maintenue par un point de colle. L'ensemble est alors placé dans un outil à cliver qui réalise la coupe de la fibre à une cote précise et avec un angle de 8°. L'outil à cliver, calibré en usine, permet la réalisation d'au moins 3000 connexions. L'installation du connecteur est alors terminée.</p> <p>A noter qu'un volet de protection sur la fiche permet la mise hors poussière automatique de l'extrémité de la fibre lorsque le connecteur n'est pas utilisé.</p>

Le tableau ci-après donne un aperçu du positionnement des différentes technologies existantes comparées en terme de temps moyen de mise en œuvre. Ce tableau est donné à titre indicatif seulement.

Clivage sertissage type MT-RT	Base 1
Sertissage polissage type VF45	2
Clivage sertissage	2
Fusion sertissage	3
Sertissage polissage	3
Colle à froid	4
Collage UV	4
Pré-encollé	5
Collage à chaud traditionnel	6

En plus des technologies décrites ci-dessus, il convient de mentionner la méthode de raccordement par épissurage sur pigtail. Un pigtail est une demi jarretière avec une extrémité libre et l'autre extrémité équipée d'un connecteur monté en usine. L'extrémité libre est préparée (dénudage / clivage) tout comme l'extrémité de la fibre à raccorder. A l'aide d'une soudeuse, on réalise la jonction entre les deux extrémités de fibre en vis à vis par arc fusion. Ensuite, il convient de recouvrir la zone de soudure par une protection d'épissure. Cette méthode de raccordement donne d'excellents résultats en multimode comme en monomode. Elle nécessite de disposer d'une soudeuse, équipement onéreux et demandant des précautions particulières. Elle se justifie pour les installations de grande envergure (câbles à grande capacité de fibres) et pour des raccordements de fibre monomode pour lesquels on recherche un haut niveau de performance et de fiabilité.

10.3.2 CRITÈRES D'ÉVALUATION DES TECHNOLOGIES À METTRE EN ŒUVRE

Le temps de mise en œuvre

Attention, c'est bien la technologie et non le type de connecteur qui détermine le temps de montage. Pour comparer, de manière la plus exhaustive possible, les différentes technologies dans un environnement de chantier donné, il convient de bien prendre en compte :

Le temps de « mise en route » :

C'est le temps nécessaire à la préparation du « banc » de montage avant l'installation de la première fiche. Outre la préparation du câble, ce temps inclura le temps de mise en place des différents outillages, ainsi que, au besoin, la préparation des colles et consommables et le temps de « chauffe » du four.

Le temps de montage :

C'est le temps nécessaire au montage de la fiche sur la structure élémentaire de fibre. Il inclura, selon la technologie retenue, et le type de structure, tout ou partie des tâches élémentaires suivantes :

- pour le traitement de la fibre dans la fiche :
mise en place de la colle, collage de la fibre, polymérisation, sertissage de la fibre, polissage de la fibre,
- pour le maintien de la fiche sur la structure élémentaire :
coupe et collage des mèches d'aramide, maintien et sertissage de la fiche sur la structure (tube ou 900 µm) élémentaire de câble.

Le coût

Attention, pour comparer deux technologies de la manière la plus exhaustive possible, il faudra prendre en compte non seulement les coûts élémentaires des composants (fiches, raccord), mais également considérer le coût des consommables (seringues, colle, papier à polir), le coût des outillages de montage (valises, kits), ainsi que le coût de renouvellement de certaines pièces d'outillage dans les kits.

La facilité de mise en œuvre

Il est illusoire de penser qu'il peut être possible de monter une fiche optique sans aucun entraînement. Toutefois, certaines technologies requièrent un savoir-faire et un temps d'apprentissage plus important que d'autres.

6.4.1 MISE EN PERSPECTIVE DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES

Collage à chaud traditionnel et préencollé

Ce type de technologie, peu onéreux, nécessite un temps de mise en route important (chauffe du four) et un temps de montage important du fait du temps de polymérisation à chaud.

Ces deux points seront d'autant moins préjudiciables que le nombre de fiches à raccorder au niveau du local technique sera important (par exemple supérieur à 24 fibres). Le temps de mise en route sera ainsi « amorti » sur un nombre de raccordements conséquent et le temps de montage optimisé par la possibilité de travailler en parallèle sur plusieurs fiches.

Ce type de technologie n'est de ce fait pas adapté pour un faible nombre de fiches à raccorder, et en particulier au niveau des prises terminales (bureaux).

Bien qu'elle ne présente pas de difficulté majeure, une bonne maîtrise est nécessaire pour la mise en œuvre de ce type de technologie et un entraînement régulier sera un facteur de réussite. Dans le cas de raccordements occasionnels, il sera préférable de s'orienter vers des technologies prévues pour faciliter la mise en œuvre.

Sertissage / polissage

Ces techniques, peu onéreuses, minimisent le temps de mise en œuvre. Elles permettent de s'affranchir du temps de polymérisation de la colle époxy par collage à chaud.

Elles sont bien adaptées, même à des nombres de raccordement faibles, mais impliquent encore une opération de polissage.

Ces techniques ne nécessitent pas de disponibilité de source d'énergie. Elles seront particulièrement bien adaptées à la configuration de raccordement des prises d'extrémité (poste de travail – bureau).

Leur mise en œuvre est aisée et ces technologies sont généralement appréciées pour leur très bon rapport coût / facilité et temps de mise en œuvre.

Clivage / Sertissage

Ces techniques optimisent le temps de mise en route et le temps de montage. Elles ne nécessitent ni d'opération de polymérisation, ni d'opération de polissage.

Elles sont très bien adaptées à des nombres de raccordement faibles, en particulier au raccordement des prises d'extrémité.

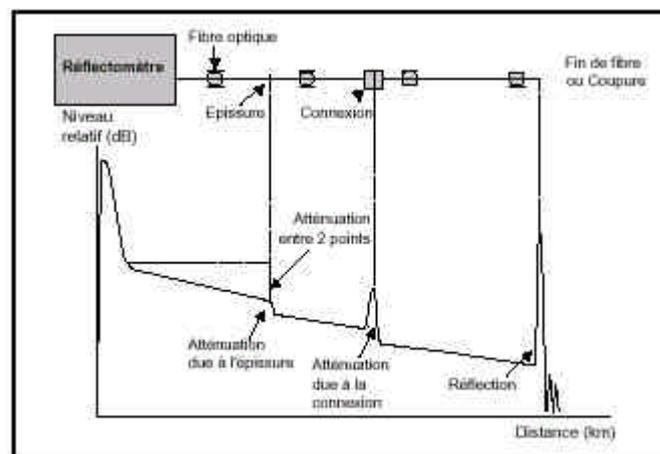
Leur mise en œuvre est extrêmement aisée et nécessite peu d'entraînement. Elles seront particulièrement adaptées aux raccordements occasionnels.

Les principes de recette des câblages optiques ont été définis dans le guide « Mesure et Recette d'un câblage Optique – ref 03/98 – 003 FR » du Cercle C.R.E.D.O. Nous en reprenons ci-après les bases en décrivant les principaux modes opératoires, les étapes du contrôle et les sanctions applicables.

11.1 PRINCIPE DES MESURES PAR RÉTRODIFFUSION

La réflectométrie optique temporelle consiste à injecter une impulsion lumineuse à une extrémité de la fibre optique à observer et à analyser, à la même extrémité, l'intensité optique parcourant la fibre dans le sens inverse de la propagation de l'impulsion.

Le signal détecté est de forme exponentielle décroissante, typique du phénomène de rétrodiffusion, avec superposition de pics dûs aux réflexions sur les extrémités de la fibre ou autres discontinuités d'indice.



La plupart des réflectomètres optiques effectueront des mesures entièrement automatiques, ne réclamant qu'une faible intervention de l'utilisateur.



Réflectomètres Optiques

En général, il y a deux types d'événements : les événements réfléchissants et les événements non réfléchissants.

- Les événements réfléchissants apparaissent lorsqu'une discontinuité dans la fibre provoque un brusque changement de l'indice de réfraction. Ce changement peut avoir pour origine, des coupures, des jonctions par connecteur, des épissures mécaniques ou une fin de fibre. Les pertes de connecteurs se situent aux environs de 0,5 dB et celles des épissures mécaniques peuvent se situer entre 0,1 dB et 0,2 dB.

- Les événements non réfléchissants apparaissent lorsqu'il n'y a pas de discontinuité de la fibre et sont généralement provoqués par des épissures fusion ou des pertes dues à des contraintes. Leurs valeurs typiques vont de 0,02 dB à 0,1 dB en fonction de l'équipement de fusion et de l'utilisateur.

Un réflectomètre optique peut effectuer les mesures suivantes :

pour chaque événement :	distance, perte, réflectance.
pour chaque tronçon de fibre :	affaiblissement du tronçon exprimé en dB, affaiblissement linéique du tronçon exprimé en dB /km, ORL (Optical Return Loss) du tronçon.
pour la liaison complète :	longueur de la liaison, affaiblissement de la liaison exprimée en dB, ORL (Optical Return Loss) de la liaison.

11.1.1 VALIDITÉ DE LA MESURE

L'UTI-T indique, dans les recommandations G.651 et G.652, que la mesure de rétrodiffusion constitue la deuxième méthode de remplacement pour la mesure d'affaiblissement. La méthode de référence est la méthode de la fibre coupée qui toutefois, n'est pas applicable pour les liaisons installées.

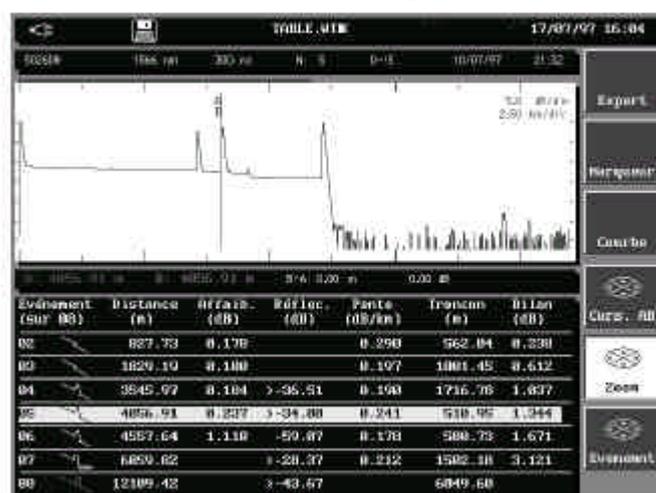
Le domaine d'application de la rétrodiffusion n'est pas limité ; cependant les conditions de mise en œuvre sont précisées :

- conditions d'insertion : limiter les réflexions de Fresnel à l'entrée de la fibre,
- utiliser une source de forte puissance (laser),
- bande passante du récepteur choisie afin de réaliser un compromis entre le temps de montée des impulsions et le niveau de bruit,
- puissance rétrodiffusée représentée avec une échelle logarithmique.

Le réflectomètre permet à l'utilisateur d'effectuer des mesures sur la liaison optique d'au moins trois façons différentes : la mesure totalement automatique, la mesure semi-automatique et la mesure manuelle. L'utilisateur peut également utiliser une combinaison des ces trois méthodes.

11.1.2 MESURE TOTALEMENT AUTOMATIQUE

Avec cette méthode, le réflectomètre optique détectera et mesurera de manière automatique tous les événements, les tronçons et fin de fibre, en utilisant un algorithme de calcul interne de détection.



