



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**L.40**

(10/2000)

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

---

**Systeme de surveillance, de test et d'aide à la  
maintenance des installations extérieures à  
fibres optiques**

Recommandation UIT-T L.40

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

---

## **Recommandation UIT-T L.40**

### **Système de surveillance, de test et d'aide à la maintenance des installations extérieures à fibres optiques**

#### **Résumé**

La maintenance revêt une grande importance pour la mise en place et la fiabilisation des installations extérieures à fibres optiques. Pour faire face à l'augmentation du trafic, on installe des câbles à fibres optiques à haute capacité. Ainsi, on utilise maintenant couramment des câbles comportant plus de 100 fibres, de sorte qu'un même câble est utilisé par de nombreux systèmes de transmission. Il faut des niveaux minimaux de maintenance et de test pour offrir une fiabilité élevée et grande rapidité de réaction.

Après l'installation du câble, certaines fonctions (surveillance et contrôle de la fibre, etc.) doivent être exécutées sans perturber la transmission des signaux de données. En surveillant les fibres éteintes (c'est-à-dire, celles qui n'acheminent pas de trafic), on obtient une indication sur l'état des fibres en service car toute dégradation ou rupture dans un câble affecte toutes les fibres de la même façon. Toutefois, une fiabilité plus grande est obtenue en contrôlant les fibres acheminant du trafic. L'identification des fibres revêt également une grande importance pour le contrôle des réseaux à fibres car parfois il faut choisir entre plusieurs fibres d'un câble, même si celui-ci comporte de nombreuses fibres en service.

#### **Source**

La Recommandation L.40 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 6 de l'UIT-T (1997-2000), a été approuvée par l'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (Montréal, 27 septembre – 6 octobre 2000).

La présente Recommandation inclut les Appendices I à V approuvés le 9 mars 2001.

## AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'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.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude 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 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

## NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2001

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

		<b>Page</b>
1	Domaine d'application .....	1
2	Prescriptions de base.....	1
2.1	Fonctions.....	1
2.2	Interface .....	2
3	Principe de test et de maintenance .....	2
3.1	Méthodes.....	2
3.2	Longueur d'onde .....	3
4	Architecture fondamentale.....	4
4.1	Architecture générale du système .....	4
4.2	Module de test optique (OTM).....	6
Appendice I – Expérience des Etats-Unis en matière de télésurveillance et de télétest des systèmes à fibres optiques.....		7
I.1	Introduction.....	7
I.2	Architectures de télétest et de télésurveillance des fibres.....	7
I.2.1	Systèmes élémentaires de télétest à fibre éteinte (RFTS).....	7
I.2.2	Systèmes de télétest de fibre avec monitoring et test de fibre active.....	8
I.2.3	Gestionnaire du système RFTS .....	9
I.2.4	Alarmes.....	10
I.3	Conclusions.....	11
I.4	Références.....	11
Appendice II – Système de test et d'aide à la maintenance des installations extérieures à fibres optiques.....		12
II.1	Résumé.....	12
II.1.1	Prescriptions de base .....	12
II.1.2	Principe de test et de maintenance.....	13
II.1.3	Architecture fondamentale .....	14
II.2	Description détaillée du système .....	16
II.2.1	Objectifs.....	16
II.2.2	Fonctions du système.....	16
II.2.3	Configuration du système.....	16
II.2.4	Description générale du système de commande.....	17
II.2.5	Principes de test et de mesure.....	18
II.3	Conditions obligatoires .....	20
II.3.1	Topologies de réseau .....	20
II.3.2	Capacités.....	20
II.3.3	Longueur d'onde de test.....	21

	<b>Page</b>
II.3.4 Gestion des données système .....	21
II.3.5 Interface .....	21
Appendice III – Système d'aide à la maintenance et de test des installations extérieures .....	22
III.1 Introduction .....	22
III.2 Scénario .....	22
III.3 Avantages du monitoring continu de l'affaiblissement .....	23
III.4 Principes de base du système de supervision de câble optique .....	25
III.5 Cahier des charges du système de supervision de câble optique .....	26
III.6 Conclusions .....	29
Appendice IV – Système d'assistance à l'exploitation et à la maintenance des câbles à fibres optiques – Résultats obtenus en Indonésie .....	30
IV.1 Introduction .....	30
IV.2 Exigences de base .....	30
IV.3 Configuration de base du système .....	31
IV.4 Fonctions des unités principales .....	32
IV.5 Configuration matérielle du système .....	32
IV.6 Spécification générale du système d'assistance à l'exploitation et à la maintenance des câbles à fibres optiques .....	33
IV.6.1 But de l'essai .....	33
IV.6.2 Capacités .....	34
IV.6.3 Longueur d'onde d'essai .....	34
IV.6.4 Restrictions de la distance d'essai .....	34
IV.6.5 Gestion des données du système .....	34
IV.6.6 Mesure de la perte de couplage et de la réflexion .....	34
IV.6.7 Conditions de transmission .....	35
IV.6.8 Conditions d'utilisation du système .....	35
IV.7 Logiciel d'application .....	35
Appendice V – Système de surveillance de fibres optiques (OFMS) – Résultats obtenus en Espagne .....	36
V.1 Introduction .....	36
V.2 Généralités .....	37
V.3 Système de surveillance de fibres optiques (OFMS) – Description générale .....	37
V.4 Performances du système .....	37
V.5 Système .....	38
V.6 Intégration du système dans la surveillance centralisée .....	39

## Recommandation UIT-T L.40

### Système de surveillance, de test et d'aide à la maintenance des installations extérieures à fibres optiques

#### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation traite des systèmes de surveillance, de test et d'aide à la maintenance des installations extérieures à fibres optiques dans le cas de réseaux de jonctions et de réseaux d'accès à fibres optiques. Elle décrit les prescriptions de base, les principes et l'architecture en vue d'élaborer un guide de conception des systèmes.

#### 2 Prescriptions de base

##### 2.1 Fonctions

Les fonctions du système sont représentées dans le Tableau 1.

**Tableau 1/L.40 – Fonctions et nature de ces fonctions**

Catégorie	Activité	Fonctions	Nature
Maintenance préventive	Surveillance (exemple: test périodique, test continu)	<ul style="list-style-type: none"><li>Détection d'une augmentation de l'affaiblissement sur la fibre</li><li>Détection d'une augmentation de l'affaiblissement de la puissance du signal</li><li>Détection d'une infiltration d'eau</li></ul>	Facultative Facultative Facultative
	Test (exemple: test de dégradation de fil)	<ul style="list-style-type: none"><li>Localisation du défaut sur la fibre</li><li>Mesure de la répartition des contraintes mécaniques sur la fibre</li><li>Localisation de l'infiltration d'eau</li></ul>	Facultative Facultative Facultative
	Contrôle (exemple: contrôle d'un élément de réseau)	<ul style="list-style-type: none"><li>Identification des fibres</li><li>Transfert de fibre</li></ul>	Facultative Facultative
Après installation avant la mise en service ou maintenance après défaut	Surveillance (exemple: réception d'une alarme de système de transmission ou signalement d'une anomalie par le client)	<ul style="list-style-type: none"><li>Interface avec le système d'exploitation trajet</li><li>Interface avec le système d'exploitation du service client</li></ul>	Facultative Facultative
	Test (exemple: test après installation, test d'anomalie de fibre)	<ul style="list-style-type: none"><li>Confirmation d'état de la fibre</li><li>Distinction de panne entre l'équipement de transmission et le réseau en fibres</li><li>Localisation du défaut sur la fibre</li></ul>	Obligatoire Obligatoire Obligatoire
	Contrôle (exemple: installation/réparation/remplacement de câble)	<ul style="list-style-type: none"><li>Identification des fibres</li><li>Transfert de fibre</li><li>Interface avec la base de données sur les installations extérieures</li><li>Interface avec le système de cartographie</li></ul>	Obligatoire Facultative Obligatoire Facultative

## 2.2 Interface

Le système peut être géré par un opérateur ou par d'autres systèmes. Le système doit pouvoir être télécommandé. Des terminaux d'exploitation dotés d'interfaces homme/machine (HMI, *human-machine interface*) doivent donc être inclus dans le système.

Le système doit pouvoir recueillir des données concernant les fibres placées en extérieur à partir de la base de données "installations extérieures" et doit disposer d'une interface avec le système gestion des trajets et service client.

L'interface peut être mise en œuvre de diverses manières par exemple:

- 1) interface en ligne normalisée;
- 2) interface en ligne spécifique;
- 3) support mémoire externe disque magnétique, disque optique ou disquette.

## 3 Principe de test et de maintenance

### 3.1 Méthodes

Ces fonctions peuvent être mises en œuvre de différentes manières. On utilise couramment les tests OTDR (réflectométrie optique temporelle), les tests d'affaiblissement, les mesures partielles de puissance du signal (contrôle de puissance) et la détection de lumière d'identification. Le Tableau 2 montre les méthodes les plus utilisées.

**Tableau 2/L.40 – Méthodes de test applicables**

Catégorie	Activité	Fonctions	Méthodes
Maintenance préventive	Surveillance	<ul style="list-style-type: none"><li>• Détection d'augmentation d'affaiblissement dans la fibre</li><li>• Détection d'une augmentation de l'affaiblissement de la puissance du signal</li><li>• Détection d'une infiltration d'eau</li></ul>	OTDR/test d'affaiblissement Mesure de puissance OTDR/test d'affaiblissement
	Test	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mesure à l'emplacement du défaut sur la fibre</li><li>• Mesure de la répartition des contraintes mécaniques sur la fibre</li><li>• Localisation de l'infiltration d'eau</li></ul>	Test OTDR Test B-OTDR Test OTDR
	Contrôle	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identification de la fibre</li><li>• Transfert de fibre</li></ul>	Détection de la lumière d'identification <sup>a)</sup> Commutation <sup>b)</sup>

**Tableau 2/L.40 – Méthodes de test applicables (fin)**

Catégorie	Activité	Fonctions	Méthodes
Après installation avant mise en service ou maintenance après défaut	Surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interface avec le système d'exploitation des trajets</li> <li>Interface avec le centre d'exploitation du service client</li> </ul>	En ligne/support extérieur En ligne/support extérieur
	Test	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmation de l'état de la fibre</li> <li>Dérangement dans l'équipement de transmission ou sur le réseau à fibres optiques</li> <li>Localisation du défaut sur la fibre</li> </ul>	Test OTDR/affaiblissement Test OTDR/affaiblissement Test OTDR
	Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identification de la fibre</li> <li>Transfert de fibre</li> <li>Interface avec la base de données sur les installations extérieures</li> <li>Interface avec le système de cartographie</li> </ul>	Détection d'identificateur de lumière Commutation <sup>b)</sup> En ligne/support extérieur En ligne/support extérieur
a) La lumière ID signifie lumière d'identification (exemple: lumière modulée à 270 Hz, 1 kHz ou 2 kHz). b) La commutation inclut la commutation mécanique ou manuelle sur une autre fibre.			

### 3.2 Longueur d'onde

Il est important de choisir la bonne longueur d'onde. En particulier, les fonctions de maintenance ne doivent pas perturber l'acheminement des signaux de transmission de données. Le Tableau 3 montre les longueurs d'ondes qui conviennent à certaines fonctions.

**Tableau 3/L.40 – Choix de la longueur d'onde**

Catégorie	Activité	Fonctions	Longueur d'onde
Maintenance préventive	Surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Détection d'augmentation d'affaiblissement dans la fibre</li> <li>Détection d'augmentation de l'affaiblissement de puissance du signal</li> <li>Détection de la pénétration d'eau</li> </ul>	Longueur d'onde de maintenance <sup>a)</sup> Longueur d'onde du signal Longueur d'onde indifférente pour des fibres n'acheminant pas de signaux
	Test	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localisation du défaut sur la fibre</li> <li>Mesure de la répartition des contraintes mécaniques sur la fibre</li> <li>Localisation de l'infiltration</li> </ul>	Longueur d'onde indifférente pour des fibres n'acheminant pas de signaux Longueur d'onde indifférente pour des fibres n'acheminant pas de signaux Longueur d'onde indifférente pour des fibres n'acheminant pas de signaux
	Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identification de la fibre</li> <li>Transfert de fibre</li> </ul>	Longueur d'onde de maintenance <sup>a)</sup> Néant



**Tableau 3/L.40 – Choix de la longueur d'onde (fin)**

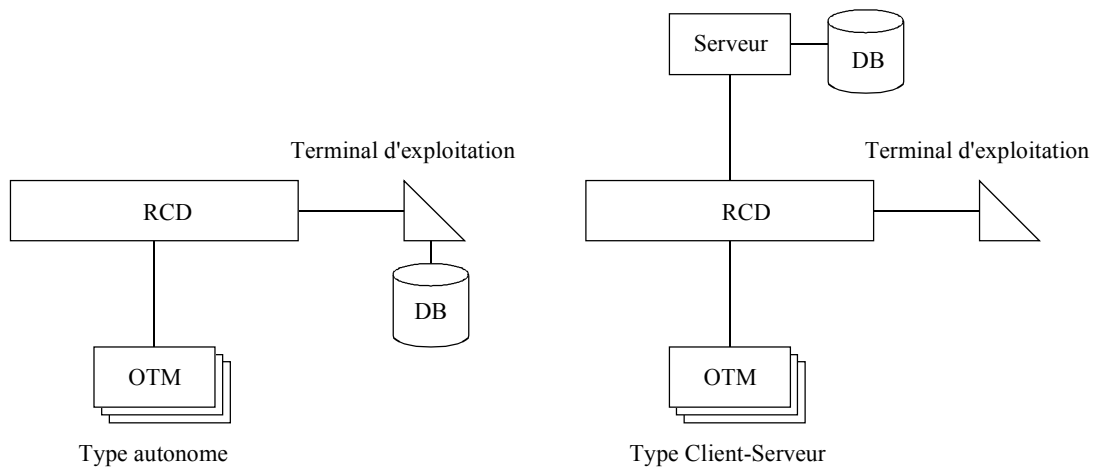
Catégorie	Activité	Fonctions	Longueur d'onde
Après installation avant mise en service ou maintenance après défaut	Surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interface avec le système d'exploitation des trajets</li> <li>• Interface avec le système d'exploitation du service client</li> </ul>	Néant Néant
	Test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmation de l'état de la fibre</li> <li>• Débrangement dans l'équipement de transmission ou sur le réseau fibre optique</li> <li>• Localisation du défaut sur la fibre</li> </ul>	Longueur d'onde quelconque Longueur d'onde quelconque  Longueur d'onde quelconque
	Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification de la fibre</li> <li>• Transfert de fibre</li> <li>• Interface avec la base de données sur les installations extérieures</li> <li>• Interface avec le système de cartographie</li> </ul>	Longueur d'onde quelconque Néant Néant  Néant
<p>a) Se reporter à UIT-T L.41 sur la longueur d'onde recommandée pour la maintenance des fibres acheminant des signaux.</p>			

## 4 Architecture fondamentale

### 4.1 Architecture générale du système

Les systèmes (voir Figure 1) doivent comporter au moins un terminal d'exploitation et un module pour test optique (OTM, *optical testing module*). Le système minimal se compose uniquement de ces deux éléments. Ce type de système est pratique pour l'installation initiale. Un serveur peut améliorer la qualité de fonctionnement en gérant les installations extérieures, les résultats de test et les interfaces avec les autres systèmes. Le serveur peut également commander des modules OTM.

Il existe plusieurs types possibles de réseaux de communication de données (RCD), à savoir le réseau téléphonique traditionnel, le RNIS et les réseaux X.25, etc.. L'analyse de trafic revêt une grande importance dans le cas d'un système économique à haute performance.



