



GUIDE DE RÉFÉRENCE SUR LES CÂBLES FIBRE OPTIQUE

Série de livres électroniques
technologiques - #3 de 4

- Certification du câblage fibre optique

FLUKE
networks®
• • • • •

Sommaire

Sommaire	2
Certification du câblage fibre optique	3
Sélection de la norme de performance	3
Certification - Exigences en matière de procédure et d'équipement	4
Unités de mesure.....	5
Définition de la référence – Principe.....	6
Conditions d'émission	11
Prochainement	15
Solutions de test et de dépannage des fibres optiques de Fluke Networks	16
Ressources en ligne	17

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.

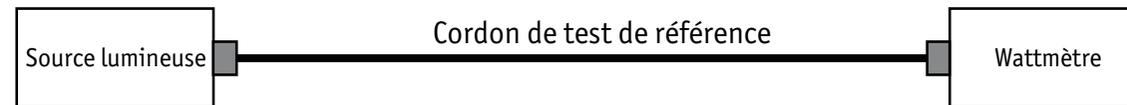


Figure 13 – Principe des connexions pour définir la référence d'une mesure de perte optique.

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

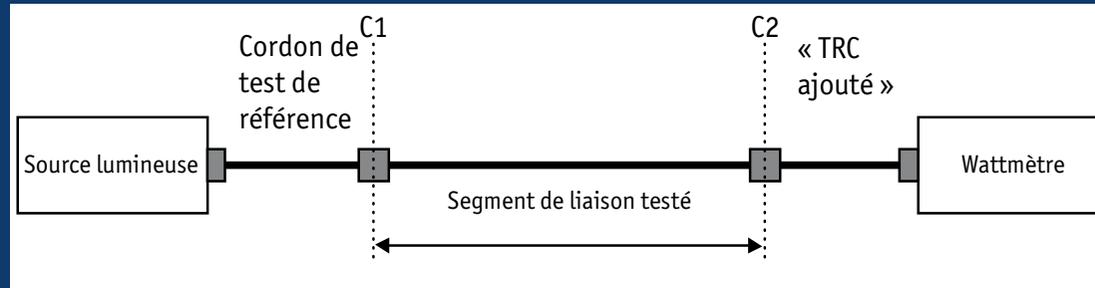


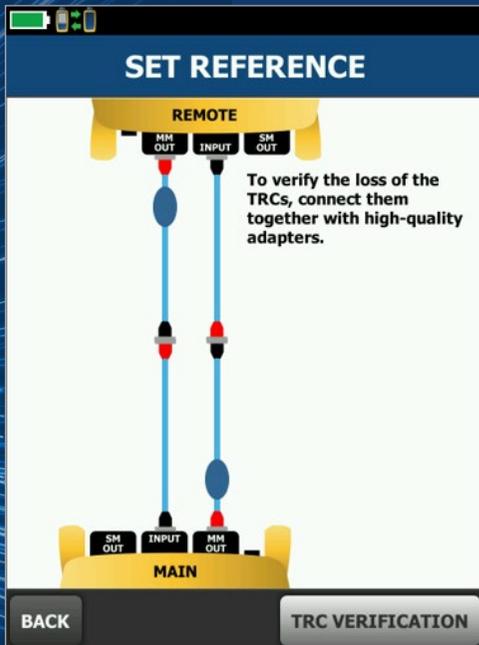
Figure 14 – Connexion "d'une source de lumière et d'un wattmètre" pour une mesure de perte optique.

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.

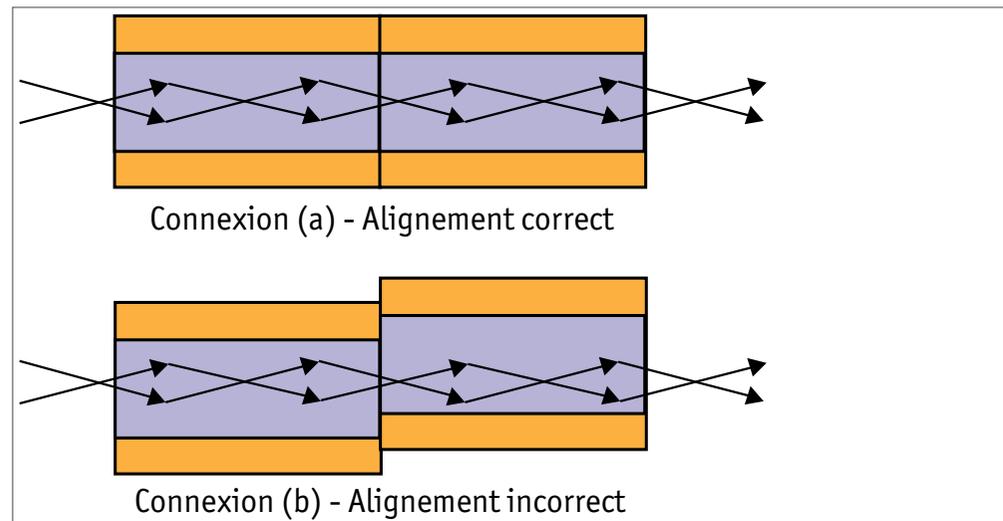


Figure 15. Il se peut que le test des deux connexions indiquées avec des conditions d'injection sous-remplie ne détecte pas le mauvais alignement du câble optique.

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**.

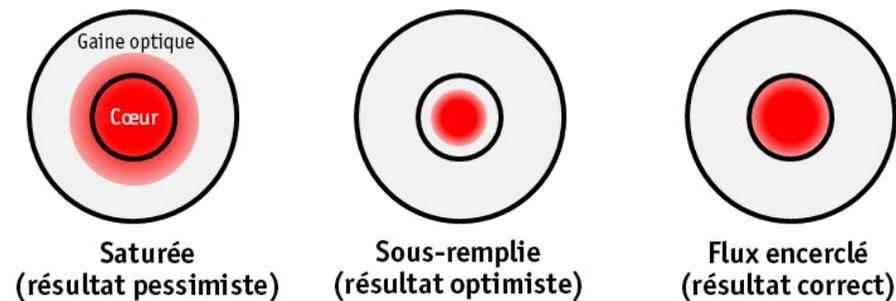


Figure 16. Trois conditions d'émission différentes.

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.

Prochainement

Le livre électronique suivant sera bientôt accessible :

#4 : Certification des fibres avec un OLTS dans la pratique
Conclusion générale

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