11.1.3 MESURE SEMI-AUTOMATIQUE

Lorsque cette méthode est choisie, le réflectomètre optique mesurera et analysera un événement se trouvant à la position (distance) où aura été placé un marqueur. Ces marqueurs peuvent être placés de manière automatique ou manuelle. Cette fonction est très intéressante lors de la recette d'une liaison optique (après épissurage) lorsque l'on désire caractériser tous les événements présents sur la liaison puis établir un rapport de mesure. En effet la mesure automatique ne détectera pas et n'analysera pas un événement réfléchissant présentant une perte égale à zéro, un marqueur sera donc placé à cet endroit afin que la mesure semi-automatique affiche une perte égale à zéro. Cette méthode permet de placer des marqueurs à des endroits fixés afin de mesurer les fibres d'un même câble dans les mêmes conditions et de s'assurer que le nombre d'événements sera constant d'une fibre à l'autre et dans les deux sens de mesure.

11.1.4 MESURE MANUELLE

Afin d'obtenir une analyse plus détaillée ou dans des conditions de mesures particulières, l'utilisateur peut avoir la maîtrise totale des fonctions de mesure manuelle. Cela signifie que l'utilisateur devra placer deux curseurs ou plus afin que le réflectomètre puisse mesurer l'événement. En fonction des paramètres à mesurer, l'utilisateur peut avoir besoin de placer jusqu'à cinq curseurs pour effectuer une mesure manuelle. Bien que ce soit la méthode de mesure la plus lente et la plus lourde, il est important d'avoir cette possibilité pour les mesures qui sont difficiles à réaliser à l'aide d'un algorithme de calcul automatique (on y aura recours pour « lever le doute », dans les cas difficiles).

Perte d'un événement

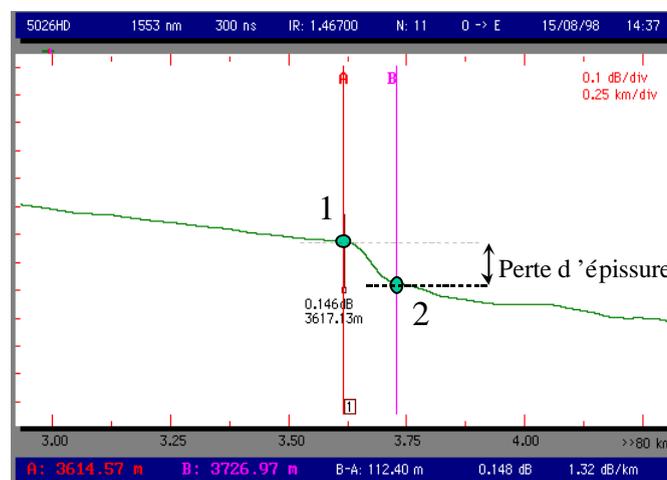
En utilisant la méthode de mesure manuelle, il y a deux façons de mesurer la perte d'un événement :

Méthode « des deux points »

L'utilisateur doit en premier lieu positionner un curseur sur la partie linéaire se trouvant avant l'événement à mesurer, puis un second curseur sur la partie linéaire se trouvant après l'événement. La perte de l'événement est la différence entre les deux mesures de niveau des curseurs.

Cette méthode peut être utilisée aussi bien pour des événements réfléchissants que des événements non réfléchissants ; la précision de cette méthode dépend cependant de l'habilité de l'utilisateur à placer les curseurs dans une position correcte, ce qui peut être compromis dans le cas où la courbe a beaucoup de bruit résiduel.

Il doit être également tenu compte, dans cette méthode, de toute perte de la fibre se trouvant entre les deux curseurs (événements et affaiblissement linéique de la zone morte), car la distance entre ces curseurs n'est pas égale à zéro.

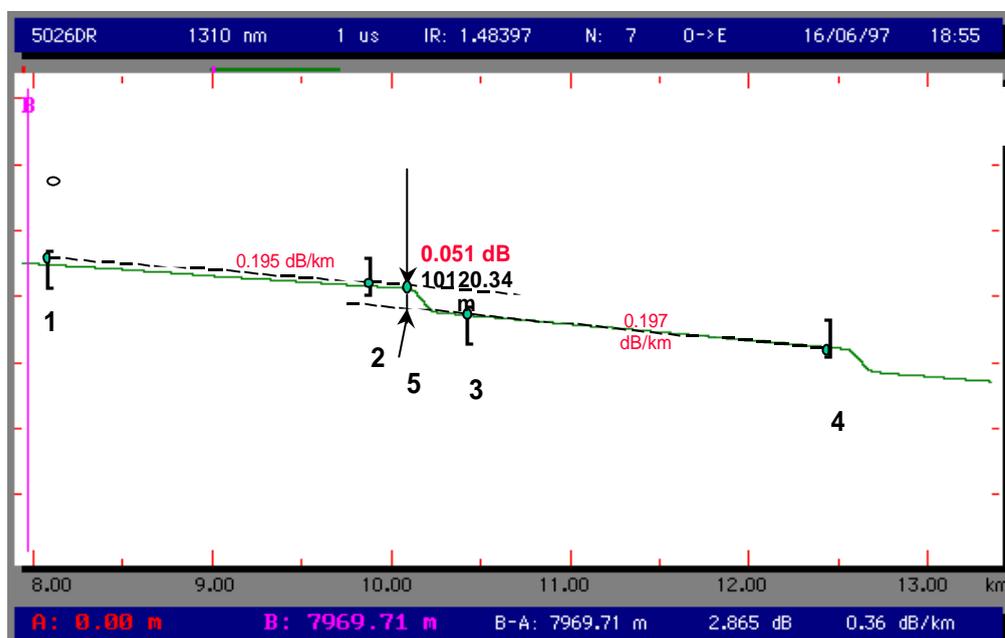


Méthode des « cinq curseurs »

Le but de la mesure par la méthode des cinq curseurs est de diminuer l'effet du bruit présent sur la fibre avant et après l'événement en analysant les affaiblissements linéiques de ces tronçons par la méthode de régression linéaire, et de minimiser les pertes additionnelles de la fibre dues à la distance non nulle entre les deux curseurs, comme cité précédemment.

Cette méthode de mesure est utilisée aussi bien pour des événements réfléchissants que pour des événements non réfléchissants.

Pour effectuer cette mesure, l'utilisateur effectue une mesure de pente par régression linéaire sur les parties rectilignes des tronçons situés avant et après l'événement à mesurer (2 curseurs + 2 curseurs), puis le cinquième curseur est placé juste avant l'événement (à l'endroit du changement de niveau); la mesure de perte est alors effectuée à cet emplacement.

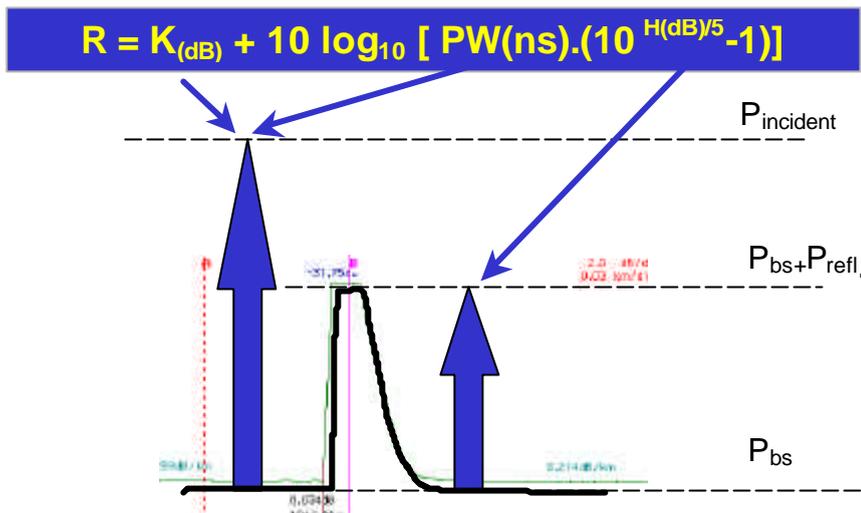


Cette méthode de mesure est plus précise que celle des deux points car le réflectomètre compare la différence entre les deux niveaux des parties linéaires.

Réflectance et ORL (Optical Return Loss)

Réflectance

La réflectance d'un événement s'exprime par le rapport de la puissance réfléchiée à la puissance incidente en un endroit particulier de la liaison optique ; elle est affichée en décibels (-dB). Une petite valeur négative indique une plus grande réflexion qu'une forte valeur négative. Par exemple une réflectance de -33 dB est plus forte qu'une réflectance de -60 dB. La plus grande réflectance présentera un pic de Fresnel de plus grande amplitude sur la courbe de réflectométrie.



Où K = Coefficient de rétrodiffusion de la fibre

Type de fibre	Multimode		Monomode	
Fenêtre	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm
K_{dB}	- 70 dB	-75 dB	- 79 dB	- 81 dB

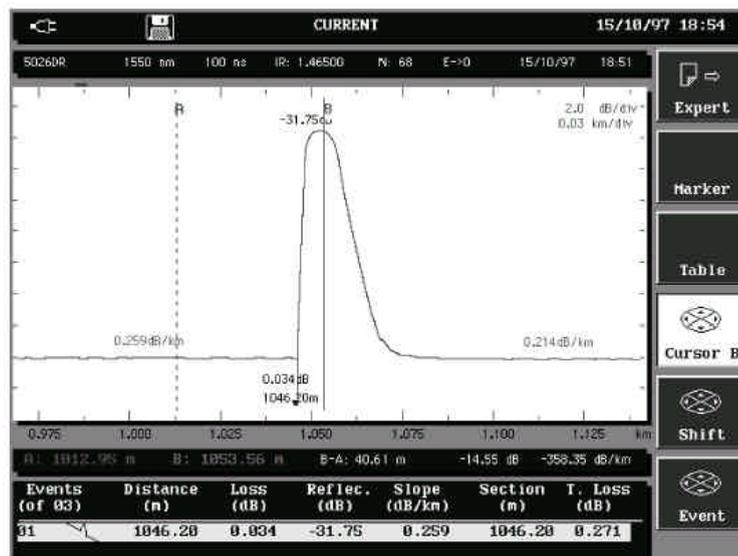
PW = Largeur de l'impulsion laser

H = hauteur du pic de Fresnel

Pincident = Puissance incidente

Pbs = Puissance rétrodiffusée

Prefl= Puissance réfléchie



Mesure de réflectance

Le niveau de réflectance au connecteur, à la coupure ou à l'épissure mécanique dépend de la différence de l'indice de réfraction de la fibre et du matériau à l'interface de la fibre (une autre fibre, l'air, du gel d'indice) ainsi que la géométrie de la coupure ou du connecteur (plate, inclinée).

La plupart des épissures mécaniques utilisent du gel d'indice ayant pour objectif de réduire cette différence. De faibles différences produisent de faibles réflexions. Certains réflectomètres indiquent automatiquement le niveau de cette lumière réfléchi.

ORL (Optical Return Loss) – Affaiblissement de réflexion

L'Optical Return Loss (ORL) représente la puissance totale retournant à la source à partir de la liaison complète. Ce qui comprend la lumière rétrodiffusée de la fibre elle-même, aussi bien que la lumière réfléchi de tous les joints et extrémités.