DB base de données (*database*)

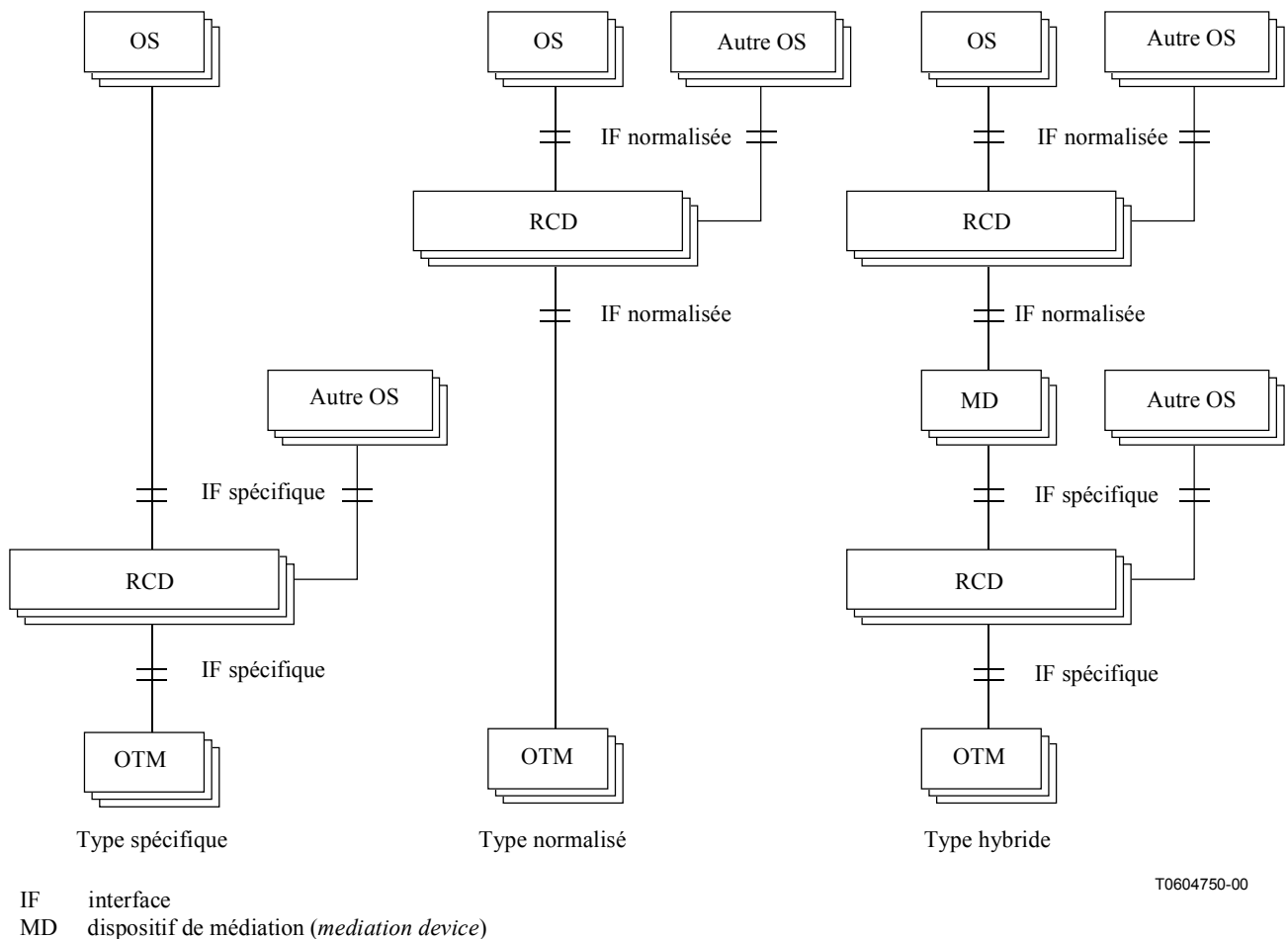
T0604740-00

**Figure 1/L.40 – Architecture des systèmes**

La Figure 2 représente ces interfaces entre systèmes. Il existe plusieurs types d'interface entre un système d'exploitation (OS, *operating system*), qui fonctionne sur un terminal d'exploitation ou un serveur, et un module OTM. Une interface spécifique est pratique pour les systèmes fermés. Les interfaces normalisées sont utiles pour les systèmes ouverts. Il est également possible d'utiliser un type d'interface hybride.

Le système doit disposer d'interfaces avec les autres systèmes. Cette interface peut être réalisée de différentes manières, par exemple:

- 1) interface en ligne normalisée;
- 2) interface en ligne spécifique;
- 3) support de stockage externe tel un disque magnétique ou optique ou une disquette.



**Figure 2/L.40 – Interfaces avec les systèmes**

## 4.2 Module de test optique (OTM)

Le module de test optique (OTM, *optical testing module*) se compose d'un contrôleur, d'une unité de test optique (OTU, *optical testing unit*), de sélecteurs de fibres (FS, *fibre selector*), de coupleurs optiques, de fibres, de détecteurs d'humidité et d'unités de trajet.

- 1) Le contrôleur gère l'unité OTU, communique avec le serveur ou le terminal d'exploitation, analyse les résultats des tests et exécute d'autres fonctions.
- 2) L'unité OTU est utilisée pour le test réel. Elle se compose d'un réflecteur optique temporel (OTDR, *optical time domain reflection*) et d'autres appareils, sources lumineuses, puissance-mètres et d'un contrôleur pour gérer ces dispositifs.
- 3) Les sélecteurs de fibres (FS) sont installés dans un châssis de terminaison de fibres ou dans un châssis OTU. Ils permettent de choisir la fibre à tester sur instruction de l'unité OTU.
- 4) Le coupleur optique est installé dans le châssis de terminaison des fibres. Il permet d'injecter et de détecter la lumière de test dans la fibre optique ou de détecter une partie du signal aux fins de surveillance.
- 5) Le filtre permet de protéger l'équipement de transmission contre la lumière de test.
- 6) Un détecteur d'humidité est installé au niveau des raccords des câbles à fibres optiques pour détecter toute infiltration d'eau.
- 7) Une dérivation est utilisée pour contourner un dispositif de transmission.

## APPENDICE I

### Expérience des Etats-Unis en matière de télésurveillance et de télétest des systèmes à fibres optiques

#### I.1 Introduction

Sur la base de l'expérience que nous avons acquise avec des clients aux Etats-Unis, beaucoup de grands fournisseurs de réseaux qui assurent essentiellement des services de téléphonie locale n'utilisent pas les systèmes de télétest de fibres optiques (RFTS, *remote fibre test systems*). Ces fournisseurs utilisent des alarmes d'équipement de système de transmission, une topologie en anneau et la commutation de protection. Lorsqu'une alarme se déclenche, le trafic est commuté sur une autre fibre et, après avoir effectué des analyses de maintenance spécifiques on utilise un réflectomètre OTDR pour localiser le point où il y a eu rupture dans le câble. Ces opérateurs disposent de données chronologiques et de données repères concernant la localisation des défauts. Les fournisseurs de réseaux qui sont principalement des fournisseurs à longue distance utilisent un certain degré des systèmes de télétest de fibre.

La gamme des systèmes RFTS va des systèmes élémentaires à fibre éteinte permettant d'identifier et de localiser approximativement les ruptures de fibre, jusqu'aux systèmes plus élaborés permettant la surveillance des systèmes en fonctionnement, la détection des dégradations dans le réseau avant qu'une panne ne se produise et la localisation précise des défauts sur les fibres. Les systèmes RFTS peuvent être gérés localement, régionalement ou par le centre de maintenance centralisé d'un fournisseur de réseaux. Dans le cas d'un système à fibre éteinte, l'objet principal est de réduire le délai de localisation des défauts et ainsi de réduire la durée des interruptions de circuit. Les systèmes élaborés sont intégrés dans le système de surveillance du fonctionnement du réseau qui assure la surveillance des équipements de transmission et de commutation ainsi que des systèmes RFTS. Ces systèmes peuvent également détecter les dégradations affectant le réseau en fibre et déclencher des alarmes sonores avant que celui-ci ne soit hors service.

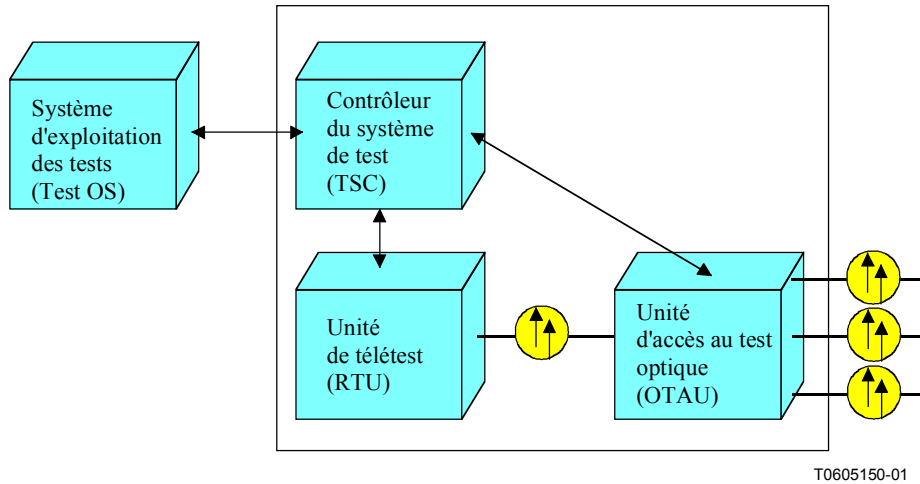
#### I.2 Architectures de télétest et de télésurveillance des fibres

##### I.2.1 Systèmes élémentaires de télétest à fibre éteinte (RFTS)

La structure d'un système élémentaire de télétest à fibre éteinte (RFTS), représentée à la Figure I.1, se compose de trois éléments: une unité d'accès aux tests optiques (OTAU, *optical test access unit*), qui est essentiellement un commutateur optique télécommandé dont la capacité dépend du nombre de fibres sous test, elle est en général de 72 fibres mais on utilise parfois des commutateurs plus importants; une unité de télétest (RTU, *remote test unit*) reliée au commutateur, qui est un réflectomètre OTDR télécommandé qui délivre le signal de test et effectue les mesures OTDR; et enfin le contrôleur du système de test (TSC, *test system controller*) qui choisit la fibre à tester et commande l'unité RTU. Aux Etats-Unis, cette architecture est l'architecture type des systèmes de surveillance à fibre éteinte utilisée actuellement. Le système d'exploitation des tests peut être intégré dans le système opérationnel de surveillance au moyen d'un logiciel spécifique.

Dans un système autonome, le contrôleur TSC contient une base de données pour les fibres sous test qui inclut les données de localisation par OTDR antérieures et des données géographiques associées des artères de fibre. Dans ces systèmes seules les fibres éteintes sont testées. Le système RFTS permet de détecter les défauts à partir d'un processus dans lequel le contrôleur TSC agit de manière cyclique sur toutes les fibres qui lui sont reliées. Un contrôleur TSC peut contrôler plusieurs unités RTU. De ce fait, il est possible qu'un contrôleur TSC ne détecte pas de rupture de câble pendant un certain temps si le nombre de fibres qui lui est connecté est très important et si les fibres du câble ont été testées très peu avant l'apparition de la rupture. Le contrôleur TSC peut être connecté à un système d'exploitation des tests (Test OS), qui se trouve dans un centre de maintenance où d'autres alarmes réseau aboutissent. Les opérateurs analysent dans ce centre les

alarmes provenant du TSC et d'autres sources, telles les alarmes de transmission et déterminent la cause originelle du problème et obtiennent du contrôleur TSC des informations de localisation par OTDR avant de déployer les équipes de réparation. Si l'on reçoit d'abord une alarme de transmission, le Test OS peut interrompre le test cyclique et commander au contrôleur de scruter la fibre qui présente un défaut de transmission.



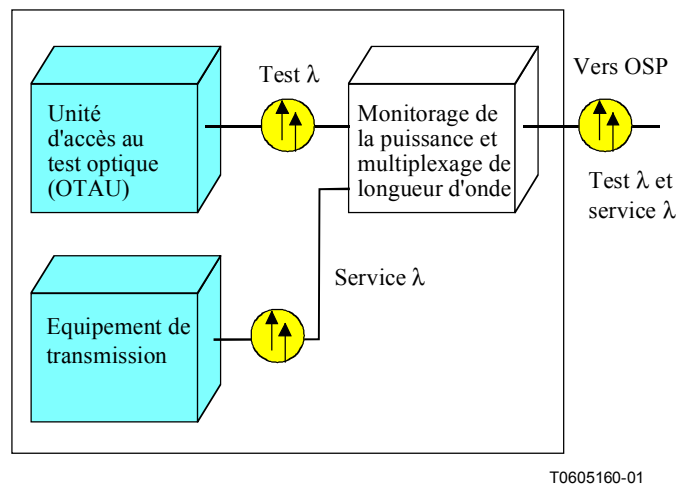
**Figure I.1/L.40 – Système élémentaire de télétest de fibre optique à fibre éteinte (RFTS)**

Un grand nombre de systèmes utilisés actuellement sont particuliers au fournisseur et ne sont pas compatibles entre eux du point de vue des systèmes ou des composantes. Un cahier des charges pour les nouveaux systèmes RFTS qui résoudrait ce problème a été élaboré aux Etats-Unis [1], [2] et [3].

Le monitoring des fibres éteintes seul ne permet pas la détection des défauts qui peuvent apparaître dans les fibres actives. Par exemple, si de l'eau a pénétré dans le câble et qu'il y a eu gel, l'affaiblissement dans certaines fibres actives peut fortement augmenter sans que les fibres éteintes monitorées ne soient affectées. Ce problème peut être résolu par la surveillance d'un nombre plus grand de fibres, incluant les fibres actives. Bien sûr, le nombre de fibres monitorées augmenterait le coût, ce qui fixe une limite pratique sur le nombre de fibres monitorées. En général, seules une ou deux fibres sont monitorées dans un câble.

### **I.2.2 Systèmes de télétest de fibre avec monitoring et test de fibre active**

Le signal émis ou reçu peut être monitoré en permanence et un signal de test OTDR, situé en dehors de la bande de transmission, peut être injecté dans la fibre OSP sans gêner la transmission en insérant un dispositif de multiplexage WDM entre l'équipement de transmission et la fibre OSP. La Figure I.2 illustre cette architecture et est représentative des systèmes actuellement utilisés [4]. La complexité du système dépend de la fonction gestionnaire du système RFTS qui est examinée au I.2.3.



T0605160-01

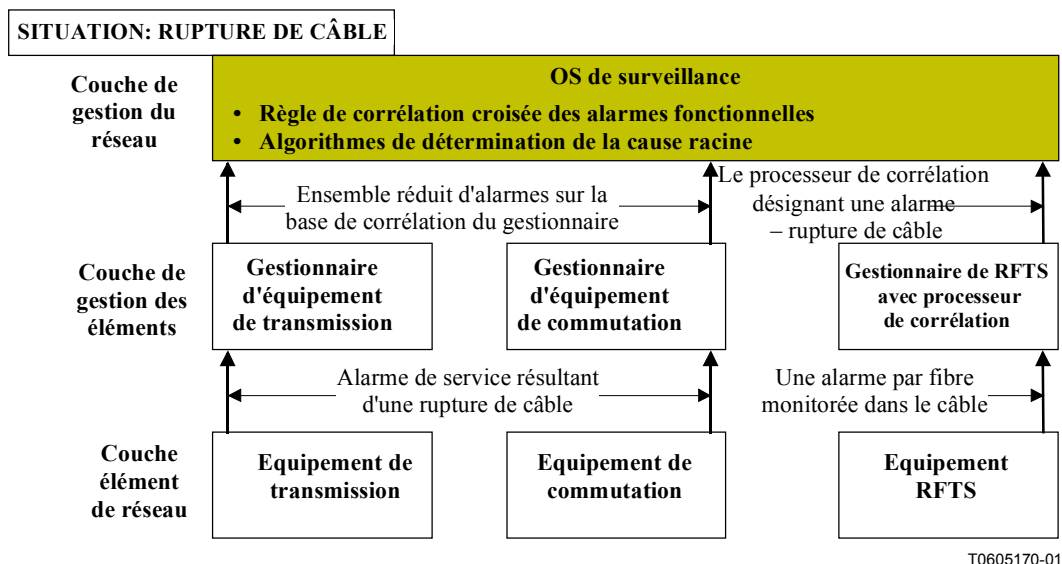
**Figure I.2/L.40 – Monitoring de la puissance et multiplexage par répartition de longueur d'onde d'un signal de test OTDR avec les signaux de transmission de fibre en service**

Cette architecture présente un certain nombre d'avantages:

- 1) l'unité RTU est utilisée uniquement pour localiser les défauts qui sont détectés par une perte de la puissance de signal;
- 2) la détection de la perte de signal sera essentiellement instantanée, grâce à la détection de la perte de puissance, le circuit de monitoring peut signaler au contrôleur TSC de commander aux unités RTU et OATU de faire un test et de localiser le défaut;
- 3) les fibres actives ou les fibres éteintes peuvent être monitorées en groupes;
- 4) le monitoring de la puissance ainsi que les données de test systématiques OTDR peuvent être utilisés pour la maintenance proactive. Elle peut permettre la détection de la dégradation de la qualité de transmission et l'observation de la qualité de la fibre pendant une longue durée afin de prévoir les pannes.

