



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**L.25**

(10/96)

SÉRIE L: CONSTRUCTION, INSTALLATION ET  
PROTECTION DES CÂBLES ET AUTRES ÉLÉMENTS  
DES INSTALLATIONS EXTÉRIEURES

---

**Maintenance des réseaux en câbles à fibres  
optiques**

Recommandation UIT-T L.25

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

---

**RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE L**  
**CONSTRUCTION, INSTALLATION ET PROTECTION DES CÂBLES ET AUTRES ÉLÉMENTS DES**  
**INSTALLATIONS EXTÉRIEURES**

*Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.*

## AVANT-PROPOS

L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (UIT). Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT (Helsinki, 1<sup>er</sup>-12 mars 1993).

La Recommandation UIT-T L.25, que l'on doit à la Commission d'études 6 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée par la CMNT (Genève, 9-18 octobre 1996).

---

## NOTES

1. Dans la présente Recommandation, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue de télécommunications.
2. Les termes «annexe» et «appendice» aux Recommandations de la série L ont la signification suivante:
  - une *annexe* à une Recommandation fait partie intégrante de la Recommandation;
  - un *appendice* à une Recommandation ne fait pas partie de la Recommandation, il contient seulement quelques explications ou informations complémentaires spécifiques à cette Recommandation.

© UIT 1997

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Appendice I – Expérience acquise au Japon .....	2
Introduction .....	2
I.1    Domaine d'application .....	3
I.2    Conception de la maintenance d'un réseau en câbles à fibres optiques .....	3
I.3    Fonctions requises pour la maintenance d'un réseau en câbles à fibres optiques .....	6
Bibliographie .....	8
Appendice II – Expérience acquise au Royaume-Uni .....	9
II.1    Introduction .....	9
II.2    Maintenance préventive – Surveillance .....	9
II.3    Maintenance préventive – Essais .....	9
II.4    Maintenance préventive – Commandes .....	9
II.5    Maintenance corrective – Surveillance .....	10
II.6    Maintenance corrective – Essais .....	10
II.7    Maintenance corrective – Remède .....	10

## **MAINTENANCE DES RESEAUX EN CABLES A FIBRES OPTIQUES**

*(Genève, 1996)*

### *Considérant*

- qu'un certain nombre d'Administrations et d'opérateurs-exploitants ont installé ou envisagent d'installer des systèmes de maintenance capables de surveiller la qualité d'un réseau à fibres optiques indépendamment de l'équipement de transmission;
- que certains de ces systèmes sont capables de surveiller la qualité du réseau en fibres pendant qu'il est utilisé sans perturber la transmission;
- que chaque système de surveillance peut utiliser des fibres de réserve (inactives) ou peut être multiplexé avec les signaux de transmission pour utiliser des fibres de trafic (actives);
- que le type de maintenance impliquant des travaux tels que les suivants:
  - essais périodiques,
  - contrôle de dégradation des fibres,
  - contrôle des éléments de réseau

*avant* l'apparition d'un dérangement est appelé *maintenance préventive*;

- que le type de maintenance impliquant des travaux tels que les suivants:
  - réception d'une alarme ou d'un compte rendu de défaut,
  - essais,
  - réparation ou relevage d'un câble

*après* l'apparition d'un dérangement est appelé *maintenance corrective*;

- que la maintenance préventive et la maintenance corrective peuvent toutes les deux être décrites comme comportant les trois activités énumérées dans le Tableau 1;
- que la maintenance préventive peut être appliquée à des réseaux en câbles à fibres optiques de transit/à longue distance ou de distribution locale,

*il est recommandé que*

- les fonctions de maintenance soient classifiées comme indiqué dans le Tableau 1:

**Tableau 1/L.25**

<b>Type de maintenance</b>	<b>Activité de maintenance</b>	<b>Fonctions</b>	<b>Statut</b>
<b>Préventive</b>	<b>Surveillance</b> (par exemple essais périodiques)	Détection d'affaiblissement croissant dans une fibre Détection de détérioration de fibre Détection de pénétration d'eau	Facultatif (Note 1) Facultatif (Note 2) Facultatif
	<b>Essais</b> (par exemple essai de dégradation de fibre)	Mesure de localisation de fibre en défaut Mesure de la répartition des contraintes sur les fibres Mesure de la présence d'eau	Facultatif Facultatif (Note 2) Facultatif
	<b>Commande</b> (par exemple commande d'élément de réseau)	Identification de fibre Système de transfert de fibre	Facultatif Facultatif (Note 3)
<b>Corrective</b>	<b>Surveillance</b> (par exemple réception d'une alarme du système de transmission ou d'un rapport de dérangement client)	Interface avec système d'exploitation de chemin optique Interface avec service après-vente	Facultatif Facultatif
	<b>Essais</b> (par exemple essai sur panne de fibre)	Localisation de la panne entre l'équipement de transmission et le réseau en fibres Mesure de localisation de la panne de fibre	Requis Requis
	<b>Remède</b> (par exemple réparation/relevage du câble)	Rétablissement/réparation permanente Identification de fibre Système de transfert de fibre	Requis Requis Requis (Note 4)

NOTE 1 – Dans les réseaux point à point, il est recommandé de procéder à la détection des accroissements d'affaiblissement dans une fibre.

