

Inspection et entretien des connecteurs

Par Marc Rondeau, Spécialiste de produits; avec la collaboration d'Anthony Lowe, Ingénieur d'applications

L'une des premières tâches à réaliser lors de la conception d'un réseau de fibre optique consiste à déterminer un seuil médian de perte budgétaire afin que le produit respecte les exigences d'utilisation. Afin de définir la perte budgétaire en conséquence, il est conseillé de prendre les paramètres suivants en considération :

- › Émetteur : puissance d'entrée, température et usure
- › Connexions optiques : connecteurs et épissures
- › Câble : perte de fibre et effets thermiques
- › Récepteur : sensibilité du détecteur
- › Autres : marge de sécurité et réparations

Quand les variables d'un des éléments mentionnés ci-dessus ne respectent pas les spécifications, le rendement du réseau peut être grandement affectée. Pire encore, la dégradation d'un de ces éléments peut causer une défaillance du réseau. Malheureusement, il est difficile de contrôler toutes les variables lors du déploiement ou de l'entretien du réseau. Il est cependant possible de contrôler le connecteur, un élément trop souvent négligé ou surexploité (câbles de raccordement), à l'aide d'une procédure adaptée.

LA PHASE D'INSPECTION

Les connecteurs sont des éléments clés qui connectent tous les éléments du réseau. C'est pour cette raison qu'il est essentiel de bien les entretenir afin d'assurer le fonctionnement optimal de ces éléments et d'éviter des pannes irrémédiables. Puisque les connecteurs sont susceptibles d'endommager des éléments invisibles à l'œil nu, il est primordial de ne pas négliger la phase d'inspection.

Les composants

Lors de l'inspection des connecteurs, deux composants doivent attirer votre attention : le connecteur et la ferrule.

Le connecteur

Une défaillance de connecteur peut être traitée rapidement. En effet, elle trouve souvent son origine au niveau de la terminaison (aussi nommée « ferrule ») ou de la section mécanique du connecteur. La défaillance d'un connecteur est souvent due à la malpropreté ou à l'endommagement de la terminaison. La figure 1 illustre les parties d'un connecteur de fibre optique de type SC.

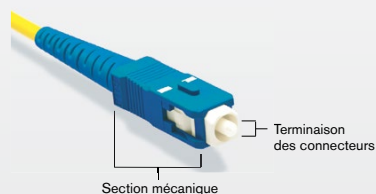


Figure 1. Connecteur de fibre optique : Type SC

La ferrule

Dans le connecteur, la ferrule est l'élément qui maintient la fibre en position d'alignement. La ferrule est la partie du connecteur qui connecte soit deux câbles entre eux, soit un câble à un émetteur ou à un récepteur. Conçue en verre, en plastique, en métal ou en céramique, la ferrule est composée de trois zones principales (voir figure 2 a) : (1) la zone A, définie comme le centre de la fibre dans lequel la lumière voyage, (2) la zone B, constituée par la gaine, définie par le matériau optique qui recouvre le cœur et y reflète la lumière et (3), le gainage extérieur, généralement conçu en plastique, qui recouvre la gaine et protège la fibre des dommages et de l'humidité.

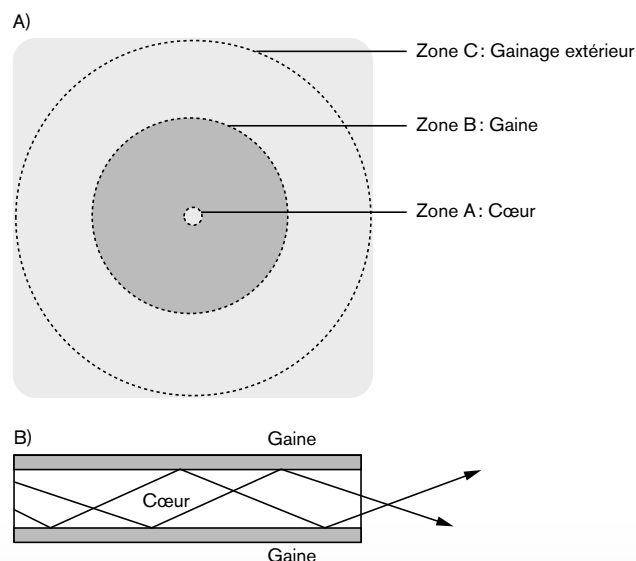


Figure 2. a) Les zones relatives à la ferrule
b) Le passage de la lumière dans une fibre optique multimode