### I.2.3 Gestionnaire du système RFTS

Le gestionnaire du système RFTS, en général un ordinateur personnel associé à un logiciel spécial d'application pour les fibres (FAS,  *fibre application software*), communique avec le système d'exploitation de surveillance (SOS,  *surveillance operations system*), mais peut être également accessible localement ou directement sur le site. Le gestionnaire RFTS commande l'équipement RFTS et stocke les données relatives aux fibres surveillées dans son système, telles les coordonnées et autres données géographiques, les traces OTDR, les données statistiques, la politique en matière d'alarme et les données de monitoring et de test. Lorsqu'une alarme est reçue, le gestionnaire demande à l'équipement RFTS (TSC, RTU et OATU) de faire un test. Il traite les données de test et transmet au système SOS les coordonnées du défaut par rapport à des données référentielles pour les équipes de réparation. Pendant une rupture de câble, le système reçoit une information d'alarme de l'équipement de transmission, de l'équipement de commutation de protection (au cas où la commutation de protection est utilisée) et du gestionnaire RFTS. Au moyen d'algorithmes de corrélation au niveau du gestionnaire RFTS et du système SOS, plusieurs alarmes peuvent être triées et une seule alarme prédomine. Dans le cas d'une rupture de câble, il appartient à l'alarme RFTS avec l'information de localisation du défaut nécessaire de dépêcher l'équipe de réparation. La Figure I.3 illustre ce processus.



**Figure I.3/L.40 – Hiérarchie de maintenance en télécommunication avec accent mis sur la corrélation des alarmes**

## I.2.4 Alarmes

Pour les systèmes plus élaborés, le logiciel FAS offre un ensemble très large de fonctions d'alarme permettant de signaler au personnel de maintenance les problèmes affectant les fibres. Les alarmes relatives aux fibres sont pré-réglées pour détecter des modifications de caractéristique de la fibre sur le trajet associé à un test ou une surveillance comparative par groupes de la puissance. Le système fournit également des informations d'alarme associées avec un équipement ou d'autres conditions de défaut liées aux conditions ambiantes. Il est possible d'accéder à toutes les informations d'alarme via les listes d'alarmes gérées par le gestionnaire du RFTS. Une fonction pageur à distance peut également être programmée pour signaler au personnel un problème affectant les fibres ou les équipements.

### I.2.4.1 Niveaux d'alarme

En général, on distingue deux niveaux de criticité d'alarme:

**Alarme majeure** – Une alarme majeure est déclenchée lorsqu'il y a panne de transmission. Elle peut être produite lorsque le système de monitoring de la puissance détecte une baisse de puissance en dessous d'un seuil préétabli ou via un test de groupe. Le test de groupe génère une alarme majeure lorsqu'il y a une dégradation d'affaiblissement de plus de 3 dB (ou d'une autre valeur fixée par l'utilisateur). On suppose qu'il s'agit d'une rupture de fibre ou d'un problème présentant une criticité analogue. Les alarmes majeures nécessitent une réaction de la part du personnel de maintenance et dans la plupart des cas une intervention sur le site telle une réparation du câble.

**Alarme mineure** – Une alarme mineure peut être déclenchée lorsque dans un test OTDR de groupe on constate sur le trajet de fibre une violation du seuil d'affaiblissement, du coefficient d'affaiblissement, de la réflectance ou que l'on détecte qu'un nouvel événement a été détecté. Un événement mineur est également signalé lorsque par monitoring de puissance on détecte un signal en dessous ou au-dessus de la plage dynamique ou lorsque la puissance du laser n'est pas stable. Les alarmes mineures doivent être observées afin de déterminer si la condition va empirer, mais elles ne nécessitent pas une étude sur site immédiate.

### I.2.4.2 Alarmes OTDR

Ces alarmes sont déclenchées pendant un test OTDR lorsque le niveau seuil d'alarme est franchi. Il existe des alarmes de franchissement de seuil de panne pour: l'affaiblissement de bout en bout, un affaiblissement ponctuel, une réflexion ponctuelle, un phénomène nouveau, un passage ponctuel de l'état de non-réflexion à l'état de réflexion, et une modification dans le coefficient d'affaiblissement de la fibre. Les valeurs seuil types d'alarme de défaut déterminées à partir de l'expérience acquise, sont indiquées au Tableau I.1.

**Tableau I.1/L.40 – Valeurs seuil types d'alarme de défaut**

Affaiblissement de bout en bout	Modification de 3,0 dB
Affaiblissement ponctuel	Modification de 0,5 dB
Réflexion ponctuelle	5 dB
Nouveau phénomène	1,0 dB
Coefficient d'affaiblissement	0,5 dB/km
Passage de l'état de non-réflexion à l'état de réflexion	>1,0 dB

### I.2.4.3 Alarmes relatives à la puissance

Les alarmes relatives à la puissance sont déclenchées chaque fois que le niveau de puissance ou la variation du niveau de puissance franchit un seuil d'alarme. Le seuil de défaut mineur du niveau de puissance est 1,0 dB et le seuil de défaut majeur 3,0 dB.

## I.3 Conclusions

Aux Etats-Unis, les fournisseurs de réseau utilisent ou n'utilisent pas des systèmes RFTS pour monitorer les fibres éteintes ou à la fois les fibres éteintes et les fibres actives. Les fournisseurs qui n'utilisent pas de système RFTS font appel à des alarmes d'équipement de transmission, à la commutation de protection, à une topologie en anneau ou à des traces OTDR avec des référentiels pour localiser les défauts. L'acheminement par voie détournée utilisant la commutation de protection ou la topologie en anneau permet de disposer d'un temps suffisant pour la localisation des défauts et le rétablissement des conditions normales. Ceux qui utilisent le monitoring de puissance et le balayage par OTDR hors bande considèrent que le rétablissement plus rapide, des informations statistiques et prévisionnelles qu'ils permettent d'obtenir justifient les coûts d'exploitation supplémentaires pour les systèmes RFTS.

## I.4 Références

- [1] *Generic Requirements for Remote Fibre Testing Systems (RFTSs)*, Telecordia, BR-GR 1295-Core Issue 02 2000-02-07.
- [2] *OTGR Section 6.6 TSC/RTS and OTAU Generic Requirements for Remote Optical Fibre Testing*, Telecordia, BR-GR 1309-Issue 01 1995/06.
- [3] *Generic Requirements for Fibre Optic Branching Components*, Telecordia, BR-GR 1209-CORE Issue 02 1998/02/01.
- [4] *A Next Generation Fibre Test and Surveillance System*, Lucent Technologies, ITU, COM 6-60-E, Période d'études 1997-2000.



## APPENDICE II

### Système de test et d'aide à la maintenance des installations extérieures à fibres optiques

#### II.1 Résumé

La présente Recommandation définit les prescriptions de base, les principes et l'architecture à utiliser pour l'élaboration d'un guide de conception des systèmes. Cet appendice présente un système japonais dérivé de la présente Recommandation.

##### II.1.1 Prescriptions de base

###### II.1.1.1 Fonctions

Le système japonais dispose des fonctions indiquées dans le Tableau II.1.

**Tableau II.1/L.40 – Fonctions et nature de ces fonctions**

Catégorie	Activité	Fonctions	Nature
Maintenance préventive	Surveillance (exemple: test périodique, test continu)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détection d'une augmentation de l'affaiblissement sur la fibre</li> <li>• Détection d'une augmentation de l'affaiblissement de la puissance du signal</li> <li>• Détection d'une infiltration d'eau</li> </ul>	X  X  X
	Test (exemple: test de dégradation de fibre)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localisation du défaut sur la fibre</li> <li>• Mesure de la répartition des contraintes mécaniques sur la fibre</li> <li>• Localisation de l'infiltration d'eau</li> </ul>	X Facultatif  X
	Contrôle (exemple: contrôle d'un élément de réseau)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des fibres</li> <li>• Transfert de fibre</li> </ul>	X Facultatif
Après installation avant la mise en service ou maintenance après défaut	Surveillance (exemple: réception d'une alarme de système de transmission ou signalement d'une anomalie par le client)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interface avec le système d'exploitation trajet</li> <li>• Interface avec le système d'exploitation du service client</li> </ul>	Facultatif  Facultatif
	Test (exemple: test après installation, test d'anomalie de fibre)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmation d'état de la fibre</li> <li>• Distinction de panne entre l'équipement de transmission et le réseau en fibres</li> <li>• Localisation du défaut sur la fibre</li> </ul>	X  X  X
	Contrôle (exemple: installation/réparation/remplacement de câble)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des fibres</li> <li>• Transfert de fibre</li> <li>• Interface avec la base de données sur les installations extérieures</li> <li>• Interface avec le système de cartographie</li> </ul>	X Facultatif  X  Néant

### II.1.1.2 Interface

Le système japonais peut être télégéré par un opérateur ou par d'autres systèmes. Des terminaux d'exploitation dotés d'interfaces homme/machine sont inclus dans le système.

Le système japonais doit recueillir des données concernant les fibres placées en extérieur à partir de la base de données "installations extérieures" et doit disposer d'une interface avec le système de gestion des trajets et service client.

Il dispose d'une interface en ligne spécifique. Un support de mémoire externe tel un disque magnétique, un disque optique ou disquette doivent pouvoir être également ajoutés.

### II.1.2 Principe de test et de maintenance

#### II.1.2.1 Méthode

Voir Tableau II.2.

**Tableau II.2/L.40 – Méthodes de test applicables**

Catégorie	Activité	Fonctions	Méthodes
Maintenance préventive	Surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Détection d'augmentation d'affaiblissement dans la fibre</li> <li>Détection d'une augmentation de l'affaiblissement de la puissance du signal</li> <li>Détection d'une infiltration d'eau</li> </ul>	Test OTDR  Mesure de puissance  Test OTDR
	Test	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure à l'emplacement du défaut sur la fibre</li> <li>Mesure de la répartition des contraintes mécaniques sur la fibre</li> <li>Localisation de l'infiltration d'eau</li> </ul>	Test OTDR  Test B-OTDR  Test OTDR
	Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identification de la fibre</li> <li>Transfert de fibre</li> </ul>	Détection de la lumière d'identification <sup>a)</sup>  Commutation mécanique
Après installation avant mise en service ou maintenance après défaut	Surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interface avec le système d'exploitation des trajets</li> <li>Interface avec le centre d'exploitation du service client</li> </ul>	En ligne/support extérieur  En ligne/support extérieur
	Test	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmation de l'état de la fibre</li> <li>Dérangement dans l'équipement de transmission ou sur le réseau à fibres optiques</li> <li>Localisation du défaut sur la fibre</li> </ul>	Test OTDR/affaiblissement  Test OTDR/affaiblissement  Test OTDR
	Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identification de la fibre</li> <li>Transfert de fibre</li> <li>Interface avec la base de données sur les installations extérieures</li> <li>Interface avec le système de cartographie</li> </ul>	Détection d'identification de lumière  Commutation mécanique  En ligne  Néant
<sup>a)</sup> Lumière ID désigne la lumière d'identification (exemple: une lumière modulée à 270 Hz).			

### II.1.2.2 Longueur d'onde

Voir Tableau II.3.

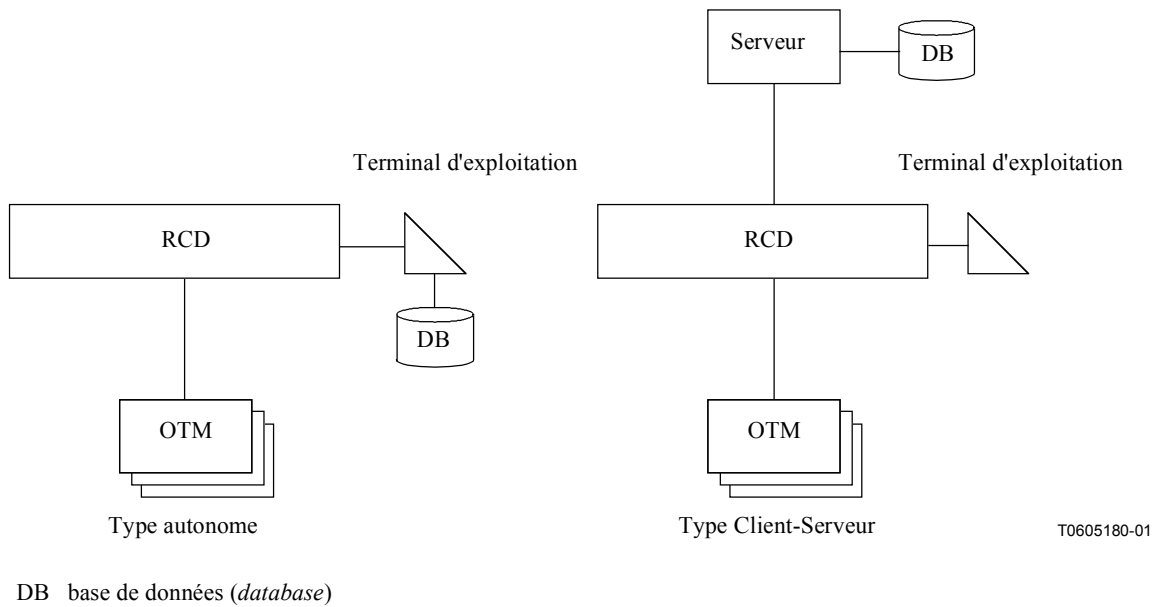
**Tableau II.3/L.40 – Choix de la longueur d'onde**

Catégorie	Activité	Fonctions	Longueur d'onde
Maintenance préventive	Surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Détection d'augmentation d'affaiblissement dans la fibre</li> <li>Détection d'augmentation de l'affaiblissement de puissance du signal</li> <li>Détection de la pénétration d'eau</li> </ul>	1310/1550/1650 1310/1550 1550/1650
	Test	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localisation du défaut sur la fibre</li> <li>Mesure de la répartition des contraintes mécaniques sur la fibre</li> <li>Localisation de l'infiltration</li> </ul>	1310/1550/1650 1550/1650
	Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identification de la fibre</li> <li>Transfert de fibre</li> </ul>	1550/1650 Néant
Après installation avant mise en service ou maintenance après défaut	Surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interface avec le système d'exploitation des trajets</li> <li>Interface avec le système d'exploitation du service client</li> </ul>	Néant Néant
	Test	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmation de l'état de la fibre</li> <li>Dérangement dans l'équipement de transmission ou sur le réseau fibre optique</li> <li>Localisation du défaut sur la fibre</li> </ul>	1310/1550/1650 1310/1550/1650 1310/1550/1650
	Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identification de la fibre</li> <li>Transfert de fibre</li> <li>Interface avec la base de données sur les installations extérieures</li> <li>Interface avec le système de cartographie</li> </ul>	1310/1550/1650 Néant
			Néant Néant
NOTE – Se reporter à UIT-T L.41 sur la longueur d'onde recommandée pour la maintenance des fibres acheminant des signaux.			