NOTE 2 – Un complément d'étude est nécessaire.

NOTE 3 – Lorsque le système de surveillance est multiplexé avec les signaux de transmission sur des fibres de trafic (actives), la commande synchrone du transfert de fibre peut être offerte à titre d'option.

NOTE 4 – Le transfert de fibre peut être réalisé de différentes façons, comme les suivantes:

- par utilisation d'une épissure de transfert (synchrone sur option) de fibre;
- par commutation de l'équipement de transmission sur des circuits de secours préconnectés, ces circuits pouvant être offerts par une topologie annulaire ou par des fibres en configuration partagée ou doublée.

Il est également recommandé que les éléments passifs d'un réseau optique (tels que les séparateurs de faisceau ou les multiplexeurs par répartition en longueur d'onde) puissent être implantés dans des blocs faciles à remplacer.

## Appendice I

### Expérience acquise au Japon

#### Introduction

De nombreuses Administrations gouvernementales et de nombreux opérateurs-exploitants installent des réseaux à fibres optiques depuis un certain nombre d'années. La plupart des systèmes de transmission utilisés dans ces réseaux surveillent le taux d'erreur sur les bits de transmission conformément aux Recommandations UIT-T. Lorsque le BER devient trop élevé, les systèmes sont inactivés et les réparations nécessaires sont exécutées. L'acquisition du BER est cependant insuffisante actuellement pour déterminer si le problème relève de l'équipement de transmission ou du réseau à fibres optiques. La détermination de la cause de dérangement peut nécessiter une recherche aussi bien dans l'équipement de transmission que dans le réseau à fibres optiques, ce qui peut prendre beaucoup de temps.

Récemment, un certain nombre d'Administrations et d'opérateurs-exploitants ont installé – ou prévoient d'installer – des systèmes de maintenance surveillant la qualité du réseau à fibres optiques indépendamment de l'équipement de transmission. Certains de ces systèmes sont en mesure de surveiller la qualité du réseau optique pendant son utilisation, sans perturber la transmission. Chaque système de surveillance peut utiliser des fibres de réserve (inactives) ou être multiplexé avec les signaux de transmission passant par des fibres de trafic (actives).

Le présent appendice offre des avis sur la conception et sur les fonctions requises pour la maintenance des câbles à fibres optiques.

## I.1 Domaine d'application

Le présent appendice:

- se rapporte à la maintenance des câbles à fibres optiques de transit/longue distance et de distribution locale qui sont utilisés dans les réseaux de télécommunication;
- traite des câbles à fibres optiques se composant (principalement) de fibres monomodes;
- se rapporte à la conception de la maintenance des câbles à fibres optiques;
- se rapporte à la nécessité d'une maintenance préventive;
- fait état des fonctions de maintenance nécessaires pour des activités telles que la surveillance, les essais et la commande;
- traite d'une méthode sans pressurisation de gaz (pour la maintenance, une méthode à gaz pressurisé est proposée dans la Recommandation L.6: *Méthodes de maintien des câbles sous pression gazeuse*; cette méthode est examinée dans la Partie III du Manuel intitulé *Technologies des installations extérieures appliquées aux réseaux publics*).

La topologie passive en double étoile (PDS, *passive double star*), dans laquelle des séparateurs de faisceau sont inclus dans un réseau en câbles à fibres optiques point à multipoint, est à l'étude.

## I.2 Conception de la maintenance d'un réseau en câbles à fibres optiques

### I.2.1 Situation de la maintenance

#### 1) *Éléments d'exploitation: tâches*

L'exploitation se déroule entre clients et éléments du réseau (NE, *network elements*). L'exploitation du câble à fibres optiques comporte deux parties: l'exploitation du service client et l'exploitation de l'élément de réseau (voir la Figure I.1). La première partie se compose de tâches telles que la réception des ordres de service, la réception des demandes de renseignements sur la facturation et la réception des rapports de dérangement. La deuxième partie se compose également de tâches telles que la fourniture, la construction, l'installation, la maintenance et l'administration. Ces tâches sont étroitement liées.

#### 2) *Éléments de maintenance: activités*

La maintenance se compose de trois activités: surveillance, essais et commande des éléments de réseau. Ces activités sont décrites ci-dessous:

- Surveillance – pour contrôler l'état des éléments de réseau. La surveillance a deux fonctions: informer sur la dégradation d'un élément de réseau avant que le dérangement se produise et signaler le fonctionnement anormal de l'élément de réseau lorsque le dérangement se produit;
- Essais – pour mesurer les caractéristiques des éléments de réseau et vérifier si ces caractéristiques correspondent ou non à un niveau requis;
- Commande – pour faire revenir l'élément de réseau à la normale ou pour faire en sorte que la qualité de service soit maintenue.