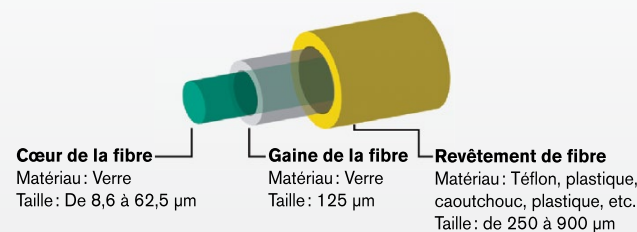


Figure 3. Vue en couches d'un câble à fibres

EXFO

L'inspection des connecteurs

Puisque le cœur et la gaine constituent les deux principales sections de la ferrule, il est essentiel qu'ils soient maintenus en bon état afin de minimiser la perte occasionnée par l'accouplement de deux ferrules. Afin de réaliser correctement l'entretien du connecteur, sa terminaison doit d'abord être inspectée à l'œil nu. Comme montré dans le tableau 1, le diamètre du cœur d'une fibre monomode est inférieur à 10 microns. Sans l'outil d'inspection approprié, il est impossible de savoir si la ferrule est propre. Il est donc nécessaire de disposer des bons outils.

Type de fibre	Diamètre du cœur (μm /pouces)	Diamètre de la gaine (μm /pouce)
Monomode	9/0,000000394	125/0,000354
Multimode	50/0,001969 ou 62,5/0,002461	125/0,000354

Tableau 1. Diamètre d'un cœur monomode et multimode et diamètre d'une gaine

Afin d'inspecter correctement la terminaison d'un connecteur, il est recommandé d'utiliser un microscope conçu spécialement pour la terminaison du connecteur de fibre optique. Il existe plusieurs types d'outils d'inspection sur le marché. On peut néanmoins les séparer en deux grandes catégories : les sondes d'inspection de fibres (également appelées « fibroscopes vidéo ») et les microscopes optiques. Avant d'acheter un outil d'inspection, un certain nombre de paramètres doivent être pris en compte afin de s'assurer que l'outil acheté correspond aux applications et aux types de connecteurs à inspecter. Le tableau 2 énumère les caractéristiques propres aux sondes d'inspection de fibres et aux microscopes optiques :

Outil d'inspection	Diamètre du cœur (μm /pouces)
Sonde d'inspection de fibres	› Affichage d'image sur un écran vidéo externe, PC ou instrument de test (voir figure 3) › Protection contre le contact direct avec les yeux et signal en temps réel › Possibilité de capture d'image pour la création de rapports › Simplicité d'utilisation dans les panneaux de répartition surchargés › Idéales pour inspecter les câbles de raccordement, les panneaux de répartition et les connecteurs multifibres (par exemple, MTP) › Différents degrés d'amplification disponibles (100x/200x/400x) › Adaptateur d'embouts pour tous les types de connecteurs
Microscope optique	› Filtre de protection laser* pour protéger les yeux du contact direct avec une fibre active › Deux différents types de microscopes nécessaires en fonction des types de connecteurs à inspecter : un premier pour inspecter les câbles de raccordement et un second pour inspecter les connecteurs dans les panneaux de répartition de cloison

* Ne jamais utiliser d'appareil d'amplification (microscope optique) pour inspecter une fibre active.