### II.1.3 Architecture fondamentale

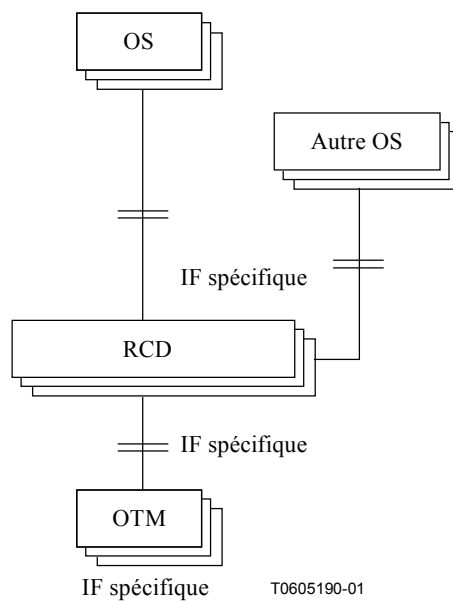
#### II.1.3.1 Architecture générale du système

L'architecture générale du système japonais est représentée à la Figure II.1.



**Figure II.1/L.40 – Architecture des systèmes**

La Figure II.2 représente les interfaces du système japonais. Le système dispose d'interfaces en ligne spécifiques avec d'autres systèmes. Il doit être également possible d'utiliser un support de stockage externe à disque magnétique, optique ou à disquette.



**Figure II.2/L.40 – Interfaces avec le système**

### II.1.3.2 Module de test optique (OTM)

Le module de test optique (OTM, *optical testing module*) du modèle japonais sera totalement conforme à la présente Recommandation.

## II.2 Description détaillée du système

### II.2.1 Objectifs

Le système automatique de télétest de fibre (RFTS) doit être efficace du point de vue de la fabrication, de la maintenance et de l'exploitation des câbles à fibres optiques. Le système prend en charge différentes tâches intervenant dans la fabrication des câbles à fibres optiques et dans leur installation chez l'abonné avant leur mise en service, et également les tâches périodiques de localisation des défauts et de commutation sur d'autres fibres sans interruption du service.

### II.2.2 Fonctions du système

Les fonctions du système sont les suivantes:

- 1) télétest OTDR, test d'affaiblissement sur une section, identification des fibres pendant la fabrication ou leur installation du câble chez l'abonné;
- 2) télélocalisation des défauts et leur réparation;
- 3) tests OTDR périodiques pour détecter les défauts sur les fibres;
- 4) mesures de l'affaiblissement (test OTDR) avant et après la commutation de fibres.

### II.2.3 Configuration du système

Le système se compose des éléments suivants:

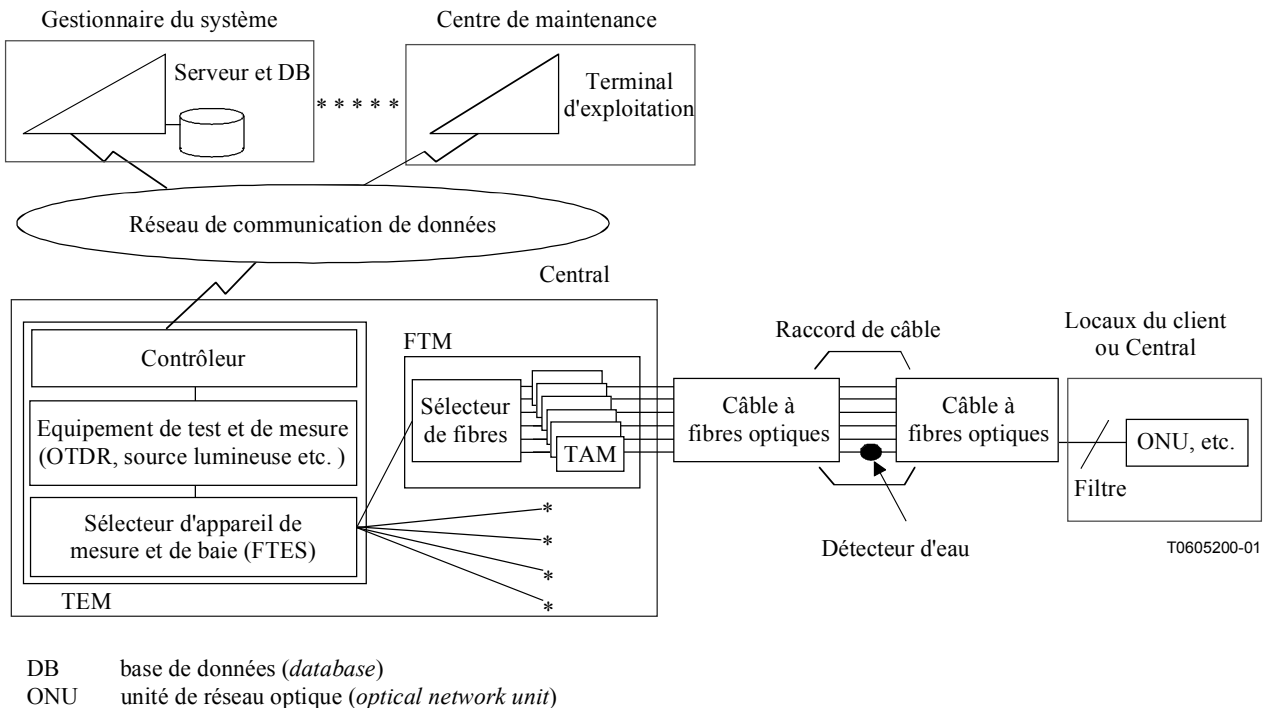
- 1) un serveur et une base de données se trouvant dans les locaux administratifs chargés de la gestion du système;
- 2) terminal d'exploitation installé dans le centre des opérations de maintenance chargé de la télésurveillance des opérations de tests;
- 3) un module d'équipement de test [appelé (TEM, *test equipment module*) dans le présent appendice] est utilisé pour les tests réels. Il comporte des appareils de mesure, y compris un réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR), une source de lumière et un contrôleur;
- 4) un sous-répartiteur de terminaison de fibres [appelé (FTM, *fibre termination frame*) dans le présent appendice] où aboutit le câble à fibres optiques dans le central;
- 5) un sélecteur de fibres installé dans la baie FTM. Sa fonction est de sélectionner les fibres à tester sur instruction du module TEM;
- 6) un module d'accès de test [appelé (TAM, *test access module*) dans le présent appendice] intégré dans le FTM. Il s'agit d'un coupleur optique dont la fonction est d'injecter une lumière de test dans la fibre optique;
- 7) un filtre installé chez le client afin de protéger les équipements de transmission du client des effets de la lumière de test et pour localiser les ruptures près de chez l'abonné par détection des modifications de la réflexion à partir du filtre;
- 8) un détecteur d'humidité installé dans les raccords de câble afin de détecter la présence d'eau.

Le terminal d'exploitation est connecté au module TEM dans le central via le serveur et les réseaux de communication de données. Sous la direction du terminal d'exploitation, le module TEM gère le sélecteur de fibres afin de pouvoir sélectionner n'importe quelle fibre optique pour effectuer les différents types de tests. La lumière de test provenant du module TEM est injectée dans le câble à fibres optiques par le module TAM, ce qui rend possible la réalisation de divers tests.

Un détecteur d'eau est installé dans les raccords du câble à fibres optiques afin de pouvoir détecter la présence d'eau dans ces raccords en effectuant un test OTDR.

Le filtre est placé immédiatement devant l'émetteur chez le client afin d'arrêter la lumière de test et empêcher tout effet de cette lumière sur les lignes de communication, ce qui rend possibles les tests en service.

La configuration générale du système est donnée à la Figure II.3.

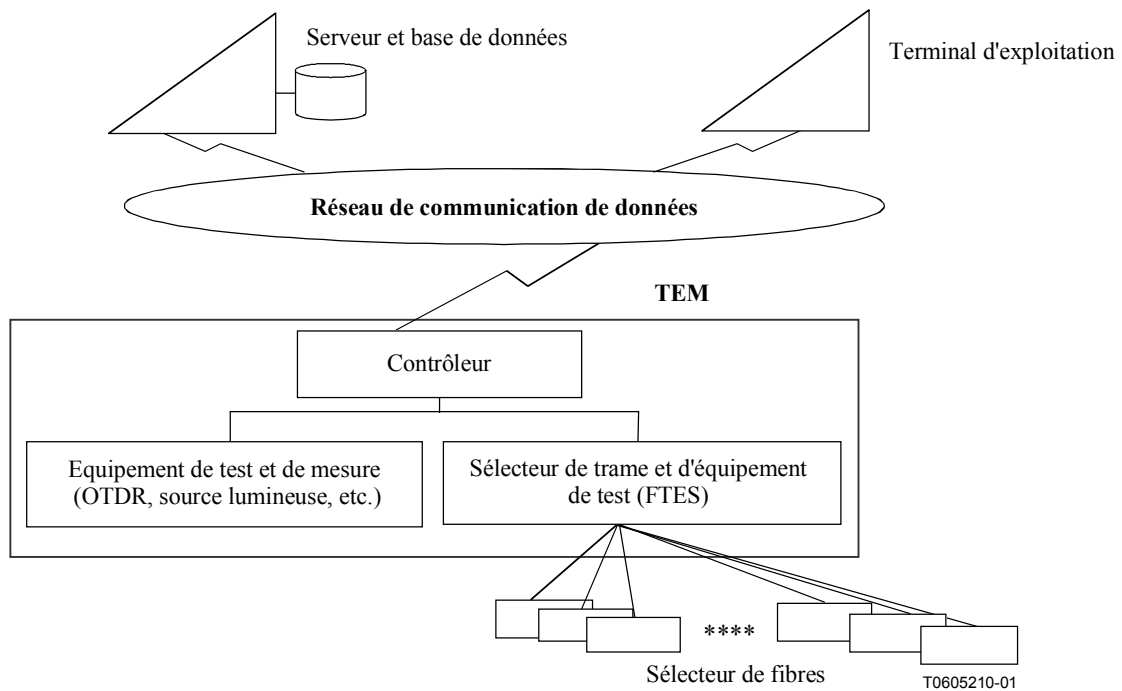


**Figure II.3/L.40 – Configuration générale du système**

## II.2.4 Description générale du système de commande

Le terminal d'exploitation et le module TEM peuvent communiquer via le réseau de communication de données. Un terminal d'exploitation peut gérer plusieurs modules TEM. Un module TEM peut à son tour gérer plusieurs sélecteurs de fibres.

La Figure II.4 contient une description générale du système de commande.



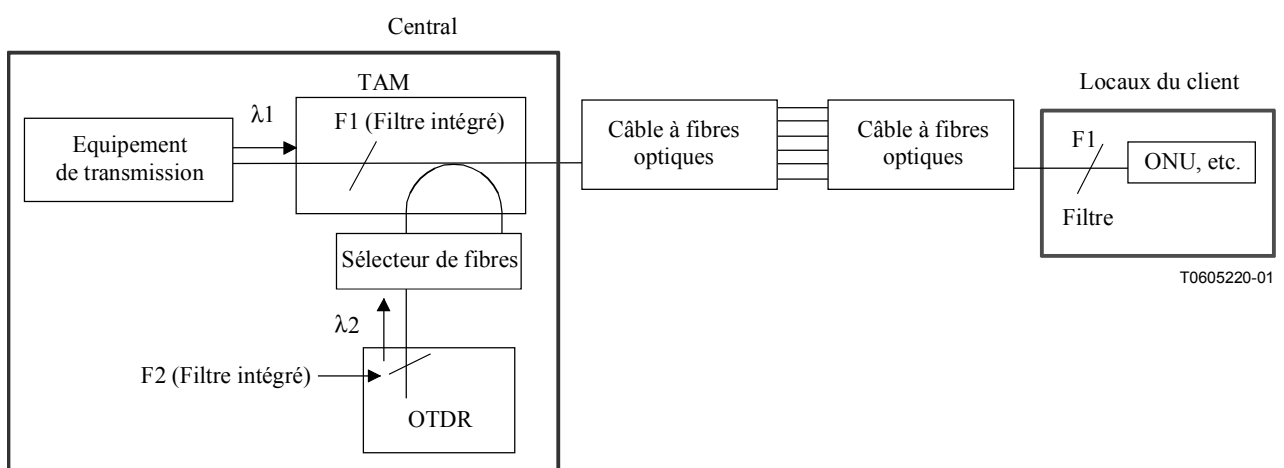
**Figure II.4/L.40 – Système de commande**

## II.2.5 Principes de test et de mesure

### II.2.5.1 Test OTDR

Dans le test OTDR, une lumière en provenance du module TEM est injectée à une ligne de communication par le module TAM afin de déterminer l'état de la section de câble optique. La lumière de test est bloquée par un filtre au niveau des locaux de l'abonné afin que la lumière de test n'affecte pas les communications du client.

Une vue générale du test OTDR est donnée à la Figure II.5.



F1 filtre passe-bande  $\lambda_1$   
 F2 filtre passe-bande  $\lambda_2$

**Figure II.5/L.40 – Test OTDR**

### II.2.5.2 Test d'affaiblissement sur une section

Une lumière de test provenant du module TEM et destinée à la mesure de l'affaiblissement dans la fibre est injectée à la ligne de transmission par le module TAM et la puissance optique est mesurée par un puissance-mètre portatif soit aux bornes au niveau des locaux du client soit sur un raccord de câble intermédiaire.

Une vue générale des tests d'affaiblissement sur une section est donnée à la Figure II.6.

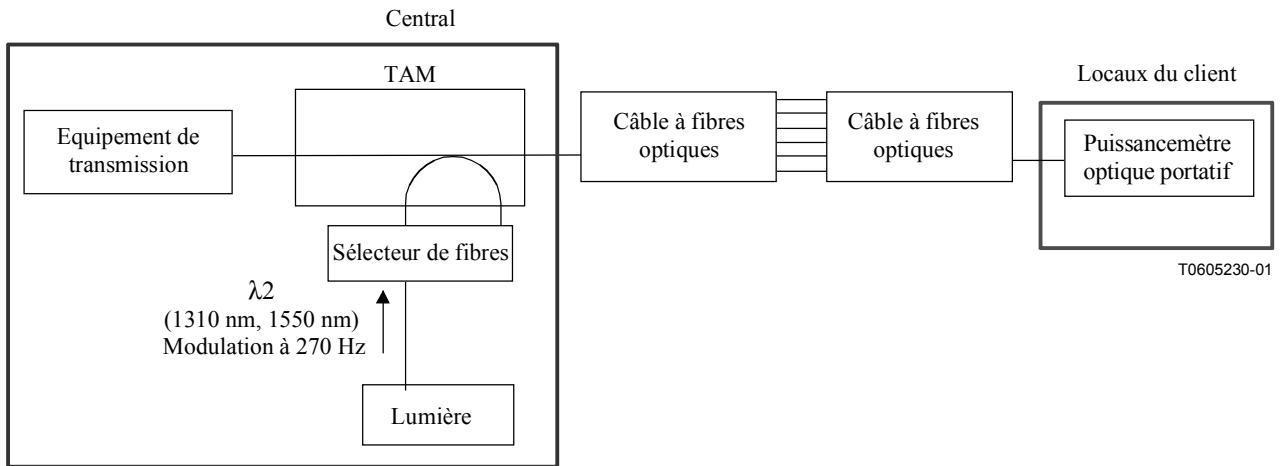
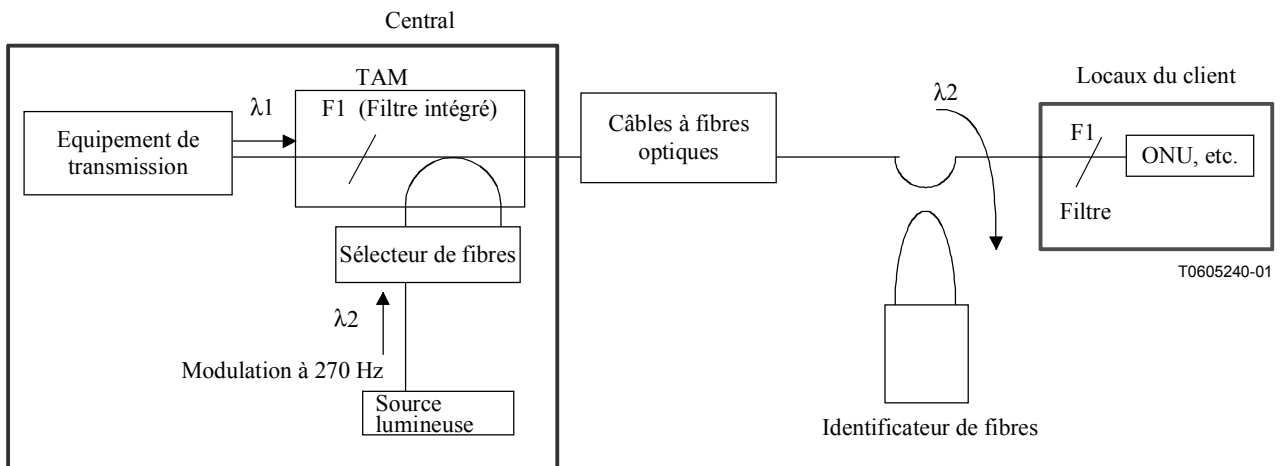


Figure II.6/L.40 – Test d'affaiblissement sur une section

### II.2.5.3 Identification des fibres

La lumière est injectée dans une fibre en service via le module TAM et un identificateur de fibres détecte la fuite de lumière.