Généralement, le type de maintenance impliquant des activités telles que: la surveillance de la dégradation des éléments de réseau, les essais et la commande d'élément de réseau avant l'apparition d'un dérangement, est considéré comme étant la maintenance préventive.

Par ailleurs, le type de maintenance impliquant des activités telles que: la réception d'une alarme ou d'un rapport de dérangement, les essais et la commande d'un élément de réseau après l'apparition d'un dérangement, est considéré comme étant la maintenance corrective.

Du point de vue de la maintenance préventive, la maintenance d'un câble à fibres optiques se compose des trois activités suivantes: essais périodiques, contrôle de dégradation de fibre et commande d'élément de réseau.

- Essais périodiques – pour détecter périodiquement d'éventuels accroissements d'affaiblissement optique, détériorations de fibre et pénétrations d'eau.
- Contrôle de dégradation de fibre – pour effectuer des mesures d'accroissement d'affaiblissement optique, de répartition des contraintes sur fibre et de localisation des pénétrations d'eau, après réception des informations acquises lors des essais périodiques.

Commande d'élément de réseau – pour identifier, en mode synchrone si nécessaire, les fibres, les fibres en transfert et les fibres en couplage.

En maintenance préventive, toutes les activités sont effectuées au moyen de fibres en réserve (inactives) ou de fibres en trafic (actives) multiplexées avec les signaux de transmission sans perturber les signaux de transmission.

Par ailleurs, du point de vue de la maintenance corrective, la maintenance des câbles à fibres optiques implique la réception d'une alarme issue du système de transmission ou d'un rapport de dérangement issu d'un client, les essais de localisation de panne de fibre et les opérations de réparation/relevage de câble (c'est-à-dire reroutage du câble).

La maintenance des câbles à fibres optiques peut donc se composer des activités suivantes:

- surveillance;
- essais;
- commande;

comme indiqué dans le Tableau 1.

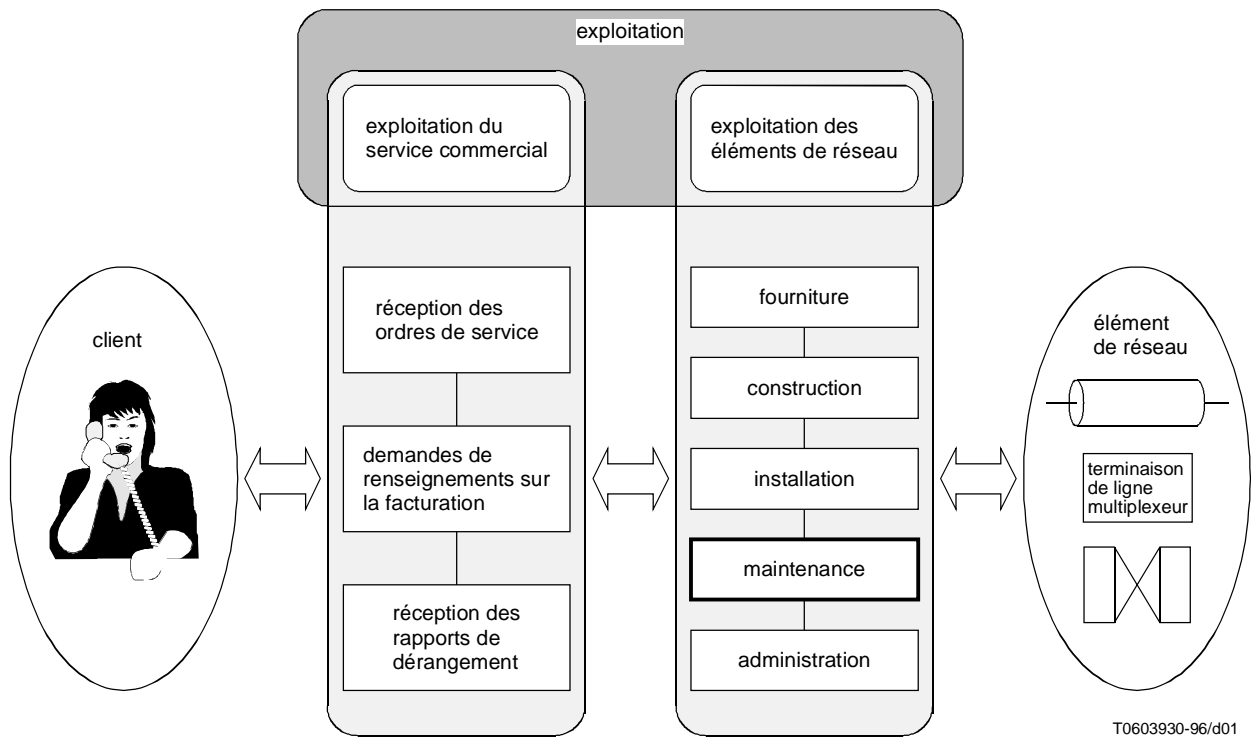


Figure I.1/L.25 – Situation de maintenance

## I.2.2 Pannes de fibres et leurs origines

On peut classer les pannes de fibre en trois catégories: les défaillances de fibre, les accroissements d'affaiblissement optique et les défauts de connexion de fibre.