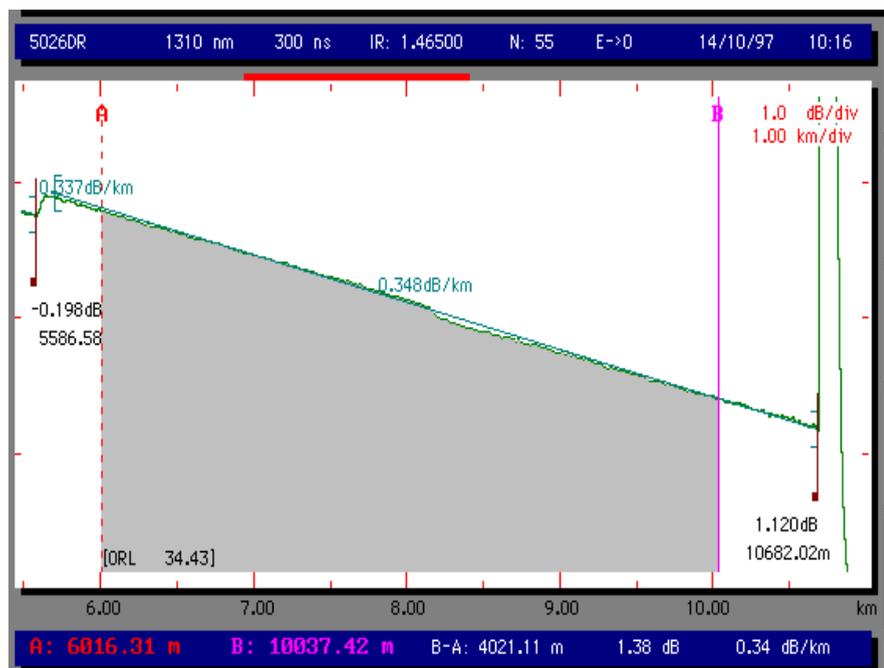
$$\text{ORL} = -10 \log (P_r/P_i) \text{ en dB}$$

Avec :

P_r = puissance réfléchi

P_i = puissance incidente

Un niveau élevé d'ORL dégradera les performances de certaines liaisons de transmission. Les systèmes de transmission analogiques et les systèmes de transmission numériques à haut débit peuvent être sensibles à l'ORL. Si le système est sensible à l'ORL cela est en général indiqué dans les spécifications de la liaison fournies par le constructeur.



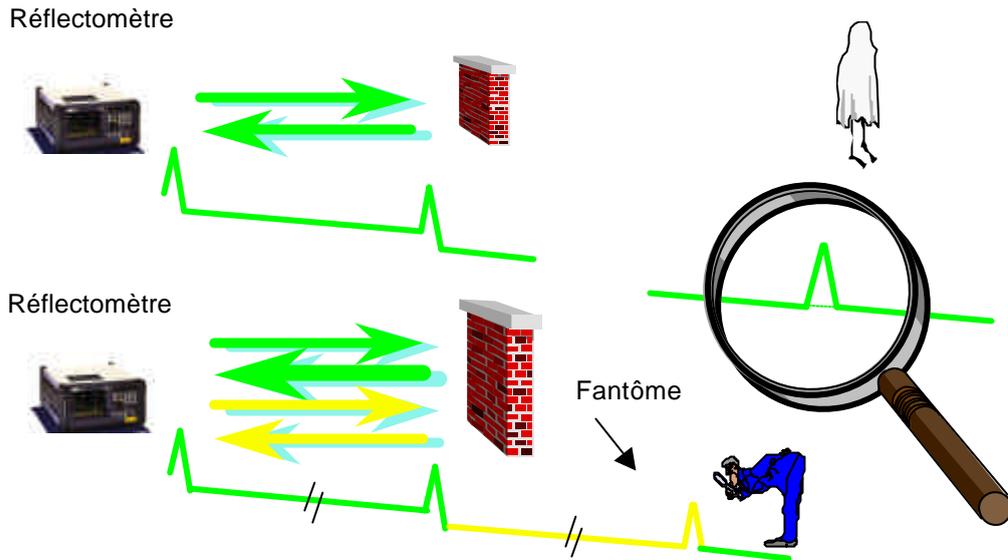
ORL d'une liaison

Fantômes

On peut observer parfois la présence de fausses réflexions de Fresnel présentes sur la courbe de rétrodiffusion ; elles peuvent résulter soit :

- d'événements fortement réfléchissants sur la fibre provoquant une importante quantité de lumière réfléchi renvoyée vers le réflectomètre optique,
- d'une mauvaise configuration de la portée (récurrence laser) lors de l'acquisition.

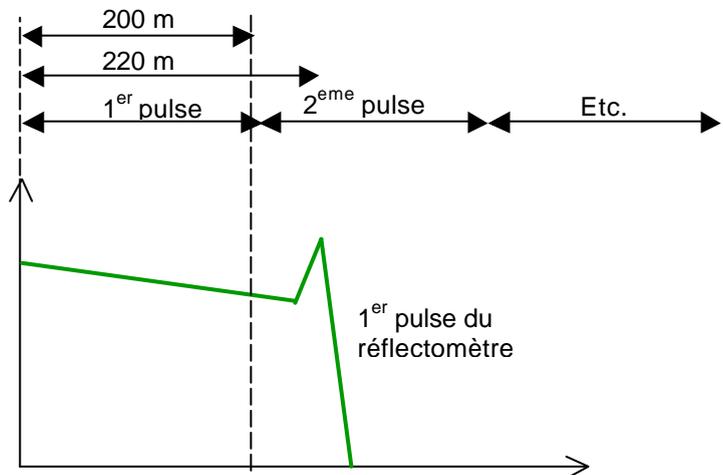
Dans les deux cas le fantôme peut être identifié par le fait qu'il n'y a pas d'affaiblissement et que le signal passe au travers de cet événement.



Dans le cas ci-dessus la distance où se situe le fantôme est un multiple de la distance de l'événement qui l'a provoqué.

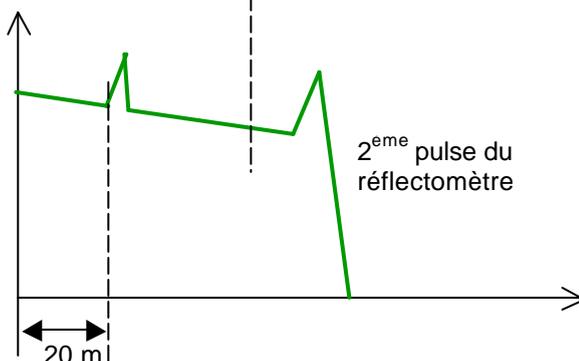
Afin de réduire les réflexions, il est possible d'utiliser du gel d'indice ou de réduire la puissance injectée en choisissant une largeur d'impulsion plus faible ou en affaiblissant la transmission avant la réflexion.

Récurrence du laser du réflectomètre
 Longueur de la fibre
 Impulsions laser du réflectomètre



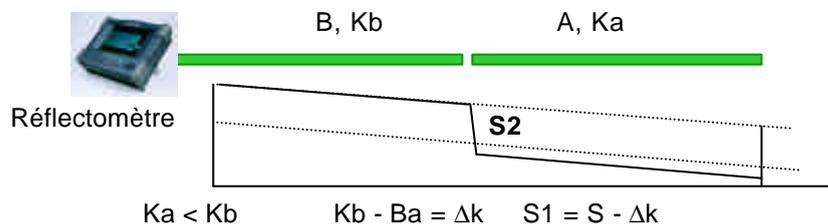
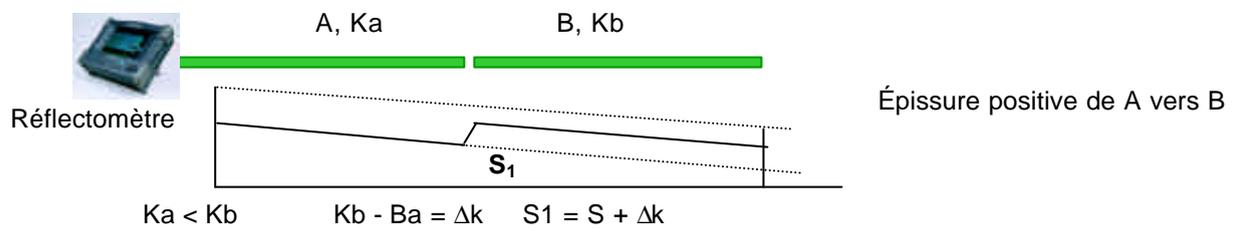
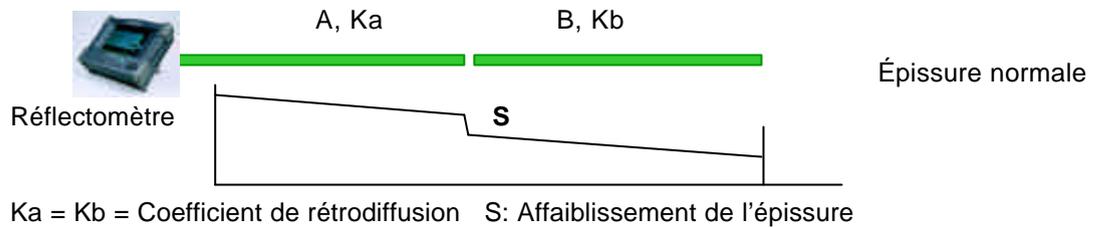
La première impulsion du réflectomètre se termine à 200 m puis la seconde impulsion est envoyée dans la fibre.

Comme la fibre est plus longue que la portée, la première impulsion du réflectomètre est toujours présente alors que les données de la seconde impulsion sont acquises.



Sauts positifs

Si les fibres jointes présentent des diamètres de champ de mode différents (diamètre de cœur, etc...), le résultat réflectométrique peut présenter un niveau de rétrodiffusion plus élevé ; cela est dû à l'augmentation du niveau de lumière rétrodiffusée retournant vers le réflectomètre.

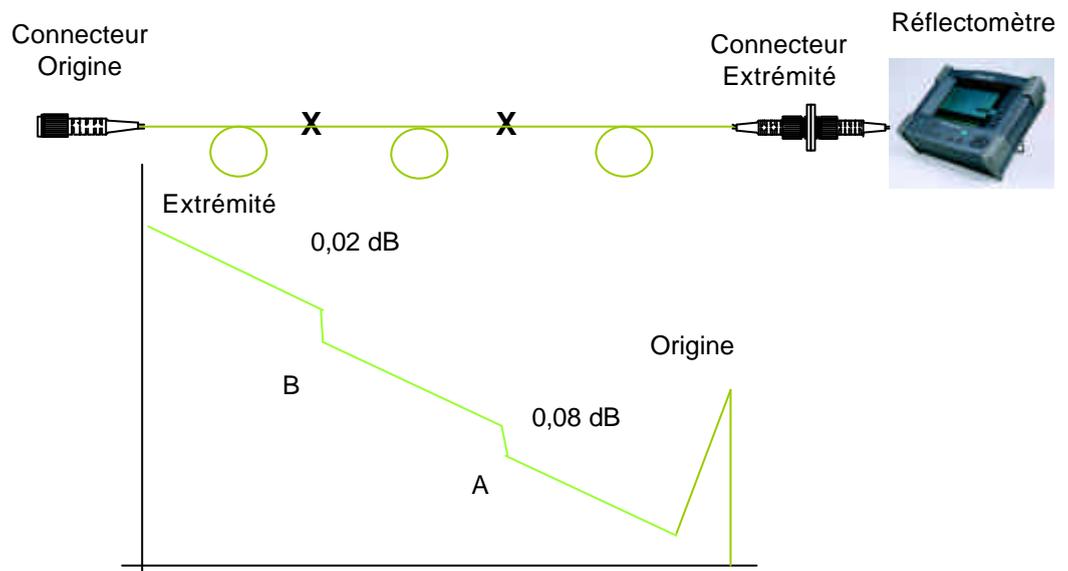
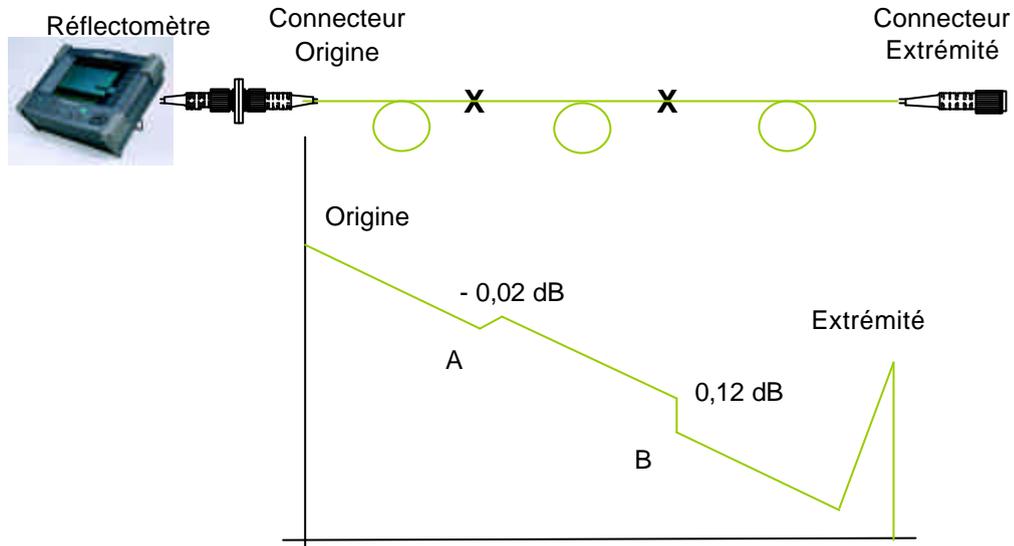