Une description générale de l'identification de fibres est donnée à la Figure II.7.



F1 filtre passe-bande  $\lambda_1$

Figure II.7/L.40 – Identification de fibres



#### II.2.5.4 Surveillance de la puissance lumineuse

Une lumière de communication (1310 nm/1550 nm) entre l'équipement de transmission et une unité ONU est scindée par le module TAM et sa puissance optique mesurée par un puissancemètre optique afin de vérifier l'état à l'intérieur de la section de câble optique.

Une description générale de l'opération de monitoring de la puissance optique est donnée à la Figure II.8.

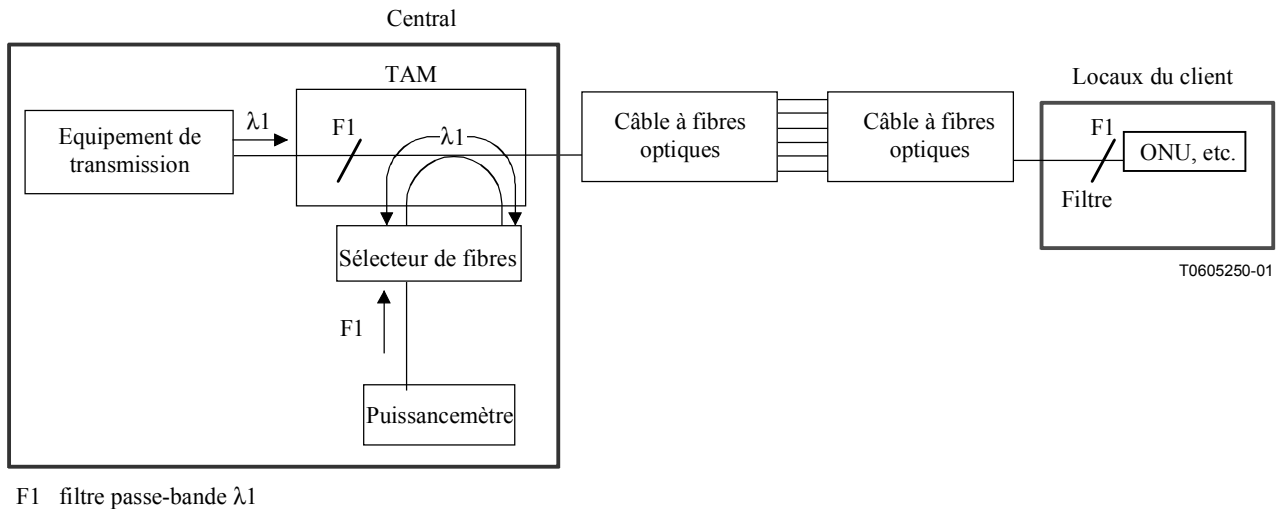


Figure II.8/L.40 – Monitoring de la puissance optique

### II.3 Conditions obligatoires

Le système doit pouvoir tester les installations suivantes.

#### II.3.1 Topologies de réseau

Le système est destiné à tester des réseaux d'accès optiques et des réseaux de jonction optiques.

Les topologies de réseau d'accès qu'il est possible de tester sont les suivantes: la configuration en étoile simple, la configuration passive en étoile double et la configuration en anneau (anneau en câble et anneau SDH). Lorsqu'un coupleur optique est installé en dehors du central, la configuration passive en étoile double doit pouvoir être testée jusqu'au coupleur.

La topologie que l'on doit pouvoir tester dans le réseau de jonction est la configuration à simple étoile.

#### II.3.2 Capacités

Les composants du système doivent pouvoir accepter les équipements comme suit:

- 1) le serveur doit pouvoir accepter 100 000 fibres optiques;
- 2) le module TEM doit pouvoir tester au maximum 10 000 fibres optiques;
- 3) le module FTM doit pouvoir accepter au maximum 2000 fibres optiques pour les réseaux d'accès et 600 fibres optiques pour les réseaux de jonction;
- 4) le sélecteur de fibre doit pouvoir accepter au maximum 2000 fibres optiques pour les réseaux d'accès et 600 fibres optiques pour les réseaux de jonction.

### **II.3.3 Longueur d'onde de test**

Il doit être possible d'effectuer les tests suivants aux longueurs d'onde spécifiées ci-après pour chaque test:

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| 1) test OTDR                              | 1310 nm, 1550 nm et 1650 nm |
| 2) test d'affaiblissement sur une section | 1310 nm et 1550 nm          |
| 3) identification de fibre                | 1550 nm, 1650 nm            |

### **II.3.4 Gestion des données système**

Le système doit pouvoir mémoriser des données à utiliser pour les télétests et la confirmation des résultats de test.

#### **II.3.4.1 Données à utiliser lors des tests**

Le système doit pouvoir stocker les éléments de données suivants:

- 1) nom du central;
- 2) nom du câble;
- 3) numéro de fibre;
- 4) longueur de câble;
- 5) coordonnées des raccords;
- 6) autres informations (par exemple, nom du trou d'homme, numéro du service)

#### **II.3.4.2 Résultats des tests**

Le système doit pouvoir stocker les données d'un test OTDR et d'un test d'affaiblissement sur une section pour chaque fibre optique.

#### **II.3.4.3 Mesure de l'affaiblissement et de la réflexion**

Le système doit, à partir du test OTDR, savoir localiser un raccord de câble et être capable de distinguer si le raccord est une épissure par fusion ou un connecteur. Il doit pouvoir calculer l'affaiblissement et afficher le résultat sur l'écran du terminal d'exploitation.

Le système doit pouvoir comparer l'affaiblissement de couplage et la réflexion calculés avec les valeurs de référence pour chaque type de connexion spécifié dans le système. Si l'affaiblissement d'un couplage dépasse les valeurs de référence, le système doit envoyer un avertissement sur l'écran du terminal d'exploitation.

Le terminal doit pouvoir afficher les résultats des mesures avec les résultats des tests stockés.

### **II.3.5 Interface**

#### **II.3.5.1 Interface entre le serveur et le terminal d'exploitation et entre le serveur et le module TEM**

L'interface entre le serveur et le terminal d'exploitation et entre le serveur et le module TEM doit utiliser le réseau de communication de données, par exemple le RNIS.

#### **II.3.5.2 Interface entre le serveur et d'autres systèmes**

Le serveur doit pouvoir obtenir des données en provenance du système de base de données et installations extérieures via les réseaux de communication de données.

## APPENDICE III

### Système d'aide à la maintenance et de test des installations extérieures

#### Résumé

Le présent appendice, fondé sur l'expérience de l'Italie et sur des informations collectées par les opérateurs européens, traite des avantages que présente un système de supervision de câble à fibre optique fondé sur le principe du monitoring continu de l'affaiblissement. Il a pour objet de décrire le cahier des charges, l'architecture du système et les caractéristiques de l'interface d'utilisateur graphique (GUI, *graphical user interface*) de ce type de système de supervision de câble optique.

#### III.1 Introduction

Les systèmes de monitoring fondés sur l'OTDR permettent d'effectuer des mesures périodiques du coefficient d'affaiblissement des fibres et, lorsqu'ils sont intégrés à des alarmes d'équipement de transmission, ils peuvent donner immédiatement des données de localisation des défauts dans le cas de dommages subis par les câbles.

D'autres systèmes de monitoring, qui utilisent le monitoring continu de la puissance reçue à l'extrémité de la fibre optique (en un point situé immédiatement avant l'équipement de réception), permettent de collecter et de stocker des données relatives au niveau de puissance et de détecter instantanément les défauts sur les fibres via l'activation d'une fonction OTDR lorsque la puissance monitorée passe en dessous d'un certain niveau.

Ces deux types de systèmes sont conçus pour minimiser les interruptions de service ainsi que les pertes économiques grâce à la localisation immédiate des défauts avec génération d'alarme et, à des degrés différents, ils sont destinés à prévoir des défauts dus à la dégradation des caractéristiques des fibres.

L'objet du présent appendice, fondé sur des solutions pratiques issues de l'expérience italienne, vise à donner une description d'une approche intégrée et exhaustive de la supervision d'un réseau à câble à fibres optiques afin d'améliorer les capacités de maintenance préventives de la plus importante ressource du réseau, à savoir la fibre optique, tout en ajoutant aux solutions précitées l'intégration d'un monitoring continu de l'affaiblissement de la fibre optique.

#### III.2 Scénario

Dans le monde, le secteur de la fibre optique évolue rapidement et de nouveaux scénarios se présentent.

Pour la maintenance des installations extérieures, il faut non seulement tenir compte des opérateurs historiques du réseau, mais également des nouveaux acteurs dont les besoins et les perspectives peuvent être différents pour ce qui concerne la gestion des câbles à fibres optiques.

Afin de disposer d'un schéma de référence, nous donnons dans le Tableau III.1 les acteurs les plus importants et leurs perspectives.

**Tableau III.1/L.40 – Maintenance des installations extérieures: acteurs et perspectives**

Acteurs	Perspective
Opérateurs historiques du réseau	<p>Activité principale: transport du trafic de service</p> <p>Ils assurent l'exploitation et la maintenance de leur propre réseau optique.</p> <p>Ils sont propriétaires des systèmes de transmission et des fibres optiques.</p> <p>Leur principal objectif est d'obtenir une meilleure qualité des activités de maintenance à faible coût.</p>
Nouveaux arrivants (par exemple services d'utilité publique – fournisseurs de gaz, d'eau et d'énergie – chemins de fer et autoroutes)	<p>Principale activité des TLC: fourniture du service (IP, largeur de bande ou fibre éteinte)</p> <p>Ils possèdent une infrastructure optique déjà installée, mais ils commencent par la fourniture/la vente de services TLC, y compris la location de fibre éteinte.</p> <p>Dans la plupart des cas ils ne disposent pas d'une organisation de maintenance propre capable de gérer complètement les installations extérieures et peuvent décider de sous-traiter les activités de maintenance.</p> <p>Comme dans le cas de la location de fibre éteinte, ils doivent respecter des contrats, dans lesquels les paramètres de disponibilité du support sont exprimés en termes d'accord de niveau de service (SLA) d'un niveau physique.</p>
Entreprises d'installation et de maintenance	<p>Principales activités: services d'installation, de mise en service, de surveillance et de réparation.</p> <p>Ils assurent ces services aux opérateurs en titre et aux nouveaux opérateurs et ils doivent garantir une qualité définie des services d'installation/de maintenance.</p> <p>Leur principal objectif est de respecter les conditions indiquées dans les contrats relatifs aux paramètres tels les délais de localisation et les délais de réparation qui deviennent de plus en plus stricts.</p>

Pour toutes les catégories ci-dessus, l'approche à la maintenance préventive est très importante, plus particulièrement dans un marché de plus en plus concurrentiel, où la qualité de service peut être un élément déterminant de l'activité.

### III.3 Avantages du monitoring continu de l'affaiblissement

En ce qui concerne la maintenance préventive, dont les principes sont décrits dans UIT-T L.25, le monitoring continu des caractéristiques des fibres optiques (fondées sur la détection de l'affaiblissement par mesure d'une fraction de la puissance optique circulant le long de la fibre) offre les avantages suivants:

- **Capacités de détection complète des défauts/anomalies**

Tous les phénomènes de dégradation se traduisant par une augmentation de l'affaiblissement sont détectés, indépendamment de leur durée et de leur nature, qui doivent ne pas affecter, dans un premier temps, le service DWDM ou SDH. Cette caractéristique permet une économie importante: en réalité, lorsque la dégradation s'accroît, les activités de réparation sont plus complexes, en particulier lorsque les premiers avertissements d'une situation critique potentielle se traduisent par des effets transitoires (par exemple, fortes vibrations sur les épissures) qui ne sont pas détectés par des mesures périodiques.

Jusqu'à 20% des défauts évitables il y a une étape initiale dans laquelle les anomalies ne peuvent être détectées totalement que par monitoring continu de l'affaiblissement.

- **Caractère perturbant (non intrusif)**

Le monitoring continu sur le trafic en service fondé sur la surveillance et la mesure d'une petite fraction du signal évite l'insertion d'impulsions optiques externes de forte puissance dans les fibres à différentes longueurs d'onde. La réflectométrie OTDR est nécessaire pour la fonction de localisation des événements lorsqu'un problème apparaît, mais il ne doit pas être utilisé pour les activités de routine, en raison de son caractère perturbateur potentiel et des exigences concernant le multiplexage WDM et les filtres optiques.

En particulier, en cas de monitoring continu, la réflectométrie OTDR peut être utilisée seulement sur un sous-ensemble de fibre (en particulier les fibres éteintes) avec une couverture statistique de tous les événements se produisant dans le câble: on estime qu'une fibre par tube ou rainure interne peut révéler une moyenne de plus de 90% des défauts brusques (coupure du câble), réduisant les coûts du système et offrant une sécurité de service en ce qui concerne les phénomènes d'intermodulation. Ce point est très important compte tenu du fait que dans les nouveaux systèmes de transmission les signaux auront une puissance plus élevée et un spectre plus large.

- **Localisation en temps réel des défauts**

Le monitoring continu de l'affaiblissement de fibre garantit l'activation immédiate des mesures de localisation par réflectométrie OTDR, de manière bien plus fiable et plus rapide que toute autre technique de mesure, dans lesquelles on essaie de donner une réponse en temps réel aux défauts par intégration de relais électromécaniques d'alarme dans les équipements. Etant donné que ces relais donnent généralement peu d'informations sur la fibre défaillante, l'intégration entre l'équipement et le système d'aide à la maintenance du câble peut être compliquée et le cycle de vie de la technologie de transmission est sensiblement plus court que la durée de vie d'une installation extérieure optique; de sorte qu'un système autonome, assurant des réactions aux défauts, constitue la meilleure solution, même si des schémas de protection SDH et DWDM sont déjà utilisés. En Europe, les clients attachent une grande importance à une distinction fiable et nette entre les compétences relatives au câble et les compétences relatives au câble ou à l'équipement lors de l'apparition d'une anomalie et, de plus, ils fixent des exigences aux activités de maintenance après défaut, qui peuvent être à la fois internes ou externes, en termes de délai de localisation. On estime que l'identification d'une anomalie dans le réseau optique, effectuée par un système d'aide à la maintenance préventive fondé sur un monitoring continu de l'affaiblissement, permet d'économiser plus d'une heure de temps par rapport au système utilisant des mesures périodiques, non intégrées avec des alarmes de service. La localisation en temps réel des défauts fondée sur un monitoring continu d'affaiblissement est même plus importante pour les entreprises tierces assurant des services d'installation et de maintenance pour le compte des propriétaires d'infrastructures optiques. Ils peuvent assurer un meilleur service et respecter des temps d'intervention plus faibles s'ils sont totalement indépendants dans la supervision du réseau optique. Dans certains contrats récents de maintenance des réseaux optiques, il est demandé au fournisseur de la maintenance de garantir un délai de moins de trois heures pour atteindre le point défectueux, parfois même sans avoir connaissance des paramètres de qualité d'acheminement qui eux, sont disponibles à l'opérateur du réseau via le système de gestion de la transmission. Le monitoring continu de l'affaiblissement doit permettre d'anticiper les notifications d'alarme aux opérateurs de réseau et de respecter le contrat de maintenance avec des investissements plus faibles en matière d'équipes de maintenance sur site.