Les défaillances de fibre peuvent être dues:

- à des contraintes de traction et de courbure dans un câble;
- à des contraintes de courbure et de torsion dans un boîtier d'extrémité de câble;
- à des contraintes latérales sur un conduit de câble écrasé.



L'accroissement d'affaiblissement optique peut être dû:

- à une augmentation de l'affaiblissement par microcourbures en raison d'un effort axial sur une fibre dans un câble;
- à une augmentation de l'affaiblissement par (macro) courbure d'une fibre contenue dans un boîtier d'extrémité de câble;
- à une augmentation de l'affaiblissement par absorption d'hydrogène dans un câble ou dans un boîtier d'extrémité de câble.

Les défauts de connexion de fibre peuvent être dus:

- à une contrainte de traction et à une modification de l'alignement des fibres.

Les fibres optiques d'un câble installé subissent des contraintes résiduelles en traction, torsion et courbure. Les fibres cintrées dans un boîtier subissent des contraintes plus fortes que les fibres cintrées dans un câble (au sujet des contraintes exercées sur les fibres dans un câble installé, voir la Recommandation L.14: *Méthode de mesure pour déterminer les caractéristiques sous contraintes des câbles à fibres optiques soumis à un effort de traction*) et la résistance mécanique des fibres diminue en conséquence et même plus rapidement si, par ailleurs, de l'eau pénètre dans le câble et son boîtier.

La plupart des pannes de fibre ont deux origines principales: les contraintes résiduelles sur les fibres et les affaiblissements dus aux courbures dans le câble et son boîtier. On estime que la pénétration d'eau augmente la probabilité de défaillance de fibre et d'accroissement d'affaiblissement optique.

Il est donc souhaitable de prendre les mesures appropriées lors de la maintenance du câble à fibres optiques avant que des pannes de fibres se produisent pour les deux principales raisons susmentionnées.

### **I.2.3 Maintenance préventive**

La maintenance traditionnelle des câbles à fibres optiques a suivi les principes de la maintenance des câbles métalliques, ce qui à tout le moins n'est ni efficace ni pratique car la connaissance du TEB ne suffit pas à déterminer si le dérangement se produit dans l'équipement de transmission ou dans le réseau à fibres optiques. Par conséquent, un temps considérable s'écoule dans la série de travaux allant de la réception du rapport de dérangement au retour à la normale.

De nombreux pays ont introduit un certain nombre de câbles à fibres optiques dans leurs réseaux d'abonné. Par conséquent, le besoin est apparu d'entretenir ces réseaux de fibres de manière efficace et pratique. Pour atteindre cet objectif, les principes à suivre diffèrent cependant de ceux de la maintenance des câbles métalliques car les pannes de fibre optique peuvent être dues à une contrainte résiduelle sur la fibre, à l'accroissement de l'affaiblissement optique et/ou à la pénétration d'eau (voir 2.2). Si la nature de ces causes peut être détectée par avance, il devient possible de prendre les mesures appropriées et d'éviter les pannes de fibre. En fait, une telle maintenance, qui surveille les dégradations des fibres (ainsi que leur détérioration et l'accroissement de leur affaiblissement) et qui exécute les essais nécessaires en cas de dégradation de fibre ainsi que les commandes de transfert de fibre avant l'apparition d'une panne de fibre, est considérée comme étant préventive.

Par rapport à la maintenance habituelle des câbles, qui est activée une fois qu'un dérangement se produit, la maintenance des câbles à fibres optiques entre en jeu avant l'apparition d'une panne de fibre, de façon à assurer une haute fiabilité du réseau de câbles à fibres optiques et donc à réduire le nombre des plaintes et des rapports de dérangement issus de la clientèle. Elle permet également aux services de maintenance de planifier les travaux et de réduire les frais d'exploitation. Les procédures de maintenance préventive sont indiquées ci-dessous.

- essais périodiques.

En cas de détection d'un dérangement, les procédures se poursuivent comme suit:

- essais de dégradation de fibre;
- commande d'élément de réseau;
- retour au fonctionnement normal.

### **I.2.4 Maintenance corrective**

La maintenance corrective, telle que la réception d'un rapport de dérangement, des essais de localisation de panne, la réparation et le relevage d'un câble, est la partie principale de la maintenance conventionnelle des câbles.