La somme S donne la moyenne des valeurs d'affaiblissement des épissures

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

Mesures bidirectionnelles

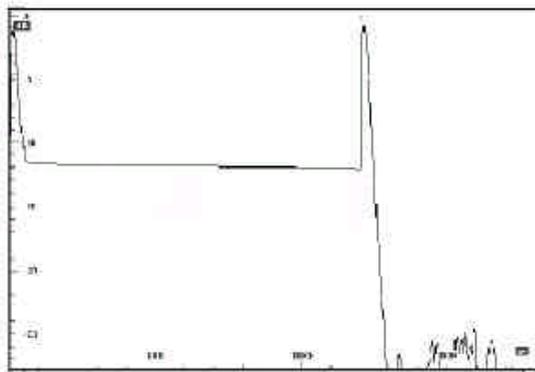
L'analyse bidirectionnelle est une technique utilisée afin de minimiser l'effet causé par la différence des coefficients de rétrodiffusion.



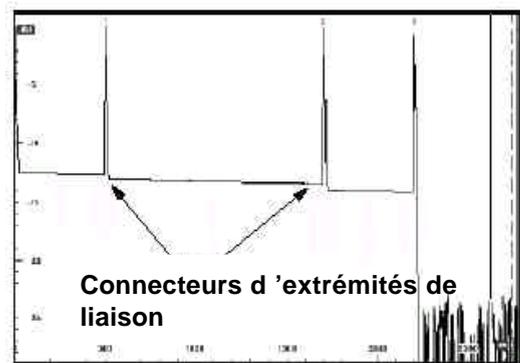
	réflectomètre optique				
	O ® E	E ® O	Somme	Moyenne	Perte Réelle
Epissure A	-0,02 dB	0,08 dB	0,06 dB	0,03 dB	0,03 dB
Epissure B	0,12 dB	0,02 dB	0,14 dB	0,07 dB	0,07 dB

Bobines amorces

La longueur typique d'une bobine amorce dépend du système sous test, mais est généralement comprise entre 100 m et 500 m pour une liaison multimode et entre 500 m et 2500 m pour une liaison monomode. La fibre utilisée pour les bobines amorce doit être de mêmes caractéristiques que la fibre testée (diamètre du cœur, indice de réfraction, etc.), les connecteurs doivent être de très bonne qualité.



Courbe sans bobine amorce



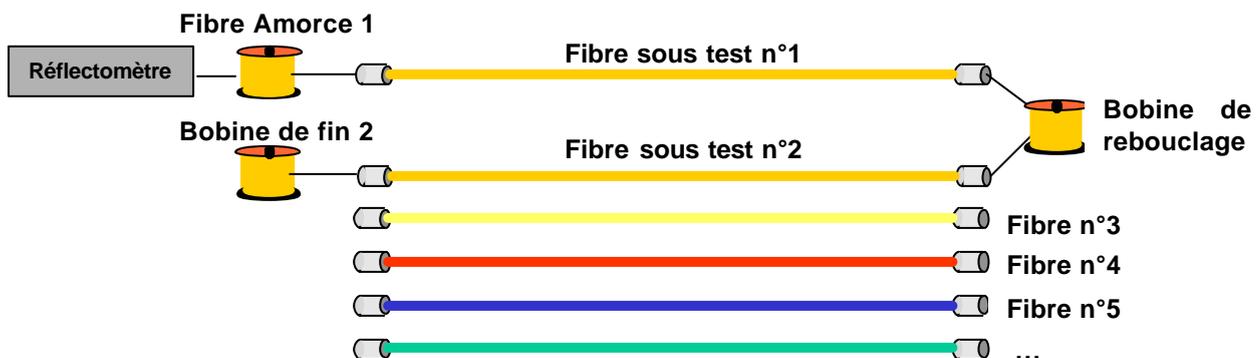
Courbe avec bobines amorces

Cas particulier de la mesure en boucle

Avec l'augmentation de la dynamique sur les nouvelles générations de réflectomètres, les installateurs sont maintenant capables de mesurer plus d'une liaison à la fois. Ce procédé est appelé la mesure en boucle :

- deux liaisons de fibre sont connectées avec bobine de rebouclage. Deux fibres amorces additionnelles sont aussi utilisées pour qualifier les connecteurs du début des deux liaisons sous test,
- le réflectomètre est connecté à la fibre n°1 par l'intermédiaire de la fibre amorce 1 afin de réaliser une mesure O->E de la fibre n°1 ainsi qu'une mesure E->O de la fibre n°2. Ensuite, le réflectomètre est connecté à la fibre n°2 avec la fibre amorce n°2 pour réaliser la mesure O->E de la fibre n°2 ainsi qu'une mesure E->O de la fibre n°1.

Avec seulement deux acquisitions, la mesure par les deux bouts de deux fibres peut donc être réalisée.



Exemple de mesure O->E de la fibre n°1 et E->O de la fibre n°2

11.2 PRINCIPE DE PHOTOMÉTRIE

11.2.1 SOURCES, RADIOMÈTRES ET ATTÉNUATEURS

La manière la plus précise pour mesurer l'affaiblissement d'une fibre est l'injection d'un niveau connu de lumière à une de ses extrémités et la mesure du niveau à l'autre extrémité. Les sources et radiomètres sont les principaux instruments recommandés par l'ITU-T (G651) et l'IEC 61350 pour mesurer la perte d'insertion.

Cette méthode nécessite de pouvoir accéder aux deux extrémités de la fibre, ce qui n'est pas toujours le cas.



Source et Radiomètre

Sources

Une source de lumière est un appareil qui est utilisé comme une source calibrée, stable et continue pour des mesures d'affaiblissement.

Elle est composée d'une source – soit LED ou laser

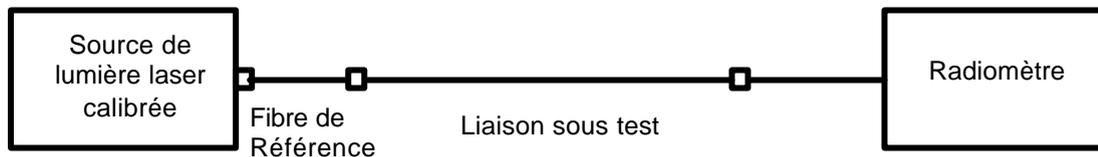
- Les LED sont principalement utilisées pour les fibres multimodes. Les lasers sont utilisés pour les applications monomodes.
- La lumière émise par une source LED ou laser peut être modulée à une fréquence donnée. Le radiomètre peut être alors configuré pour détecter cette fréquence.

Radiomètre

La fonction principale du radiomètre est d'afficher la puissance incidente reçue par la photodiode.

11.2.2 MESURES D'AFFAIBLISSEMENT

La mesure d'affaiblissement en puissance d'une liaison complète ou d'éléments tels que tronçons de fibre, connexions, composants optiques, nécessite une source de lumière calibrée et un radiomètre. Elle est en général déduite de la mesure de la puissance optique en deux points :



$$\text{Affaiblissement A (dB)} = P1 \text{ (dBm)} - P2 \text{ (dBm)}$$

Important : Pour réaliser des mesures précises les conditions suivantes sont indispensables :

- utiliser une source de lumière calibrée et stable dans le temps et en fonction de la température ,
- veiller à la grande propreté de la connectique, des fibres et de la cellule de réception,
- utiliser un cordon de référence entre la source laser et le dispositif sous test. Pour effectuer plusieurs mesures dans les mêmes conditions d'injection de lumière, il ne faut pas déconnecter cette fibre de référence pendant la période de mesure. En multimode, on veillera à ce que la longueur de ce cordon (500 m minimum) garantisse un équilibrage des modes.

Deux méthodes sont utilisées pour mesurer l'affaiblissement d'une fibre optique :

- la méthode de la fibre coupée,
- la méthode de la mesure de perte d'insertion.

Méthode de la fibre coupée

1. La puissance P1 à la sortie de la fibre sous test est mesurée, puis la fibre est coupée à environ 2 mètres de l'extrémité côté source.
2. La puissance P2 à la sortie du tronçon de fibre de 2 m est mesurée et sert de référence.

L'affaiblissement de la fibre testée est : P1 - P2.

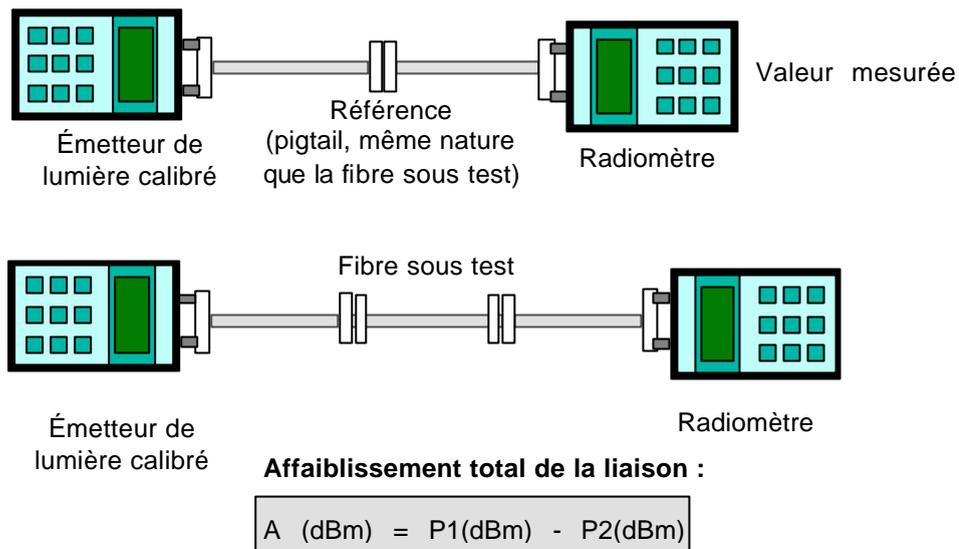
Cette méthode est très précise mais elle est peu utilisée du fait de son caractère destructif. Elle ne peut pas être utilisée en maintenance ou en installation, mais uniquement lors de la production de fibre.

Technique de mesure de l'affaiblissement d'insertion

1. Le radiomètre est d'abord connecté à la source laser via la fibre de référence : P1 est mesurée.
2. Puis la fibre à tester est insérée entre la fibre référence et le radiomètre : P2 est mesurée.

