

GUIDE DE RÉFÉRENCE SUR LES CÂBLES FIBRE OPTIQUE

EBook sur la technologie pratique

FLUKE
networks[®]
• • • • •

Sommaire

Introduction	3
Présentation des principes de transmission par fibres optiques	5
Construction	5
Réflexion et réfraction.....	6
Signalisation	8
Configuration requise pour une transmission fiable	9
Bande passante.....	17
Types de fibre.....	18
Théorie des tests – Performances du câblage fibres optiques	20
Normes de performances de l'industrie.....	20
Normes des applications en réseau.....	23
Certification du câblage fibre optique	28
Sélection de la norme de performance	28
Certification - Exigences en matière de procédure et d'équipement	29
Unités de mesure.....	30
Définition de la référence – Principe.....	31
Conditions d'émission	36
Certification des fibres avec un OLTS dans la pratique	40
Conclusion	48
Solutions de test et de dépannage des fibres optiques de Fluke Networks	50

Introduction

Le secteur de la fibre optique est aussi fascinant que mystérieux. La demande en capacité de transmission supérieure continue de croître à mesure que les applications réseau se développent. Ces vitesses de transmission supérieures exigent un câblage qui prend en charge une plus large bande passante et, de plus en plus, l'infrastructure fibre optique devient le support privilégié.

L'objectif de ce livre électronique est d'offrir une vue pratique de cette technologie. D'une certaine façon, il s'agit d'une tentative de présenter un sujet très technique de la manière la plus simple et la plus intuitive possible.

Ce livre électronique séduira aussi bien les néophytes qui découvrent ce domaine que les initiés qui accordent une grande importance au jargon technique qui semble accompagner chaque technologie. Il présente les concepts essentiels du secteur de la fibre optique et offre au lecteur un bon aperçu du fonctionnement réel de la technologie plutôt que de lui imposer des équations ennuyeuses.

La fibre optique est un support de transmission fiable et économique, mais la nécessité d'aligner avec précision de très petites fibres peut entraîner des problèmes allant de la contamination des extrémités à l'endommagement des liaisons. Quoi qu'il en soit, la réduction des sources de défaillance est souvent une tâche nécessitant beaucoup de temps et de ressources.

C'est pourquoi Fluke Networks a également créé un livre électronique de dépannage et de test fibre optique destiné aux professionnels pour vous aider à garantir : 1) une évaluation appropriée de la qualité de l'infrastructure de câblage et 2) un dépannage efficace pour réduire le temps passé à identifier l'origine d'un problème avant de prendre des mesures correctives pour le résoudre. Vous pouvez également [télécharger](#) ce livre électronique sur le site Web de Fluke Networks.



Présentation des principes de transmission par fibres optiques

Construction

Le câble fibre optique se compose de brins de verre ultra-pur extrêmement fins conçus pour transmettre des signaux lumineux. La **figure 1** montre la construction du brin en verre gainé, qui est le composant de base de nombreuses constructions de câbles fibre optique. Le centre du brin de fibre est appelé le « cœur ». Il contient les signaux lumineux à transmettre. Une couche de verre appelée la « gaine optique » entoure le cœur. Celle-ci confine la lumière dans le cœur. La zone externe de la fibre optique est le revêtement ou « gaine ». Généralement constitué de matériau plastique, il assure la protection et préserve la robustesse de la fibre de verre.

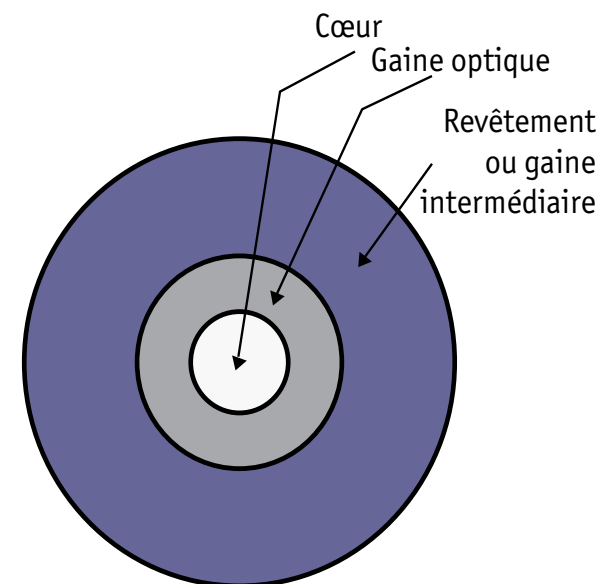


Figure 1 – Coupe transversale d'une fibre optique.

Le diamètre extérieur courant pour une gaine optique est de 125 microns (μm) ou 0,125 mm. Le diamètre du cœur des câbles fibre optique couramment utilisés dans les infrastructures de locaux est de 62,5, 50 ou 9 μm . Les plus grands diamètres de 62,5 et 50 μm définissent les types de fibres multimodes ; les fibres monomodes ont le plus petit diamètre, d'une valeur nominale de 9 μm .

Réflexion et réfraction

Le fonctionnement de la fibre optique repose sur le principe de la réflexion interne totale. La **Figure 2** illustre ce principe, lorsque la lumière passe de l'air à l'eau. Lorsque la lumière arrive à la surface de l'eau avec un angle d'incidence θ_i inférieur à l'angle critique θ_{critical} , elle passe dans l'eau mais change de direction à la frontière entre l'air et l'eau (réfraction). Lorsqu'un faisceau lumineux frappe la surface de l'eau à un angle supérieur à l'angle critique, la lumière est réfléchie sur la surface de l'eau. Chaque matériau est caractérisé par un indice de réfraction, qui est représenté par le symbole n . Cet indice est le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide (c) sur sa vitesse dans un milieu spécifique (v).

$$n = c/v$$

L'indice de réfraction dans le vide (espace cosmique) est de 1 ($v = c$). L'indice de réfraction de l'air (n_1) est de 1,003 ou légèrement supérieur à celui du vide, alors que l'indice de réfraction de l'eau est de 1,333. Une valeur plus élevée de l'indice de réfraction n d'un matériau indique que la lumière se déplace plus lentement dans ce matériau. Celle-ci circule plus rapidement dans l'air que dans l'eau. Le cœur d'une fibre optique a un indice de réfraction plus élevé que la gaine optique. La lumière qui atteint

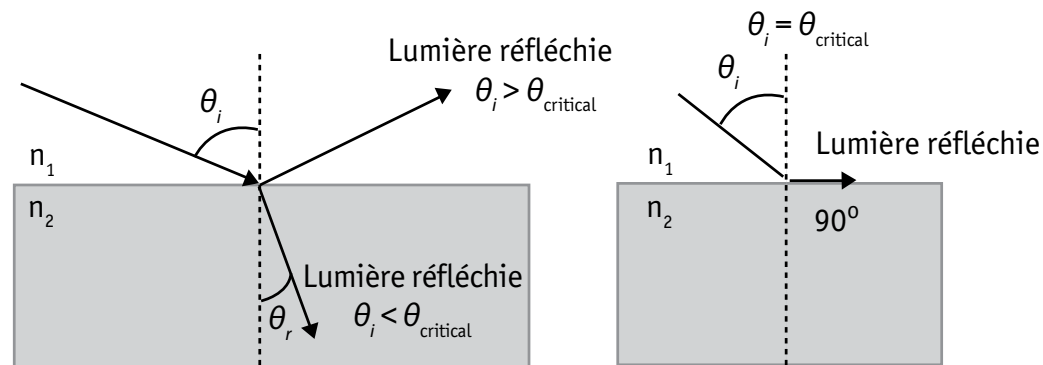


Figure 2 – Principe de la réflexion totale. La quantité de lumière courbée est donnée par : $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$ (Loi de Snell-Descartes).

la limite entre le cœur et la gaine optique avec un angle d'incidence supérieur à l'angle critique est réfléchi et continue de se déplacer dans le cœur. Ce principe de réflexion totale sert de base au fonctionnement de la fibre optique. L'angle critique est une fonction de l'indice de réfraction des deux milieux, dans ce cas le verre dans le cœur et le verre dans la gaine optique. L'indice de réfraction du cœur est généralement d'environ 1,47, tandis que celui de la gaine optique est d'environ 1,45.

Ouverture numérique

De par ce principe, nous pouvons décrire un cône imaginaire avec un angle α_i qui est lié à l'angle critique (voir **figure 3**). Si la lumière est émise dans l'extrémité de la fibre depuis l'intérieur de ce cône, elle est soumise à la réflexion totale et se déplace dans le cœur. La notion de ce cône est liée au terme « ouverture numérique » (NA), c'est-à-dire le niveau de concentration de lumière dans la fibre. La lumière émise dans l'extrémité de la fibre à l'extérieur de ce cône est réfractée dans la gaine optique lorsqu'elle atteint la limite de la gaine optique du cœur. Elle ne reste pas dans la fibre.

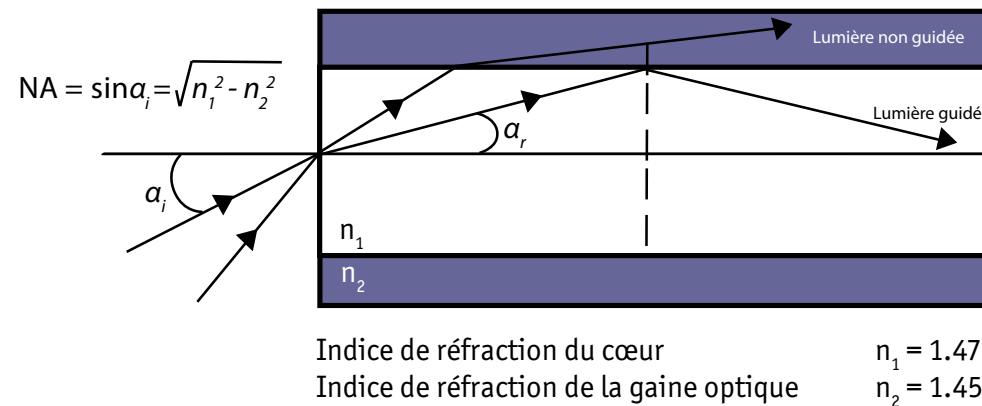


Figure 3 – Ouverture numérique et réflexion totale : la lumière qui pénètre dans la fibre avec un angle α_i inférieur à l'angle critique se déplace dans le cœur.

Signalisation

Les réseaux locaux comme Ethernet et Fibre Channel transmettent des impulsions qui représentent des informations numériques. Le bit, abréviation de « binary digit » (chiffre binaire), est l'unité de base des informations numériques. Cette unité ne peut prendre que deux valeurs : 0 ou 1. Les données numériques sont transformées en un nombre numérique. D'autres données, comme les caractères, sont codées dans une chaîne de bits. En électronique, un état « activé » ou « désactivé » représente la valeur d'un bit. De même, une chaîne d'impulsions lumineuses représente les informations numériques transmises via une liaison fibre optique. L'état « activé » représente un bit avec la valeur 1 et l'état « désactivé » représente un bit avec la valeur 0. La **figure 4** montre un échantillon d'informations numériques transmises via un câble fibre optique.

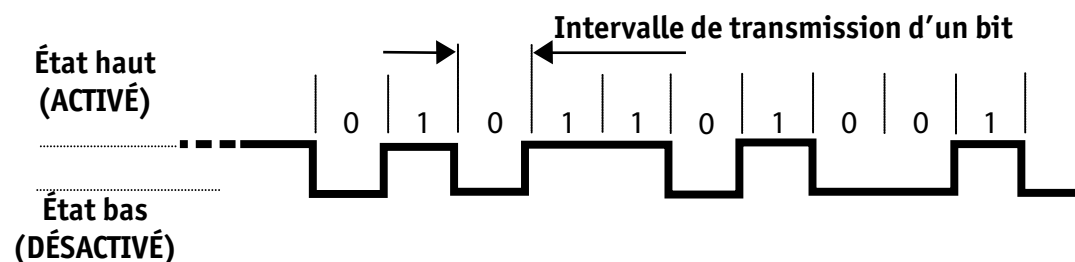


Figure 4 – Train d'impulsions type qui représente les données numériques

La représentation des impulsions sur la **figure 4** est « idéalisée ». Dans la réalité, les impulsions ont des temps de montée et de descente limités. La **figure 5** décrit les principales caractéristiques d'une impulsion. Le temps de montée indique le temps nécessaire pour passer la lumière à l'état « activé ». Il est généralement caractérisé par le temps nécessaire pour passer de 10 % à 90 % de l'amplitude. Le temps de descente est le contraire du temps de montée. Il représente la durée nécessaire pour passer de l'état de la lumière « activé » à « désactivé ». Les temps de montée et de descente sont des paramètres critiques. Ils déterminent la limite supérieure de la vitesse à laquelle le système peut créer et transmettre des impulsions..