Dans les installations de transit ou à longue distance, lorsque le câble à fibres optiques est endommagé ou qu'une fibre optique est cassée, une mesure est immédiatement prise en réponse à une alarme issue d'un système de transmission ou à une plainte de client. Dans ce cas, la possibilité de maintenance du câble à fibres optiques consiste à rerouter le trafic sur une voie de débordement, à effectuer des essais pour localiser la panne de fibre et à utiliser une trousse à câble de

rétablissement afin d'ouvrir une voie provisoire de part et d'autre de la partie défectueuse du câble. Le câble de rétablissement est préparé d'avance afin d'accélérer la réparation. Les procédures de maintenance corrective dans les installations de transit/longue distance sont les suivantes:

- réception d'une alarme du système de transmission;
- reroutage;
- distinction entre défaut sur fibre et défaut sur équipement de transmission;
- essais de localisation de panne de fibre;
- envoi de personnel;
- réparation du câble;
- vérification de la réparation;
- retour à l'exploitation normale.

Dans une installation de distribution locale, après réception d'un rapport de dérangement issu d'un client et essais sur panne de câble/fibre, la réparation est effectuée au moyen d'une trousse à câble de rétablissement ou d'une fibre de transfert. Les procédures de maintenance corrective dans une installation de distribution locale sont les suivantes:

- réception d'un rapport de dérangement issu d'un client;
- distinction entre défaut sur fibre et défaut sur équipement de transmission;
- essais de localisation de panne de fibre;
- envoi de personnel;
- réparation du câble;
- vérification de la réparation;
- retour à l'exploitation normale.

Le relevage du câble revient en fait à une opération de reroutage du câble en réponse à une réclamation issue d'un responsable de travaux publics ou d'un client. Lorsque le travail de relevage d'un câble doit être effectué dans un système point à point, il est nécessaire de commander un transfert de fibre vers un autre circuit optique. L'avantage de la commande de transfert de fibre est qu'elle permet des transferts partiels dans le câble. Lors d'un relevage de câble, le transfert est effectué aux deux extrémités de chaque voie du câble à fibres optiques, de sorte que la zone de travail pour le transfert de voies est beaucoup plus étendue que pour le transfert de fibres.

Le processus de relevage d'un câble est le suivant:

- préparation d'une fibre nouvellement installée pour recevoir le trafic transféré;
- transfert de la fibre active à une fibre de réserve;
- identification de la fibre à transférer;
- sectionnement de la fibre et épissurage avec la fibre nouvellement installée;
- contrôle de la fibre épissurée;
- transfert de la fibre de réserve sur la fibre épissurée.

### **I.3 Fonctions requises pour la maintenance d'un réseau en câbles à fibres optiques**

#### **I.3.1 Surveillance**

##### **I.3.1.1 Fonctions requises pour la maintenance préventive**

###### *1) Détection de l'accroissement d'affaiblissement d'une fibre*

Dans une installation de transit/longue distance, l'état du réseau en fibres optiques est surveillé périodiquement au moyen de fibre(s) active(s) ou de réserve. Le contrôle est effectué au moyen d'une source lumineuse et d'un mesureur de puissance optique afin de détecter automatiquement l'accroissement d'affaiblissement d'une fibre dû à des microcourbures, à des macrocourbures ou à l'absorption d'hydrogène. Dans le cas de fibre(s) active(s), le signal de transmission est associé à un signal de surveillance sur une fibre monomode (SM, *single-mode*) utilisant des composants de multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM, *wavelength division multiplexing*). La longueur d'onde du signal de surveillance est différente de celle du signal de transmission afin d'éviter l'interruption de la transmission.

Dans une installation de distribution locale, l'état du réseau en fibres optiques est surveillé périodiquement au moyen de fibre(s) active(s) ou de fibre(s) de réserve. Un réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR, *optical time domain time reflectometer*) et une analyse des formes d'onde de réflexion sont utilisés pour détecter automatiquement les accroissements d'affaiblissement optique. L'analyse des formes d'onde de réflexion permet au centre de maintenance de comparer le tracé de surveillance au tracé de référence (par exemple le tracé de l'installation initiale). Dans le cas de fibre(s) active(s), la longueur d'onde du réflectomètre OTDR est différente de la longueur d'onde du signal de transmission afin d'éviter toute interruption du service.

#### 2) *Détection de la détérioration de fibre*

Comme décrit en I.2.2, les fibres optiques d'un câble installé sont soumises à des contraintes résiduelles de traction, de torsion et de courbure. La détérioration des fibres se traduit par une diminution de leur résistance mécanique à de telles contraintes. Des fonctions sont donc requises pour détecter le niveau de détérioration des fibres.