La différence entre P2 et P1 donne l'affaiblissement de la fibre sous test. Il est préférable d'utiliser le même type de connecteur aux extrémités de la fibre testée, pour avoir les mêmes conditions de connexion entre les mesures de P1 et P2.

Bien que moins précise que la précédente, cette méthode est la seule utilisée sur site car elle est non destructive.



Précision des mesures

- Une très grande précision est souvent nécessaire. Il faut alors procéder à une première calibration sans la fibre sous test, uniquement avec les câbles qui serviront à relier les appareils à la liaison à mesurer, ceci pour éliminer le plus possible les pertes dues à la connectique. Pour cela utiliser la fonction «**valeur de référence**» des appareils.
- Pour les mesures en laboratoire où les 2 extrémités de la fibre sont sur le même site, la répétitivité des mesures d'affaiblissement est meilleure que 0,1 dB. Pour les mesures sur le terrain, avec les extrémités de la fibre sur des sites différents, les variations d'une mesure à une autre sont de l'ordre de $\pm 0,2$ dB (en faisant une mesure relative).

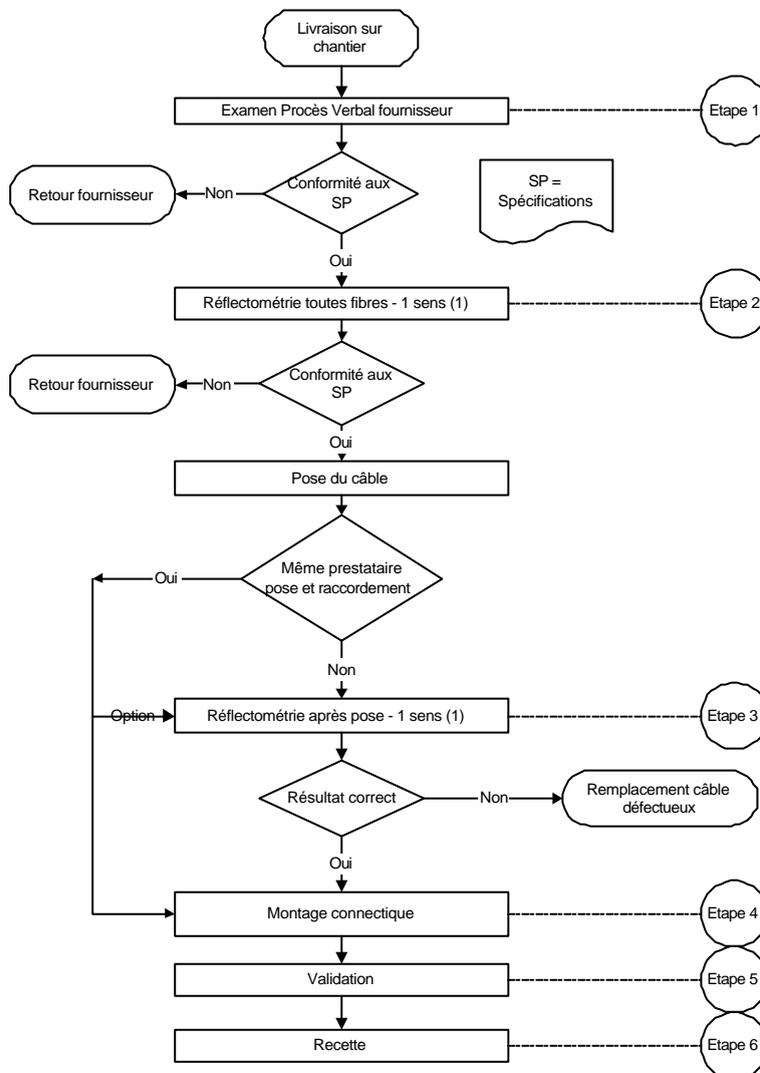
11.2.3 MESURES DE PUISSANCE

La mesure de puissance émise ou reçue nécessite seulement un radiomètre :

- pour mesurer la puissance émise, connecter le radiomètre directement à la sortie de l'émetteur optique.
- pour mesurer la puissance à l'entrée d'un récepteur optique, le radiomètre est connecté à l'extrémité de la fibre, au point où sera connecté le récepteur optique.

11.3 LES ÉTAPES DU CONTRÔLE

A chaque étape de la réalisation du câblage par l'installateur, des contrôles et mesures doivent être effectués. Ils ont pour objet de délimiter les responsabilités de chaque intervenant.



Etape	Type Contrôle	Point de contrôle
1 Réception Câble	Visuel + PV Fournisseurs	Obligatoire
2 Avant tirage	Réflectométrie fibre nue	Obligatoire si fourniture et pose sont dissociées. Conseillée dans tous les cas de liaisons longues
3 Après tirage, avant pose connecteurs et épissures en ligne	Réflectométrie fibre nue	Obligatoire si pose et raccordement sont dissociés
4 Pendant connectivisation et épissurage	Visuel - fiches connecteurs	Obligatoire
5 Après pose connecteurs - validation	Visuel + réflectométrie fibre connectorisée	Obligatoire
6 Recette	Visuel + mesures par prélèvement en option	Obligatoire

- (1) Compte-tenu du type de connectique (provisoire) employé pour cette mesure sur fibre nue (grande zone morte engendrée), il est possible qu'un défaut proche de l'extrémité soit masqué. Une réflectométrie dans les deux sens lèverait cette réserve.

ÉTAPE 1 : CONTRÔLE DE RÉCEPTION CÂBLE

Ce contrôle a pour objet de vérifier la conformité de la livraison. Deux types de contrôle sont prévus :

Inspection visuelle :

Celle-ci permet de vérifier que le câble livré a bien les caractéristiques attendues :

- état général du touret,
- nombre de fibres, code couleur, nombre de faisceaux,
- éléments de protection extérieurs (gaine).

Examen des procès verbaux du câble :

Le câble doit être livré avec un procès verbal de contrôle de sortie d'usine. Ce document doit fournir les éléments suivants :

- références de la commande,
- longueur de câble,
- caractéristiques et origine de chaque fibre,
- affaiblissement linéique de chaque fibre, aux longueurs d'onde d'utilisation,
- trace réflectométrique attestant de l'absence de défaut et d'épissure le long du câble. Le choix des échelles doit permettre une présentation exploitable.

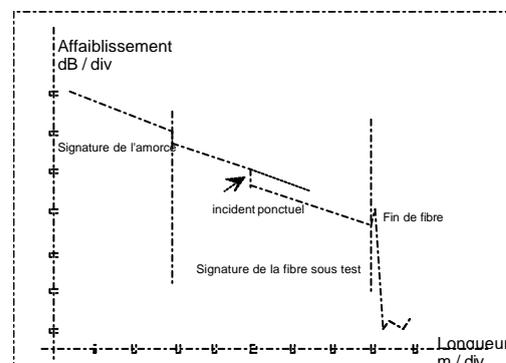
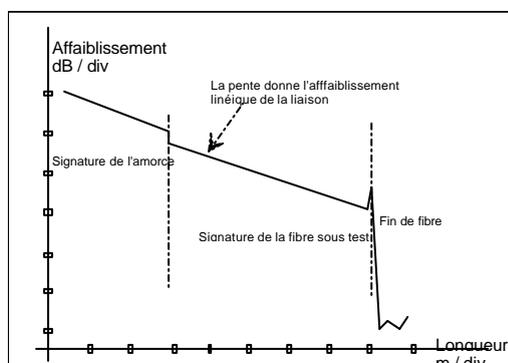
ÉTAPE 2 : MESURE AVANT TIRAGE

Avant tirage, un contrôle sur le câble peut être nécessaire pour attester que depuis la sortie d'usine, il n'a été affecté ni au cours du transport, ni au cours du stockage sur le chantier. Cette vérification est obligatoire, pour délimiter les responsabilités, notamment dans le cas où les prestations de fourniture et de pose sont dissociées.

Attention, le stockage sur chantier n'est en aucun cas de la responsabilité du fournisseur, ni du transporteur. Dans le cas d'un stockage de longue durée, il est nécessaire de lever la responsabilité du transporteur, par la mesure du touret à la réception. Le câble pourra ensuite éventuellement subir un nouveau contrôle avant l'opération de tirage.

La vérification consiste en une mesure par réflectométrie de l'ensemble des fibres du câble, à une seule longueur d'onde et dans un seul sens. Cette mesure est effectuée sur fibre nue (non encore équipée de connecteurs). La mesure permet de valider les points suivants :

- la longueur de la liaison,
- l'affaiblissement linéique de chaque fibre, dans la limite des paramètres « mesurables »,
- l'absence de contrainte subie par la fibre - incident ponctuel.



D'une façon générale aucun défaut n'est acceptable. Cependant, dans le cas de défaut limité et après expertise (câblier, expert tiers) montrant que la durée de vie de l'installation n'est pas impactée, la décision finale peut être laissée au client. Dans ce cas, des réserves seront faites dans le procès verbal.

La vérification s'effectue dans les conditions suivantes :

<u>Fibre</u>	<u>Longueur d'onde de mesure</u>
Multimode	850 nm
Monomode	1550 nm

Attention :

Dans le cas où le cahier des charges spécifie explicitement des paramètres à une longueur d'onde différente, il peut être conseillé de réaliser le test également à cette longueur d'onde, notamment dans le cas où les traces réflectométriques fournies par le câblage ne sont pas suffisamment exploitables.

ÉTAPE 3 : MESURE APRÈS POSE DU CÂBLE, AVANT MISE EN PLACE DE LA CONNECTIQUE

Cette étape reprend, après tirage, les contrôles précédents. Elle est nécessaire si les prestataires qui effectuent les opérations de pose et de raccordement sont différents. Dans le cas où le prestataire est le même, cette étape n'est pas obligatoire, mais néanmoins conseillée, dans l'intérêt de celui-ci, en fonction des conditions de pose (tronçons de grande longueur, conditions de pose difficiles, fragilité du câble) ; elle permettra d'identifier les défauts de tirage et de remplacer les tronçons en défaut avant mise en place des fiches optiques. A cette étape, les contrôles suivants sont entrepris, après une période de relaxation du câble, allant de quelques heures à quelques jours dépendant des paramètres du câble :

- contrôle visuel : le câble ne doit pas présenter de « blessure » visible,
- mesure sur fibre - selon les modalités de l'étape 2, à une longueur d'onde.

ÉTAPE 4 : CONTRÔLE EN COURS DE POSE DES CONNECTEURS

Cette étape est réalisée par l'installateur qui met en place la connectique optique en extrémité de câble. Conformément aux notices de montage des constructeurs, il doit s'assurer visuellement, à l'aide d'un outil d'inspection des faces optiques, que les fiches de connecteurs sont correctement montées :

- état de surface propre et correctement poli,
- absence de rayure ou fracture sur le « cœur de fibre »,
- absence de colle.

ÉTAPE 5 : CONTRÔLE APRÈS MISE EN PLACE DES CONNECTEURS

Cette étape réalise la validation finale de l'installation. Elle effectue un contrôle des liens constitués et raccordés. Elle s'appuie sur des mesures réflectométriques qui permettent d'apprécier en une seule mesure :

- la longueur de la liaison,
- l'affaiblissement global de la liaison,
- l'affaiblissement des différents éléments qui la composent,
- en monomode, la réflectance des éléments susceptibles de réfléchir une partie de l'énergie lumineuse,
- la visualisation des contraintes subies par la fibre,
- une cartographie complète de la liaison.

Les relevés s'effectuent dans les deux sens de transmission.