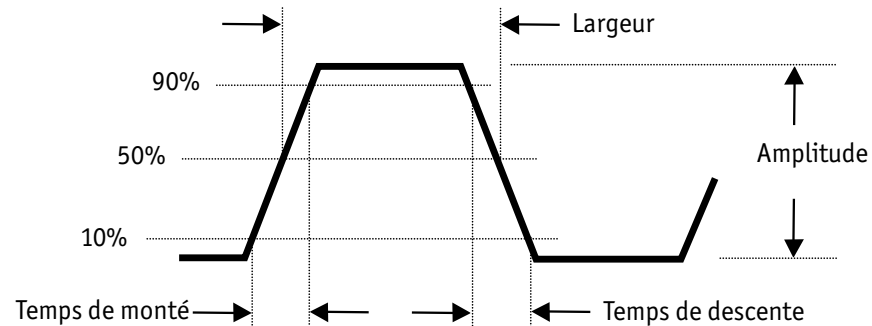


Figure 5 – Analyse d'une impulsion.

Lors de la transmission d'un milliard de bits ou plus par seconde (débit de données de 1 Gbit/s ou plus), des sources lumineuses LED ne peuvent plus être utilisées en raison de leurs temps de montée et de descente. Ces systèmes à haute vitesse utilisent uniquement des sources lumineuses laser. Le laser VCSEL (vertical Cavity surface Emitting laser), qui transmet la lumière à une longueur d'onde de 850 nm, est une source lumineuse très courante dans les réseaux locaux.

Configuration requise pour une transmission fiable

Lorsque la source lumineuse de l'appareil de transmission génère un train d'impulsions similaire à celui illustré à la **figure 4**, la liaison fibre optique doit transmettre ce train d'impulsions avec une fidélité de signal suffisante pour que le détecteur du dispositif de réception puisse détecter chaque impulsion avec sa valeur réelle « activé » ou « désactivé ».

Deux éléments au moins sont nécessaires pour garantir une réception et une transmission fiables :

Perte d'insertion de canal : perte de signal ou atténuation de signal maximale autorisée via le support de transmission entre les appareils de transmission et de réception. Le terme « canal » définit le support de transmission de bout en bout entre le transmetteur et le récepteur. La perte de signal se compose des pertes cumulées dans le câblage fibre optique et dans chaque connexion ou épissure.

Dispersion du signal : comme nous le verrons, les impulsions lumineuses ont tendance à se disperser lorsqu'elles se déplacent le long de la liaison fibre optique en raison de la dispersion. La diffusion doit être limitée pour éviter que les impulsions ne se propagent ensemble ou se chevauchent au niveau de l'extrémité de réception. Ces deux paramètres, perte de canal et dispersion de signal, jouent un rôle essentiel dans l'établissement d'une transmission fiable et sans erreur. La dispersion ne peut pas être mesurée sur le terrain. Les normes de réseau définissent une longueur de canal maximale pour un canal fibre optique. La longueur maximale est une fonction du débit de données et de l'évaluation de la bande passante de la fibre optique. L'évaluation de la bande passante est à son tour basée sur des mesures de laboratoire pour caractériser la dispersion modale dans les fibres optiques multimodes.

Perte

La perte, ou atténuation, est un paramètre de performance bien établi dans les normes d'application de câblage et de réseau. Le signal doit arriver à l'extrémité de la liaison fibre optique, c'est-à-dire à l'entrée vers le détecteur, au niveau du dispositif de réception, avec une intensité suffisante pour être correctement détecté et décodé. Si le détecteur ne peut pas clairement « voir » le signal, la transmission a certainement échoué.

L'atténuation ou la perte de signal dans la fibre optique est causée par plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques. La dispersion et l'absorption sont deux facteurs intrinsèques. La forme la plus courante de dispersion, appelée rétrodiffusion Rayleigh, est provoquée par des irrégularités microscopiques dans la fibre optique. Ces irrégularités provoquent une diffusion partielle des rayons de lumière lorsqu'ils se déplacent le long du cœur de la fibre et donc la perte d'une partie de l'énergie lumineuse. La rétrodiffusion Rayleigh est responsable d'environ 90 % de la perte intrinsèque dans les fibres optiques modernes. Son influence est plus importante lorsque la taille des impuretés dans le verre est comparable à la longueur d'onde de la lumière. Les longueurs d'onde plus longues sont donc moins affectées et moins soumises aux pertes que les longueurs d'onde plus courtes.

Les contraintes de fabrication des câbles et les courbures dans la fibre comptent parmi les causes d'atténuation extrinsèques. On distingue deux catégories de courbures : les microcourbures et les macrocourbures. Les microcourbures sont la conséquence des imperfections microscopiques dans la géométrie de la fibre résultant du processus de fabrication, par exemple l'asymétrie rotationnelle, des changements mineurs dans le diamètre du cœur ou des frontières rugueuses entre le cœur et la gaine optique. La contrainte mécanique, la tension, la pression ou la torsion de la fibre peuvent également entraîner une microcourbure. La **figure 6** montre une microcourbure dans une fibre et son effet sur la chaîne de lumière.

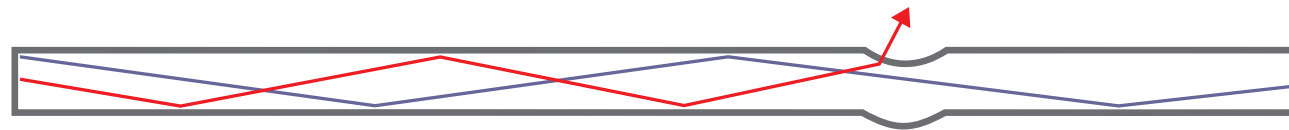


Figure 6 – En raison d'une microcourbure dans une fibre optique, une partie de la lumière quitte le cœur, ce qui vient s'ajouter à la perte de signal.

La principale cause de macrocourbure est une courbure avec un petit rayon. Les normes décrivent les limites du rayon de courbure comme suit : « les câbles avec quatre fibres ou moins destinés au sous-système de câblage 1 (câblage horizontal ou centralisé) doivent supporter un rayon de courbure de 25 mm (1 po) lorsqu'ils ne sont pas soumis à un effort de tension. Les câbles avec quatre fibres ou moins destinés à être tirés à travers les voies d'accès pendant l'installation doivent supporter un rayon de courbure de 50 mm (2 po) sous un effort de tension de 220 N (50 lbf). Tous les autres câbles à fibre optique doivent supporter un rayon de courbure de dix fois le diamètre extérieur du câble lorsqu'ils ne sont pas soumis à un effort de tension et de vingt fois le diamètre extérieur du câble lorsqu'ils sont soumis à un effort de tension jusqu'à la limite nominale du câble. »

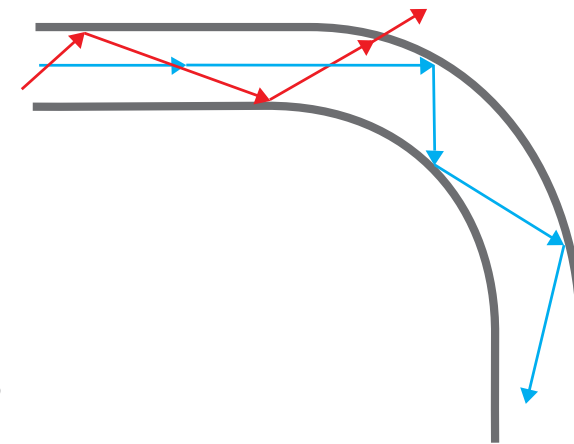


Figure 7 – Une macrocourbure ou une courbure avec un rayon de courbure étroit provoque une sortie de la lumière de mode de niveau supérieur du cœur multimode, ce qui entraîne une perte.

La **figure 7** montre l'effet d'une courbure avec un petit rayon sur la chaîne de lumière dans la fibre. Une partie de la lumière dans les groupes de mode de niveau supérieur n'est plus réfléchi et guidée dans le cœur.

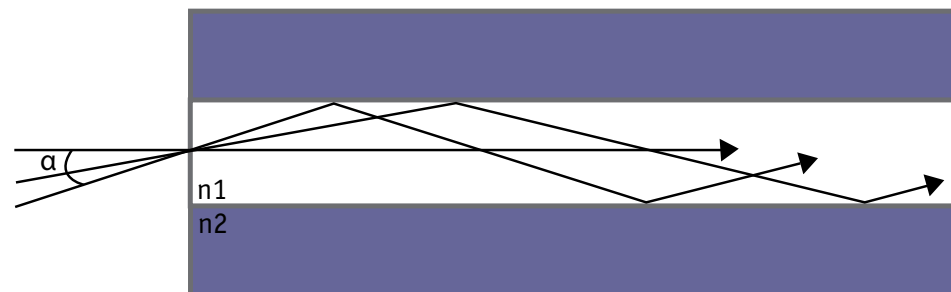
La longueur de la fibre et la longueur d'onde de la lumière qui la traverse sont les principaux facteurs qui déterminent la quantité d'atténuation. La perte dans une liaison fibre optique installée est constituée par la perte dans la fibre optique plus la perte dans les connexions et les épissures. Les pertes au niveau des connexions et des épissures représentent la majorité des pertes au niveau des liaisons fibre optique plus courtes

typiques qu'on retrouve généralement dans les applications en réseau locales. Un outil de dépannage tel qu'un réflectomètre optique (OTDR) vous permet de mesurer et d'inspecter la perte au niveau de chaque connexion ou épissure.

Dispersion

La dispersion décrit la propagation des impulsions lumineuses lorsqu'elles se déplacent le long de la fibre optique. La dispersion limite la bande passante de la fibre, réduisant ainsi la quantité de données que la fibre peut transmettre. Nous nous contenterons d'aborder la dispersion modale dans les fibres multimodes.

Le terme « multimode » indique que de nombreux modes de rayons lumineux se propagent simultanément dans le cœur. La **Figure 8** montre comment le principe de réflexion interne totale s'applique à la fibre optique multimode avec un saut d'indice. Le terme « saut d'indice » signifie que l'indice de réfraction du cœur est un niveau au-dessus de l'indice de la gaine optique. Lorsque la lumière pénètre dans la fibre, elle se sépare et prend différents chemins appelés « modes ».



Indice de réfraction du cœur	$n1 = 1,47$
Indice de réfraction de la gaine optique	$n2 = 1,45$

Figure 8 – La fibre optique rassemble toute la lumière qui entre dans l'angle déterminé par l'ouverture numérique. La lumière se réfléchit au niveau de la limite entre le cœur et la gaine optique et se déplace le long de différents chemins. Un chemin est également appelé un mode. La fibre optique multimode guide la lumière le long de plusieurs chemins ou modes. La lumière qui entre avec l'angle plus large effectue plus de rebondissements et parcourt un chemin plus long. Elle représente les modes de niveau supérieur.

Le principe de réflexion interne totale décrit ci-dessus et illustré à la **figure 3** guide chaque chemin ou mode à travers le cœur de la fibre. Un mode se déplace directement vers le centre de la fibre. Les autres modes se déplacent avec des angles et des rebondissements différents en raison de la réflexion interne. Les modes qui rebondissent le plus sont appelés les « modes de niveau supérieur » Les modes qui rebondissent très peu sont les « modes de niveau inférieur ». Le chemin le plus court est la ligne droite. Tous les autres chemins empruntés par la lumière (modes) sont plus longs que le chemin en ligne droite : plus l'angle est prononcé, plus le nombre de rebondissements est important et plus le chemin est long. Comme la longueur du chemin varie, le temps de déplacement pour atteindre l'extrémité de la liaison fibre optique varie également. La disparité entre les temps d'arrivée des différents rayons de lumière, également appelée délai de mode différentiel (DMD), est la raison de la dispersion ou de la propagation de l'impulsion lumineuse lorsqu'elle se déplace le long de la liaison fibre.

L'effet de la dispersion, voir **figure 9**, augmente avec la longueur de la liaison fibre optique. A mesure que les impulsions se déplacent plus loin, la différence dans la longueur du chemin augmente. La différence dans les temps d'arrivée augmente également, alors que la propagation des impulsions continue de croître. Il en résulte que les impulsions lumineuses qui arrivent à l'extrémité de la liaison fibre la plus longue se lient et que le récepteur ne peut plus les distinguer ni décoder leur état (valeur). Des débits de données plus élevés sont atteints en envoyant des impulsions plus courtes en succession rapide. La dispersion limite la vitesse à laquelle les impulsions peuvent être transmises. En d'autres termes, la dispersion limite la bande passante du câblage.



Figure 9 – Avec l'effet net de la dispersion, les impulsions transmises se lient et se chevauchent à l'extrémité de la liaison (entrée vers le détecteur). Le détecteur ne peut plus reconnaître ni décoder l'état de chaque impulsion.

Pour compenser la dispersion inhérente à la fibre multimode à saut d'indice, une fibre multimode à gradient d'indice a été développée. « Gradient d'indice » signifie que l'indice de réfraction du cœur diminue progressivement en s'éloignant du centre du cœur. Le verre au centre du cœur a l'indice de réfraction le plus élevé, ce qui fait que la lumière au centre du cœur se déplace à la vitesse la plus lente. La lumière qui emprunte le chemin le plus court à travers la fibre se déplace à une vitesse plus lente. Cette construction du cœur permet à tous les rayons lumineux d'atteindre l'extrémité de réception pratiquement en même temps, réduisant ainsi la dispersion modale dans la fibre. Comme le montre la **figure 10**, la lumière dans la fibre multimode à gradient d'indice ne se déplace plus en ligne droite d'un bord à l'autre, mais suit un chemin hélicoïdal. Elle est progressivement réfléchi vers le centre du cœur par l'indice de réfraction du verre dans le cœur, qui diminue de façon continue.

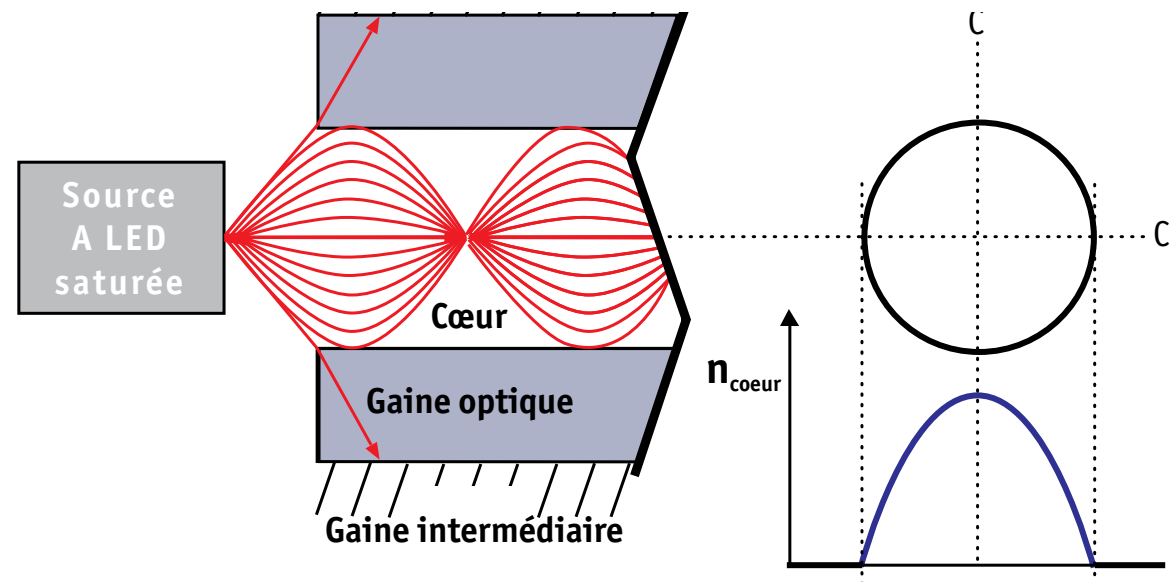


Figure 10 – Les chaînes de lumière (modes) suivent un chemin hélicoïdal, comme indiqué dans le panneau de gauche de cette figure. Dans les fibres multimodes à gradient d'indice, l'indice de réfraction du cœur change dans l'ensemble du cœur. Il est plus élevé au centre et diminue progressivement en direction de la gaine optique. La lumière des modes inférieurs (centre du cœur) avance le plus lentement, tandis que les modes des régions extérieures parcourent plus rapidement les distances plus longues pour compenser une partie du temps supplémentaire nécessaire au parcours du chemin plus long. La fibre multimode à gradient d'indice offre donc une meilleure bande passante.

La fibre multimode optimisée pour le laser, qui doit être utilisée pour les nouvelles applications réseau haut débit (débits de données de l'ordre du gigabit par seconde), est conçue comme une fibre multimode à gradient d'indice. Cette fibre multimode optimisée pour le laser possède également le diamètre de cœur plus petit de 50 μm . Le diamètre de cœur plus petit diminue également l'effet de dispersion dans la fibre en limitant le nombre de modes.

La fibre « monomode », comme son nom l'indique, n'autorise qu'un seul mode de propagation à des longueurs d'onde plus longues que la longueur d'onde de coupure¹⁾. La longueur d'onde de 1 310 nm utilisée par la plupart des applications de réseau local sur fibre monomode (diamètre du cœur de 9 μm) est bien supérieure à la longueur d'onde de coupure, qui se situe entre 1 150 nm et 1 200 nm. Les fibres monomodes utilisant des longueurs d'onde plus longues conservent la fidélité de chaque impulsion lumineuse sur de plus longues distances, car elles ne présentent aucune dispersion modale (provoquée par plusieurs modes). Ainsi, une quantité plus importante d'informations peut être transmise par unité de temps sur des distances plus longues (la perte intrinsèque est moindre avec les longueurs d'onde plus élevées). Cela permet aux fibres monomodes de bénéficier d'une bande passante supérieure à celle des fibres multimodes.

La conception des fibres monomodes a également évolué au fil du temps. Il existe d'autres mécanismes de dispersion et des non-linéarités que nous n'évoquerons pas, car ils jouent un rôle beaucoup moins important dans les applications fibre optique de réseaux locaux. La fibre monomode présente certains inconvénients. Le plus petit diamètre du cœur rend le couplage de la lumière dans celui-ci plus difficile. Les tolérances pour les connecteurs monomodes et les épissures sont plus exigeantes pour obtenir un bon alignement du plus petit cœur. En outre, les sources lumineuses laser à longueur d'onde plus longue sont plus chères que le VCSEL, qui fonctionne à 850 nm.

1) **longueur d'onde de coupure** : longueur d'onde en dessous de laquelle une fibre optique monomode cesse de transmettre en monomode.

Bande passante

La bande passante, ou la capacité de transmission d'informations de la fibre optique, constitue une caractéristique clé des performances de la fibre optique. Dans le domaine numérique, la bande passante est exprimée en un débit binaire auquel les signaux peuvent être envoyés à une distance donnée sans qu'un bit interfère avec le bit précédent ou suivant. La bande passante est exprimée en MHz•km. L'interférence se produit en raison du phénomène de dispersion évoqué ci-dessus.

La bande passante peut être définie et mesurée de différentes manières. Les trois spécifications normalisées de la bande passante et les mesures applicables sont la bande passante saturée, la bande passante modale restreinte et la bande passante laser ou bande passante modale efficace. Ces différentes méthodes existent en raison des différences de caractéristiques des sources lumineuses utilisées pour transmettre l'information.

La source lumineuse traditionnelle pour Ethernet à 10 Mbit/s et 100 Mbit/s est la diode électroluminescente (LED), une excellente solution pour les applications fonctionnant à des vitesses atteignant 622 Mbit/s. Les LED produisent une sortie lumineuse uniforme qui remplit tout le cœur de la fibre optique et excite tous ses modes. Pour mieux prévoir la bande passante des fibres multimodes conventionnelles lorsqu'elles sont utilisées avec des sources lumineuses LED, le secteur utilise une méthode appelée bande passante saturée et des tests s'appuyant sur les conditions d'émission d'un flux encerclé. Le flux encerclé réduit davantage l'incertitude des mesures de perte et sera abordé plus en détail dans la troisième section de ce livre électronique.

Comme mentionné ci-dessus, les LED ne peuvent pas être modulées assez rapidement pour transmettre le milliard d'impulsions par seconde ou plus requis pour des débits de données de l'ordre du Gbit/s. Le VCSEL (vertical Cavity surface Emitting laser) avec une longueur d'onde de 850 nm est une source lumineuse courante qui permet de supporter des vitesses de transmission

en gigabit dans les applications réseau locales. Contrairement à une LED, la sortie lumineuse d'un VCSEL n'est pas uniforme et ne convient donc pas à une utilisation dans un équipement de test. Elle varie d'un VCSEL à l'autre à l'extrémité de la fibre optique. Par conséquent, les lasers n'excitent pas tous les modes dans une fibre multimode, mais plutôt un ensemble restreint de modes. Et plus important encore, chaque laser remplit un ensemble différent de modes dans la fibre avec des niveaux d'intensité différents dans chaque mode.

La mesure du DMD (délai en mode différentiel, voir la discussion précédente sur la dispersion) est une méthode supérieure pour garantir la bande passante dans les liaisons fibre optique pour le déploiement de vitesses de l'ordre du gigabit par seconde. Cette technique de mesure est la seule spécification de bande passante mentionnée dans les normes pour des débits de données de 10 Gbit/s. La bande passante laser ou bande passante modale efficace est déduite mathématiquement des mesures du DMD.

Types de fibre

La norme ISO/IEC 11801 définit plusieurs types de fibres optiques permettant de supporter diverses classes d'applications en réseau local. La norme ISO/IEC 11801 définit cinq types de fibres optiques multimodes (OM1, OM2, OM3, OM4 et OM5) et deux types monomodes (OS1 et OS2). Ces désignations de type sont également acceptées sur le marché nord-américain et sont répertoriées dans le document ANSI/TIA-568.3-D²). Le tableau suivant donne une présentation rapide des principales caractéristiques de ces types de fibre.

²) Telecommunications Industry Association (TIA). La TIA représente l'industrie des télécommunications en association avec l'Association américaine de l'industrie de l'électronique EIA (Electronic Industries Association). La TIA est accréditée par l'ANSI (American National Standards Institute) en tant que contributeur majeur aux normes volontaires. La norme ANSI/EIA/TIA 568 Câblage de télécommunications pour bâtiments commerciaux est la norme principale concernant les systèmes de câblage structuré en Amérique du Nord.

		Coefficient d'atténuation du câble (dB/km)		Bande passante modale minimale (MHz•km)		
				Saturée		Laser
Longueur d'onde (nm)		850	1300	850	1300	850
Type de fibre optique	Diamètre du cœur (µm)					
OM1	62.5	3.5	1.5	200	500	n/a
OM2	50	3.5	1.5	500	500	n/a
OM3	50	3.5	1.5	1,500	500	2,000
OM4	50	3.0	1.5	3,500	500	4,700
OM5	50	3.0	1.5	3,500	500	4,700

Tableau 1 – Types de fibre optique multimode (désignations ISO).

Veillez noter que les fibres multimodes anciennes ou héritées dont l'évaluation de la bande passante saturée est inférieure à 200 MHz•km ne sont pas incluses dans ce tableau et ne sont plus recommandées pour la conception de nouvelles installations. La désignation OM3 décrit le câble fibre optique multimode optimisé pour le laser à bande passante élevée. Parmi les différentes normes de transmission par fibre optique pour Ethernet 10 Gbit/s, le 10GBASE-SR (transmission en série de 10 gigabits par seconde utilisant la longueur d'onde courte VCSEL [850 nm]) permet la mise en œuvre la plus économique de cette application en réseau à grande vitesse dans le réseau local, le centre de données ou le réseau de stockage. Et pour cette application, OM3 est le type de câble fibre optique de choix.

Les fabricants de fibres optiques ont développé des fibres optiques multimodes optimisées pour le laser avec des caractéristiques de bande passante modale supérieures aux spécifications de type OM3. Cela a conduit à l'adoption de la classification OM4 et OM5 avec une bande passante laser efficace de 4 700 MHz•km.

Théorie des tests – Performances du câblage fibres optiques

La certification est la forme la plus complète de tests sur le terrain. Comme mentionné précédemment, la procédure de test de certification garantit que le câblage installé est conforme aux normes de performances de transmission définies par les normes de l'industrie, telles que les normes ISO/IEC (International Organization for Standard/ International Electrotechnical Commission) et TIA applicables.

Normes de performances de l'industrie

Deux groupes de normes doivent être considérés pour obtenir une spécification complète et s'assurer que le câblage installé répondra aux exigences des applications en réseau prévues. Après tout, l'objectif des tests de certification est de s'assurer que le système de câblage ne sera pas à l'origine d'un dysfonctionnement du réseau, même avant l'installation de l'équipement réseau. Les deux groupes de normes reconnaissent leurs exigences réciproques, mais ne fournissent pas un chevauchement parfait.

Normes d'installation génériques

Les normes génériques concernent les règles générales d'installation et les spécifications de performances. Les normes applicables sont s: ISO std 11801-1:2017(en) et ISO/IEC 14763-3 Edition 2.0, Technologies de l'information – Implémentation et fonctionnement du câblage dans les réseaux d'utilisateurs – Partie 3 : Contrôle du câblage fibre optique, et la norme ANSI/TIA 568.3-D, Câblage fibre optique et composants. Cette dernière spécifie les exigences en matière de performance et de transmission pour les câbles, les connecteurs, le matériel de connexion et les jarretières fibre optique locaux. Les méthodes de transition utilisées pour maintenir la polarité de la fibre optique et assurer la connectivité entre les

émetteurs et les récepteurs à l'aide de la connectivité simplex, duplex et de réseau sont également décrites.

Ces normes traitent des spécifications des tests sur site pour les performances de transmission post-installation, qui dépendent des caractéristiques des câbles, de la longueur, du matériel de connexion, des cordons, du câblage de raccordement croisé, du nombre total de connexions et du soin avec lequel elles sont installées. Par exemple, des courbures de câble importantes, des connecteurs mal installés et le problème très courant de la poussière, saleté et autres contaminants sur l'extrémité des fibres dans les connexions, ont une influence négative sur l'atténuation de la liaison.

Les normes d'installation spécifient comme performance de transmission minimale que la perte de liaison mesurée doit être inférieure au maximum autorisé (limite de perte), qui est basé sur le nombre de connexions et d'épissures, mais aussi sur la longueur totale du câble fibre optique. Cette certification doit être réalisée avec des solutions de test de perte optique (OLT S) ou une source lumineuse et un wattmètre (LSPM). Ces outils de test et le réflectomètre optique (OTDR) seront décrits plus en détail ultérieurement. Le réflectomètre optique fournit une bonne indication de la perte totale de la liaison, mais il n'est pas suffisamment précis pour les tests de certification de la perte de liaison. La certification inclut la nécessité d'avoir la documentation relative aux résultats de test. Celle-ci fournit les informations qui démontrent l'acceptabilité du système de câblage ou la prise en charge de technologies réseau spécifiques.

Calcul de la tolérance d'atténuation de la liaison :

Tolérance d'atténuation de la liaison (dB) = tolérance d'atténuation du câble (dB) + tolérance de perte d'insertion de connecteur (dB) + tolérance de perte d'insertion d'épissure (dB)

Où :

Tolérance d'atténuation du câble (dB) = coefficient d'atténuation maximal du câble (dB/km) × longueur (km)

Tolérance de perte d'insertion de connecteur (dB) = nombre de paires de connecteurs × tolérance de perte de connecteur (dB)

Tolérance de perte d'insertion d'épissure (dB) = nombre d'épissures × tolérance de perte d'épissure (dB)

Le **tableau 1** (voir le livre électronique n° 1 de cette série) répertorie le coefficient d'atténuation du câble par type de câble ; ce coefficient est de 3,5 dB/km à 850 nm pour tous les types de fibres optiques multimodes recommandés pour les systèmes de câblage d'immeubles. La fibre monomode qualifiée pour l'intérieure a un coefficient d'atténuation de 1,0 dB/km ou moins, tandis que la fibre monomode qualifiée pour l'extérieure a un coefficient de 0,5 dB/km ou moins. Les normes spécifient également la tolérance de perte maximale du connecteur à 0,75 dB et la tolérance de perte maximale à l'épissure à 0,3 dB. Les installations de câblage bien exécutées doivent généralement fournir des connexions qui présentent des pertes nettement inférieures. De même pour les pertes d'épissures. Notez que la longueur de la liaison fibre doit être connue ou doit être mesurée par l'outil de test pour déterminer la limite de perte.

Le **tableau 2** montre un exemple d'application des calculs de limite de perte. Le calcul est effectué pour 300 mètres de segment de liaison fibre OM3 avec seulement deux connecteurs d'extrémité, sans épissures, avec une source de lumière de 850 nm.

	Perte max. par longueur d'unité ou par élément	Longueur/ nombre	Perte calculée (dB)
Perte max. dans la fibre	3,5 dB/km	0,3 km	1,05
Perte max. dans les connexions	0,75 dB	2 connexions	1,5
Perte max. dans les épissures	0,3 dB	0 épissure	0,0
Limite de perte de liaison			2,55

Tableau 2 - Calcul de la limite de perte pour une liaison multimode de 300 mètres avec une source lumineuse de 850 nm.

Exigences en matière de longueur d'onde et de direction :

1. Les segments de liaison du câblage horizontal ou du sous-système de câblage 1 (TIA-568.3-D) doivent être testés dans un sens à une longueur d'onde de 850 nm ou 1 300 nm pour le multimode et 1 310 nm ou 1 550 nm pour le monomode.
2. Le câblage de la dorsale/du riser (segments de liaison du sous-système de câblage 2 et du sous-système de câblage 3) doit être testé dans au moins une direction sur les deux longueurs d'onde d'utilisation pour tenir compte des différences d'atténuation associées à la longueur d'onde. Les segments de liaison multimode doivent être testés à 850 nm et 1 300 nm. Les segments de liaison monomode doivent être testés à 1 310 nm et 1 550 nm. Les liaisons qui utilisent des connecteurs avec détrompeur pour mettre en œuvre la polarité des fibres ne peuvent être testées que dans la direction prescrite par le détrompage des connecteurs.

Normes des applications en réseau

Pour la certification, les normes d'application en réseau telles que l'IEEE 802.3 pour Ethernet ou ANSI pour Fibre Channel (FC) doivent également être prises en compte. Les applications à haut débit (plage du Gbit/s et supérieures) exigent des limites plus strictes en matière de longueur et de perte de canal, en fonction du type et de la bande passante de la fibre optique et des sources lumineuses utilisées dans les périphériques réseau. Le tableau 3 montre la distance maximale supportée et la perte maximale acceptable au niveau du canal pour un certain nombre d'applications en réseau courantes et pour les différents types de fibres que nous avons décrits précédemment dans le tableau 1. La longueur maximale du canal (distance maximale supportée) est une spécification proxy pour la dispersion. Tant que la longueur du canal ne dépasse pas la longueur maximale indiquée dans la norme, la dispersion ne provoquera pas de panne de communication.

La certification sur le terrain doit s'assurer que la longueur du canal fibre optique ne dépasse pas la distance maximale supportée (limite de longueur). Les normes d'installation mentionnées ci-dessus exigent la mesure de la longueur de câble afin de calculer la tolérance d'atténuation maximale de la liaison, mais elles imposent une longueur maximale générique, qui peut dépasser de loin la longueur spécifiée pour l'application. Cela signifie que des tests ANSI/TIA-568.3-D ne peuvent pas garantir le fonctionnement de vos applications de fibre. La norme ANSI/TIA-568.3-D permet uniquement d'attester de la qualité de l'installation. La norme ANSI/TIA-568.0-D Section 1 invite l'utilisateur à consulter les normes d'application. La section 5.10.1 précise : « La longueur de câble dépend de l'application et du support spécifique choisi (voir annexe C). La longueur comprend les cordons et cavaliers utilisés pour les raccordements croisés, les interconnexions et les connexions à la prise de l'équipement. »

Les **tableaux 3 et 4** indiquent que la longueur est limitée et qu'elle diminue pour des débits de données plus élevés en fonction de l'évaluation de la bande passante de chaque fibre type (fonction des caractéristiques de dispersion modale de la fibre).

Application	Longueur d'onde	OS1		OS2	
		Dist. (m)	Perte (dB)	Dist. (m)	Perte (dB)
10GBASE-L	1310	10000	6.2	10000	6.2
40GBASE-LR4	1310	10000	6.6	10000	6.6
100GBASE-LR4	1310	10000	6.3	10000	6.3

Tableau 3 – Distance et perte maximales au niveau du canal pour une application fibre optique monomode par type de fibre.

Application	Longueur d'onde	OM1		OM2		OM3		OM4		OM5	
		Dist. (m)	Perte (dB)	Dist. (m)	Perte (dB)	Dist. (m)	Perte (dB)	Dist. (m)	Perte (dB)	Dist. (m)	Perte (dB)
1000BASE-SX	850	275	2.6	550	3.6	800	4.5	880	4.8	n/a	n/a
10GBASE-S	850	33	2.4	82	2.3	300	2.6	450	3.1	400	2.9
40GBASE-SR4	850	n/a	n/a	n/a	n/a	100	1.9	125	1.9	150	1.5
100GBASE-SR4	850	n/a	n/a	n/a	n/a	70	1.8	100	1.9	100	1.9
100GBASE-SR10	850	n/a	n/a	n/a	n/a	100	1.9	125	1.9	150	1.5
Fiber Channel 10G 1200-MX-SN-I (10 512 Mbaud)	850	33	2.4	82	2.2	300	2.6	300	2.6	n/a	n/a
Canal fibre 16G 1600-MX-SN (10 512 Mbaud)	850	n/a	n/a	35	1.6	100	1.9	125	1.9	n/a	n/a

Tableau 4 – Distance et perte maximales au niveau du canal pour les applications fibre optique multimode par type de fibre.

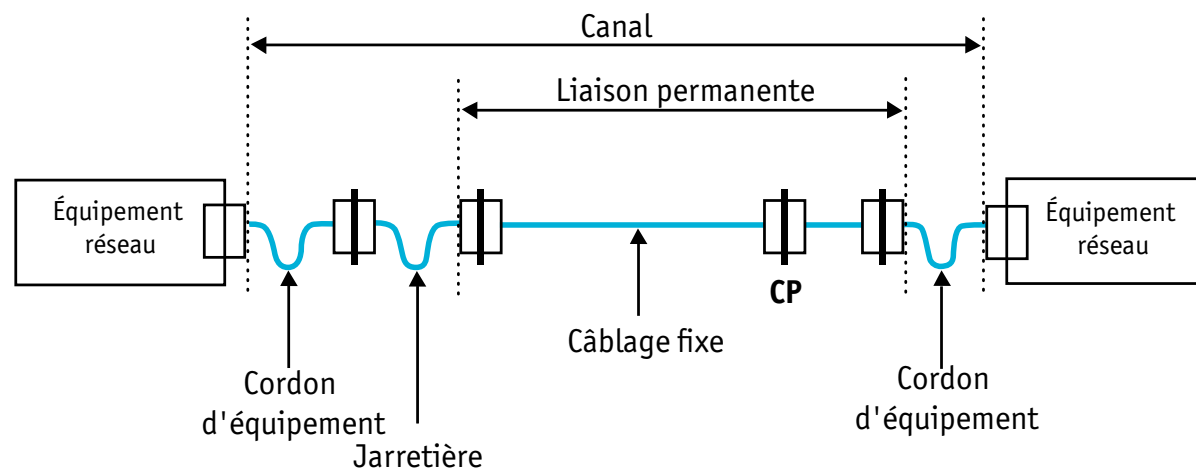


Figure 11 – Le canal représente la liaison de bout en bout reliant l'émetteur et le récepteur. Le câblage fixe, un sous-segment du canal, est appelé lien permanent. La figure montre un modèle de liaison horizontale générique contenant des connexions optionnelles telles que le CP (point de consolidation).

Le canal correspond à la liaison totale du câblage, y compris toutes les jarretières (également appelées cordons d'équipement) qui relient les périphériques actifs. La **figure 11** illustre la différence entre le canal et le lien permanent. Le lien permanent décrit la liaison considérée comme faisant partie intégrante de l'infrastructure du bâtiment ou du datacenter. L'équipement réseau est connecté au lien permanent à l'aide de jarretières. Veillez à sélectionner les cordons composés du même type de fibre que le câblage fibre optique du lien permanent.

Une liaison fibre optique est généralement constituée de plusieurs segments ou sections, et l'équipement réseau n'est souvent pas encore installé lors de la certification de l'installation de câblage. Il ne suffit pas de tester chaque segment par rapport aux normes d'installation. Pour s'assurer que le système de câblage installé supporte l'application réseau prévue, il faut que les canaux installés (liaisons fibre de bout en bout) répondent aux exigences de longueur et de perte définies dans les spécifications de l'application, comme indiqué dans les **tableaux 3 et 4**.

Vous pouvez sélectionner l'une des deux méthodes suivantes pour vous assurer que le canal installé répond aux exigences de l'application avant de mettre le réseau en service :

1. Calculer la perte au niveau du canal en ajoutant les données pour chaque segment de liaison dans le canal et la contribution à la perte attendue des jarretières d'interconnexion. La norme ISO/IEC 14763-3 ED2: 2014 apporte un éclairage explicite quant à la perte d'une connexion TRC, avec une liaison (0,5 dB pour les fibres multimodes et 0,75 dB pour les fibres monomodes) par rapport à la perte maximale des connexions réalisées avec des jarretières commerciales (0,75 dB pour les fibres multimodes et monomodes).
2. Mesurer la perte au niveau du canal comme indiqué à la **figure 12**. Les connexions d'extrémité de canal, c'est-à-dire les connexions avec l'équipement réseau, sont désormais réalisées avec des TRC qui présentent une perte négligeable. Cette méthode doit être utilisée lorsque l'on

teste le nombre total de canaux de fibre et pas seulement leurs segments. De plus, la configuration du test doit inclure les jarretières finales ainsi que les TRC. Gardez à l'esprit que la précision des mesures dépend fortement d'une configuration correcte de la référence de fibre.

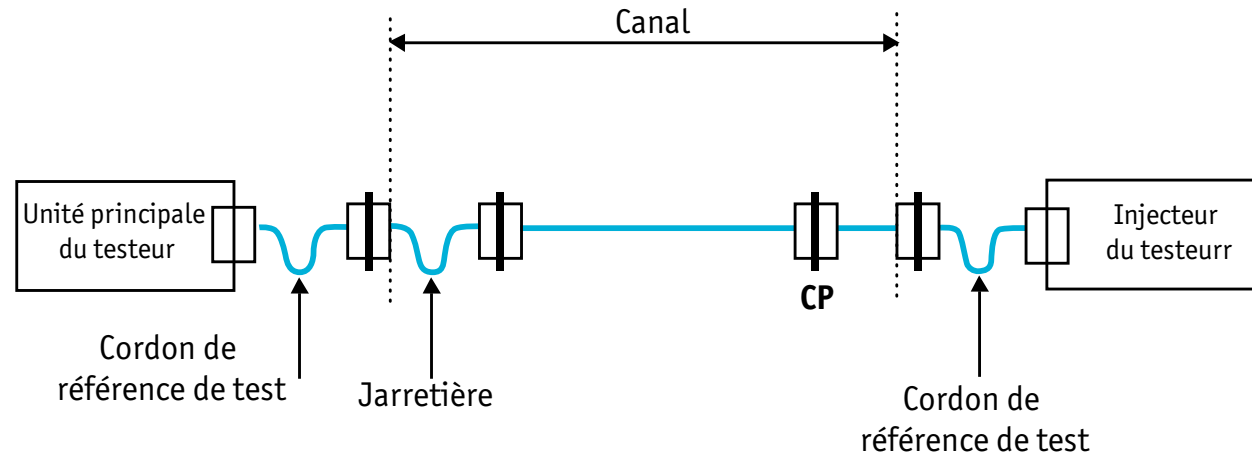


Figure 12 – Les connexions d'extrémité sur la figure 12 ne font pas partie des spécifications de canal. En remplaçant les jarretières par les cordons de référence de test (TRC) pour la mesure de la perte et de la longueur du canal, l'« erreur » dans la mesure de la perte est représentée par la différence de longueur entre un TRC et la somme des deux jarretières utilisées pour terminer le canal.

Polarité de la liaison fibre optique

Les installations de réseau local prennent en charge la communication bidirectionnelle en utilisant des fibres optiques distinctes dans chaque direction. Le système de câblage doit fournir des moyens de maintenir une polarité de signal correcte afin que l'émetteur à une extrémité du canal se connecte au récepteur à l'autre extrémité de celui-ci. Plusieurs méthodes sont utilisées pour maintenir la polarité des systèmes de câblage fibre optique. Les directives sont décrites et illustrées dans l'annexe B de la norme TIA-568-C.0. Il convient de sélectionner les types de connecteurs duplex et les systèmes de connecteurs de réseau qui permettent de maintenir la disposition des fibres par rapport aux fonctionnalités de détrompage de la fiche.

Certification du câblage fibre optique

Sélection de la norme de performance

Les normes définissent une procédure de test minimale composée de :

1. Mesure et évaluation de la perte de liaison à l'aide de « solutions de test de perte optique » (OLT S) – certaines normes appellent également cet outil de test « source lumineuse et wattmètre » (LSPM). OLT S et LSPM ont tendance à être utilisés de façon interchangeable. Dans ce document, nous utiliserons la terminologie OLT S pour les outils de test de certification qui mesurent automatiquement la longueur de la liaison testée, alors que nous emploierons le terme LSPM pour désigner les solutions de test qui ne mesurent pas la longueur de la liaison. Par conséquent, des calculs manuels peuvent s'avérer nécessaires pour interpréter les valeurs mesurées. La source lumineuse est connectée à une extrémité de la fibre testée tandis que le wattmètre est connecté à l'autre extrémité.
2. Mesure et évaluation de la longueur de la liaison. La longueur doit être connue pour calculer la

limite du test de perte pour de nombreuses normes d'installation, la perte maximale apportée par la fibre optique dans la valeur limite de perte de liaison.

La longueur joue également un rôle important lors de la certification d'une liaison pour une application en réseau spécifique. Comme le montrent les tableaux 3 et 4, la longueur maximale d'un canal fibre pour une application réseau donnée dépend du type de fibre et de l'évaluation de la bande passante de la fibre.

3. Vérification de la polarité de la liaison.

Les étapes 1 à 3 correspondent aux critères minimum pour le test de certification. Celle-ci est également appelée « certification de base » ou test « Niveau 1 ». Le test « Niveau 2 », également appelé test de « Certification Avancée », est facultatif et inclut les tests Niveau 1 ainsi qu'une analyse de liaison OTDR (avec tableau des traces et/ou des événements). L'analyse OTDR peut être utilisée pour caractériser les composants au sein de la liaison fibre optique installée, ce qui donne une

indication sur l'uniformité de l'atténuation du câble, ainsi que sur la perte d'insertion de connecteur individuel, d'épissure individuelle et d'autres « événements » pouvant être détectés. Une analyse OTDR fournit une mesure de perte globale pour la liaison. Les normes définissent que la mesure de la perte de la certification de base (niveau 1) doit être réalisée à l'aide d'un équipement OLT S (solutions de test de perte optique) ou LSPM (Source de Lumière Wattmètre) qui, lorsqu'il est utilisé correctement, fournit une analyse plus précise de la perte.

L'utilisateur final doit spécifier la norme de test à choisir pour la procédure de test de la certification fibre optique. Une norme de test définit les tests à réaliser et les limites ou valeurs maximales autorisées pour ceux-ci. Comme nous l'avons vu, lors du test ou de la certification de liaisons qui doivent supporter des applications à haut débit (débits de données de l'ordre du Gbit/s), les normes d'application imposent des limites strictes pour la longueur et la perte au niveau du canal. Lorsque vous devez certifier le câblage pour supporter ce type d'applications, il est important (a) de sélectionner la norme d'application correspondante dans la configuration OLT S et (b) de certifier la configuration du canal.

Certification - Exigences en matière de procédure et d'équipement

Le **tableau 3** montre que les limites de perte au niveau du canal pour les applications en réseau à haut débit sont relativement faibles. Afin de prendre les décisions de réussite/échec en toute confiance, la procédure de test doit être réalisée avec précision et avec un équipement OLT S ou LSPM précis. Lorsque la valeur limite de perte est de 2,6 dB (10GBASE-S), une erreur de mesure égale à 0,25 dB constitue une erreur de presque 10 % de la valeur limite. Cette section passe en revue les étapes de la procédure et les exigences en matière d'équipement pour obtenir des mesures précises et reproductibles.

Deux questions se sont révélées importantes pour la précision des mesures :

- (1) La référence pour la mesure de la perte
- (2) La condition d'émission de la source lumineuse dans la liaison testée

Unités de mesure

Le dB ou décibel exprime un rapport de niveaux de puissance à l'aide d'une fonction logarithmique. Si nous désignons la puissance d'entrée dans une boîte noire par $P_{\text{entrée}}$ et la puissance de sortie par P_{sortie} , nous calculons l'amplification ou l'atténuation du signal traité par la boîte noire en dB en utilisant la fonction suivante :

$$10 \times \log_{10}(P_{\text{sortie}} / P_{\text{entrée}})$$

Notez que lorsque P_{sortie} est supérieure à $P_{\text{entrée}}$, la boîte noire a amplifié le signal et la formule mathématique ci-dessus donne un nombre positif. En revanche, si P_{sortie} est inférieure à $P_{\text{entrée}}$, le signal a été atténué et la formule donne un nombre négatif. Puisque ce dernier s'applique toujours lorsque nous mesurons le câblage passif et que les normes utilisent le nom « perte », le signe négatif est omis dans le rapport de la perte de câblage en dB.

Un niveau de puissance absolu est généralement exprimé en watts (et ses multiples, comme le mégawatt dans le monde de la production d'énergie électrique, ou les fractions d'un watt, comme le milliwatt ou même le microwatt en électronique). Dans le domaine de la communication, un niveau de puissance absolu P est souvent exprimé sous forme d'un rapport à un milliwatt (mW) à l'aide du décibel. Nous appliquons la formule indiquée ci-dessus, mais nous remplaçons la référence (niveau de puissance d'entrée) par le niveau de puissance absolue de 1 mW.

$$1 \text{ dBm} = 10 \times \log_{10}(P/\text{mW})$$

Le « m » du symbole dBm indique un niveau de puissance comparé à un milliwatt.

Remarque : l'échelle dB n'est pas linéaire, comme le montrent les chiffres du tableau 5 :

Perte dB	Puissance de sortie en % de la puissance d'entrée	% du rapport de perte de puissance	Ratio $P_{\text{sortie}}/P_{\text{entrée}}$
1	79%	21%	
2	63%	37%	
3	50%	50%	1/2
5	32%	68%	
6	25%	75%	1/4
7	20%	80%	1/5
10	10%	90%	1/10
15	3.2%	96.8 %	~1/30
20	1%	99%	1/100
30	0.1 %	99.9%	1/1000

Tableau 5 – Le décibel exprime un rapport entre deux niveaux de puissance. Le logarithme du rapport en fait une unité non linéaire.

Définition de la référence – Principe

Le principe de la mesure de perte est basé sur la différence entre deux mesures de puissance. Les **figures 13 et 14** montrent le principe de la mesure de perte de fibre d'une liaison. Sur la **figure 13**, la source lumineuse est connectée au wattmètre à l'aide d'un « cordon de test de référence » (TRC). Un TRC est un cordon pour fibre de haute qualité mesurant entre 1 et 3 mètres de long avec des connecteurs haute performance à chaque extrémité. Les extrémités du connecteur doivent être traitées par le fabricant de manière à présenter des surfaces résistant aux rayures qui permettent de nombreuses insertions sans dégradation des performances. Il est extrêmement important que les extrémités des

TRC restent très propres et soient inspectées, et nettoyées le cas échéant, régulièrement tout au long de la journée lors de la certification de liaisons fibre optique.

La source lumineuse sur la **figure 13** émet la lumière dans le TRC, Cordon de Référence de Test, qui la dirige vers le wattmètre. Le wattmètre mesure la puissance lumineuse et l'exprime généralement en dBm (voir l'encadré). La puissance de référence indiquée (pour la fibre de 50µm) avec les sources lumineuses LED est comprise entre -19,4 dBm et -26,5 dBm. Le niveau typique de -23 dBm correspond à 0,005 mW. Lors du test d'une liaison fibre monomode avec une source lumineuse laser, la mesure de la puissance de référence peut indiquer -4 dBm (typique), ce qui correspond à environ 0,4 mW, soit un niveau de puissance environ 80 fois plus élevé que la sortie lumineuse LED. Par conséquent, assurez-vous toujours de ne jamais regarder dans une liaison fibre active - la lumière utilisée pour la communication des données se trouve en dehors du spectre visible, mais elle peut entraîner des lésions oculaires irréversibles!

The reference power measurement compensates for uncertainties that could translate into measurement errors (inaccuracies). The exact power output level of the light source is unknown and the amount of light coupled into the TRC varies every time we make a connection. We must accept that there is some loss in the connection between the light source and the TRC. Because of the reference measurement, we do not need to know exactly how much this coupling loss is as long as it remains unchanged throughout the testing job. Therefore, the TRC shall not be removed from the light source until we quit or set a new reference.

Le couplage de la lumière du TRC au wattmètre est moins variable, car ce dernier doit être équipé d'une entrée grand angle pour capturer toute la lumière du TRC. Ce couplage doit être propre et les connecteurs doivent être correctement installés pour garantir la définition d'une véritable « référence » par le biais de la mesure de référence. De nombreux testeurs comme le CertiFiber® Pro vérifient automatiquement que le niveau de puissance de référence mesuré se situe dans la plage acceptable pour la source lumineuse. Cela donne un certain niveau de garantie sur la

validité de la référence, mais ne diminue pas la nécessité d'utiliser des TRC de haute qualité dont la propreté a été vérifiée.

Après avoir établi ce niveau de puissance de référence, nous passons aux connexions de mesure, comme illustré sur la **figure 14**, en procédant comme suit :

1. Tout d'abord, NE PAS modifier la connexion entre la source lumineuse et le TRC de quelque façon que ce soit.

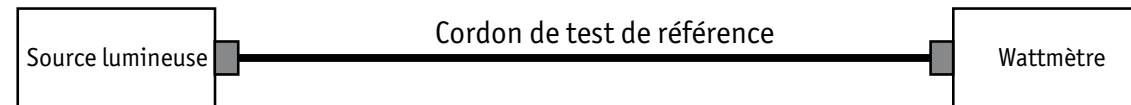


Figure 13 – Principe des connexions pour définir la référence d'une mesure de perte optique.