#### 3) *Détection de la pénétration d'eau*

Lorsqu'une gaine et/ou un boîtier de câble sont endommagés, de l'eau peut y pénétrer. Cette eau peut donner naissance à de l'hydrogène, ce qui peut conduire à un accroissement de l'affaiblissement dû à l'hydrogène. Pour empêcher la pénétration d'eau dans le câble proprement dit, on peut utiliser diverses configurations d'assemblage de câble. Celui-ci peut être rempli de gelée ou contenir des matériaux hydrofuges (WB, *water-blocking*). Dans le premier cas, la gelée bloque l'eau qui pénètre dans la gaine par une coupure ou par une perforation; la gelée minimise aussi la gravité des pannes pouvant être causées par la pénétration d'eau. Dans ce dernier cas, un ruban hydrofuge est utilisé pour empêcher la pénétration d'eau. Si celle-ci pénètre dans la gaine par une coupure ou une perforation, le matériau hydrofuge gonfle et empêche l'eau de continuer à pénétrer.

Un capteur d'eau installé dans un boîtier sans remplissage peut détecter la pénétration d'eau. Si celle-ci pénètre à l'intérieur du boîtier, le matériau hydrophile contenu dans le capteur se dilate et l'élément cintreur de fibre contenu dans le capteur d'eau provoque une courbure de la fibre de réserve et un accroissement de l'affaiblissement par macrocourbure de la fibre. Cet accroissement est détectable lorsque la fibre est contrôlée.

Une autre procédure consiste à utiliser une structure de câble sans remplissage et une pressurisation gazeuse du câble et de son boîtier. Les méthodes de maintenance décrites dans la Partie III du Manuel intitulé *Technologies des installations extérieures appliquées aux réseaux publics* seront utilisées pour protéger ces câbles.

### **I.3.1.2 Fonctions requises pour la maintenance corrective**

Le taux d'erreur sur les bits est contrôlé dans les systèmes de transmission à distance moyenne (transit) ou longue. Si le TEB dépasse le niveau de consigne d'une alarme, celle-ci envoie un signal vers le centre de maintenance des câbles à fibres optiques, par l'interface se trouvant sur le système d'exploitation (transmission) des voies. Dans un système de distribution locale, ce sont principalement des rapports de dérangement issus de clients qui sont envoyés au centre de maintenance des câbles à fibres optiques.

### **I.3.2 Essais**

#### **I.3.2.1 Fonctions requises pour la maintenance préventive**

##### 1) *Mesure de l'emplacement d'une panne de fibre*

L'outil classique pour les essais de localisation d'une panne optique est le réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR). Celui-ci possède une résolution suffisante pour mesurer la rétrodiffusion sur toute fibre, même très longue. Un point de défaut dû à un accroissement de l'affaiblissement optique est facile à localiser au moyen d'une onde lumineuse d'essai sur fibre active, émise par un appareil distant du centre de maintenance des câbles à fibres optiques.

##### 2) *Mesure de la répartition des contraintes sur la fibre*

La contrainte axiale sur une fibre provoque une modification de l'excursion de fréquence de Brillouin dans la fibre; des calculs de fonctions sont nécessaires pour mesurer cette modification. Les répartitions des contraintes sur fibre, particulièrement les répartitions des contraintes de traction, peuvent être mesurées dans les fibres par analyse de Brillouin dans le domaine temporel des fibres optiques (B-OTDA, *Brillouin optical fibre time domain analysis*). Voir la contribution COM VI-45 (juillet 1991): *The new measuring method of fibre strain* (La nouvelle méthode de mesure des contraintes sur fibre). On étudie actuellement des méthodes de mesure de répartition d'autres contraintes, telles que les courbures et la torsion.

### 3) *Mesure du point de pénétration d'eau*

Comme décrit au I.3.1.1 3), le matériau hydrophile contenu dans le capteur se dilate et provoque un affaiblissement dans la fibre de réserve en raison d'une macrocourbure. Si le capteur d'eau est identifié au préalable, le point de pénétration d'eau peut être mesuré au moment où l'affaiblissement optique est contrôlé.

### **I.3.2 Fonctions requises pour la maintenance corrective**

#### 1) *Distinction entre défaut sur fibre et défaut sur équipement de transmission*

Lorsqu'un dérangement se produit dans le système, une mesure est prise en réponse à une plainte de client ou à une alarme issue d'un système de transmission. Le système de surveillance est chargé de déterminer si le dérangement se produit dans l'équipement de transmission ou dans la fibre optique. Comme la fonction de surveillance de la qualité du réseau optique est indépendante de l'équipement de transmission, il est possible de faire cette distinction.

#### 2) *Mesure de l'emplacement d'une panne de fibre*

L'outil classique pour les essais de localisation d'une panne optique est le réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR). On localise l'emplacement de la panne au moyen d'une onde de signal de transmission et/ou d'une onde lumineuse d'essai sur la fibre défectueuse. Le réflectomètre OTDR est mis en œuvre indépendamment, avec son propre logiciel. Certains réflectomètres OTDR sont maintenant de taille assez réduite pour tenir dans la paume de la main.