Ces contrôles sont effectués obligatoirement à la « longueur d'onde de mesure ». Ils peuvent être effectués, en option, à la longueur d'onde complémentaire, notamment, dans le cas où l'application envisagée travaille sur cette longueur d'onde:

Fibre	Longueur d'onde de mesure	Longueur d'onde complémentaire optionnelle
Multimode	850 nm	1300 nm
Monomode	1550 nm	1310 nm

ÉTAPE 6 : RECETTE

La recette de l'installation est prononcée par le client après analyse des documents de validation fournis par l'installateur. Le client pourra le cas échéant se faire assister par un expert tiers pour prononcer cette recette et faire au besoin des contre-mesures.

11.4 MÉTHODES DE MESURE PRÉCONISÉE

La méthode de mesure préconisée par le C.R.E.D.O est la réflectométrie. Celle ci permet d'obtenir en une seule opération :

- la longueur de la liaison,
- l'affaiblissement global de la liaison,
- l'affaiblissement des différents éléments la composant,
- la réflectance des éléments susceptibles de réfléchir une partie de l'énergie lumineuse,
- une cartographie complète de la liaison et notamment la visualisation de l'ensemble des contraintes subies par la fibre et des défauts.

La mesure par insertion pourra cependant être effectuée, en option et en complément de la mesure précédente. Dans le cas des liaisons très courtes, elle sera préférée à la réflectométrie:

	Liaison multimode	Liaison monomode
Lmin	50 m	100 m
$L \leq L_{min}$	Photométrie	Photométrie
$L \geq L_{min}$	Réflectométrie	Réflectométrie

Dans le cas des mesures de liaisons courtes par réflectométrie, le pouvoir séparateur en événements de l'appareil ne permet pas forcément de distinguer et de mesurer distinctement les éléments constitutifs de la liaison. En particulier, la valeur de « l'affaiblissement linéique » de la fibre, fournie par l'appareil après extrapolation est entachée d'erreur.

En fonction de la longueur de la liaison, (cf. tableau ci-dessous), on s'attachera à contrôler les paramètres suivants sur le lien.

		$L < L_{min}$	$L_{min} < L < 100 \text{ m}$	$100 \text{ m} < L$
Mesure		Photométrie	Réflectométrie	Réflectométrie
Paramètres contrôlés	Longueur du lien	NON	OUI	OUI
	Présence d'« incidents »	NON	OUI	OUI
	Affaiblissement total du lien optique	OUI	OUI	OUI
	Affaiblissement des connecteurs	NON	OUI	OUI
	Affaiblissement linéique	NON	NON	OUI

Tableau de validité des mesures effectuées

11.4.1 LONGUEUR D'ONDE RETENUE

Le test s'effectue à la « longueur d'onde de mesure ». Cette longueur d'onde permet, dans la majorité des cas, à elle seule, de qualifier le réseau. Un défaut présent sur le réseau sera mieux détecté à cette longueur d'onde. Le test peut également être effectué, en complément, dans les autres fenêtres d'utilisation de la fibre, en particulier si celle-ci est destinée à recevoir des applications fonctionnant dans ces fenêtres.

Fibre	Longueur d'onde de mesure	Longueur d'onde complémentaire optionnelle
Multimode	850 nm ± 20 nm	1300 nm ± 20 nm
Monomode	1550 nm ± 20 nm	1310 nm ± 20 nm

Le choix de la longueur d'onde de mesure (associé aux performances des appareils actuels - pouvoir séparateur en événements et à la largeur d'impulsion choisie) permet d'identifier deux défauts voisins en moyenne de 10 m. Il sera possible, par ailleurs, en général, de séparer deux défauts distincts de moins de 10 m, mais pas de les quantifier.

Il est nécessaire cependant de fixer une largeur d'impulsion présentant le meilleur compromis entre le pouvoir séparateur en événements et la dynamique.

11.4.2 CHOIX DE L'APPAREILLAGE ET PARAMÉTRAGE

L'appareillage de mesure à utiliser est un réflectomètre.

Pour la qualification des liaisons multimodes, celui-ci devra posséder une largeur d'impulsion pouvant descendre jusqu'à 2 ns (20 cm) pour la plus haute résolution spatiale.

Pour la qualification des liaisons monomodes, il devra posséder une largeur d'impulsion pouvant descendre jusqu'à 5 ns (50 cm) pour la plus haute résolution spatiale.

L'indice de réfraction du cœur de la fibre doit être paramétré sur l'appareil. Il est impératif de rentrer correctement ce paramètre, pour éviter des erreurs au niveau de la distance et de l'affaiblissement linéique.

Le calcul de la distance est en effet effectué par l'appareil à partir des mesures de temps sur les ondes réfléchies et dépend de l'indice de réfraction du cœur :

$$d = ct / (2n)$$

d : distance
 c : célérité de la lumière dans le vide
 n : indice de réfraction de la fibre
 t : temps écoulé entre l'émission de l'impulsion et la réception de l'impulsion réfléchie par l'événement à localiser

On veillera à afficher un indice réaliste qui se rapproche de la moyenne des indices donnés par les fabricants de fibre.

Sauf stipulation précise du câblage, les valeurs moyennes suivantes seront employées :

FIBRE	Longueur d'onde	Diamètre de cœur	Indice moyen
Multimode	850 ou 1300 nm	62.5 µm	1.490
		50 µm	1.475
Monomode	1310 nm	9 µm	1.465
	1550 nm	9 µm	1.475

11.4.3 PRÉCISION DES MESURES

Les incertitudes de mesure n'étant pas négligeables et leurs origines diverses (imprécision de la mise en place des curseurs en mode manuel, répétabilité de la mesure, etc.), on admettra une incertitude de ± 0.05 dB sur chaque valeur d'affaiblissement relevée avec l'appareillage.

11.5 SANCTIONS APPLICABLES

11.5.1 CONTRÔLE DE LA CONNECTIQUE

Chaque élément de connectique (Connecteur, épissure) est mesuré dans les deux sens.

La valeur d'affaiblissement à retenir est la demi somme des valeurs algébriques mesurées dans chaque sens $(Val\ 1 + Val\ 2) / 2$. C'est cette valeur qui doit rester inférieure à une valeur maximale donnée.

Connectique	Affaiblissement / pertes (dB)		Réflectance Minimum (dB)	
	Valeur moyenne	Maximum toléré	Multimode	Monomode
Connecteur	0.5	0,75	- 20	- 40
Fusion - splice		0.15	N/A	N/A
Epissure mécanique		0.3	- 50	-50

Tableau des sanctions

Remarques :

- Dans le cas de besoins justifiés (bilans de fonctionnement resserrés) la valeur maximum d'affaiblissement imposée au connecteur (2 fiches + 1 raccord) de répartiteur pourra être $\leq 0,5$ dB.
- Certains connecteurs qui disposent d'avantages particuliers (robustesse, facilité de mise en œuvre) peuvent présenter des affaiblissements nominaux plus importants ; la décision d'emploi de tels connecteurs, notamment au niveau des répartiteurs, relève du cahier de prescriptions spéciales.

11.5.2 CONTRÔLE DU CÂBLE

Il est impératif de maîtriser parfaitement la constitution du câblage (longueurs et cheminements des différents câbles), de manière à pouvoir analyser le réflectogramme (pics, longueurs des fibres, extrémités). Ceci permet de détecter et localiser les éventuels défauts de la liaison.

Les affaiblissements linéiques maximum sont répertoriés dans les tableaux ci-dessous :

Liaisons multimodes :

	Affaiblissement à 850 nm	Affaiblissement à 1300 nm
Fibre 62.5/125 μm	3.5 dB/km	1.5 dB/km
Fibre 50/125 μm	3.0 dB/km	1.0 dB/km

Liaisons monomodes :

	Affaiblissement à 1310 nm	Affaiblissement à 1550 nm
Fibre 9/125 μm	0,35 dB/km	0,25 dB/km

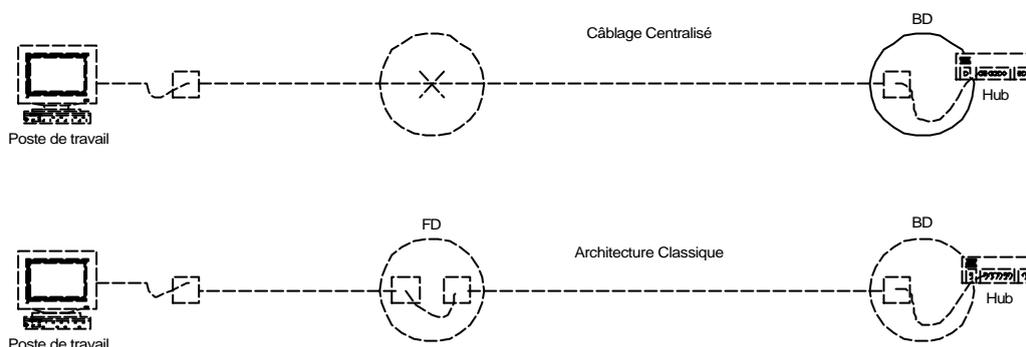
12. MISE EN ŒUVRE DES APPLICATIONS

12.1 CONSTITUTION D'UNE CHAÎNE DE LIAISON

Le branchement d'une application donnée sur le réseau optique s'effectue :

- en constituant un « lien » optique entre les deux extrémités, par brassage de segments élémentaires,
- en branchant les appareils aux deux extrémités.

On constitue ainsi une liaison entre les émetteurs et les récepteurs optiques intégrés dans les appareils.



Cette liaison est constituée de tout ou partie des éléments optiques suivants :

- des tronçons de fibre,
- des connecteurs de bureau (TO),
- des connecteurs traversés dans les différents locaux de brassage (FD, BD),
- des épissures traversées, notamment dans le cas des câblages optiques centralisés (FD),
- des cordons de brassage et de raccordement.

12.2 CONTRAINTES DE L'APPLICATION

Trois paramètres interviennent pour conditionner les performances de l'application sur cette liaison :

- le budget optique (affaiblissement) de la liaison,
- la bande passante de la liaison,
- la réflectance de la liaison.

Ces trois paramètres sont imposés par l'application et vont conditionner en particulier la distance couverte sur la liaison.

Selon que l'application fonctionne sur fibre multimode ou fibre monomode et selon la classe de débit de l'application c'est l'un ou l'autre de ces paramètres qui conditionne en premier lieu le support de l'application sur une liaison donnée :

Application sur fibre multimode	Paramètre Principal	Paramètres secondaires
« bas débit » (<1Gbit/s)	1 - budget optique	2 - bande passante 3 - réflectance
« haut débit » (≥1Gbit/s)	1 - bande passante	2 - budget optique 3 - réflectance

Application sur fibre monomode	Paramètre Principal	Paramètres secondaires
« bas débit » (<1Gbit/s)	1 - budget optique	2 - réflectance
« haut débit » (≥1Gbit/s)	1 - budget optique	2 - réflectance

Les paramètres secondaires interviennent dans une moindre mesure mais leur contrôle est cependant nécessaire pour le bon fonctionnement de l'application.

12.3 APPRÉCIATION ET CONTRÔLE DES PARAMÈTRES

12.3.1 CONTRÔLE DE LA BANDE PASSANTE

Ce paramètre n'intervient que sur les liaisons multimodes. La bande passante est un paramètre intrinsèque de la fibre et la bande passante de la liaison va dépendre :

- de la longueur d'onde de travail (850 nm ou 1300 nm) de l'application,
- des conditions d'injection de l'application,
- du type de fibre mis en œuvre (par exemple une fibre 50/125 µm de bande passante 500/800),
- de la longueur de fibre déployée.

A titre d'exemple, une liaison de 300 m de fibre 50/125 µm 500/800 présentera une bande passante de :

- 500 MHz (1000/300) = 1660 MHz à 850 nm,
- 800 MHz (1000/300) = 2660 MHz à 1300 nm.