Tableau 2. Outils d'inspection

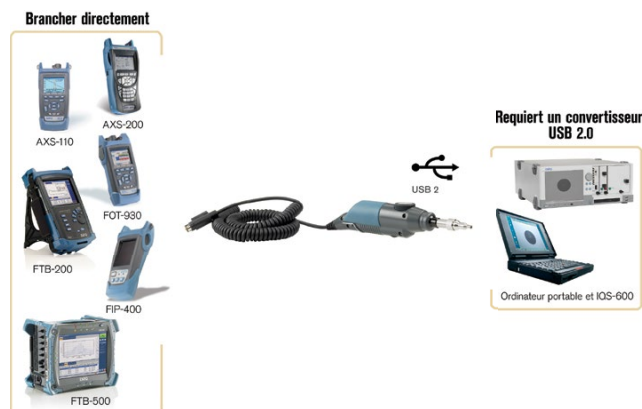


Figure 4. Sonde d'inspection de fibres

L'INSPECTION DES FERRULES

Lorsqu'une défaillance est détectée lors de l'inspection d'une ferrule de connecteur, deux facteurs peuvent en être la cause : une terminaison endommagée ou sale.

Les terminaisons endommagées

Les dommages physiques de la terminaison du connecteur sont en général irréversibles et, à moins que le dommage ne compromette pas le fonctionnement de la terminaison, nécessitent le remplacement du connecteur. Afin de déterminer le degré d'incidence du dommage, il est conseillé de suivre la règle de base qui consiste à jeter ou remplacer tout connecteur présentant des rayures à proximité ou sur le cœur de la fibre (voir figure 5 a). Ces rayures génèrent des pertes importantes et affectent le rendement du connecteur. En cas de dommage physique, y compris l'ébréchure de la gaine (voir figure 5 b), l'usure des connecteurs ou les résidus de résine époxyde sur la gaine, le connecteur doit être remplacé.

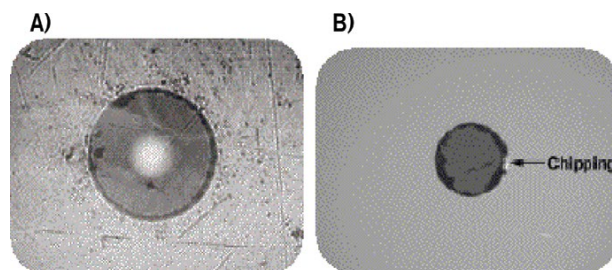


Figure 5. a) Rayure au niveau de la zone du cœur
b) Ébréchure sur la gaine

Les terminaisons sales

Dans un monde dépourvu de contaminants, les extrémités du connecteur seraient toujours propres et ne nécessiteraient aucun entretien. Malheureusement, les conditions dans lesquelles nous évoluons sont tout autres, et les contaminants de connecteur de fibre optique que nous devons traiter sont nombreux. Par exemple, une particule de poussière de 1 μm sur un cœur monomode peut bloquer jusqu'à 1 % (une perte de 0,05 dB) de lumière. Imaginez alors la perte que pourrait causer une particule de poussière de 9 μm . Une autre raison pour laquelle il faut tenir les extrémités à distance des contaminants réside dans l'effet des composants à forte puissance sur la terminaison du connecteur. En effet, certains des composants du secteur des télécommunications peuvent produire des signaux d'un niveau de puissance supérieur à 30 dBm (1 W) et sont susceptibles de causer des dommages irréversibles quand ils sont accouplés à une terminaison malpropre ou endommagée (par exemple, fusible de fibre).



Figure 6. Effet d'un fusible de fibre sur le cœur d'une fibre

La poussière, l'alcool isopropyle, l'huile corporelle, les huiles minérales, le gel d'indice, la résine époxyde, l'encre noire à base d'huile et le gypse figurent parmi les contaminants qui peuvent affecter la terminaison d'un connecteur. Certains de ces contaminants peuvent provenir d'un seul ou de plusieurs types de salissure. Chaque contaminant se manifeste différemment et sous différents aspects. Dans tous les cas, les zones les plus critiques à soumettre à l'inspection sont celles du cœur et de la gaine : c'est là que la contamination affecte le plus la qualité du signal. La figure 7 illustre la terminaison de différents connecteurs inspectés par une sonde d'inspection de fibres.