### **I.3.3 Commandes**

La commande de câble est effectuée lorsque des fibres défectueuses sont détectées, que des câbles sont endommagés et que des fibres sont brisées, ou lorsqu'il faut effectuer un reroutage ou un remplacement de câble.

En maintenance préventive dans une installation à distance moyenne (transit) ou longue, des fonctions sont requises pour repérer les fibres destinataires du transfert, pour épissurer des fibres et pour effectuer un transfert synchrone entre fibres de réserve et fibres épissurées, d'un point de raccordement de câble à un autre. Dans une installation de distribution locale, le transfert de fibre par couplage dans le centre de maintenance du câble à fibres optiques est à l'étude.

En maintenance corrective, les fonctions de réparation du câble, d'identification des fibres et de transfert de fibre par couplage sur place sont requises aussi bien pour l'installation à distance moyenne (transit) ou longue que pour l'installation de distribution locale.

Il existe deux types de relevage de câble: l'un consiste à utiliser la commutation automatique sur équipements de transmission et fibres de secours entre les deux extrémités du conduit ou entre deux points de raccordement de câble, surtout dans les installations à distance moyenne ou longue; l'autre type consiste à adopter le transfert de fibre par couplage automatique dans l'installation de distribution locale.

Au sujet du rétablissement d'un câble, prière de consulter la Manuel intitulé «Construction, installation, raccordement et protection des câbles à fibres optiques», chapitre VI: Protection-Rétablissement (édition de 1994).

### **Bibliographie**

- [1] MATSUSHITA (M.), HONMA (K.): Total Network Operation System Architecture (Architecture générale d'un système d'exploitation de réseau). Review of the Electrical Communication Laboratories, *NTT*, Japon, Vol. 36, N° 2, 1988.
- [2] LEWIS (N.), KEEBLE (P.), FERGUSON (D.): Testing Strategies for Modern fibre Network Architectures (Stratégies expérimentales pour architectures modernes de réseau en fibres), Colloque sur les mesures sur fibres optiques, *Laboratoires BT*, septembre 1992.
- [3] CHIKTE (S.D.), HERSHAVARDHANA (P.), HOOD (R.C.): An Overview of Surveillance-Based Maintenance of the Transmission Network (Vue d'ensemble de la maintenance préventive du réseau de transmission), *Bell Communication Research*, CH2298-9186/0000-1295 IEEE, 1986.
- [4] SANKAWA (I.), KOYAMADA (Y.) et autres: Optical Fibre Line Surveillance System for Preventive Maintenance Based on Fibre Strain and Loss Monitoring (Système de surveillance de lignes en fibres optiques pour maintenance préventive fondée sur le contrôle des contraintes et des affaiblissements dans les fibres), *IEICE Transaction on Communications*, Vol. E76B, N° 4, avril 1993.

## Appendice II

### Expérience acquise au Royaume-Uni

#### II.1 Introduction

La maintenance d'un système en fibres optiques sera conditionnée par la topologie du réseau et par la construction des câbles à fibres optiques. Si le réseau est bien équipé en fibres, avec un circuit optique pour chaque client, l'introduction de la maintenance préventive peut être avantageuse. On a toutefois adopté au Royaume-Uni un réseau faiblement équipé en fibres, avec partage des circuits en fibres optiques entre clients au moyen de répartiteurs passifs. La stabilité de transmission optique des fibres est assurée par les moyens suivants:

- utilisation de revêtements stables pour les fibres exposées à l'humidité;
- utilisation d'assemblages lâches des fibres afin de les isoler des déformations locales de la gaine;
- prévention de la pénétration d'eau dans les câbles au moyen de matières de remplissage des câbles;
- définition de la conception du câble et des règles d'installation de manière que les fibres ne subissent pas de contraintes d'une importance telle que leur durée de vie prédite diminue par rapport à des essais spécifiés de la fibre;
- pose d'un seul câble à fibres optiques par système de minifourreaux;
- exposition de la fibre à l'agent de maintenance en cas de nécessité seulement.

Pour les raisons qui précèdent, les pratiques de maintenance préventive ne sont pas courantes dans les réseaux du Royaume-Uni. Les observations ci-après sont proposées sur la base d'un examen de la méthode employée.

#### II.2 Maintenance préventive – Surveillance

**II.2.1** *L'accroissement d'affaiblissement optique* n'est pas essentiel pour les applications d'accès où la dynamique de l'équipement récepteur est classée en fonction de la longueur du chemin optique.

**II.2.2** *La détérioration de fibre* se produit soudainement (si elle se produit) selon l'expérience acquise au Royaume-Uni avec des systèmes de câble et des installations modernes. Le gestionnaire d'élément de système (SEM, *system element manager*) identifie le segment de réseau qui contient le défaut.

**II.2.3** *La détection de la pénétration d'eau* n'est pas nécessaire sur les tronçons de câble qui sont équipés d'un ruban hydrofuge en feuillard d'aluminium enroulé longitudinalement avec recouvrement des spires ainsi que d'éléments hydrofuges interstitiels de câble. Pour les boîtiers contenant des éléments passifs de réseau optique, des mesures en laboratoire montrent que certains séparateurs de faisceau peuvent supporter la pénétration d'eau. Si le risque est considéré comme excessif, un système de télédétection peut être employé.

#### II.3 Maintenance préventive – Essais

**II.3.1** *La mesure de l'emplacement des pannes de fibre* (sans incidence sur le service) n'est pas toujours requise (voir II.2.2). Elle peut être nuisible car elle peut induire des pannes (interruptions de voie active).

**II.3.2** *La mesure de la répartition des contraintes de fibre* peut nécessiter l'utilisation d'un appareillage d'essai sophistiqué et, actuellement, expérimental (mise en œuvre de la dispersion des fréquences de Brillouin). Des lasers de classe 3B seront requis et le travail en cours de trafic sera empêché. Pour éviter d'avoir à utiliser cet appareillage, les solutions sont d'installer correctement dans le câble des fibres en tubes souples, d'utiliser des fourreaux secondaires et d'effectuer une gestion positive des fibres dans les boîtiers (voir Recommandation L.17).

**II.3.3** *Mesure des points de pénétration d'eau.* Le gestionnaire des éléments du système (SEM) détectera les pannes avec incidence sur le service dans les rares cas où un câble est physiquement endommagé de sorte que l'eau puisse y pénétrer. La pénétration d'eau dans un câble est peu susceptible de se produire sans affecter le service et donc sans être détectée.

#### II.4 Maintenance préventive – Commandes

**II.4.1** *Identification des fibres.* Dans certains systèmes, le gestionnaire SEM ou la commande d'élément de réseau (NEC, *network element control*) ne conserve pas les informations d'identification des fibres mais tient un journal distinct de couche physique.

**II.4.2** *Système de transfert de fibre.* Le cas de la commutation d'une fibre de service satisfaisante sera très rare au Royaume-Uni, surtout parce que l'opération de commutation peut provoquer des erreurs.

## **II.5 Maintenance corrective – Surveillance**

**II.5.1** *Interface avec le système d'exploitation de chemin optique.* Cette interface n'est pas requise lorsque le gestionnaire SEM enregistre une alarme de transmission et indique le(s) segment(s) client perdu(s). L'installation de fibre affectée peut être identifiée au moyen des journaux autonomes de couche physique.

## **II.6 Maintenance corrective – Essais**

**II.6.1** *Distinction entre défaut d'équipement de transmission et défaut de réseau en fibres.* Cette distinction est surtout applicable aux réseaux optiques passifs (PON, *passive optical networks*). La terminaison de ligne optique (OLT, *optical line terminal*) établit la distinction entre pannes de réseau et pannes d'équipement de transmission.

**II.6.2** *Mesure de l'emplacement d'une panne de fibre.* Lors de pannes de réseau en fibres, l'élément passif du réseau optique (remplaçable sur place) est identifié par le gestionnaire SEM et l'emplacement précis de la panne peut être déterminé par un équipement d'essai local (réflectomètre OTDR, pince ou mesureur de puissance optique).

## **II.7 Maintenance corrective – Remède**

**II.7.1** *Rétablissement/réparation permanente.* Il peut être nécessaire de reconfigurer le réseau afin de rétablir le service avant l'exécution des réparations physiques.

**II.7.2** *Identification des fibres.* Dans certains systèmes, le gestionnaire SEM ou la commande d'élément de réseau (NEC) ne conserve pas les informations d'identification des fibres mais tient un journal distinct de couche physique.

**II.7.3** *Système de transfert de fibre* (voir Note 4 du Tableau 1).

## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

- Série A Organisation du travail de l'UIT-T
- Série B Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
- Série C Statistiques générales des télécommunications
- Série D Principes généraux de tarification
- Série E Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
- Série F Services de télécommunication non téléphoniques
- Série G Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
- Série H Systèmes audiovisuels et multimédias
- Série I Réseau numérique à intégration de services
- Série J Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
- Série K Protection contre les perturbations
- Série L Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures**
- Série M Maintenance: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
- Série N Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
- Série O Spécifications des appareils de mesure
- Série P Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
- Série Q Commutation et signalisation
- Série R Transmission télégraphique
- Série S Equipements terminaux de télégraphie
- Série T Terminaux des services télématiques
- Série U Commutation télégraphique
- Série V Communications de données sur le réseau téléphonique
- Série X Réseaux pour données et communication entre systèmes ouverts
- Série Z Langages de programmation