- **Contrôle de qualité des fibres éteintes louées**

De même que la tendance du marché des Etats-Unis, le marché européen de la location des fibres éteintes prend de plus en plus d'importance, étant donné qu'un grand nombre de nouveaux acteurs ont acheté des fibres éteintes afin de disposer d'un réseau optique opérationnel, évitant les problèmes et les longs délais de mise en place d'installation

extérieure. Le monitoring continu et non perturbant de l'affaiblissement peut représenter la meilleure façon au propriétaire de fibre éteinte d'être sûr de la rentabilité de ses investissements et de respecter les contrats de niveau de service (SLA), y compris les pénalités prévues lorsque le niveau de disponibilité du support n'est pas atteint. Ce point est très important car les nouveaux acteurs en général ne peuvent pas formuler d'hypothèse sur la base du service que le client achemine sur leurs fibres et ils n'aiment pas dépendre des réclamations des clients. De plus, le monitoring de l'affaiblissement représente une option à valeur ajoutée (et par conséquent un atout) en matière d'offre de fibre éteinte.

Le Tableau III.2 a illustré la corrélation entre acteurs et les avantages essentiels présentés par le monitoring continu de l'affaiblissement.

**Tableau III.2/L.40 – Corrélation entre acteurs et avantages clés du monitoring continu**

	<b>Capacité de détection complète des défauts/anomalies</b>	<b>Non perturbant</b>	<b>Localisation en temps réel des défauts</b>	<b>Contrôle de qualité des fibres éteintes louées</b>
Opérateurs en titre de réseau	Important	Important	Important	–
Nouveaux acteurs/fournisseurs de fibre éteinte	Important	Important	Important	Très important
Entreprise d'installation/maintenance	–	Important	Essentiel	–

### III.4 Principes de base du système de supervision de câble optique

Le système de supervision de câble optique présenté dans cet appendice est basé sur le concept fondamental du monitoring continu de l'affaiblissement optique.

L'affaiblissement est calculé en mesurant les niveaux de puissance optique aux deux extrémités de la fibre optique, avant l'équipement de transmission, et en calculant l'affaiblissement de puissance constaté. L'affaiblissement représente le paramètre essentiel de la qualité de fonctionnement d'une fibre optique, car la dégradation de l'affaiblissement de la fibre est la menace la plus dangereuse sur la rentabilité de l'investissement le plus important des réseaux optiques.

Le monitoring continu de l'affaiblissement sur les fibres qui ne sont pas en service (fibres éteintes) et les fibres qui sont en service (illuminées), et dans ce dernier cas sans gêner le trafic de service, permet une surveillance permanente de ce paramètre essentiel, permettant la détection complète de tout type d'effet de dégradation, quelles que soient sa nature et sa durée. En particulier, les variations ou les fluctuations accidentelles ou périodiques de l'affaiblissement de puissance optique, même si elles sont très rapides, peuvent être détectées et une analyse précise du problème peut être effectuée avant le déclenchement d'une alarme au niveau de l'équipement de transmission et avant que l'utilisateur ne le signale.

Toutefois, le monitoring continu de l'affaiblissement optique peut automatiquement activer une fonction OTDR afin de déclencher la localisation du défaut et de la dégradation lorsqu'un affaiblissement soudain de la puissance le long du câble est détecté.

### III.5 Cahier des charges du système de supervision de câble optique

Le système intégré de supervision du câble optique doit être conçu conformément à un principe général de transparence totale en direction du réseau optique dont il doit assurer la supervision.

En particulier, compte tenu que l'on prévoit une ou plusieurs mises à niveau de l'équipement de transmission pendant la durée de vie prévisible du câble optique (25 ~ 30 années) et la tendance actuelle d'évolution des technologies de transmission optique, un système de supervision de câble optique doit garantir la transparence sur toute la bande optique disponible. Ainsi, les systèmes de supervision installés ne limiteront aucunement les fenêtres opérationnelles que les techniques de transmission optiques futures pourront imposer au câble à fibres optiques.

En ce qui concerne les **objectifs de maintenance**, les points les plus importants sont les suivants:

- séparation précise entre la responsabilité de gestion des équipements et des câbles à fibres optiques; en particulier, comme pour les fibres louées, une distinction claire des responsabilités entre les propriétaires des câbles et les locataires de fibres;
- la disponibilité d'un outil de certification du niveau de qualité, chaque fois qu'une frontière entre opérateurs ou entre un client et un opérateur est définie;
- indépendance du système des alarmes d'équipement;
- disposition d'un outil ergonomique d'identification en temps réel des effets de dégradation dans le réseau optique, afin d'aider les opérateurs à effectuer une maintenance préventive efficace;
- disposition d'un outil ergonomique pour l'identification en temps réel et la localisation précise des défauts, afin d'aider les opérateurs dans l'activation des procédures de maintenance corrective;
- disposition d'un outil complet d'analyse des tendances, capable de saisir les données de qualité de fonctionnement du réseau optique, ces données de qualité de fonctionnement peuvent être utilisées pour évaluer:
  - la rentabilité potentielle des câbles optiques du réseau;
  - la qualité des matériaux;
  - les procédures d'installation.

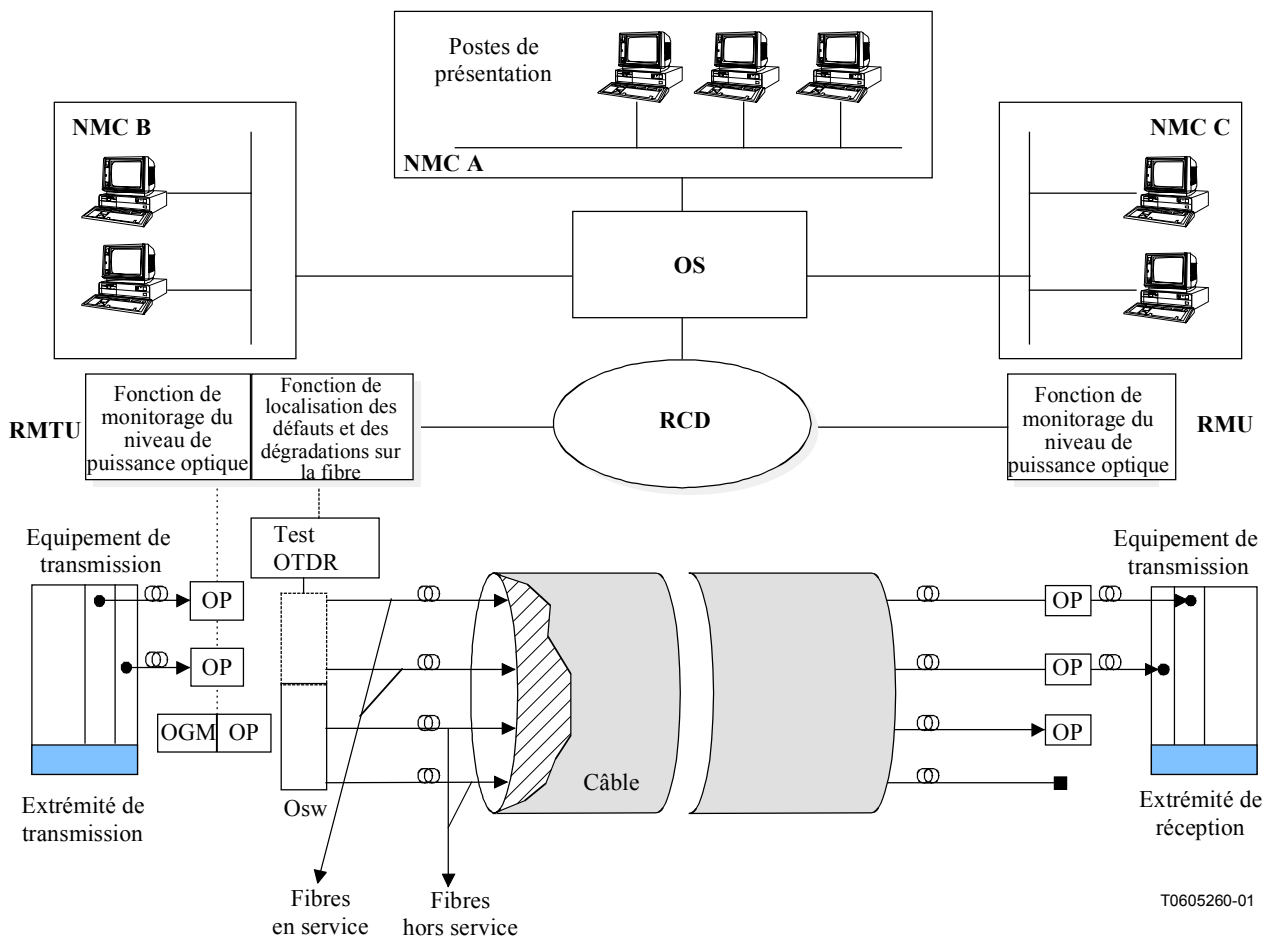
Les **principales caractéristiques** du système de supervision de câble à fibres optiques permettant la réalisation des objectifs précités sont les suivantes:

- **non-perturbation** du trafic de service, due à l'utilisation d'un modèle de sonde optique totalement passive: la non-perturbation est une caractéristique essentielle d'un système de monitoring, particulièrement dans les cas où les propriétaires de câbles ne sont pas autorisés à adopter un processus de monitoring fondé sur l'OTDR dans les fibres en service (par exemple, fibres louées);
- **sensibilité** aux effets de dégradation très rapides, qui peuvent avoir une influence négative sur la qualité de fonctionnement de la fibre optique à long terme (par exemple, vibrations mécaniques dues à la circulation routière ou ferroviaire);
- **signalement d'alarme en temps réel**: les événements de franchissement de seuil de puissance et d'affaiblissement optique sont immédiatement détectés et signalés à l'interface de présentation du système, afin d'exploiter pleinement les capacités de maintenance préventive;
- **activation automatique d'une mesure OTDR** lorsqu'un événement de franchissement de seuil se rapportant à une variation de l'affaiblissement est signalée, afin d'avoir un délai de localisation minimal lorsqu'on est confronté à un défaut ou anomalie subite;
- **stockage permanent des résultats du monitoring** et des traces de référence des fibres, afin de permettre une analyse puissante de la tendance d'affaiblissement des fibres optiques;

- **modularité et facilité d'installation** des sondes optiques le long des câbles optiques;
- **coût-efficacité du système** en ce qui concerne les différentes topologies de réseaux, allant des réseaux de jonction aux réseaux d'accès et aux fibres louées;
- **variabilité** en termes de nombre d'éléments de réseau gérés et de fonctions disponibles.

### Architecture du système

La Figure III.1 représente la configuration générale du système.



- OGM** module de génération optique (*optical generation module*)
- OP** sonde optique (*optical probe*)
- Osw** commutateur optique (*optical switches*)
- RMTU** unité de télémonitorage et de télétest (*remote monitoring and testing unit*)
- RMU** unité de télémonitorage (*remote monitoring unit*)

**Figure III.1/L.40 – Configuration générale du système**

- Toutes les fonctions, à savoir les fonctions de monitoring, de test et de surveillance de l'affaiblissement, doivent être exécutées par un système d'exploitation centralisé (OS); ce système doit également gérer les bases de données nécessaires au fonctionnement du système.
- Les centres de maintenance de réseau (NMC, *network maintenance centre*) doivent être placés aux endroits où les activités de monitoring, de test et de maintenance sont requises; ces activités doivent être exécutées au moyen de terminaux d'exploitation.



- Des unités télécommandées, placées aux nœuds de réseau où aboutissent les câbles à fibres optiques, doivent exécuter les activités de monitoring et de test. Ces fonctions exécutées par les unités précitées sont les suivantes:

- a) fonction de monitoring du niveau de puissance optique;
- b) fonction de localisation des défauts et des dégradations sur la fibre.

Selon les besoins de surveillance dans chaque nœud, les fonctions de monitoring et de test peuvent être regroupées en une seule unité physique qui constitue l'unité télécommandée; les types les plus courants d'unités télécommandées sont les suivants:

- unité de télémonitorage et de télétest (RMTU), contenant des fonctions de monitoring a) et b);
- unité de télémonitorage (RTU), contenant les fonctions de monitoring a).

- La fonction de monitoring du niveau de puissance optique a) doit être effectuée par des sondes optiques (Ops) qui utilisent un coupleur de dérivation prélevant une petite partie de la lumière et mesurant indirectement le niveau de puissance optique de toute la lumière acheminée sur la fibre.

La conception des sondes doit faire l'objet de soins particuliers, de sorte que les activités de maintenance (par exemple, la substitution des parties des éléments défectueux) n'affectent pas le trafic de service.

- Les unités télécommandées (RMTU ou RMU) mesurent les valeurs de puissance optique depuis les sondes optiques; le système d'exploitation calcule l'affaiblissement dans la fibre, en calculant les valeurs de puissance par rapport à l'extrémité de la fibre.
- De même que pour les fibres hors service, la fonction de monitoring du niveau de puissance optique a) doit être activée, au moyen d'un module de génération optique (OGM), destiné à injecter une lumière de référence dans la fibre éteinte.
- Les sondes optiques doivent pouvoir accéder à un nombre quelconque de fibres dans le câble, en fonction des exigences du client.

En particulier, toutes les fibres en service et une sélection appropriée de fibres éteintes dans le câble (compte tenu de la géométrie et de la structure du câble) doivent être monitorées afin de permettre une bonne caractérisation du câble optique.

- Un monitoring continu de l'affaiblissement de la fibre doit permettre une détection exhaustive de tous les effets de dégradation, quelles que soient leur nature et leur durée. Ainsi une maintenance préventive doit permettre de signaler les problèmes dès leur tout début, avant la génération des alarmes d'équipement de transmission et avant leur signalement consécutif par l'utilisateur.
- La fonction de localisation des défauts sur la fibre par OTDR b) doit être exécutée sur toutes les fibres monitorées. Les mesures de localisation sur les fibres en service nécessitent l'installation de multiplexeurs WDM afin d'éviter les effets des fortes impulsions optiques OTDR sur le trafic de transport. Pour des raisons économiques, un sous-ensemble de fibres monitorées doit être pris en considération pour la localisation. La sélection des fibres de localisation doit suivre fondamentalement la géométrie et la structure du câble (par exemple, une fibre par groupe ou même une fibre seulement par câble). Les coûts du système sont optimisés si les fibres éteintes sont choisies pour la localisation. Cette approche se justifie pour les raisons suivantes:
  - la plupart des défauts non prévisibles (fouille par exemple) ont une forte probabilité d'affecter toutes les fibres du même câble et ainsi la fonction automatique OTDR, utilisant seulement quelques fibres ou même une seule fibre par câble, peut garantir une bonne localisation des défauts de façon économique;

- le monitoring continu de l'affaiblissement garantit une détection des défauts et dégradations évitables sur toutes les fibres monitorées, de sorte que les centres de maintenance sont toujours et rapidement alertés. Lorsque le phénomène de dégradation affecte seulement un sous-ensemble de fibres du câble et par conséquent la localisation automatique des défauts par OTDR ne peut être convenablement utilisée, une opération de maintenance et de localisation peut être programmée avant la localisation d'un défaut. Le déclenchement manuel de la fonction de localisation des défauts de fibres par OTDR b) doit également être utilisé pour des tests ciblés.

### **Caractéristiques de l'interface GUI**

Le système d'exploitation est fondé sur une architecture client-serveur avec des fonctions serveur centralisées et un nombre de clients géographiquement répartis selon les besoins organisationnels des opérateurs de réseau.