La bonne pratique à suivre pour éviter l'endommagement ou la contamination de la terminaison du connecteur consiste à couvrir le connecteur non utilisé d'un bouchon de protection en tout temps. Il est donc essentiel de stocker tous les bouchons de protection non utilisés dans des contenants scellés afin d'éviter leur contamination. Lors de l'insertion du bouchon de protection sur une ferrule, prenez garde à ne pas l'insérer complètement car de petites particules de saleté peuvent s'accumuler en dessous du bouchon. Si cette partie du bouchon entre en contact avec la terminaison du connecteur, elle pourrait la contaminer. Notez que le dégazage issu du procédé de fabrication du bouchon antipoussière peut déposer un résidu de l'agent de démoulage dans le bouchon. La présence d'un bouchon antipoussière garantit donc davantage la protection et la prévention des dommages qu'il n'assure la propreté. Les câbles de raccordement et les connecteurs proviennent directement du sachet scellé apporté par le fournisseur. Gardez en tête qu'il se peut qu'ils ne soient pas tout à fait propres avant d'être scellés sous sachet. Heureusement, à l'aide des outils et des procédures de nettoyage appropriés, il est possible de nettoyer un connecteur souillé.

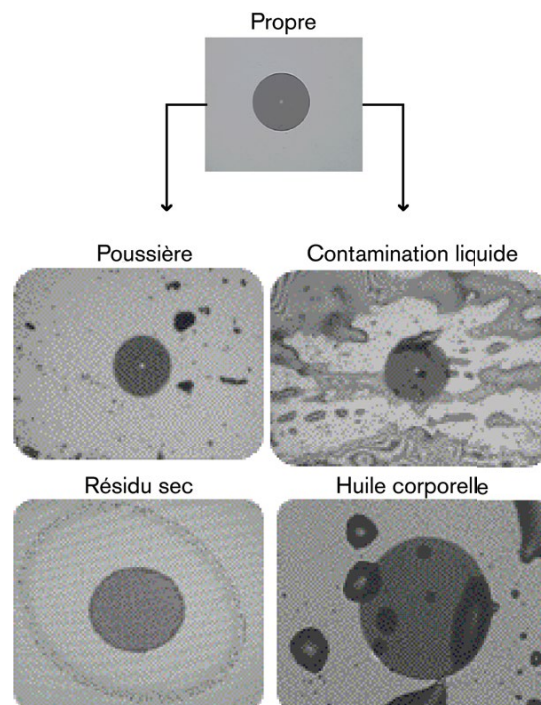


Figure 7. Terminaison de connecteur propre comparée à des terminaisons contaminées par différents matériaux

LA PHASE DE NETTOYAGE

La mise en place d'un réseau fiable requiert l'entretien et le nettoyage rigoureux des connecteurs. Au fil du temps, de nombreux appareils et procédures ont été utilisés. Auparavant, la méthode de nettoyage des connecteurs n'affectait pas le rendement. Aujourd'hui, la demande en matière de réseau à fibre optique augmente proportionnellement aux attentes des clients en matière de service. Pour cette raison, il est essentiel d'opter pour la bonne méthode de nettoyage. Avant de connecter un connecteur, il faut donc s'assurer que celui-ci est bien propre et exempt de défaut. Afin de garantir sa propreté, le connecteur doit d'abord être inspecté avec un microscope à fibre optique ou une sonde d'inspection de fibres et, si nécessaire, nettoyé.

Note : Toujours inspecter un connecteur avant le nettoyage. L'inspection pourrait révéler que le connecteur ne nécessite pas cette opération.

Il existe plusieurs méthodes de nettoyage des connecteurs. Dans le présent document, nous étudierons les trois procédures de nettoyage les plus communément utilisées dans l'industrie : le nettoyage à sec, le nettoyage humide et le nettoyage hybride (ou « nettoyage combiné »).

Le nettoyage à sec

Le nettoyage à sec élimine efficacement les contaminants comme les particules de poussière légères ou l'huile corporelle. Cette technique est souvent considérée comme la plus efficace dans les environnements contrôlés de fabrication où la vitesse et la simplicité d'utilisation sont primordiales. Cette méthode de nettoyage est également largement utilisée dans les environnements extérieurs. Elle ne permet cependant pas d'éliminer complètement tous les types de contaminants potentiellement présents dans cet environnement complexe. Le nettoyage à sec présente néanmoins quelques inconvénients. Par exemple, les particules de poussière trouvées sur la terminaison du connecteur peuvent causer des rayures sur la surface du connecteur et, par conséquent, une perte de signal et des dommages permanents sur le connecteur pendant l'élimination des poussières. Certains nettoyeurs à sec peuvent également produire des charges électrostatiques sur la terminaison, qui continue d'attirer les particules flottant dans l'air.

Le gel étanche issu des câbles est un autre exemple des types de contaminants généralement présents dans les environnements extérieurs. Les nettoyeurs à sec ne parviennent que rarement à éliminer ce produit. Il faut aussi retenir que le procédé de nettoyage à sec communément utilisé et nommé «gaz dépoussiérant» à tort utilise également des soufflettes à gaz comprimé. Ces produits chimiques ne sont pas sous forme d'oxygène comprimé, mais plutôt de gaz comprimé. Notez que ces derniers ne permettent pas de nettoyer les terminaisons des fibres optiques avec précision (ils sont par exemple inefficaces sur les particules réparties sur la terminaison microlisée). Les tests ont révélé que ces soufflettes à gaz comprimé réparent efficacement les connecteurs endommagés par l'eau préalablement à un procédé de nettoyage de précision adapté.

Avantages	Inconvénients
› Commodité des outils directement disponibles › Rapidité et simplicité	› Risque de génération de charges électrostatiques › N'élimine pas tous les types de contaminants › Coûts éventuels à envisager

Tableau 3. Avantages et inconvénients de la méthode de nettoyage à sec

Il existe différents types d'outils de nettoyage sur le marché. Tout comme leur forme, les matériaux dont ils sont constitués varient et dépendent du type de connecteur à nettoyer. Le tableau 4 établit la liste des outils les plus populaires et les plus abordables utilisés pour le nettoyage à sec :

Nettoyage à sec	Application	Visuel
Tampons non pelucheux	Connecteurs, réceptacles et terminaisons des câbles de raccordement	
Chiffons non pelucheux	Fibres amorce et terminaisons des câbles de raccordement	
Bonbonnes à gaz comprimé	Fibres amorce et terminaisons des câbles de raccordement	
Chiffons spéciaux non pelucheux	Fibres amorce et terminaisons des câbles de raccordement	
Cartouche (ReelCleaner/ CLETOP)	Fibres amorce et terminaisons des câbles de raccordement	
Nettoyant spécialisé	Connecteurs, réceptacles et terminaisons des câbles de raccordement	

Tableau 4. Outils de nettoyage à sec

Le nettoyage humide

Pour bien appliquer la méthode de nettoyage humide, il faut opter pour le bon solvant et la bonne méthode de séchage. Le principal objectif du nettoyage humide consiste à soulever la poussière et les contaminants de la terminaison du connecteur afin d'éviter de rayer le connecteur. Le solvant le plus utilisé dans l'industrie est l'isopropanol (IPA) à 99,9%. Efficace pour l'élimination d'une grande majorité des contaminants, certains d'entre eux, comme le gel d'indice et la plupart des lubrifiants, lui résistent pourtant et peuvent laisser des résidus de salissure.

L'IPA est un solvant hygroscopique par nature. Cela veut dire qu'il absorbe l'humidité de l'air auquel il est exposé afin de trouver son équilibre naturel : 65 % d'IPA et 35 % d'humidité. Par conséquent, plus il est exposé à l'air, moins il est efficace en tant que nettoyant. En fonction de la méthode d'application utilisée par le technicien, l'IPA peut également poser problème. La sursaturation du tampon ou l'utilisation excessive d'IPA (ou d'un autre solvant) pour le nettoyage d'une terminaison peut causer l'absorption de l'humidité supplémentaire en évaporation à la surface du connecteur, produisant ainsi un effet de halo ou des résidus (comme montré dans la figure 7) qui peuvent adhérer à la terminaison. De nouveaux solvants spécialisés offrent de meilleurs résultats que l'IPA. Leur pouvoir dissolvant est supérieur, leur vitesse d'évaporation est plus importante et leurs effets sur les contaminants sont meilleurs. Notez cependant que ces produits sont plus efficaces quand ils sont utilisés de pair avec un procédé de nettoyage à sec. L'utilisation excessive d'un solvant peut entraîner l'enfermement de l'excès de solvant dans le vide situé sur le côté de la ferrule. Dans ce cas précis, le solvant peut sembler sec à travers la lentille du vidéoscope. En réalité, même après connexion, l'excès de solvant nourrit la zone située entre le vide du côté de la ferrule et la terminaison. Ce solvant/résidu de contaminant entrave le signal et s'élimine donc plus difficilement que la contamination d'origine.

Avantages	Inconvénients
- Peut dissoudre les contaminants et salissures complexes - Élimine l'accumulation de charge électrostatique sur la ferrule	- Peut laisser des résidus sur la ferrule quand trop de solvant a été utilisé et qu'il n'a pas été correctement séché - Le choix de solvant peut compromettre les enjeux liés au rendement et à la HSE

Tableau 5. Avantages et inconvénients de la méthode de nettoyage humide

Le tableau 6 montre les différents outils disponibles pour l'application de la méthode de nettoyage humide :

Nettoyage humide	Application	Visuel
Contenant en forme de stylo	Nettoyage de la terminaison du connecteur	
Chiffons préimprégnés d'IPA	Nettoyage de la terminaison du connecteur	
Solvants de précision	Nettoyage de la terminaison du connecteur de pair avec une procédure de séchage intégrée	

Tableau 6. Outils de nettoyage humide

Le nettoyage hybride

Le nettoyage hybride (également appelé « nettoyage combiné ») combine les méthodes de nettoyage à sec et humide. La première étape d'un nettoyage hybride consiste à nettoyer la terminaison du connecteur à l'aide d'un solvant et à sécher tout résidu restant avec un chiffon ou un tampon, en fonction du type de connecteur à nettoyer.

Comme expliqué plus tôt, le nettoyage à sec est particulièrement efficace contre les contaminants comme les particules légères de poussières ou l'huile corporelle. Pour d'autres contaminants (comme le gel d'index, la contamination liquide, la poudre de gypse, de peluche ou de phosphore ou encore, les résidus d'huile ou les résidus secs), l'utilisation de solvant est parfois nécessaire pour éliminer ou dissoudre le contaminant de la terminaison du connecteur.

Ces contaminants sont le plus souvent localisés dans les applications d'extérieur ou de service, où les terminaisons de connecteur sont exposées à des environnements hostiles et requièrent une technique de nettoyage plus appropriée. Il est couramment conseillé d'opter pour une seule procédure de nettoyage et de la mettre en œuvre dans l'ensemble du système pour l'ensemble des applications. De cette façon, il n'est plus nécessaire d'évaluer les mesures à prendre en fonction des salissures.

En plus de nettoyer la terminaison du connecteur, le nettoyage hybride a l'avantage de prévenir et d'éliminer l'accumulation de charge électrostatique sur la ferrule. À l'origine, le nettoyage hybride a été développé pour pallier les inconvénients respectifs du nettoyage à sec et du nettoyage humide. Ce procédé optimise l'efficacité de la technique de nettoyage en permettant l'élimination complète des contaminants tout en réduisant les risques d'endommagement de la terminaison du connecteur. La combinaison d'applications à sec et humide soulève les contaminants de la terminaison et les collecte pendant que le connecteur est encore sec. En cas d'utilisation d'IPA, il faut veiller à bien doser la quantité de solvant utilisée. De même, il est requis d'utiliser un chiffon sec pour éviter l'évaporation des matières mentionnées dans la section précédente.

Avantages	Inconvénients
- Nettoie tout type de salissure - Réduit les risques d'accumulation de salissures statiques issues du sol - Sèche automatiquement l'humidité et le solvant utilisé dans le procédé de nettoyage - Capte la salissure en essuyant les matériaux (un aspect inhérent à la procédure de nettoyage) - Peu coûteux	Requiert plusieurs produits ainsi que le recyclage des procédures existantes

Tableau 7. Avantages et inconvénients de la méthode de nettoyage hybride

Nettoyer la terminaison du connecteur à l'aide de la technique hybride :

1. Tirez un chiffon du contenant à chiffons spéciaux (SWC).
2. Pulvérisez une petite quantité de solvant spécialisé.
3. Placez la terminaison dans la partie humide du chiffon. Pour un polissage standard de la terminaison (UPC), maintenez la terminaison à 90 °, perpendiculaire à la plaque d'appui du SWC. Inclinez le contenant ou la terminaison jusqu'à localiser le connecteur de polissage coudé ou à angle droit (APC).
4. Dans un mouvement linéaire uniforme, faites passer la terminaison légèrement au-dessus de la plaque d'appui depuis la section humide jusqu'à la zone sèche sans rehausser le connecteur. Exercez une légère pression et n'appliquez pas la procédure de nettoyage sur la même zone. Il est recommandé de répéter cette étape trois fois.
5. À l'aide d'une sonde d'inspection de fibres ou d'un autre appareil d'inspection, inspectez la terminaison du connecteur pour vous assurer qu'il ne subsiste aucun résidu de solvant ou de trace de contamination.

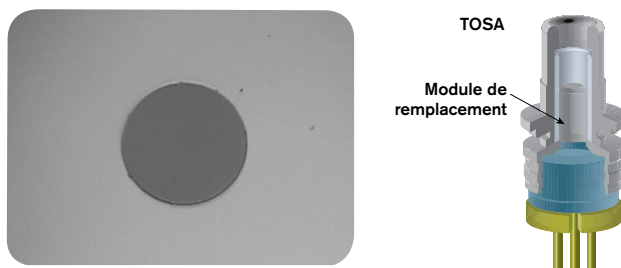


Figure 8. Procédure de nettoyage

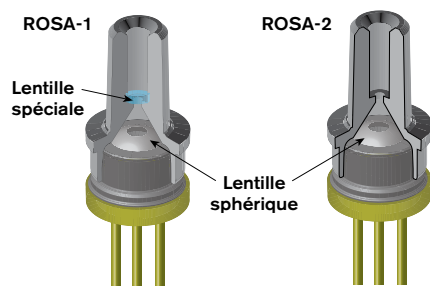
LES DIFFICULTÉS DE NETTOYAGE DES ÉMETTEURS SFP (SFFP), XFP, CFP ET MSA



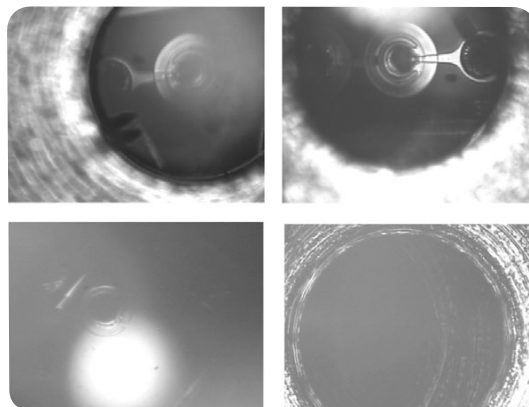
La plupart des émetteurs des modules enfichables à faible encombrement (SFFP) disposent d'un connecteur LC ou SC avec module de remplacement. Ces émetteurs sont assez simples à nettoyer en suivant les procédures standards de nettoyage de connecteur mentionnées dans ce document.



Cependant, il arrive que le récepteur (SFFP) possède une lentille interne ou une chambre d'étanchéité, ce qui complique leur inspection et nettoyage.



Lors de l'inspection de ces types d'émetteurs avec une sonde d'inspection de fibres (FIP), les images affichées sont mal définies en raison de la conception interne des émetteurs.



Voici la procédure de nettoyage à suivre pour le nettoyage de ces types d'émetteurs :

1. Ouvrez le bouchon antipoussière et retirez le bouchon protecteur du module.
2. Utilisez un nettoyeur non abrasif (gaz dépoussiérant) pour éliminer tout débris ou saleté.
3. Insérez un bâtonnet de nettoyage de taille adaptée (2,5 mm ou 1,25 mm) et tournez dans le sens horaire. **Le nettoyage à sec est recommandé. N'utilisez pas de bâtonnet de nettoyage à base d'alcool.**
4. Répétez les étapes 2 et 3 si nécessaire.
5. Retirez le bâtonnet de nettoyage, refermez le bouchon de protection et réinsérez le bouchon antipoussière du module.
Lorsqu'ils ne sont pas utilisés, assurez-vous que le bouchon de protection ou le bouchon antipoussière sont toujours insérés dans le module.
6. Assurez-vous de la propreté du connecteur qui sera branché dans le module avant de l'y connecter afin d'empêcher la contamination croisée.
7. Cette procédure doit être suivie lors de la connexion de la fibre au module, ou de sa déconnexion dudit module.



CONCLUSION

Le monde des télécommunications optiques est en pleine effervescence et il y a de quoi s'en réjouir. L'avènement proche des transmissions à 40 Gbit/s va s'accompagner de nombreux défis. Le nettoyage des connecteurs est une tâche à la fois basique et primordiale. C'est même un des plus grands défis de ce secteur et c'est pourquoi il ne faut pas le négliger. En connaissance de cause, il est important de bien entretenir les connecteurs et de respecter les procédures de nettoyage pour empêcher les pannes de réseau.

ANNEXE

La procédure de nettoyage

La figure 9 ci-dessous illustre la procédure détaillée d'inspection et de nettoyage à suivre rigoureusement avant la connexion de la fibre à un autre composant optique. Cette procédure simple peut limiter les coûts liés au temps d'arrêt occasionné par la panne du réseau.

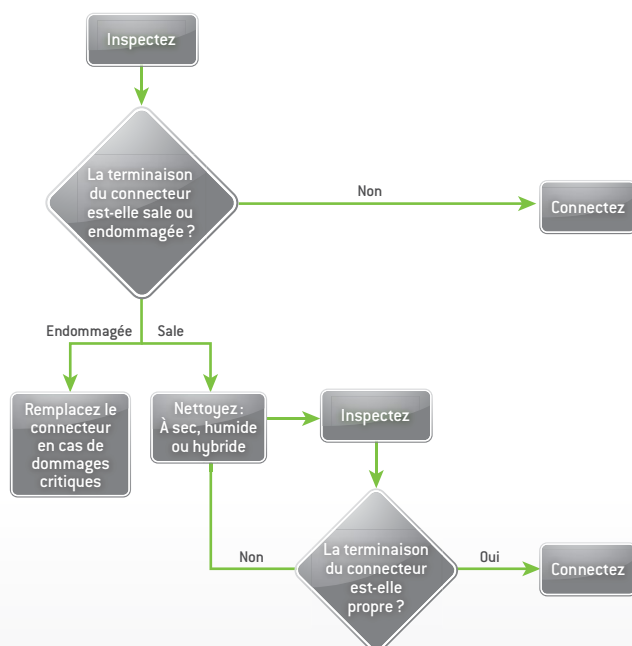


Figure 9. Inspection du connecteur et procédure de nettoyage