Ce paramètre devient le plus contraignant pour les nouvelles applications haut débit (Gigabit Ethernet et 10 Gigabit Ethernet).

Il est cependant rare que l'on ait recours à son calcul et encore moins à sa mesure. Les standards d'applications stipulent en effet directement la distance couverte par l'application en fonction de la bande passante de la fibre (voir chapitres 4.5 et 4.6) et donc du choix de la fibre effectué.

Par exemple, pour une application 1000BaseSX, fonctionnant dans la fenêtre 850 nm, le standard stipule que la distance couverte sera de :

- 275 m avec une fibre présentant 200 MHz.km de bande à 850 nm (fibre 62,5/125 µm de type OM1)
- 550 m avec une fibre présentant 500 MHz.km de bande à 850 nm (fibre 50/125 µm).

Ces valeurs résultent du calcul intermédiaire de la bande passante de la liaison car c'est ce paramètre et non le budget optique qui limite la longueur de liaison.

Il est donc fondamental de connaître les caractéristiques de la fibre déployée (62,5/125 µm ou 50/125 µm et la bande passante de cette fibre). A défaut de connaître ce paramètre, il devra être mesuré sur le terrain, ce qui demeure une opération lourde et peu courante.

12.3.2 CONTRÔLE DU BUDGET OPTIQUE

Ce paramètre intervient sur les liaisons multimodes comme sur les liaisons monomodes. Le budget optique représente le cumul des pertes dans les constituants de la liaison :

- tronçons de fibre,
- connecteurs de bureau (TO),
- connecteurs traversés dans les différents locaux de brassage (FD, BD),
- épissures traversées, notamment dans le cas des câblages optiques centralisés (FD),
- cordons de brassage et de raccordement.

La perte induite par les tronçons de fibre va dépendre :

- de la longueur d'onde de travail (850nm ou 1300nm) de l'application,
- du type de fibre mis en œuvre,
- de la longueur de fibre déployée.

A titre d'exemple, une liaison de 300 m de fibre 50/125 µm présentera un affaiblissement de :

- 3,5 dB (300/1000) = 1,05 dB à 850 nm,
- 1 dB (300/1000) = 0,3 dB à 1300 nm.

La perte induite par la connectique ne dépend pas de la longueur d'onde. On pourra calculer le budget « connectique » sur la base de :

- 0,75 dB maximum de perte d'insertion par connecteur optique traversé (un connecteur optique représente ici, selon la technologie un ensemble fiche-prise ou fiche-raccord-fiche),
- 0,1 dB maximum de perte d'insertion par épissure fusion traversée,
- 0,3 dB maximum de perte d'insertion par épissure mécanique traversée.

Ces estimations permettent de calculer le budget attendu sur une liaison donnée. A titre d'exemple, nous fournissons ci-après le calcul du budget optique relatif à une liaison de 300 m de fibre multimode, réalisée dans le cadre d'une architecture optique centralisée :

	850 nm	1300 nm
tronçons de fibre – 300 m	1,05 dB	0,30 dB
connecteurs de bureau (TO) – 0,75 dB x 1	0,75 dB	0,75 dB
connecteurs traversés dans les différents locaux de brassage (BD) – 0,75 dB x 1	0,75 dB	0,75 dB
épissures par fusion traversées (FD) – 0,1 dB x 0	-	-
épissures mécaniques traversées (FD) – 0,3 dB x 1	0,30 dB	0,30 dB
Total Budget Liaison	2,85 dB	2,10 dB

Avec une valeur de 2,85 dB dans la fenêtre 850 nm, on voit bien que le budget optique d'une telle liaison demeure très inférieur au budget des applications Gigabit Ethernet 1000BaseSX (7,5 dB voir chapitre 4.5) et 10 Gigabit Ethernet 10GBaseS (7,3 dB voir chapitre 4.6), et que pour ces applications, la contrainte vient du paramètre bande passante.

Au-delà du calcul, ce paramètre pourra par ailleurs être facilement contrôlé sur le terrain par réflectométrie ou par photométrie.

12.3.3 CONTRÔLE DE LA RÉFLECTANCE

En pratique, ce paramètre est relativement peu contraignant sur les applications informatiques LAN, ce qui n'est pas le cas des applications longue distance ou des applications de déport vidéo ou de transmission analogique.

Les applications informatiques LAN s'accommodent d'un affaiblissement de réflexion d'environ - 20 dB pour les applications multimodes et d'environ - 35 dB pour les applications monomodes.

Ces valeurs ne concernent que des applications de transmission de données (transmission numérique). Dans le cas où des applications analogiques sont envisagées (transport de télévision haute définition ou déport de « spectre GSM »), une valeur de réflectance de - 50 dB sera visée.

C'est le choix de la connectique mise en œuvre dans la liaison qui conditionne ce paramètre qui pourra, par ailleurs, être contrôlé à l'aide d'un réflectomètre (mesure de réflectance ou ORL).

Ces types d'architecture sont connus sous les appellations : FTTO, FTTD....

Aujourd'hui les normes, les applications, les produits rendent enfin possible d'envisager des câblages « tout fibre ». Deux types de situations peuvent être rencontrés. Les sites sont déjà câblés (généralement en paires de cuivre symétriques) ou bien le site ne comporte aucun câblage. D'un cas à l'autre l'emploi du média fibre sera probablement différent. Les câbles à paires de cuivre trouvent encore un intérêt majeur pour le support des applications téléphoniques notamment.

Dans le cas où le site posséderait déjà un câblage cuivre celui-ci pourra tout naturellement être conservé pour le téléphone.

Dans le cas d'un site sans câblage, le réseau cuivre pourra être optimisé pour le téléphone et ne nécessitera pas de conformité aux classes E ou F.

13.1 LA FIBRE JUSQU'AU POSTE DE TRAVAIL : MYTHE OU RÉALITÉ ?

Il n'y a pas si longtemps les modes de connexion des postes de travail étaient aussi nombreux que mal connus. Des adaptateurs utilisaient tous les fils disponibles dans les câbles cuivres, et les convertisseurs permettant d'adapter ces liaisons à la fibre optique étaient onéreux et n'offraient pas toujours toutes les garanties de fonctionnement.

Aujourd'hui la réalité est tout autre et les applications réseaux sont supportées par les liaisons fibres. Les câbles d'hier ont fait place à des câbles aux structures adaptées à chaque type d'emploi, liaison entre locaux techniques (d'étage, de bâtiment ou de site), liaison entre local technique et poste de travail.

Les types de connectiques se sont améliorés en coût, en facilité de mise en œuvre et en fiabilité.

Deux intérêts majeurs des câbles à fibres optiques sont à prendre en compte. Dans le cas d'un site déjà câblé, le passage de nouveaux câbles cuivres imposera la dépose de ceux existants, représentant un surcoût et interrompant le fonctionnement du réseau pendant la durée des travaux. La faible dimension des câbles à fibres optiques et leur cohabitation possible avec les courants forts résout le problème. Dans le cas d'un site vierge les travaux de génie civil (percements, création de chemin de câbles, création de locaux techniques) lorsqu'ils sont possibles (bâtiments anciens et/ou classés...) imposés par le volume des câbles seront incomparablement réduits par l'emploi de fibre optique. Aujourd'hui le câblage optique n'est plus un mythe il est devenu une réalité incontournable.

13.2 CÂBLAGE CUIVRE – CÂBLAGE OPTIQUE : UNE MIGRATION EN DOUCEUR

Qu'il s'agisse d'un site déjà câblé ou d'un site vierge, il se peut que l'administrateur du réseau souhaite conserver des cartes réseau existantes par souci d'économie ou parce que les postes de travail, déjà anciens, ne justifient pas (ou ne permettent pas) le changement de la carte réseau cuivre par une carte optique.

Il est possible d'introduire au niveau du bureau un équipement de transition optique vers cuivre, éventuellement logeable dans une goulotte. Ceci autorise le câblage optique entre le local technique et le bureau sans remettre en question les équipements du bureau.

13.3 CÂBLAGE OPTIQUE ET OPTIQUE CENTRALISÉ

Le câblage tout optique est un thème très vaste qui fera l'objet d'un prochain guide spécifique du Cercle C.R.E.D.O.. Ce paragraphe fait un survol de ces types d'architecture. Depuis plusieurs années déjà, les liaisons inter locaux techniques sont constituées de fibres. Le dernier pas restait à faire : prolonger ces fibres jusqu'au bureau.

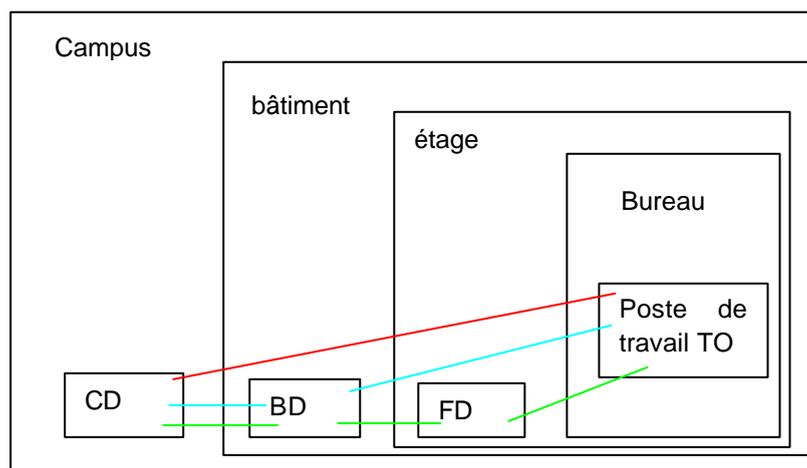
Aujourd'hui, les solutions de câblage optique jusqu'à la prise de l'utilisateur sont nombreuses. Le schéma ci-dessous illustre les différentes façons de câbler un site en « tout optique ».

Les liens en vert décrivent un câblage traditionnel, seul le lien entre le local technique d'étage et la prise de bureau en fibre, est nouveau. La bande passante et le faible affaiblissement de la fibre permettent de placer les équipements actifs au local technique de bâtiment ou de site, réalisant ainsi une optimisation du nombre de ports de ces derniers. Le brassage entre les fibres est réalisé dans les locaux par utilisation de jarretières.

Mais l'évolution des normes permet aujourd'hui d'aller plus loin. Les liens bleus et rouges montrent deux architectures où les locaux techniques d'étages et/ou de bâtiments ne sont plus nécessaires. Ils seront remplacés dans ce cas par des coffrets d'épissure reliant les câbles de nature et de contenance différentes.

Bien entendu de telles architectures demandent que soit vérifiée à priori, l'adéquation entre la longueur des liens, la nature des fibres (monomodes ou multimodes) et les performances de bande passante souhaitées.

Dans une architecture centralisée sur le local technique de site, la notion de « Collapsed Backbone » prend tout son sens. La nature des mesures réalisées pour la recette du câblage devra, elle aussi être adaptée. Une mesure des liens par réflectométrie dans un seul sens et à une seule longueur d'onde éventuellement accompagnée (voire remplacée) par une mesure par photométrie et dans tous les cas complétée par un examen visuel du câblage permettra de s'assurer de la bonne réalisation des travaux.



CD : Local technique de site.
 BD : Local technique de bâtiment.
 FD : Local technique d'étage.

Cette annexe reprend les grandes lignes des spécifications détaillées dans cet ouvrage.

14.1 LES SPÉCIFICATIONS DES STANDARDS SYSTÈMES (ÉVOLUTIONS EN COURS)

FIBRES MULTIMODES (OM1, OM2, OM3)

	Type de fibre	850 nm	1300 nm
Affaiblissement - dB/km	OM1, OM2, OM3	3,5	1,5

Type de fibre	Diamètre de cœur	Bande passante minimale MHz.km		
		Mesure OFLBW standard		Mesure RML en cours de définition
		850 nm	1300 nm	850 nm
OM1	50 µm ou 62,5 µm	200	500	Non spécifiée
OM2		500	500	Non spécifiée
OM3	50 µm	1500	500	2000

Valeurs issues du "Final Committee Draft" ISO/IEC JTC1/SC25 N789 du 10 Octobre 2001, confirmées au cours de la réunion du 25 Février 2002

FIBRE MONOMODE (OS1)

	Type de fibre	1310 nm	1550 nm
Affaiblissement - dB/km	OS1	1,0	1,0

Valeurs issues du "Final Committee Draft" ISO/IEC JTC1/SC25 N789 du 10 Octobre 2001

CONNECTIQUE OPTIQUE

Connecteurs	Perte d'insertion	
	Maximale	0,75 dB
	Affaiblissement de réflexion	
	Connecteur multimode	- 20 dB
	Connecteur monomode	- 35 dB
Epissure	Perte d'insertion	
		0,3 dB

Valeurs issues du "Final Committee Draft" ISO/IEC JTC1/SC25 N789 du 10 Octobre 2001

14.2 LES FIBRES PRÉCONISÉES PAR LE CERCLE C.R.E.D.O.

Les valeurs proposées correspondent à un compromis entre les standards applicables et l'état de l'art des valeurs fournies par l'ensemble des fibreurs. Les valeurs de ces paramètres ne doivent pas, bien sûr, être altérées par la mise en câble de ces fibres.

LA FIBRE MONOMODE 9/125 µM

∅ Champ de mode (µm)	∅ Gaine (µm)	∅ Revêtement (µm)	Longueur d'onde de coupure (nm)	Dispersion max à 1310 nm (ps/nm.km)	Dispersion max à 1550 nm (ps/nm.km)	Affaiblissement max à 1310 nm (dB/km)	Affaiblissement max à 1550 nm (dB/km)
9,2±0,6	125±2	245±10	1100-1280	3,5	19	< 0,35	< 0,25

LES FIBRES MULTIMODES 50/125 µM ET 62.5/125 µM

∅ Coeur (µm)	∅ Gaine (µm)	∅ Revêtement (µm)	Ouverture numérique	Bande passante à 850 nm (MHz.km)	Bande passante à 1300 nm (MHz.km)	Affaiblissement max à 850 nm (dB/km)	Affaiblissement max à 1300 nm (dB/km)
50±3	125±3	245±10	0,2	>500	>800	<3	<1
62,5±3	125±3	245±10	0,275	>500	>500	< 3,5	<1,5

14.3 LES CÂBLES POUR ENVIRONNEMENT LAN

LES CÂBLES DE DISTRIBUTION D'INTÉRIEUR

Application	immeubles - de la distribution vers le point d'accès
Modularité minimale	2 fibres optiques
Type retenu	totalemment diélectrique - gaine ayant un comportement au feu NFC 32-070, catégorie C2 minimum C1 souhaitable l'ensemble des matériaux doit répondre aux caractéristiques ZH ou LS0H NFC 32-062.
∅ Extérieur	5 mm
Marquage	marquage métrique, nom du constructeur, année de fabrication, contenance, type de fibre, type de gaine.

Caractéristiques mécaniques et climatiques :

Caractéristiques	Essais	Sévérité	Sanctions
Rayon de courbure	CEI 794-1 E11-2	≤ 10x∅ mm, max 200 mm ∅ mandrin 200 mm, 5 cycles	sans fissure ≤ 0.1 dB/km
Ecrasement	CEI 794-1 E3	≥ 20 daN/cm	≤ 0.1 dB/km
Traction	CEI 794-1 E1	≥ 20 daN	≤ 2 dB/km réversible ≤ 0.3% allongement
Thermique	CEI 793-1 D1	-10°C, +70°C 2 cycles, 3h minimum, V=0.3°C/mn	≤ 0.3 dB/km

LES CÂBLES MULTIFIBRES D'INTÉRIEUR

Application	immeubles entre répartiteurs
Installation	l'ensemble des éléments du câble est prévu pour supporter une installation en gaine verticale, sur une hauteur de 200 m.
Modularité minimale	6 fibres optiques
Type retenu	totalemment diélectrique - gaine ayant un comportement au feu NFC 32-070, catégorie C2 minimum C1 souhaitable l'ensemble des matériaux doit répondre aux caractéristiques ZH ou LS0H NFC 32-062.
∅ Extérieur	20 mm max.
Marquage	marquage métrique, nom du constructeur, année de fabrication, contenance, type de fibre, type de gaine.

Caractéristiques mécaniques et climatiques :

Caractéristiques	Essais	Sévérité	Sanctions
Rayon de courbure	CEI 794-1 E11-2	≤ 10x∅ mm, max 200 mm ∅ mandrin 200 mm, 5 cycles	sans fissure ≤ 0.1 dB/km
Ecrasement	CEI 794-1 E3	≥ 20 daN/cm	≤ 0.1 dB/km
Traction	CEI 794-1 E1	≥ 50 daN	≤ 2 dB/km réversible ≤ 0.3% allongement
Thermique	CEI 793-1 D1	-20°C, +70°C 2 cycles, 3h minimum, V=0.3°C/mn	≤ 0.3 dB/km

LES CÂBLES MULTIFIBRES D'EXTÉRIEUR

Application	liaisons inter-bâtiment
Modularité minimale	6 fibres optiques
Module optique	ensemble de 6 structures élémentaires regroupées sous forme d'un faisceau identifiable suivant le code de couleur FOTAG
Types retenus	1 câbles non armés standards: totalement diélectriques, gaine avec tenue au feu NFC 32-070, catégorie C2 (C1 souhaitable) 2 câbles armés: avec une tresse acier et une gaine C2 (C1 souhaitable).
Ø Extérieur	20 mm max.
Marquage	marquage métrique, nom du constructeur, année de fabrication, contenance, type de fibre, type de gaine.

Caractéristiques mécaniques, climatiques, et d'étanchéité :

Caractéristiques	Essais	Type câble	Sévérité	Sanctions
Rayon de courbure	CEI 794-1 E11-2	1 2	≤ 12xØ mm, max 300 mm ≤ 15xØ mm, max 400 mm Ø mandrin 2xrayon, 5 cycles	sans fissure ≤ 0.1 dB/km
Ecrasement	CEI 794-1 E3	1 2	≥ 20 daN/cm ≥ 45 daN/cm	≤ 0.1 dB/km
Traction	CEI 794-1 E1	1 2	≥ 150 daN ≥ 200 daN	≤ 2 dB/km réversible ≤ 0.3% allongement
Thermique	CEI 793-1 D1		-30°C, +70°C 2 cycles, 3h minimum, V=0.3°C/mn	≤ 0.5 dB/km
Étanchéité	NFC 93 526 20.2		10 échantillons, 168 h	pas de fuite sur 9

14.4 CONNECTIQUE OPTIQUE POUR ENVIRONNEMENT LAN

PERFORMANCES DES PRINCIPAUX CONNECTEURS MIS EN ŒUVRE EN LAN

Connecteur	Embout optique	Concept	Principales caractéristiques	Pertes d'insertion (dB)		Réflectance min (dB) Multi / Mono
				Typique	Max	
VF45™	sans	F-P Bivoie	mise en œuvre FTTH, offre système, bas coût	0,30 / 0,20	0,75 / 0,75	-20 / -45
MT-RJ	polymère	F-P Bivoie	offre en composants actifs, compacité	0,20 / 0,20	0,50 / 0,40	-20 / -45
LC	céramique 1,25mm	F-R-F Duplex	polyvalence multi/mono, offre en composants actifs, version mono ajustable et APC	0,10 / 0,15	0,30 / 0,40	-20 / -55
FJ	céramique 2,5mm	F-P Bivoie	offre système	0,10 / NC	0,75 / NC	-20 / NC
SC (FC)	céramique 2,5mm	F-R-F Duplex	polyvalence multi/mono, offre en composants actifs, nombre de constructeurs	0,20 / 0,15	0,45 / 0,30	-20 / -55
ST	céramique 2,5mm	F-R-F	standard de facto, simplicité, mise en œuvre	0,20 / 0,15	0,45 / 0,30	-20 / -35
FDDI & ESCON	céramique 2,5mm	Bivoie	robustesse, détrompage	0,30 / NC	0,50 / NC	-20 / NC
OPTOCLIP	Ferule-less	F-R-F	Mise en œuvre très rapide - SM ou MM Performances d'une épissure avec les caractéristiques d'un connecteur APC FTTH, boucles d'accès, LAN	0,1 / 0,15	0,5	-40 / -60
MPO	polymère	Multivoie 4 à 24 FO	densité	0,35 / 0,35	1,00 / 0,50	-20 / -45
URM	Céramique 1,25 mm	F-R-F 2 à 8 FO	Polyvalence multi/mono, densité	0,20 / 0,20	0,40 / 0,50	-20 / -50

TABLEAU DES SPÉCIFICATIONS ET SANCTIONS APPLICABLES

Connectique	Affaiblissement / pertes (dB)		Réflectance Minimum (dB)	
	Valeur moyenne	Maximum toléré	Multimode	Monomode
Connecteur	0,5	0,75	- 20	- 40
Fusion - splice	0,1	0,15	N/A	N/A
Epissure mécanique		0,3	- 50	-50

LISTE DES ADHERENTS* AU CERCLE C.R.E.D.O.



3M
ACOME
ACTERNA
AEROPORTS DE PARIS
ALTEIS
AGILENT
APAVE
AUBAY
CIRCET
COMOPTIC
COMPAGNIE DEUTSCH ORLEANS
DGA
DCN
EDF
EI-RSI
ERECA
ESIGELEC
EXERA
ETDE
FICOME
FRANCE TELECOM
GITEP
GRANIOU
HEC
HSC – High Speed Cable
IFOTEC
IRISEE
LEGRAND
LYCEE LE DANTEC
MARAIS Contracting
MB ELECTRONIQUE
MICROSENS
MUSEE DU LOUVRE
RADIALL
RATP
SAPRR
SECHAUD ET BOSSUYT Technologie
SNCF
SOCOTEC
TELCITE
TYCO – AMP et RAYCHEM

* Liste établie en date du 31 décembre 2001.

Nous tenons à remercier tout particulièrement les sociétés suivantes et leurs représentants, pour leur contribution active et soutenue dans la rédaction de cet ouvrage :

BERRIDO	Jean Pierre	TYCO
BRETEAU	Alain	IRISEE
BURTIN	Michel	LEGRAND
CANEPÀ	Christophe	ACOME
CONDROYER	Arnaud	GRANIOU TRANSCOM
DANZEL D'AUMONT	Géraud	MICROSENS
DELBARRE	Michel	3M
DESPORTES	Bernard	SNCF
FAUVE	Daniel	COMOPTIC
FILLOLEAU	Bernard	ERECÀ
GEERSTMAN	Pascal	EXERA / RATP
HELIE	Thierry	ACOME
HUGON	Jacques	3M
LACHKAR	Jonathan	CIRCET
LAUER	Michel	RADIALL
MAMALET	Noël	LYCEE LE DANTEC
MASNOU	Christophe	RADIALL
MERCIER	Bruno	SOCOTEC
POULAIN	Michel	COMPAGNIE DEUTSCH ORLÉANS
PUYUELO	Alain	AEROPORTS DE PARIS
RICHARD	Claude	ALTEIS
ROUSSEL	Yannick	ACOME
RUER	Stephen	ACTERNA
SARTORI	Philippe	RATP
THEVENOT	Alain	COREL
UGOLINI	Alain	
ZAHND	Eric	AUBAY