Les principales fonctions de l'OS sont les suivantes:

- système d'information géographique (GIS, *geographic information system*);
- outils ergonomiques pour la configuration de l'équipement du système de supervision et l'accès au réseau optique;
- configuration des seuils de monitoring, s'appliquant aux niveaux d'affaiblissement/de puissance optique;
- signalement en temps réel des anomalies et des défauts;
- accès direct aux données optiques générées par les sondes aux extrémités de la liaison optique: affichage en temps réel de l'affaiblissement de la fibre et du câble (vue globale des valeurs d'affaiblissement de toutes les fibres du câble);
- affichage des résultats de monitoring stockés dans la base de données de l'OS;
- outils d'analyse de tendance;
- vue intégrée de l'état de tout le réseau;
- mesure automatique par OTDR lors de la détection par le système de monitoring du franchissement de seuil configuré (localisation immédiate des défauts/dégradations);
- mesures OTDR à la demande de l'utilisateur;
- gestion du trajet de fibre optique: vue du dernier trajet de fibre optique, comparaison automatique avec la trace fondamentale, stockage permanent standardisé de plusieurs traces par fibre, caractérisation des événements (connecteurs, épissures, etc.);
- gestion du système complet par autodiagnostic.

### **III.6 Conclusions**

Le présent appendice relate l'actuelle expérience de l'Italie concernant les principes et les exigences associés à un système de monitoring de câble à fibres optiques.

Le principal avantage d'un système totalement autonome est sa capacité à intégrer une approche exhaustive de la maintenance préventive.

Il permet:

- un monitoring continu de l'affaiblissement sur la liaison optique, non perturbant dans les fibres en service;
- la localisation à la demande des défauts/des dégradations, en utilisant de préférence une fibre hors service par câble;
- un stockage permanent de toutes les données recueillies.

Il offre des avantages considérables en ce qui concerne:

- la définition d'une compétence de gestion fiable sur les liaisons optiques;
- la mise en œuvre d'une procédure de maintenance préventive efficace garantissant un niveau de service de la part de l'exploitant du système à fibres optiques;
- la mise en place progressive d'un système de supervision grâce à la modularité de ses éléments et des conséquences réduites au niveau des installations du central;
- une fiabilité du système selon le nombre de câbles et de nœuds à fibres optiques gérés, offrant des solutions intelligentes à la fois pour les petits et les grands réseaux.

## APPENDICE IV

### Système d'assistance à l'exploitation et à la maintenance des câbles à fibres optiques – Résultats obtenus en Indonésie

#### IV.1 Introduction

Les câbles à fibres optiques sont très répandus dans les réseaux de télécommunication en raison de leurs caractéristiques de débit et de communication à large bande. A partir de maintenant, les réseaux d'accès optiques se généraliseront en raison de leur potentiel élevé permettant d'offrir de nombreux types de service tant pour les applications commerciales que privées.

Le présent appendice présente les résultats obtenus en Indonésie au moyen du système d'assistance qui a été réalisé par souci d'efficacité de l'exploitation et de la maintenance des réseaux à fibres optiques et pour bénéficier d'un réseau d'accès optique très fiable.

#### IV.2 Exigences de base

Le système d'assistance à l'exploitation et à la maintenance des câbles à fibres optiques doit contribuer aux diverses tâches intervenant dans la réalisation de réseaux à fibres optiques et dans les travaux d'installation chez le client précédant la mise en service. Dès que celle-ci a eu lieu, le système d'assistance se charge de la détection des anomalies et de leur réparation, de la surveillance périodique et des changements de fibre.

Le système se charge des diverses fonctions de mesure présentées dans le Tableau IV.1.

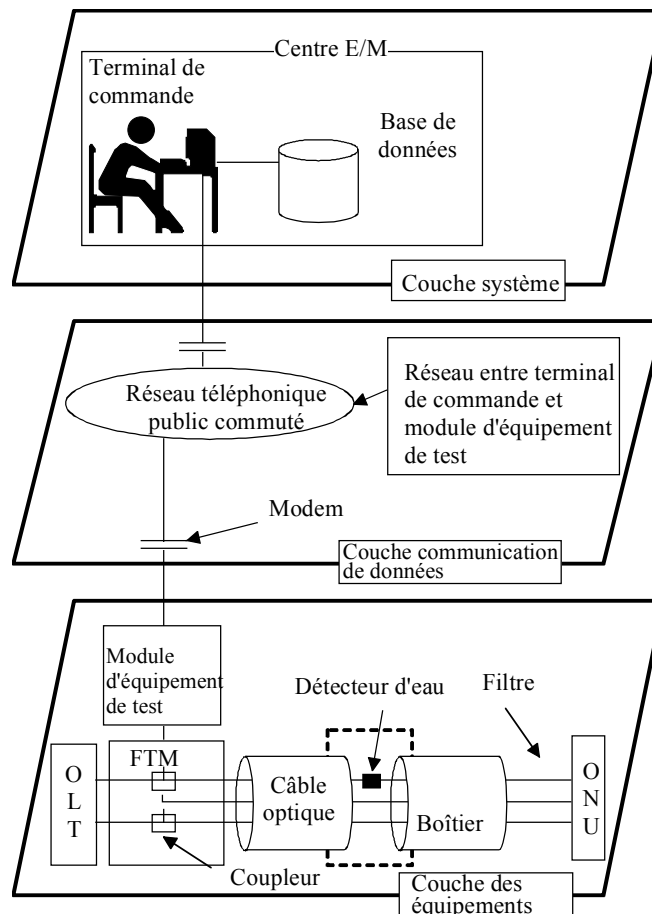
**Tableau IV.1/L.40 – Fonctions de mesure du système**

Mesure	Méthode d'essai	Objet de l'essai
Affaiblissement et réflexion des connexions et du câble	OTDR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure de l'affaiblissement et de la réflexion aux épissures</li> <li>• Evaluation des résultats de l'essai par rapport aux valeurs de référence d'affaiblissement et de réflexion</li> <li>• Localisation des défauts</li> <li>• Mesure des fluctuations de l'affaiblissement et des réflexions produites par la dégradation des épissures</li> </ul>
Affaiblissement de section	Source de lumière et wattmètre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure de l'affaiblissement de section de câble à fibres optiques</li> <li>• Evaluation des résultats de l'essai par rapport à la valeur de référence de l'affaiblissement de section</li> </ul>
Identification des fibres	Source de lumière et identificateur de fibre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification d'une fibre donnée à une épissure ou à une extrémité du câble</li> </ul>

### IV.3 Configuration de base du système

Le réseau physique du système de mesure est formé de trois couches (voir Figure IV.1):

- la couche système, formée du terminal de commande et de la base de données;
- la couche de communication de données, à savoir le réseau de communication public et des modems;
- la couche des équipements, formée de composants optiques tels que coupleur, détecteur d'eau, filtre, sélecteur de fibre et instrument de mesure pour les essais. Le coupleur optique est connecté à chaque fibre qu'il y a lieu de tester. Les coupleurs optiques sont disposés dans des modules d'accès de test (TAM, *test access module*), eux-mêmes placés dans un module de terminaison de fibres. La lumière d'essai est introduite dans la fibre au moyen d'un sélecteur de fibre et du coupleur. Le module d'équipement de test (TEM, *test equipment module*) est composé d'un sélecteur de fibre, d'un dispositif de commande principal et d'un instrument de mesure pour les essais tel qu'un réflectomètre OTDR et d'une source de lumière. L'unité de commande principale est un ordinateur PC bénéficiant d'une base de données et disposant des fonctions nécessaires pour commander les instruments de mesure et traiter les résultats automatiquement.



T0605120-01

FTM module de terminaison des fibres ( *fibre termination module*)  
 OLT terminaison de ligne optique (*optical line termination*)  
 ONU unité de réseau optique (*optical network unit*)

Figure IV.1/L.40 – Configuration de base du système

#### IV.4 Fonctions des unités principales

Le système d'assistance à l'exploitation et à la maintenance de câbles à fibres optiques est constitué de trois unités principales:

- le terminal de commande;
- le module d'équipement de test;
- le module de terminaison de fibres.

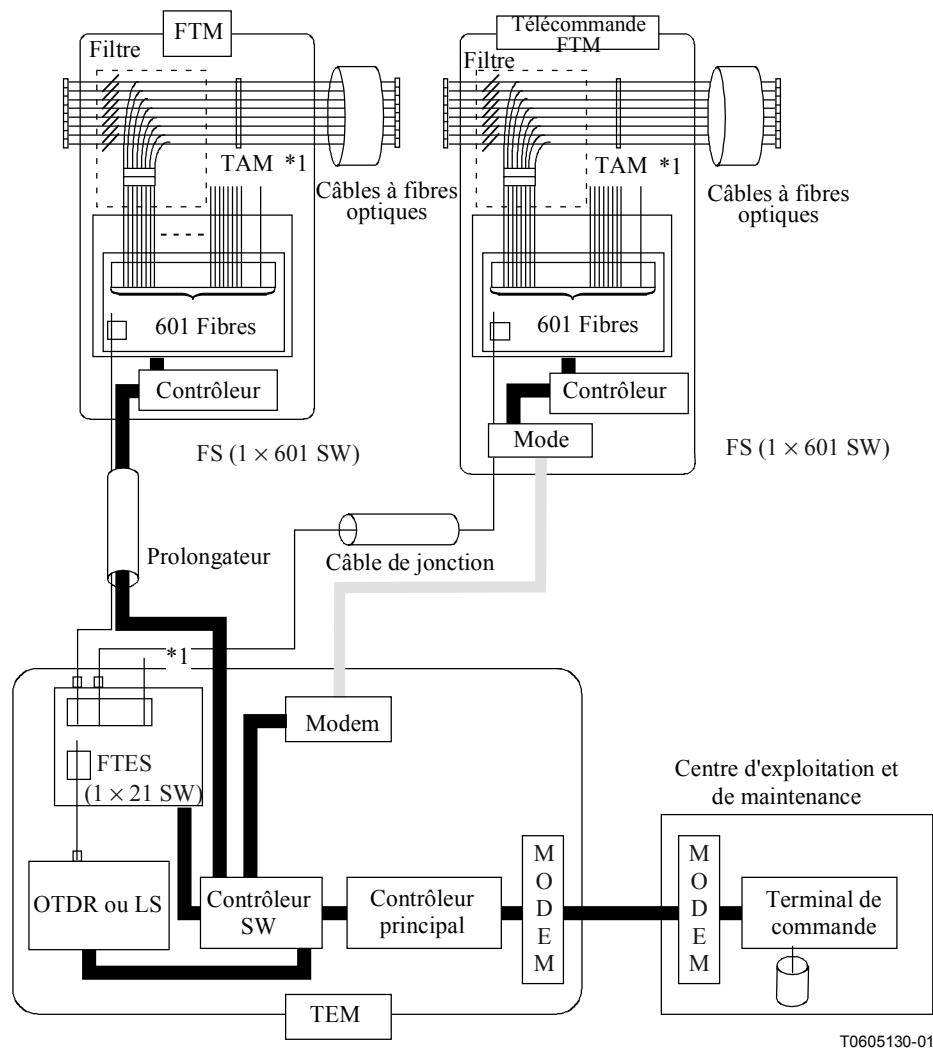
Les fonctions détaillées de chacune de ces unités sont décrites dans le Tableau IV.2.

**Tableau IV.2/L.40 – Fonctions des unités principales**

n°	Unité principale	Fonction
1	Terminal de commande	<ul style="list-style-type: none"><li>• Enregistre, demande et change les données nécessaires pour effectuer l'essai ainsi que les informations relatives à chaque unité. Supprime les informations qui ne sont plus requises.</li><li>• Commande l'essai pour la fibre spécifiée, affiche les résultats et produit ceux-ci sous forme de document imprimé.</li></ul>
2	Module d'équipement de test (TEM)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Commande l'équipement de test conformément aux instructions reçues du terminal de commande, teste la fibre optique, analyse les résultats de l'essai et envoie les résultats au terminal de commande.</li><li>• Effectue l'essai OTDR périodique pour des fibres données à des intervalles donnés conformément aux instructions reçues du terminal de commande. Envoie les résultats de l'essai au terminal de commande.</li></ul>
3	Module de terminaison de fibres (FTM)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sélectionne dans le faisceau la fibre à tester, conformément aux instructions reçues du module d'équipement de test.</li></ul>

#### IV.5 Configuration matérielle du système

La configuration matérielle du système est présentée à la Figure IV.2 ci-dessous.



T0605130-01

- analogique, louée
- ligne de commande
- fibre
- \*1 port de mesure

**Figure IV.2/L.40 – Configuration matérielle**

#### IV.6 Spécification générale du système d'assistance à l'exploitation et à la maintenance des câbles à fibres optiques

Le système d'assistance à l'exploitation et à la maintenance des câbles à fibres optiques doit satisfaire aux conditions ci-après.

##### IV.6.1 But de l'essai

Le système sert essentiellement à tester les réseaux d'accès à fibres optiques.

Les topologies de la partie du réseau comprise entre le commutateur téléphonique et les installations d'abonné pouvant être soumises à l'essai doivent être la configuration en étoile simple, la configuration en étoile double passive et la configuration en anneau (anneau de câble et anneau SDH). Si un diviseur optique est installé à l'extérieur du commutateur, la configuration en étoile double passive doit pouvoir être testée jusqu'au diviseur.

L'application aux installations de jonction doit aussi être prise en considération.

#### IV.6.2 Capacités

Les composants du système doivent avoir la capacité d'intégrer les équipements ci-dessous.

- a) Le terminal d'exploitation doit pouvoir commander 10 modules TEM.
- b) Un module TEM doit pouvoir prendre en charge 20 modules FTM.
- c) Un module FTM doit pouvoir prendre en charge 600 fibres optiques.
- d) Un sélecteur de fibre doit pouvoir prendre en charge 600 fibres optiques.

#### IV.6.3 Longueur d'onde d'essai

Il faut pouvoir effectuer les essais ci-dessous à la longueur d'onde spécifiée pour chacun d'eux.

- a) Test OTDR 1650 –10, +20 nm
- b) Affaiblissement de section 1650 –10, +20 nm
- c) Identification de la fibre 1650 –10, +20 nm

#### IV.6.4 Restrictions de la distance d'essai

Les restrictions imposées à la distance d'essai sont spécifiées dans le Tableau IV.3.

**Tableau IV.3/L.40 – Distance d'essai**

Test	Distance maximale	Conditions de mesure
Test OTDR	20 km	Longueur d'onde: 1650 –10, +20 nm Largeur de l'impulsion: 1 µs ou moins
Test d'affaiblissement de section	20 km	Longueur d'onde: 1650 –10, +20 nm Lumière de modulation: 270 Hz
Identification de la fibre	20 km	Longueur d'onde: 1650 –10, +20 nm Lumière de modulation: 270 Hz

#### IV.6.5 Gestion des données du système

Le système doit pouvoir enregistrer des données qui seront utilisées dans l'exécution des essais à distance et la confirmation des résultats des essais.

Le système doit pouvoir enregistrer les éléments de la liste ci-dessous en tant que données qui seront utilisées dans les essais.

- a) numéro de module TEM;
- b) numéro de sélecteur de fibre;
- c) numéro de fibre;
- d) numéro de câble;
- e) informations additionnelles (telles que longueur de câble).

Le système doit pouvoir enregistrer les résultats d'un test OTDR et d'un test d'affaiblissement de section pour chaque fibre optique.

#### IV.6.6 Mesure de la perte de couplage et de la réflexion

Le système T-AURORA doit déterminer à partir du test OTDR l'emplacement d'un couplage et établir s'il s'agit d'une épissure par fusion ou d'un connecteur. Il doit calculer la perte de couplage et afficher le résultat sur l'écran du terminal de commande.

Le système doit comparer la perte de couplage et la réflexion calculées par rapport aux valeurs de référence s'appliquant à chacune des connexions du système. Si la perte de couplage calculée est supérieure à la valeur de référence, le système doit afficher un avertissement sur l'écran du terminal de commande.

Le système doit pouvoir afficher les résultats des mesures en même temps que les résultats enregistrés.

#### IV.6.7 Conditions de transmission

L'interface entre le terminal de commande et le module TEM doit utiliser la ligne téléphonique analogique.

Le module TEM doit pouvoir télécommander des sélecteurs de fibre.

Le module TEM et le sélecteur de fibre doivent pouvoir communiquer sur une distance atteignant 10 km.