2. Connecter la source lumineuse et le TRC à une extrémité de la liaison à tester (connecteur C1).
3. Connecter un deuxième TRC (« TRC ajouté ») entre l'autre extrémité de la liaison testée (C2) et le wattmètre. Ce deuxième TRC doit présenter la même qualité que le premier (utilisé pour définir la référence). Il doit également être inspecté pour s'assurer que les deux connexions d'extrémité sont propres.
4. Effectuer une mesure de puissance pendant que la source lumineuse transmet la lumière au wattmètre via la liaison testée.
5. Le wattmètre mesure l'énergie lumineuse dans la liaison testée et donne un résultat en dBm.

Supposons que la mesure de puissance dans la liaison testée est de -23,4 dBm et que le niveau de puissance de référence est de -20 dBm. En soustrayant ces deux mesures, nous obtenons la

perte provoquée par la liaison testée. Dans cet exemple, la perte est de $-20 - (-23,4)$, soit 3,4 dB. Notez qu'une perte est exprimée en dB (contrairement aux mesures de puissance absolue exprimées en dBm). L'OLT S calcule automatiquement la différence de niveaux de puissance (perte de la liaison testée) en dB et compare le résultat à la limite de cette liaison. Si la perte mesurée est inférieure ou égale à la limite, le test réussit.

Différentes méthodes pour définir la référence

La méthode à « un cavalier » est utilisée pour la mise en œuvre du principe de mesure de perte illustré aux figures 13 et 14. Un cavalier ou un TRC est utilisé pour définir la référence. Cette méthode est recommandée pour le test de perte de tous les câblages de bâtiments. Ces systèmes de câblage sont caractérisés par des longueurs de fibres relativement courtes, mais pouvant contenir plusieurs connexions. Comme le montre l'exemple de calcul de perte du tableau 2, la perte maximale autorisée dans une liaison courte de 300 m par les deux connecteurs est de 1,5 dB sur la valeur totale de 2,55 dB. La perte liée au matériel de connexion représente 59 %. Cela souligne la nécessité de s'assurer que toutes les pertes de connexion sont correctement incluses dans la mesure de perte.

Lorsque nous analysons la méthode de référence illustrée à la **figure 13**, le TRC ne présente pas de connexion entre la source lumineuse et le wattmètre. Il se connecte à chaque périphérique, mais n'ajoute aucune connexion. Suivez la chaîne lumineuse entre la source lumineuse et le wattmètre sur la figure 14 pour observer que la perte dans la connexion C1, la perte dans la liaison testée et la perte dans la connexion C2 sont entièrement prises en compte dans la mesure. La mesure de perte inclut également la perte du « TRC ajouté ». La perte maximale représentée dans un TRC de 2 m est de 0,007 dB (le **tableau 1** montre que la perte maximale pour les types de fibres utilisés dans le câblage de locaux s'élève à 3,5 dB/km ou 0,0035 dB/m). Une autre différence entre la mesure de référence et la mesure de perte de liaison est la nouvelle connexion entre le « TRC ajouté » et le wattmètre. Cette différence est également très faible (en supposant que les extrémités du « TRC ajouté » sont propres), car l'appareil de mesure est équipé d'une lentille grand angle pour capturer toute la lumière transmise par la liaison testée. Nous estimons que

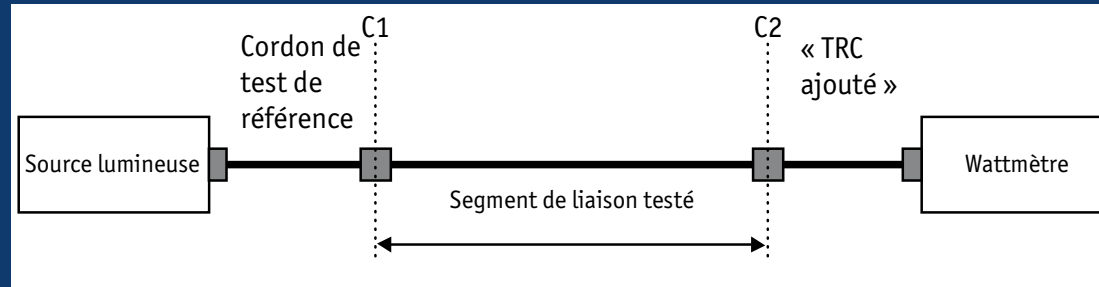


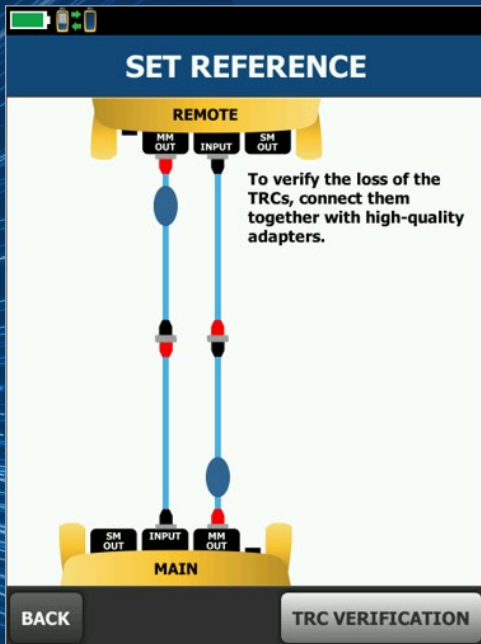
Figure 14 – Connexion "d'une source de lumière et d'un wattmètre" pour une mesure de perte optique.

l'erreur de mesure due au « TRC ajouté » est inférieure à 0,01 dB, ce qui correspond également à la résolution d'un wattmètre.

La méthode à un cavalier ne peut être utilisée que si le connecteur du wattmètre et les connecteurs d'extrémité de la liaison testée sont du même type (par exemple connecteurs SC). Après avoir défini la référence, nous déconnectons le TRC du wattmètre et nous ne pouvons connecter ce TRC à la liaison testée que si le connecteur d'extrémité de la liaison (C1 sur la **figure 14**) s'accouple correctement avec ce TRC.

Pour utiliser la méthode, privilégiée, à un cavalier avec différents types de connecteurs, de nombreux wattmètres Fluke Networks, dont le CertiFiber® Pro et le SimpliFiber® Pro, sont équipés d'un adaptateur amovible. Un ensemble de TRC hybrides offre des connexions de mesure appropriées tout en tirant pleinement parti de la précision de la méthode du cavalier unique.

Il existe plusieurs méthodes permettant de définir la référence pour un test de perte fibre optique. Les noms suivants sont utilisés dans les documents Fluke Networks : méthode à un cavalier, méthode à deux cavaliers, méthode à trois cavaliers et méthode à trois cavaliers améliorée. Dans la norme ISO/IEC 14763:3 éd. 2, la méthode à trois cavaliers améliorée remplace la méthode à trois cavaliers. Bien que la méthode améliorée soit très précise pour



Le CertiFiber Pro est équipé d'un « Assistant de référence », qui garantit que la définition de référence est effectuée correctement dès le premier essai.

tester les canaux (pas pour les liens permanents), elle n'est pas pratique pour les tests sur le terrain, car elle implique de définir la référence pour chaque canal testé et nécessite que l'appareil de mesure ou la source soit déplacé à l'autre extrémité d'une liaison.

Conditions d'émission

L'objectif de toute mesure de certification est de fournir des indications de réussite/échec sur lesquelles l'utilisateur final et l'installateur peuvent s'appuyer. Il s'est avéré que les « conditions d'émission » choisies, c'est-à-dire la manière dont la puissance optique est injectée dans le cœur de la fibre, ont un impact majeur sur la précision et la cohérence des mesures de perte fibre optique. Si les conditions d'injection ne sont pas correctement spécifiées, l'incertitude de mesure peut atteindre 60 %.

Nous avons vu que la lumière dans des fibres multimodes à gradient d'indice se propage dans de nombreux modes. Le nombre de modes excités par l'émission et le niveau d'énergie dans chaque mode affectent les mesures de puissance. Si les conditions d'injection ne sont pas contrôlées d'un outil de test à l'autre, chaque outil peut fournir une mesure et des résultats de test différents, ce qui indique qu'aucun d'entre eux n'est correct ou fiable.

L'objectif est de contrôler les conditions d'émission afin que les outils de test conformes donnent des résultats qui se situent dans une plage étroite autour de la valeur de perte réelle.

Facteurs qui influencent les conditions d'émission. Les LED sont les meilleures sources lumineuses pour tester la perte des liaisons à fibres optiques multimodes. Nous avons expliqué comment les VCSEL sont devenus la source lumineuse privilégiée pour toutes les applications en réseau à haut débit utilisant des fibres multimodes, car ils possèdent la capacité de modulation permettant de fournir des impulsions courtes en succession

rapide pour supporter le débit de données pour les applications à 1 et 10 Gbit/s. Mais les VCSEL ne sont pas adaptés aux tests de perte, car chacun peut exciter un ensemble différent de modes avec des niveaux d'énergie variables au sein de ces modes. En d'autres termes, la sortie lumineuse d'un VCSEL n'est pas uniforme. Elle change d'un VCSEL à l'autre à l'extrémité de la fibre optique.

De plus, le test de perte est effectué en utilisant une onde lumineuse constante plutôt qu'un signal modulé.

Les LED produisent un cône de lumière qui se propage de manière uniforme sur l'extrémité de la fibre, même au-delà du cœur. Les LED créent une condition d'« émission saturée ». Toutefois, le degré de saturation produit des variations importantes dans la mesure de perte. Une source lumineuse laser comprenant un VCSEL crée une condition d'« injection sous-remplie ». Ces sources éclairent un cône de lumière étroit au centre du cœur. Il est possible qu'une injection sous-remplie ne détecte pas correctement des problèmes dans la liaison fibre optique et qu'elle donne alors un résultat de test plus optimiste.

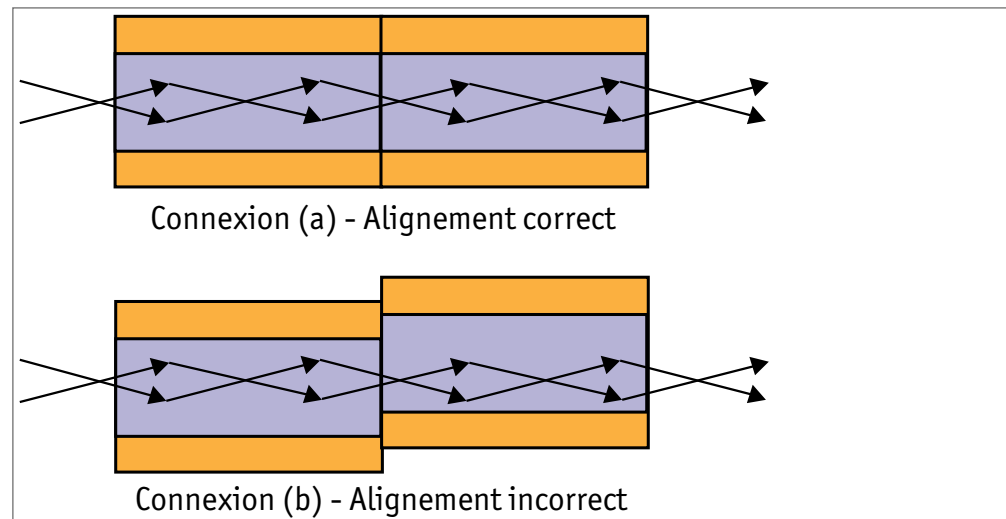
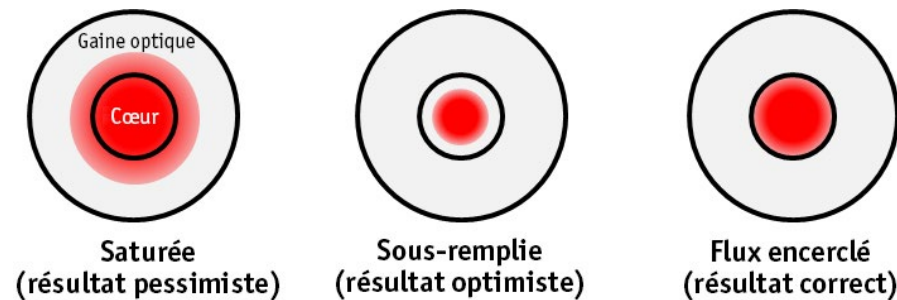


Figure 15. Il se peut que le test des deux connexions indiquées avec des conditions d'injection sous-remplie ne détecte pas le mauvais alignement du câble optique.

La connexion mal alignée sur la **figure 15** donne un exemple dans lequel la mesure de perte avec une injection sous-remplie ne peut pas détecter l'impact total du mauvais alignement. Elle donne une valeur de perte inférieure (valeur de perte optimiste) à celle obtenue avec un test réalisé à l'aide d'une source lumineuse saturée (valeur de perte pessimiste), voir **figure 16**.



Le flux encerclé (EF) contrôle véritablement la manière dont la lumière est émise dans la fibre testée à partir d'une source multimode. Avant l'EF encerclé, l'ANSI/TIA définissait la condition d'émission à l'aide d'une technique appelée rapport de puissance couplée, ou CPR. Cette méthode s'est avérée inadaptée et a été remplacée par l'EF en 2010. L'ISO/IEC a remplacé le CPR par la distribution de puissance modale, ou MPD, en 2006. Bien qu'il soit plus performant que le CPR, il a également été jugé inadapté pour mesurer les systèmes fibre optique multimode à faible perte.

L'EF est la dernière étape ayant permis de réduire l'incertitude de mesure. Il définit étroitement la puissance optique, réduisant au minimum la variation des résultats des mesures lorsque celles-ci sont effectuées à l'aide de différentes sources lumineuses

conformes à l'EF. Il définit fondamentalement la sortie de lumière comme si elle provenait d'une source VCSEL idéale. Étant donné qu'un VCSEL est une source de lumière non uniforme, cela signifie que dans la lumière EF, tous les VCSEL sont « représentés ».

Par conséquent, vous n'avez pas besoin de vous soucier des conditions d'émission si vous utilisez des sources conformes aux flux encerclés (EF) avec des cordons d'émission de référence de test correspondants.

La conformité EF est devenue une exigence dans de nombreuses spécifications de test. Il est donc important de procéder aux certifications avec des instruments conformes EF.

Certification des fibres avec un OLT S dans la pratique

Les solutions de test de perte optique (OLT S) sont des instruments très précis qui combinent un wattmètre et une source dans l'unité principale et l'unité distante. C'est le meilleur outil pour déterminer la perte ou l'atténuation totale des liaisons fibre. Afin de garantir la précision, il est important de commencer par configurer correctement l'OLT S. Cette procédure est décrite en détail dans le livre électronique « Guide de poche des meilleures pratiques de test de la fibre optique ». En résumé, vous devez :

- Laisser les sources se stabiliser en allumant les unités principales et les unités distantes environ cinq minutes avant de commencer à effectuer des mesures. Il est essentiel de prévoir un délai supplémentaire pour que les sources se stabilisent en cas de variation importante de la température ambiante. Si les sources ne se stabilisent pas, des problèmes apparaîtront lors de la définition de la référence ou pendant le préchauffage de la source, sa puissance de sortie augmentera, ce qui entraînera des lectures de perte optimistes ou négatives.
- Etablir et saisir les limites de test réussite/échec correctes pour les liaisons testées. Si vous installez des liens SYSTIMAX , utilisez la calculatrice des performances des fibres SYSTIMAX , qui est intégrée dans le CertiFiber® Pro OLT S illustré sur la **figure 17**. Elle vous permettra de calculer rapidement et facilement les performances d'atténuation maximales pour un canal de câblage SYSTIMAX proposé,



Figure 17 – le CertiFiber® Pro présentant la calculatrice des performances des fibres SYSTIMAX

de savoir quelles applications seront supportées par le canal et de recevoir la garantie Commscope de support par écrit.

- « Définir la référence » correctement afin de supprimer l'impact des différentes connexions entre le testeur et les liaisons testées. De préférence, cette opération doit être effectuée en utilisant la méthode à 1 cavalier. En général, si la définition de référence n'est pas effectuée correctement, des mesures de perte négative hautement indésirables se produisent. Une perte négative est souvent appelée « gain d'amplification ». Elle ne devrait pas être possible sur une liaison passive. Assurez-vous que la définition de la référence est effectuée avec des cordons de test de référence (TRC) propres et de haute qualité, conformément aux normes ANSI/TIA et ISO/IEC. Si les TRC sont sales ou défectueux, le test des liaisons sera un échec ! Gardez à l'esprit que les TRC peuvent s'user ou être endommagés s'ils ne sont pas correctement entretenus. Par conséquent, toujours replacer les bouchons anti-poussière pour protéger les extrémités et ne jamais poser les extrémités nues sur des surfaces.
- S'assurer que les connecteurs des instruments de test sont propres. Ce point est souvent négligé et les centres de service Fluke indiquent qu'un très grand nombre d'instruments envoyés en réparation présentent uniquement des connecteurs fibre optique encrassés. L'inspection et le nettoyage des connecteurs des instruments peuvent être effectués sur le terrain avec le même équipement que celui utilisé pour inspecter et nettoyer les TRC et les connecteurs dans les panneaux de raccordement.

Étant donné que la contamination peut avoir un impact significatif sur la puissance optique, l'étape initiale critique de la procédure de certification, avant de connecter les liaisons fibre optique au testeur, consiste à inspecter et à nettoyer, le cas échéant, les deux extrémités des liaisons testées. Pour ce faire, utiliser un OLT S qui a la capacité d'inspecter et de certifier les deux extrémités de fibre optique.

Les modèles traditionnels d'OLT S sont dotés d'une unité principale avec écran et d'une unité distante. Cela signifie qu'un outil d'inspection séparé doit être transporté jusqu'à

l'extrémité distante pour visualiser et documenter l'extrémité. Avec des systèmes comme celui illustré sur la **figure 18**, la 2e unité principale peut être configurée pour fonctionner comme une unité distante. Il suffit de sélectionner « Unité principale en mode injecteur » dans le menu de configuration. Bien que l'unité principale contrôle toujours le test OLT S, le technicien à l'extrémité distante peut désormais accéder à l'outil d'inspection des fibres en sélectionnant « FiberInspector », voir **figure 19**. Les mêmes fonctions d'inspection que celles sur l'unité principale sont alors également disponibles sur l'unité distante. Une fois l'inspection et la certification de l'extrémité terminées, les données sont stockées dans l'unité distante. Les résultats d'inspection et les images de l'unité principale et de l'unité distante peuvent ensuite être fusionnés lors de l'élaboration du rapport de certification dans le logiciel de gestion des tests de câbles PC LinkWare™ ou avec le service cloud live LinkWare™.

La certification réelle peut maintenant être effectuée et l'OLT S peut être connecté aux liaisons à tester. N'oubliez pas que des tests bidirectionnels seront réalisés et que deux liaisons sont testées simultanément : une fibre d'« entrée » et une fibre de « sortie ». Pendant que l'unité principale exécute le test OLT S et enregistre les résultats de perte, l'unité distante fera clignoter des messages pour informer l'utilisateur distant de la progression, voir **figure 20**.



Figure 18 – Le CertiFiber Pro CFP-100-Qi avec fonction d'inspection des fibres aux deux extrémités.

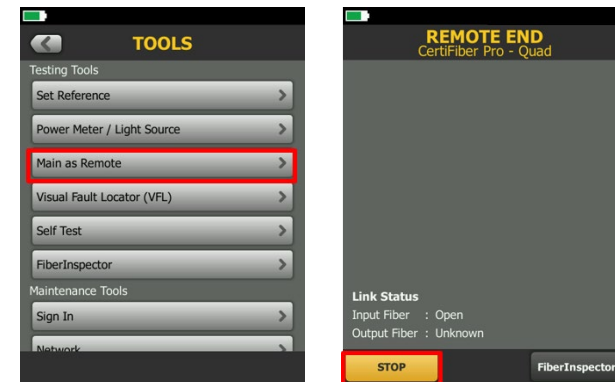


Figure 19 – Configuration du testeur pour inspection au niveau de l'extrémité distante.

Comprendre les résultats de mesure de la fibre duplex

Dans ce livre numérique, nous nous concentrons sur les certifications de liaison fibre optique bidirectionnelles à double longueur d'onde, car les résultats des mesures effectuées dans les deux directions peuvent différer les uns des autres. Si une fibre multimode est testée, le CertiFiber Pro effectue les opérations suivantes en seulement 3 secondes :

- Mesurer la perte optique de la fibre A à 850/1 300 nm
- Mesurer la perte optique de la fibre B à 850/1 300 nm
- Déterminer la longueur de la fibre à l'aide du délai de propagation aller-retour
- Comparer les pertes à la limite de test choisie et fournir un résultat RÉUSSITE OU ÉCHEC

Dans certains cas, les tests dans une seule direction peuvent suffire. Toutefois, des tests dans les deux directions sont nécessaires pour :

- déterminer la longueur
- trouver des incohérences au niveau du cœur de la fibre dans les épissures et
- détecter les liaisons dans lesquelles des fibres avec des tailles de cœur différentes sont mélangées.

Grâce à la vitesse de test de l'OLT S, la certification de deux longueurs d'onde bidirectionnelles est un jeu d'enfant. Non seulement la qualité est excellente, mais idéalement, les mesures doivent également être effectuées à plusieurs longueurs d'onde, car la fibre doit être testée en utilisant la même longueur d'onde que celle utilisée pour la transmission. Par conséquent, les liaisons multimodes sont testées à

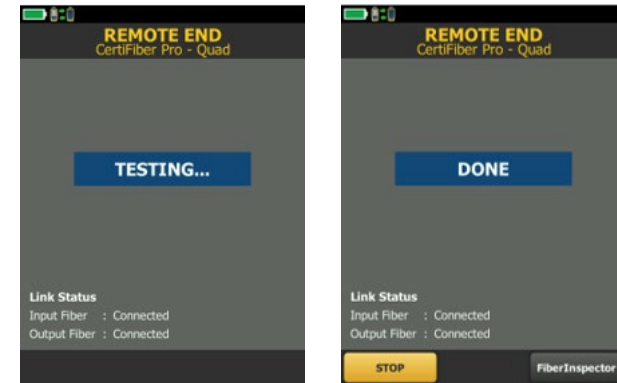


Figure 20 – L'utilisateur distant est tenu informé de la progression du test.

l'aide de longueurs d'onde de 850 nm et 1 300 nm et les liaisons monomodes, à l'aide de longueurs d'onde de 1 310 nm et 1 550 nm. Gardez à l'esprit que les longueurs d'onde peuvent provoquer des différences d'atténuation importantes, en particulier dans les liaisons plus longues, car la perte par km dans la fibre n'est pas la même pour chaque longueur d'onde. Par exemple, pour les fibres multimodes, la perte est d'environ 3 dB par km à 850 nm et de 1 dB par km à 1 300 nm.

Il est aussi intéressant de noter que lors du test des liaisons monomodes, la longueur d'onde de 1 310 nm est plus sensible aux problèmes d'alignement (par ex. événements de perte) et la longueur d'onde de 1 550 nm est plus sensible aux problèmes causés par les courbures et les fissures dans la liaison fibre testée.

La comparaison de la perte à une longueur d'onde de 1 310 nm avec celle d'une longueur d'onde de 1 550 nm peut indiquer la présence d'une courbure ou d'une fissure si la perte est plus importante à la longueur d'onde de 1 550 nm qu'à la longueur d'onde de 1 310 nm.

Résultats de mesure de la fibre duplex

Voir l'encadré de résumé des résultats sur la **figure 21**. Remarquez d'abord le « Réussi » en vert. L'écran présente les mesures déjà enregistrées, alors que le testeur est prêt à tester un nouvel ensemble de liens, d'où le « TEST » en bas à droite. Les ID d'étiquette de la fibre d'entrée et de la fibre de sortie sont également visibles dans les encadrés affichant les résultats des mesures de perte et de longueur.

En cas de défaillance d'une fibre, deux options s'affichent :

- RESOUDRE ULT qui permet d'enregistrer le résultat et
- RETESTER qui permet de procéder à un nouveau test.

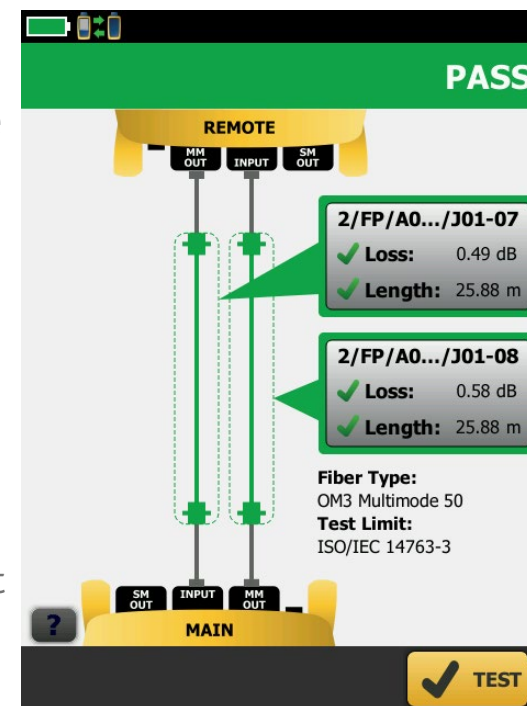


Figure 21 – Ecran des résultats de mesure de la fibre duplex CertiFiber Pro.

RESOUDRE ULT crée une liste prioritaire de tous les liens avec les problèmes qui n'ont pas été résolus par l'équipe qui a exécuté les tests. L'« expert » peut maintenant intervenir et il saura immédiatement quels liens ont besoin d'être corrigés. Les résultats peuvent être rappelés et il est possible de retester une liaison. Si la résolution d'un problème s'avère extrêmement problématique, les utilisateurs ont la possibilité de demander de l'aide au centre d'assistance technique de Fluke (TAC). En téléchargeant directement les résultats des tests sur le service cloud live LinkWare™ et en invitant un agent TAC à visualiser le projet contenant les résultats en question, l'agent TAC pourra se connecter à votre organisation et importer les résultats. Dans LinkWare™ PC, ces résultats peuvent ensuite être analysés en détail et des correctifs sont suggérés. N'oubliez pas que lorsque le dossier d'assistance est fermé, vous pouvez modifier (réinitialiser le mot de passe) ou supprimer le compte de l'agent TAC de votre organisation dans l'onglet UTILISATEURS INTERNES de LinkWare™ Live.

Etiquetage de la liaison

Plusieurs outils sont disponibles pour vous permettre d'imprimer plusieurs ID de câble stockés dans des projets LinkWare™ Live sur des étiquettes. Cela réduit les erreurs et vous permet de gagner du temps par rapport à la saisie manuelle de chaque ID de câble sur le clavier de l'imprimante d'étiquettes. Le flux de travail est généralement le suivant :

- Connectez-vous à votre compte LinkWare™ Live à l'aide de l'application ou du logiciel fourni par Brady, Brother, Dymo ou Epson.
- Sélectionnez votre projet, puis la plage des ID de câble requise et téléchargez-la sur un smartphone ou un PC (dépend du fournisseur de l'imprimante).
- Ensuite, téléchargez ces ID de câble dans la base de données intégrée de l'imprimante.
- Enfin, choisissez le type d'étiquette requis à l'aide du clavier de l'imprimante et sélectionnez la plage des ID de câble pour imprimer automatiquement chaque étiquette.



Image reproduite avec
l'aimable autorisation de
Brother Europe Ltd

Interprétation d'un rapport de mesure de fibre

Vous trouverez ci-dessous un rapport de mesure généré par LinkWare™ PC. La première

Insérez le logo de votre
entreprise ici



Cable ID: Of the Fiber that was tested

Date / Time: 05/31/2016 11:16:47 AM
Cable Type: affects supported apps
n = 1.482500 (850 nm)
n = 1.477800 (1300 nm)

Test Summary: PASS

Modal Bandwidth: 4700MHz-km (850 nm)
Modal Bandwidth: 500MHz-km (1300 nm)
Backscatter Coefficient: -67.0dB (850 nm)
Backscatter Coefficient: -74.0dB (1300 nm)

Loss (M->R)

PASS

Date / Time: 05/31/2016 11:16:47 AM

Test Limit: TIA-568 3-D Multimode
Limits Version: 4.6

Operator: of the test equipment
Certifiber Pro (2931763 V4.6 Build 2)
Module: CFP-MM(3007003)
Calibration Date: 11/17/2015
certifiber pro remote (2930165 v4.6 build 2)
Module: CFP-MM(3007006)
Calibration Date: 11/17/2015

Propagation Delay (ns)	2426	
Length m	492.2	PASS
Limit 2000.0		
	850 nm	1300 nm
Result	PASS	PASS
Loss (dB)	1.88	1.02
Limit (dB)	3.22	2.24
Margin (dB)	1.34	1.22
Reference (dBm)	-23.26	-23.76

Number of Adapters: 2
Number of Splices: 0
Connector Type: LC
Patch Length1 (m): 2.0
Reference Date: 05/31/2016 08:57:49 AM
1 Jumper

Compliant Network Standards:

1000BASE-LX	1000BASE-SX	100BASE-FX
10BASE-FL	ATM155	ATM155SWL
ATM52	ATM622 Fiber Optic	FDDI Fiber Optic

chose à remarquer est le « RÉUSSI ». Cela signifie que la perte mesurée (1,88 dB à 850 nm) est inférieure à la limite (3,22 dB à 850 nm). Cette opération doit être immédiatement suivie d'une vérification de la limite de test atteinte par le « RÉUSSI » : dans ce cas, « Limite TIA basée sur la longueur pour fibre multimode ». En cas de conformité avec la limite de test demandée, vous avez terminé, sinon un nouveau test peut s'avérer nécessaire.

Autres éléments importants à vérifier :

- Si l'essai a été effectué avec un instrument qui présente un étalonnage correct. Dans le document ci-dessus, l'étalonnage était valide jusqu'à 1 an après le 17 novembre 2015.

- Le type de définition de référence utilisé et le temps écoulé entre le moment où la référence a été définie et le moment où la mesure a été effectuée. Dans le document, le paramètre de référence 1 cavalier a été utilisé et environ 2 heures et 19 minutes se sont écoulées.
- Si le micrologiciel du testeur était à jour (LinkWare™ PC vous prévient lorsque des mises à niveau du micrologiciel sont disponibles).
- Les applications supportées (voir « Conforme aux normes de réseaux » dans le document).
- Les caractéristiques de la liaison fibre, comme le nombre d'épissures, le type de connecteur, la longueur, etc.

Important

- La certification est la meilleure façon de s'assurer que les liaisons installées répondent aux attentes en matière de performance.
- Assurez-vous d'inspecter TOUTES les connexions avant de les installer et les nettoyer le cas échéant.
- Sachez lire les résultats de vos tests pour vous assurer qu'ils sont acceptables.
- Assurez-vous que vous avez toujours accès aux données de mesure « brutes » : les données « .flw » de LinkWare™ PC. Elles sont souvent demandées par les consultants de projet et les principaux fabricants de câbles.

Conclusion

Avec l'introduction de composants fibre optique à faible perte tels que les cassettes LC/MPO, les budgets de perte (limites de tests) se réduisent de plus en plus. Les installateurs découvrent ainsi que les méthodes et hypothèses antérieures relatives au test des fibres ne sont plus valables. L'IEC et d'autres organisations, telles que la TIA (Telecommunications Industry Association), réaffirment régulièrement les normes (presque chaque année). La réaffirmation est un moyen pour les sous-comités de décider si une norme est « datée » (périmée) ou encore applicable à l'heure actuelle. La technologie et les besoins du marché changent souvent, ce qui entraîne les modifications des normes. Toutefois, il faut du temps, généralement de 2 à 3 ans, pour élaborer une norme. Cela est en partie dû au fait qu'il est difficile pour un groupe diversifié de participants représentant le secteur de la fibre de parvenir à un consensus sur les composants et les tests.

Alors que la TIA autorise toujours 0,75 dB par connecteur, les connecteurs polis en usine sont plus proches de 0,2 dB. Par conséquent, lors des tests selon les limites de la TIA, les installateurs bénéficient d'une légère incertitude de mesure. En d'autres termes, leurs tests doivent être raisonnables mais pas parfaits. Cependant, les consultants et fournisseurs de câbles commencent maintenant à définir les budgets de perte et des protocoles de test personnalisés en fonction des performances des composants, et non en fonction des normes. Ainsi, la marge de manœuvre dans les pratiques de test a disparue.



Pour rester au fait de l'actualité, les installateurs doivent réévaluer leurs équipements et procédures de test.

La définition d'une référence via un adaptateur de cloison n'est plus une option. La référence doit être continue, depuis la source à l'appareil de mesure, à l'aide d'un cordon de référence test (1 cavalier). De plus, les protocoles de test personnalisés peuvent spécifier que la définition de la référence de fibre est requise plusieurs fois par jour. Certains fournisseurs spécifient déjà une validité de référence de fibre de 2 heures seulement. Cela signifie que la référence doit être facile à définir dès le premier essai. Pour certains, cela signifie des investissements dans de nouveaux équipements de test et l'inévitable formation qui l'accompagne.

Les cordons de test de référence doivent également être dotés de connecteurs de référence, définis par la norme ISO/IEC 14763-3 comme étant $\leq 0,1$ dB pour les multimodes et $\leq 0,2$ dB pour les monomodes. Lorsque la cassette à faible perte est dotée d'un connecteur LC de 0,15 dB, tester avec n'importe quoi moins bon qu'un connecteur LC de 0,15 dB va entraîner un résultat pessimiste ou une défaillance potentielle.

Pour obtenir une vue d'ensemble des meilleures pratiques de test et de dépannage fibres optiques, nous vous conseillons de télécharger le livre électronique [Test et Dépannage Fibre Optique](#).

Solutions de test et de dépannage des fibres optiques de Fluke Networks

	Inspection et nettoyage				Tests MPO	Tests de perte et de longueur (Certification de niveau 1)		Caractérisation et dépannage de l'installation (Certification de niveau 2)			
											
	FI-500 FiberInspector™ Micro	FI-7000 FiberInspector™ Pro	FI-3000 FiberInspector™ Ultra	Kits de nettoyage pour fibre optique	Testeur MultiFiber™ Pro MPO	Solutions de test de perte optique CertiFiber® Pro	Testeur de puissance SimpliFiber® Pro et kits de vérification des fibres optiques	Localisateur visuel de défaut VisiFault™	Fiber QuickMap™	Réflectomètre optique (OTDR) OptiFiber® Pro	OptiFiber® Pro PON/FTTx RÉFLECTOMÈTRE OPTIQUE HDR
Vérification de la contamination ou de l'endommagement des extrémités	✓	✓	✓				✓			✓	✓
Évaluation d'inspection d'extrémité		✓	✓				✓			✓	✓
Eclairage de port	✓		✓								
Mise au point automatique	✓		✓								
Nettoyage de la contamination				✓							
Vérification de la connectivité					✓	✓	✓	✓		✓	✓
Vérification de la polarité					✓	✓	✓	✓			
Vérification de la perte sur l'intégralité de la liaison pour garantir le non-dépassement des tolérances de pertes					✓	✓	✓				
Tests des pertes sur fibres doubles						✓				✓	✓
Certification monomode de niveau 1					✓	✓	✓				
Conformité de certification de niveau 1 aux flux encerclés multimodes					Conforme EF au niveau de la traversée de cloison	Avec cordon de test de référence EF	✓				
Localisation des défauts								✓	✓	✓	✓
Certification de niveau 2										✓	✓
Résultats : conformité/non-conformité		✓	✓			✓			✓	✓	✓
Documentation des résultats de test		✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓
Types de fibres pris en charge	Multimode Monomode	MPO, Multimode Monomode	MPO	MPO, Multimode Monomode	MPO Multimode Monomode	Multimode Monomode	Multimode Monomode	Multimode Monomode	Multimode	Multimode Monomode	Monomode (1310, 1550, 1490 & 1625 nm)
Type de source					LED, Laser FPr	LED, Laser FP	LED, Laser FP	Laser	Laser	LED, Laser FP	Laser

Autres ressources hautement techniques :

Pour télécharger le livre électronique de test et de dépannage fibre visitez :

www.flukenetworks.com/request/fiber-test-troubleshooting-ebook

Pour télécharger le livre électronique de mesures d'équilibre de paires torsadées, visitez :

www.flukenetworks.com/request/fiber-test-troubleshooting-ebook

Vous voulez parler à un expert, trouvez le numéro de votre contact local sur :

www.flukenetworks.com/contact

Vidéos de formation en ligne

Ces vidéos offrent une formation de base sur le système de certification de câblage Versiv™ complet. Pour chaque produit, une série de vidéos couvre les sujets suivants :

- Déballage : ce qui est fourni avec le produit et qu'en faire
- Configuration d'un test
- Exécution d'un test
- Enregistrement et gestion des résultats (Avec LinkWare™ PC et LinkWare™ Live)

www.youtube.com/FlukeNetworksVideo

Blog de Cabling Chronicles

Découvrez les nouveautés dans le monde des tests et des normes grâce à des articles rédigés par des experts de Fluke Networks.

<https://fr.flukenetworks.com/blog/cabling-chronicles>

Base de données

Tirez le meilleur parti de votre investissement Fluke Networks avec des conseils et astuces, ainsi que des mises à jour de produits de notre équipe d'experts de l'assistance.

<https://fr.flukenetworks.com/knowledge-base>

P.O. Box 777, Everett, WA USA 98206-0777
Fluke Networks est présent dans plus de 50 pays.
Pour connaître les coordonnées du bureau le plus proche de chez vous, rendez-vous à l'adresse
www.flukenetworks.com/contact.

©2020 Fluke Corporation. Tous droits réservés.
11/2020 19086-RL