#### IV.6.8 Conditions d'utilisation du système

Il doit être possible d'utiliser chacun des composants du système, excepté le détecteur d'eau, dans les conditions ambiantes ci-dessous:

- a) Température ambiante      10 °C à 50 °C
- b) Humidité                      humidité relative de 20% à 95%, sans condensation
- c) Alimentation                  CA 220 V ±10% (monophasé, 50 Hz)

#### IV.7 Logiciel d'application

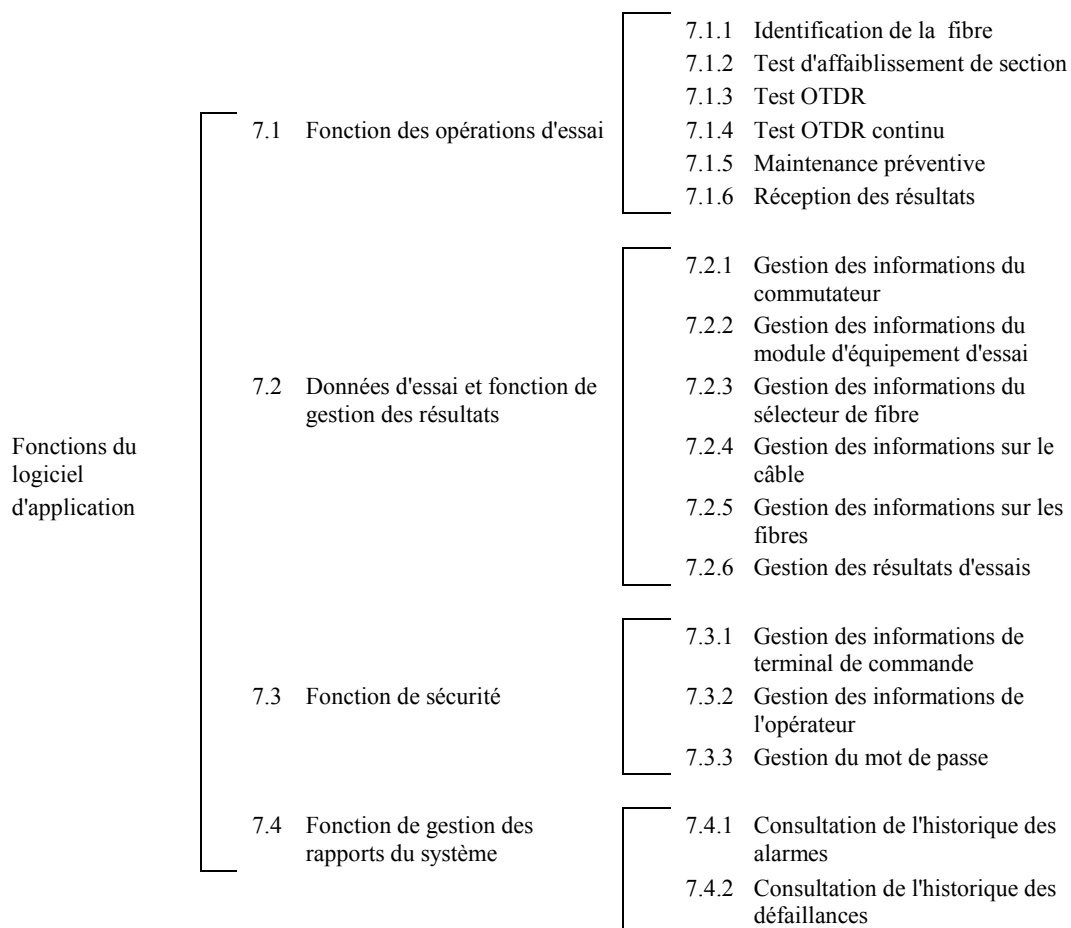
Le logiciel d'application sera installé sur des ordinateurs personnels situés dans le centre d'exploitation et de maintenance et dans le bureau central. Les fonctions principales du logiciel d'application sont présentées dans le Tableau IV.4.

**Tableau IV.4/L.40 – Principales fonctions système du logiciel d'application**

N°	Fonction	Description
1	Opérations d'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectue l'essai OTDR, le test d'affaiblissement de section et l'identification de fibre à distance depuis le terminal de commande.</li> <li>• Effectue l'essai OTDR périodique pour déterminer si les fibres sont normales.</li> </ul>
2	Données d'essai et gestion des résultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistre, demande et modifie les données nécessaires à l'exécution des essais. Supprime les données qui ne sont plus requises.</li> <li>• Produit les résultats des essais sur les fibres et imprime les résultats.</li> </ul>
3	Sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistre, demande, modifie et supprime les informations du terminal de commande.</li> <li>• Enregistre, demande, modifie et supprime les informations relatives à l'opérateur (utilisateur final).</li> </ul>
4	Gestion des rapports	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interroge les alarmes relatives aux fibres détectées pendant les essais OTDR continus ou périodiques.</li> <li>• S'informe sur les défaillances causées dans le module TEM.</li> </ul>

La configuration fonctionnelle détaillée du logiciel d'application est présentée dans la Figure IV.3.





**Figure IV.3/L.40 – Configuration fonctionnelle du logiciel d'application**

## APPENDICE V

### Système de surveillance de fibres optiques (OFMS) – Résultats obtenus en Espagne

#### V.1 Introduction

L'importance croissante des systèmes de transmission utilisant la fibre optique comme support d'acheminement physique est à l'origine d'une élévation des moyens que les fournisseurs de services de télécommunication accordent à la maintenance (corrective et préventive) de ces câbles et systèmes. Le premier objectif de cette maintenance est d'obtenir la plus haute qualité possible et le meilleur rendement économique des câbles et systèmes en question.

Les systèmes de surveillance automatiques et centralisés, contrairement aux opérateurs manuels, offrent un contrôle rationalisé et complet de l'ensemble des installations ou des éléments de celles-ci dont le contrôle et la gestion leur ont été confiés.

Les systèmes de surveillance automatiques actuels spécialisés dans la surveillance des fibres optiques sont fondés sur la création d'éléments spécifiques et sur la disponibilité de commutateurs optiques avec un nombre élevé de canaux qui, en combinaison avec la réduction progressive du prix des éléments passifs auxiliaires, permettent d'offrir, à des prix très compétitifs, des systèmes très souples présentant de telles caractéristiques ainsi qu'un degré de modularité élevé.

Par ailleurs, la possibilité que le système pourrait fonctionner dans la quatrième fenêtre de transmission élargirait la surveillance, non seulement aux fibres fonctionnant dans la deuxième fenêtre, mais également à celles fonctionnant dans la troisième fenêtre, voire les deux.

## V.2 Généralités

Les paramètres de base qui caractérisent une fibre optique du point de vue de la transmission sont l'affaiblissement, qui limite la longueur du trajet de transmission, et la dispersion, qui détermine la largeur de bande.

Un câble à fibre optique est entièrement exposé à un nombre sans fin d'éléments perturbateurs qui sont principalement responsables de l'affaiblissement sur la liaison, qui est également influencé par l'affaiblissement associé aux éléments d'interconnexion utilisés (épissures et connecteurs).

Les possibilités de surveillance les plus simples d'un câble à fibre optique sont basées sur les mesures portant sur les fibres libres qu'il contient. Cette solution est justifiée par le fait qu'un grand nombre des dégradations et des ruptures que subit un câble affectent d'une manière identique toutes les fibres constituant ce câble. Cela signifie que la surveillance de l'une de ces fibres donne des informations à caractère général sur l'état de l'ensemble du câble avec un pourcentage de fiabilité supérieur à 60%.

Cependant, une surveillance complète du câble avec un niveau de fiabilité plus élevé nécessite la surveillance des fibres acheminant du trafic. Cela sous-entend que la longueur d'onde du système de surveillance est plus élevée que celle de l'équipement de transmission.

## V.3 Système de surveillance de fibres optiques (OFMS) – Description générale

Le système de surveillance des fibres optiques (OFMS, *optical fibre monitoring system*) utilisé par Telefónica de España répond à ses besoins et ses spécifications, ce qui en fait un système entièrement axé sur la surveillance et la gestion des installations à fibre optique avec une efficacité maximale et une exploitation totale de chacune de ses fonctions.

Le système gère la réception d'alarmes dans les fibres déclenchées par une rupture ou une dégradation. Le système fait également une série de mesures axées sur la connaissance de l'état des fibres à tout moment.

Le système est constitué d'une série de terminaux de réseau à fibre optique (OFPT, *optical fibre plant terminal*) stratégiquement répartis sur l'ensemble des installations à surveiller. Ces terminaux réunissent les informations sur l'état des fibres et déclenchent une alarme (par comparaison de l'état actuel à un seuil fixé) lorsque l'état mentionné le nécessite.

Les informations rassemblées par les terminaux assignés à une zone de surveillance donnée sont adressées au centre de contrôle responsable de la maintenance et de la préservation de la zone en question.

## V.4 Performances du système

Le système de surveillance des fibres optiques décrit dans le présent appendice exerce, du point de vue de son exploitation, les fonctions suivantes:

- surveillance des fibres libres et des fibres en service par des techniques de réflectométrie dans les 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> fenêtres;
- détection et localisation (par l'utilisation de l'algorithme correspondant) des dégradations et des ruptures de fibres;
- exécution automatique des mesures en présence d'alarmes dans un équipement de transmission de ligne (LTE, *line transmission equipment*);
- exécution des mesures précédemment demandées par une hiérarchie de niveau supérieur (centre de contrôle à distance, centre d'exploitation);
- enregistrement de points particuliers (épissures, trou d'homme, etc.) permettant d'associer les événements à leur emplacement géographique;

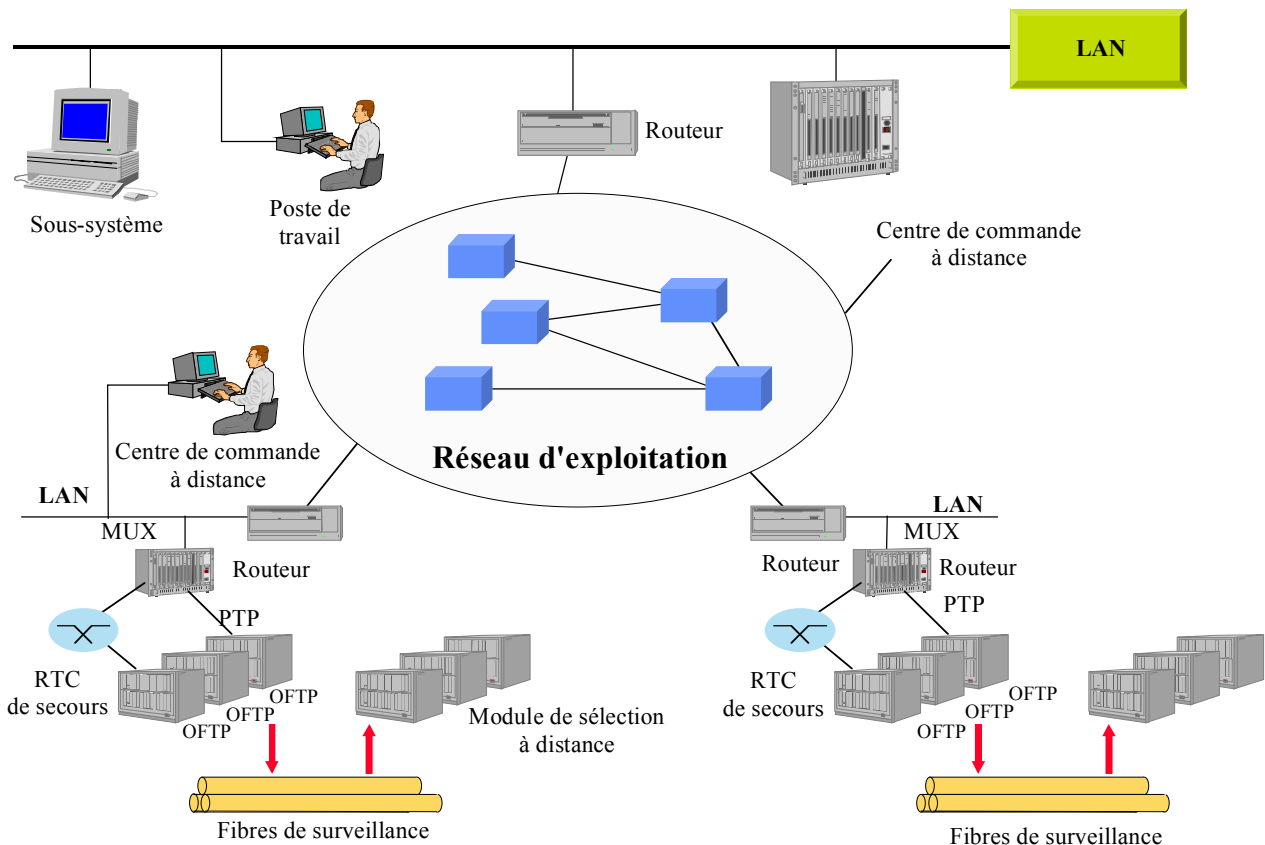
- assignation des fibres vacantes à divers systèmes de transmission dans le but d'effectuer des mesures passant par ces fibres quand une alarme se produit dans des équipements LTE ou des régénérateurs qui ne sont pas connectés aux fibres;
- enregistrement des mesures historiques et de référence permettant une analyse de l'évolution dans le temps;
- acquisition de la trace réflectométrique de la fibre;
- gestion des alarmes (urgentes et non urgentes) lorsque l'affaiblissement de la liaison est supérieur à un niveau acceptable;
- exécution des mesures d'affaiblissement dans les épissures et mesures de réflexion dans les connecteurs;
- système à fibres optiques de secours permettant de rétablir la communication avec les centres de contrôle passant par un système secondaire au cas où le système principal est défaillant;
- textes et rapports de la base de données avec des moyens Internet;
- système d'information géographique montrant (graphiquement) les informations relatives à l'installation à fibres optiques et aux différents niveaux (national, territorial, local) en fonction de la manière dont ils sont définis.

## V.5 Système

L'architecture matérielle du système de surveillance qui est nécessaire pour exécuter les fonctions définies au paragraphe précédent est présentée dans la Figure V.1.

Dans ce diagramme, on distingue les éléments de base suivants:

- **Système de commande:** cet élément exécute et contrôle toutes les fonctions de gestion, de surveillance et de commande de l'installation à fibres optiques et les surveille.
- **Centre de contrôle à distance:** contrôle le potentiel et les possibilités de communiquer des utilisateurs du système.
- **Poste de travail:** poste de travail assigné à l'utilisateur du système. Ce poste peut être physiquement connecté au sous-système de contrôle ou à un centre de commande à distance.
- **Multiplexeur (MUX):** on peut considérer que cet élément est un concentrateur de communications par lequel est faite toute la gestion des communications des terminaux OFPT avec les différents points d'exploitation. La connexion entre MUX et OFPT est généralement de type point à point (PTP, *point-to-point*) utilisant, en cas de nécessité, le réseau téléphonique de base comme ligne de secours dans l'éventualité d'une perte des communications point à point.



T0605140-01

**Figure V.1/L.40 – Architecture du système OFMS**

- **Terminal OFTP**: constitué de trois modules différents (contrôle des communications, mesures réflectométriques et sélection locale), il contrôle l'état de la fibre assignée et déclenche une alarme (qui est communiquée au centre de contrôle correspondant) lorsque le résultat de la mesure est extérieur à des limites de référence fixées d'avance.
- **Module de sélection à distance**: ce module est connecté au moyen d'une fibre optique au terminal OFTP dans le but de rendre possible la surveillance de la fibre (ou d'une section de celle-ci) lorsqu'elle est éloignée de ce terminal.

## V.6 Intégration du système dans la surveillance centralisée

Comme expliqué en détail ci-dessus, le système de surveillance des fibres optiques est un système de gestion et de contrôle des installations qui doit être intégré dans la structure de surveillance centralisée de l'installation en question.

## 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
<b>Série L</b>	<b>Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures</b>
Série M	RGT et maintenance des réseaux: 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 de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication