



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.872

(02/99)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Systemes de transmission numériques – Réseaux
numériques – Réseaux de transport optiques

Architecture des réseaux optiques de transport

Recommandation UIT-T G.872

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G

SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
SYSTÈMES INTERNATIONAUX ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIODÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
EQUIPEMENTS DE TEST	
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
SYSTÈMES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUES	
EQUIPEMENTS TERMINAUX	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
Généralités	G.800–G.809
Objectifs de conception pour les réseaux numériques	G.810–G.819
Objectifs de qualité et de disponibilité	G.820–G.829
Fonctions et capacités du réseau	G.830–G.839
Caractéristiques des réseaux à hiérarchie numérique synchrone	G.840–G.849
Gestion du réseau de transport	G.850–G.859
Intégration des systèmes satellitaires et hertziens à hiérarchie numérique synchrone	G.860–G.869
Réseaux de transport optiques	G.870–G.879
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999

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

ARCHITECTURE DES RESEAUX OPTIQUES DE TRANSPORT

Résumé

La présente Recommandation décrit l'architecture fonctionnelle des réseaux optiques de transport utilisant la méthode de modélisation décrite dans la Recommandation G.805. La fonctionnalité de réseau optique de transport est décrite sous l'angle de la couche Réseau compte tenu d'une structure stratifiée de réseau optique, des informations caractéristiques des clients, des associations entre couche cliente et couche serveuse, de la topologie de réseautage, ainsi que de la fonctionnalité de réseau de couche assurant la transmission du signal optique, le multiplexage, le routage, la supervision, l'évaluation de la qualité et la capacité de survie du réseau.

Source

La Recommandation UIT-T G.872, élaborée par la Commission d'études 13 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 26 février 1999 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

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.

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

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

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, le terme *exploitation reconnue (ER)* désigne tout particulier, toute entreprise, toute société ou tout organisme public qui exploite un service de correspondance publique. Les termes *Administration*, *ER* et *correspondance publique* sont définis dans la *Constitution de l'UIT (Genève, 1992)*.

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 1999

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

		Page
1	Domaine d'application.....	1
2	Références normatives	1
3	Termes et définitions.....	2
4	Abréviations	3
5	Architecture fonctionnelle du transport par réseau optique	5
5.1	Principes généraux	5
5.2	Structure stratifiée d'un réseau optique de transport.....	5
5.3	Réseau de couche canaux optiques	8
	5.3.1 Terminaison de chemin par canal optique	8
	5.3.2 Entités de transport par canal optique (OCh).....	9
5.4	Réseau de couche sections optiques multiplex.....	9
	5.4.1 Terminaison de chemin de section optique multiplex	10
	5.4.2 Entités de transport par section optique multiplex (OMS)	10
5.5	Réseau de couche sections optiques de transmission.....	10
	5.5.1 Terminaison de chemin de section optique de transmission.....	12
	5.5.2 Entités de transport par section optique de transmission (OTS).....	12
5.6	Associations client/serveur.....	12
	5.6.1 Adaptation canal optique/client.....	13
	5.6.2 Adaptation section optique multiplex/canal optique.....	13
	5.6.3 Adaptation section optique de transmission/section optique multiplex.....	14
5.7	Topologie de réseau optique.....	14
	5.7.1 Connexions et chemins unidirectionnels et bidirectionnels.....	14
	5.7.2 Connexions et chemins point à multipoint.....	14
6	Gestion de réseau optique.....	15
6.1	Prescriptions génériques.....	15
	6.1.1 Gestion générique des dérangements, de la configuration et de la qualité de fonctionnement.....	15
	6.1.2 Communications de gestion générique	16
	6.1.3 Gestion générique d'interaction client/serveur.....	16
6.2	Prescriptions de gestion de réseau optique de couche.....	16
	6.2.1 Supervision de connexion	17
	6.2.2 Supervision de qualité de signal.....	20
	6.2.3 Gestion d'adaptation.....	20
	6.2.4 Commande de protection	21
	6.2.5 Communications de gestion	21

	Page
6.2.6	Autres besoins de communication 21
6.3	Techniques et applications de supervision de connexion..... 21
6.3.1	Surveillance inhérente..... 21
6.3.2	Surveillance non intrusive..... 22
6.3.3	Surveillance intrusive..... 23
6.3.4	Surveillance de sous-couche 23
6.3.5	Surveillance des connexions inutilisées 23
6.3.6	Surveillance des connexions en cascade 23
7	Techniques de capacité de survie pour réseau optique..... 24
7.1	Protection 24
7.2	Rétablissement du réseau 26
8	Interconnexion et interfonctionnement entre différents domaines administratifs..... 26
	Annexe A – Atténuation des dégradations et régénération..... 30
	Appendice I – Exemples de fonctionnalité de réseau optique..... 32
I.1	Conversion de longueur d'onde 32
I.2	Brasseur 32
I.3	Régénération..... 32

Recommandation G.872

ARCHITECTURE DES RESEAUX OPTIQUES DE TRANSPORT

(Genève, 1999)

1 Domaine d'application

La présente Recommandation est limitée à la description fonctionnelle des réseaux optiques de transport qui prennent en charge les signaux numériques. La prise en charge des signaux mixtes numérique/analogiques est hors du présent domaine d'application.

Il est reconnu que la conception des réseaux optiques est soumise à des limitations imposées par l'accumulation de dégradations introduites par les divers éléments du réseau et par la topologie de celui-ci. Un grand nombre de ces dégradations, ainsi que l'importance de leurs effets, sont associées à des réalisations technologiques particulières de l'architecture décrite dans la présente Recommandation et sont donc appelées à évoluer au fur et à mesure des progrès techniques. La description proprement dite de ces effets est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui de ce fait en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée.

- Recommandation UIT-T G.652 (1997), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes.*
- Recommandation UIT-T G.653 (1997), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée.*
- Recommandation UIT-T G.655 (1996), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée non nulle.*
- Recommandation UIT-T G.681 (1996), *Caractéristiques fonctionnelles des jonctions urbaines et interurbaines utilisant des amplificateurs optiques, y compris le multiplexage optique.*
- Recommandation UIT-T G.707 (1996), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.803 (1997), *Architecture des réseaux de transport à hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.805 (1995), *Architecture fonctionnelle générale des réseaux de transport.*

- Recommandation UIT-T G.957 (1995), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T I.326 (1995), *Architecture fonctionnelle des réseaux de transport fondés sur le mode ATM.*

3 Termes et définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1 gestion d'adaptation: ensemble des processus permettant de gérer l'adaptation (dans les deux sens) d'un réseau de couche client et d'un réseau de couche serveur.

3.2 supervision de connexion: ensemble des processus permettant de surveiller l'intégrité d'une connexion faisant partie d'un chemin. Cet ensemble se compose des processus associés à la supervision de la connectivité et de la continuité.

3.3 supervision de la connectivité: ensemble des processus permettant de surveiller l'intégrité du routage de la connexion entre les terminaisons source et collecteur d'un chemin.

3.4 supervision de la continuité: ensemble des processus permettant de surveiller l'intégrité de la continuité d'un chemin.

3.5 interface interdomaniale (IrDI): interface physique qui représente la limite entre deux domaines administratifs.

3.6 interface intradomaniale (IaDI): interface physique située à l'intérieur d'un domaine administratif.

3.7 indication de maintenance: ensemble des processus permettant d'indiquer des défauts dans une connexion qui fait partie d'un chemin, dans les sens aval et amont.

3.8 communications de gestion: ensemble des processus assurant des communications aux fins de la gestion.

3.9 interface conforme OTN: interface du réseau optique de transport fondé sur l'architecture définie dans la présente Recommandation (G.872).

3.10 interface non conforme OTN: interface non conforme aux Recommandations relatives aux interfaces qui seront définies pour le réseau optique de transport fondé sur l'architecture définie dans la présente Recommandation (G.872).

3.11 informations d'en-tête: six types d'informations de surdébit sont définis:

- 1) **informations d'en-tête de terminaison de chemin:** informations produites par la terminaison-source d'un chemin et extraites par la terminaison-collecteur de ce chemin pour surveiller celui-ci. Ces informations de surdébit sont propres à un réseau de couche et sont indépendantes de toute relation client/serveur entre couches du réseau.
- 2) **informations d'en-tête propres au client:** informations qui sont associées à une relation client/serveur particulière et qui sont donc traitées par une fonction d'adaptation particulière.
- 3) **informations d'en-tête de canal auxiliaire:** informations qui peuvent être transférées par une couche de réseau optique mais qui ne doivent pas nécessairement être associées à une connexion particulière. Exemple d'un tel canal auxiliaire: canal de communication de données permettant de transférer des données de gestion entre entités de gestion.

NOTE – Ces entités de gestion ne sont pas des fonctions de terminaison ou d'adaptation de chemin.

- 4) **informations d'en-tête réservées pour usage national**

- 5) **informations d'en-tête non assignées:** ces informations de surdébit peuvent être de type 1, 2, 3 ou 4 comme défini ci-dessus.
- 6) **informations d'en-tête propres à l'opérateur de réseau:** informations qui peuvent être utilisées par un opérateur afin de prendre en charge ses besoins particuliers de réseau optique ou afin d'assurer une différenciation entre les services. Le contenu de ces informations n'est pas normalisé.

3.12 réseau optique de transport: réseau de transport limité par des points d'accès à des canaux optiques.

3.13 canal optique de supervision (OSC): porteuse optique qui transfère des informations de surdébit entre des entités de transport d'une section de transmission optique. Le canal optique de supervision prend en charge plusieurs types d'informations de surdébit, dont certains peuvent être utilisés par une ou plusieurs couches de transport.

3.14 commande de protection: informations et ensemble des processus permettant d'assurer la régulation des commutations de protection pour une connexion de chemin ou de sous-réseau.

3.15 supervision de la qualité du signal: ensemble des processus permettant de surveiller la qualité d'une connexion prenant en charge un chemin.

3.16 supervision de connexion de sous-réseau: ensemble des processus permettant d'assurer la supervision de la connexité ou la supervision de la continuité ou la supervision de la qualité des signaux pour une connexion de sous-réseau qui prend en charge un chemin.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AP	point d'accès (voir Recommandation G.805) (<i>access point</i>)
APS	commutation automatique de protection (<i>automatic protection switching</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (voir la Recommandation I.326) (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BDI	indication de défaut vers l'arrière (<i>backward defect indication</i>)
CP	point de connexion (voir Recommandation G.805)
FDI	indication de défaut vers l'avant (<i>forward defect indication</i>)
IaDI	interface intradomaniale
IrDI	interface interdomaniale
LOC	perte de continuité (<i>loss of continuity</i>)
MPCP	point de connexion multipoint
NE	élément de réseau (<i>network element</i>)
NRZ	non-retour à zéro
OCh	canal optique
OCh/Client_A	adaptation canal optique/client
OCh_LC	connexion de liaison par canal optique (<i>optical channel link connection</i>)
OCh_NC	connexion de réseau par canal optique
OCh_SN	sous-réseau de canal optique (<i>optical channel subnetwork</i>)

OCh_SNC	connexion de sous-réseau de canal optique (<i>optical channel subnetwork connection</i>)
OCh_TT	terminaison de chemin par canal optique (<i>optical channel trail termination</i>)
OMS	section optique multiplex
OMS _n	section optique multiplex d'ordre n
OMS/OCh_A	adaptation de section optique multiplex/canal optique
OMS_LC	connexion de liaison par section optique multiplex (<i>optical multiplex section link connection</i>)
OMS_NC	connexion de réseau par section optique multiplex (<i>optical multiplex section network connection</i>)
OMS_TT	terminaison de chemin par section optique multiplex (<i>optical multiplex section trail termination</i>)
OSC	canal optique de supervision
OTM	module optique de transport
OTM _n	module optique de transport d'ordre n
OTN	réseau optique de transport (<i>optical transport network</i>)
OTS	section optique de transmission
OTS _n	section optique de transmission d'ordre n
OTS/OMS_A	adaptation de section optique de transmission/section optique multiplex
OTS_LC	connexion de liaison par section optique de transmission (<i>optical transmission section link connection</i>)
OTS_NC	connexion de réseau par section optique de transmission (<i>optical transmission section network connection</i>)
OTS_SN	sous-réseau de section optique de transmission (<i>optical transmission section subnetwork</i>)
OTS_SNC	connexion de sous-réseau de section optique de transmission (<i>optical transmission section subnetwork connection</i>)
OTS_TT	terminaison de chemin par section optique de transmission (<i>optical transmission section trail termination</i>)
OTU	unité optique de transport
OTUG _n	groupe d'unité optique de transport d'ordre n
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PTI	identificateur de type de capacité utile (<i>payload type identifier</i>)
RS	section régénérée (voir Recommandation G.803)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (voir Recommandation G.707) (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SNC	connexion de sous-réseau (voir Recommandation G.805) (<i>subnetwork connection</i>)
SNC/I	protection de connexion de sous-réseau avec surveillance inhérente (<i>subnetwork connection protection with inherent monitoring</i>)

SNC/N	protection de connexion de sous-réseau avec surveillance non intrusive (<i>subnetwork connection protection with non-intrusive monitoring</i>)
STM-N	module de transport synchrone de niveau N (voir Recommandation G.707) (<i>synchronous transport module level N</i>)
TCP	point de connexion de terminaison (voir Recommandation G.805) (<i>termination connection point</i>)
TDM	multiplexage temporel (<i>time division multiplexing</i>)
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde (<i>wave length division multiplexing</i>)

5 Architecture fonctionnelle du transport par réseau optique

5.1 Principes généraux

Les réseaux optiques se composent de fonctionnalités assurant le transport, le multiplexage, le routage, la supervision et l'autoréparabilité de signaux clients traités essentiellement dans le domaine photonique. Ces fonctionnalités pour réseaux optiques sont décrites sous l'angle de la couche Réseau conformément aux principes généraux qui sont définis dans la Recommandation G.805. Les aspects spécifiques concernant la structure stratifiée du réseau optique de transport, les informations caractéristiques, les associations de couches client/serveur, la topologie du réseau et la fonctionnalité de réseau de couche sont traités dans la présente Recommandation, qui utilise la terminologie, l'architecture fonctionnelle et les conventions graphiques définies dans la Recommandation G.805.

Conformément à la Recommandation G.805, le réseau optique de transport se décompose en réseaux de couche de transport indépendants, chaque réseau de couche pouvant être décomposé séparément de façon à refléter sa structure interne.

Dans la description fonctionnelle suivante, les signaux optiques sont caractérisés par leur longueur d'onde (ou par leur fréquence centrale). Ils peuvent être traités par longueur d'onde individuelle ou sous forme d'un groupe de longueurs d'onde multiplexées par répartition en longueur d'onde (WDM). La description fonctionnelle d'autres techniques de multiplexage optique (comme le multiplexage optique par répartition en code) dans les réseaux optiques fera l'objet d'un complément d'étude.

5.2 Structure stratifiée d'un réseau optique de transport

La structure stratifiée d'un réseau optique de transport se compose des réseaux de couche canaux optiques, de couche sections optiques multiplex et de couche sections optiques de transmission, comme illustré dans la Figure 1. Cette structure en trois couches se fonde sur les motifs suivants:

Réseau de couche canaux optiques – Ce réseau de couche réalise le réseautage de bout en bout de canaux optiques pour acheminer en transparence des informations clientes de divers formats (par exemple SDH à modules STM-N, PDH à 565 Mbit/s, ATM cellulaire, etc.). La description des réseaux de couche clients pris en charge est hors du domaine d'application de la présente Recommandation. Pour réaliser ce réseautage de bout en bout, les capacités suivantes sont incluses dans ce réseau de couche:

- reconfiguration des connexions par canaux optiques afin d'assurer un routage flexible dans le réseau;
- processus de surdébit de canal optique afin d'assurer l'intégrité des informations adaptées aux canaux optiques;

- fonctions de supervision des canaux optiques afin d'activer les opérations au niveau du réseau et fonctions de gestion comme la fourniture du profil de connexion, l'échange des paramètres de qualité de service et la capacité de survie du réseau.

Réseau de couche sections optiques multiplex – Ce réseau de couche fournit la fonctionnalité de réseautage d'un signal optique à multiples longueurs d'onde. Noter qu'un signal "à multiples longueurs d'onde" concerne aussi le cas où il existe un seul canal optique. Les capacités de ce réseau de couche sont les suivantes:

- processus d'en-tête de section optique multiplex afin d'assurer l'intégrité des informations adaptées aux sections optiques multiplex à longueurs d'onde multiples;
- fonctions de supervision des sections optiques multiplex afin d'activer les opérations au niveau du réseau et fonctions de gestion comme la capacité de survie des sections multiplex.

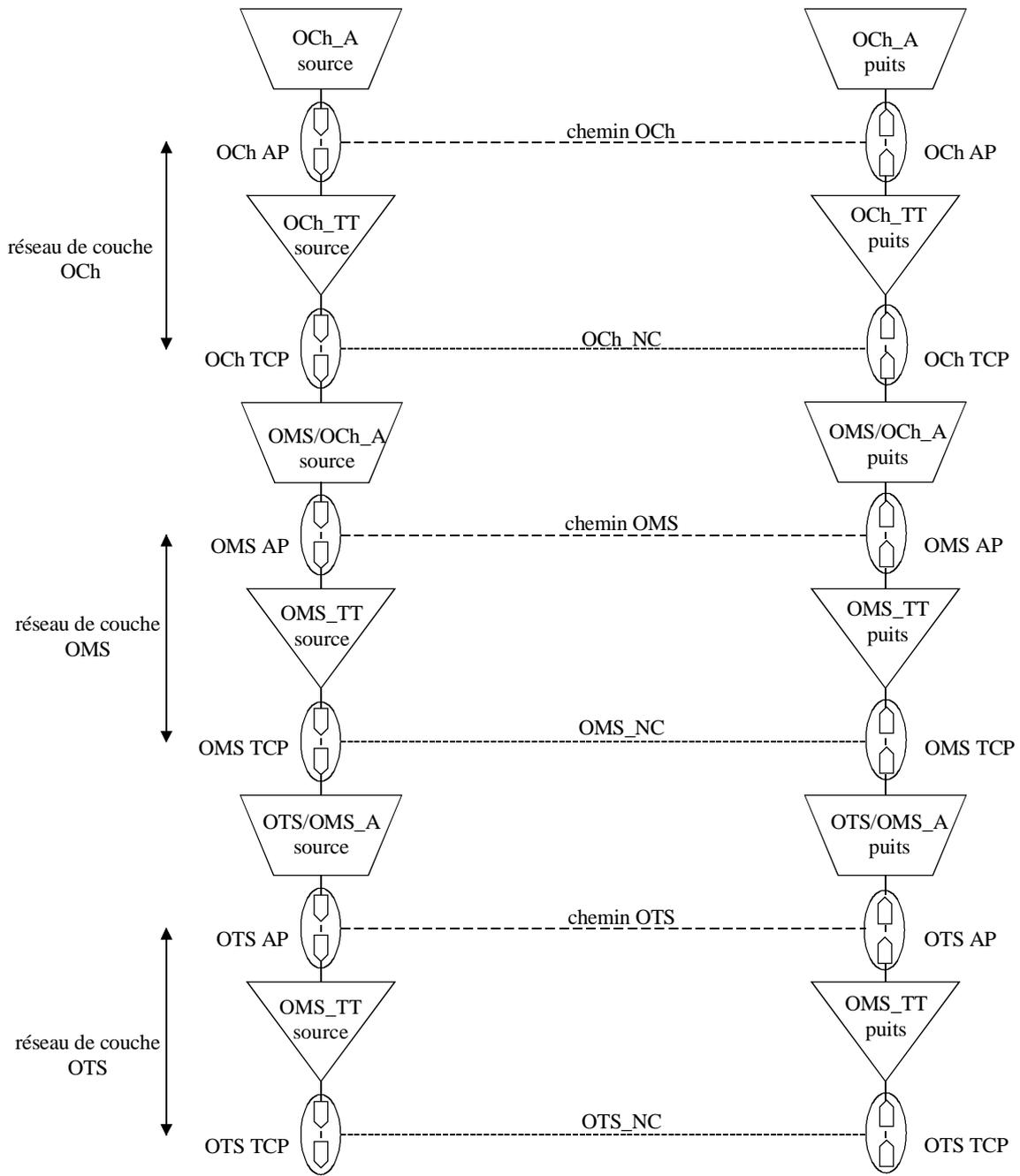
Ces capacités de réseautage, appliquées à des signaux optiques à multiples longueurs d'onde, permettent de prendre en charge l'exploitation et la gestion de réseaux optiques.

Réseau de couche sections optiques de transmission – Ce réseau de couche fournit la fonctionnalité de transmission de signaux optiques sur des supports optiques de divers types (par exemple fibres G.652, G.653 et G.655). Les capacités de ce réseau de couche sont les suivantes:

- processus d'en-tête de section optique de transmission afin d'assurer l'intégrité des informations adaptées aux sections optiques de transmission;
- fonctions de supervision des sections optiques de transmission afin d'activer les opérations au niveau du réseau et fonctions de gestion comme la capacité de survie des sections de transmission.

Réseau de couche supports physiques – Le réseau de couche supports physiques d'un réseau optique est de type à fibres optiques défini. Ce réseau de couche supports physiques est le serveur de la section optique de transmission. La description détaillée de cette couche est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

La description fonctionnelle détaillée des réseaux optiques de couche fait l'objet des sous-paragraphes suivants.



T1315070-98

Figure 1/G.872 – Association client-serveur dans un réseau optique de transport

Il existe trois types de terminaison de chemin par canal optique:

- terminaison de chemin par canal optique bidirectionnel, qui se compose d'une paire de fonctions copositionnées de source et de puits de terminaison de chemin par canal optique;
- source de terminaison de chemin par canal optique, qui accepte à son entrée des informations adaptées en provenance d'un réseau de couche client, qui insère l'en-tête de terminaison de chemin par canal optique en tant que flux de données logiques séparé et distinct, et qui présente à sa sortie les informations caractéristiques du réseau de couche canaux optiques;
- puits de terminaison de chemin par canal optique, qui accepte à son entrée les informations caractéristiques du réseau de couche canaux optiques, qui extrait le flux de données logiques séparé et distinct contenant l'en-tête de terminaison de chemin par canal optique et qui présente à sa sortie les informations adaptées.

5.3.2 Entités de transport par canal optique (OCh)

Les connexions de réseau, les connexions de liaison et les chemins sont conformes à la description figurant dans la Recommandation G.805.

Le sous-réseau de canal optique (OCh_{SN}) assure la flexibilité à l'intérieur de la couche des canaux optiques. Les informations caractéristiques sont aiguillées entre les points de connexion (de terminaison) d'entrée [(T) CP] et les points de connexion (de terminaison) [(T) CP] de sortie. La fonction de connexion peut être utilisée par l'opérateur du réseau pour assurer le routage, la rectification, la protection et la restauration.

5.4 Réseau de couche sections optiques multiplex

Le réseau de couche sections optiques multiplex assure le transport de canaux optiques au moyen d'un chemin de sections optiques multiplex établi entre des points d'accès. Les informations caractéristiques d'un réseau de couche sections optiques multiplex se composent de deux signaux logiques séparés et distincts:

- un flux de données qui constitue les informations adaptées de la couche canaux optiques. Ce flux de données contient un ensemble de n canaux optiques qui, en tant qu'ensemble, ont une certaine largeur de bande optique collective;
- un flux de données qui constitue l'en-tête de terminaison de chemin par sections optiques multiplex.

Chaque canal possède une longueur d'onde de porteuse (fréquence) définie et une largeur de bande optique (celle qui est assurée par ce canal optique plus la stabilité de source). Les canaux optiques individuels contenus dans un multiplex optique peuvent être soit en service soit hors service. Les canaux hors service peuvent être soit allumés soit éteints.

Ces informations caractéristiques de section optique multiplex constituent un groupe d'unité optique de transport d'ordre n (OTUG_n).

Le réseau de couche sections optiques multiplex contient les fonctions de transport et les entités de transport suivantes (Figure 3):

- chemin de sections optiques multiplex;
- source de terminaison de chemin de sections optiques multiplex (OMS_{TT}_Source, *OMS trail termination source*);
- puits de terminaison de chemin de sections optiques multiplex (OMS_{TT}_Sink, *OMS trail termination sink*);

- connexion de réseau par sections optiques multiplex (OMS_NC);
- connexion de liaison par sections optiques multiplex (OMS_LC).

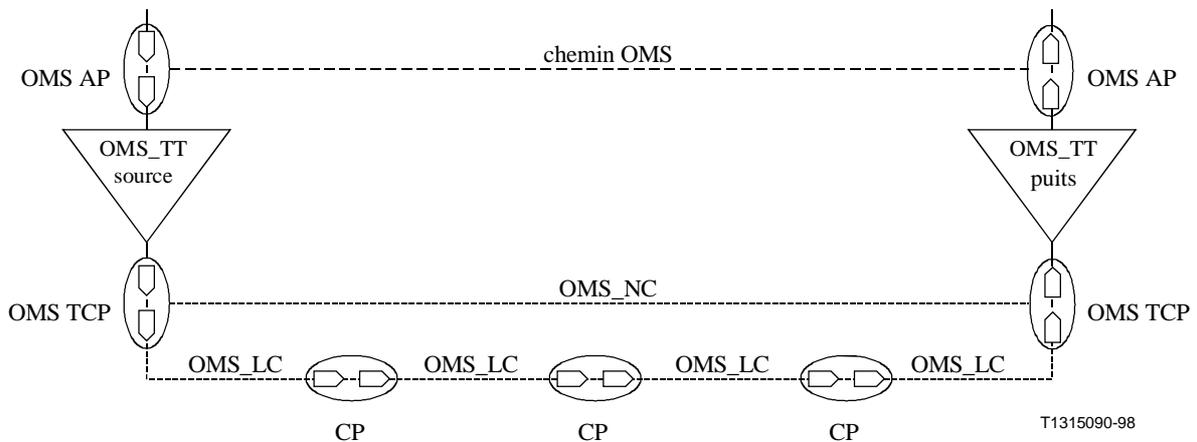


Figure 3/G.872 – Exemple de réseau de couche OMS

5.4.1 Terminaison de chemin de section optique multiplex

Les processus génériques de terminaison suivants peuvent être attribués à la terminaison de chemin par section optique multiplex:

- évaluation de la qualité de transmission;
- détection et indication des défauts de transmission.

La prescription de ces processus est décrite en détail dans au 6.2.

Il existe trois types de terminaison de chemin par section optique multiplex:

- terminaison de chemin par section optique multiplex bidirectionnelle, qui se compose d'une paire de fonctions copositionnées de source et de puits de terminaison de chemin par section optique multiplex;
- source de terminaison de chemin par section optique multiplex, qui accepte à son entrée des informations adaptées en provenance du réseau de couche canaux optiques, qui insère l'en-tête de terminaison de chemin par section optique multiplex, et qui présente à sa sortie les informations caractéristiques du réseau de couche sections optiques multiplex;
- puits de terminaison de chemin par section optique multiplex, qui accepte à son entrée les informations caractéristiques du réseau de couche canaux optiques, qui extrait l'en-tête de section optique multiplex et qui présente à sa sortie les informations adaptées.

5.4.2 Entités de transport par section optique multiplex (OMS)

Les connexions de réseau, les connexions de liaison et les chemins sont conformes à la description figurant dans la Recommandation G.805. Aucun sous-réseau de section optique multiplex n'est défini car il n'y a pas de flexibilité dans ce réseau de couche.

5.5 Réseau de couche sections optiques de transmission

Le réseau de couche sections optiques de transmission assure le transport d'une section optique multiplex sur un chemin de section optique de transmission entre des points d'accès. Une section optique de transmission d'ordre n prend en charge une seule instance de section optique multiplex du même ordre. Il existe un mappage biunivoque entre ces deux couches. La section OTS définit une

interface physique avec des paramètres optiques tels que la fréquence, le niveau de puissance et le rapport signal sur bruit. Les informations caractéristiques de la section OTS se composent de deux signaux logiques, séparés et distincts:

- les informations adaptées de la couche des sections OMS;
- le surdébit de gestion/maintenance propre à la terminaison de chemin de section OTS.

Physiquement, une section OTS se compose des éléments suivants:

- un multiplex optique d'ordre n;
- un canal optique de supervision.

Ces informations caractéristiques définissent un module optique de transport d'ordre n (OTMn).

NOTE – Dans le cas d'une section OTS-1 dans un système sans terminaisons de section OTS de boucle locale, ou dans le cas d'une section OTS-1 utilisée comme interface OTN_IrDI (paragraphe 8), les solutions de remplacement d'un canal OSC pour transporter les informations d'en-tête feront l'objet d'un complément d'étude.

Le réseau de couche sections OTS contient les fonctions de transport et les entités de transport suivantes (Figure 4):

- chemin de sections OTS;
- source de terminaison de chemin de sections OTS (OTS_TT_Source, *OTS trail termination source*);
- puits de terminaison de chemin de sections OTS (OTS_TT_Sink, *OTS trail termination sink*);
- connexion de réseau par sections OTS (OTS_NC);
- connexion de liaison par sections OTS (OTS_LC);
- sous-réseau de section OTS (OTS_SN);
- connexion de sous-réseau de section OTS (OTS_SNC).

NOTE – Le sous-réseau OTS_SN et la connexion OTS_SNC n'existent qu'avec une protection de connexion de réseau par section OTS 1+1.

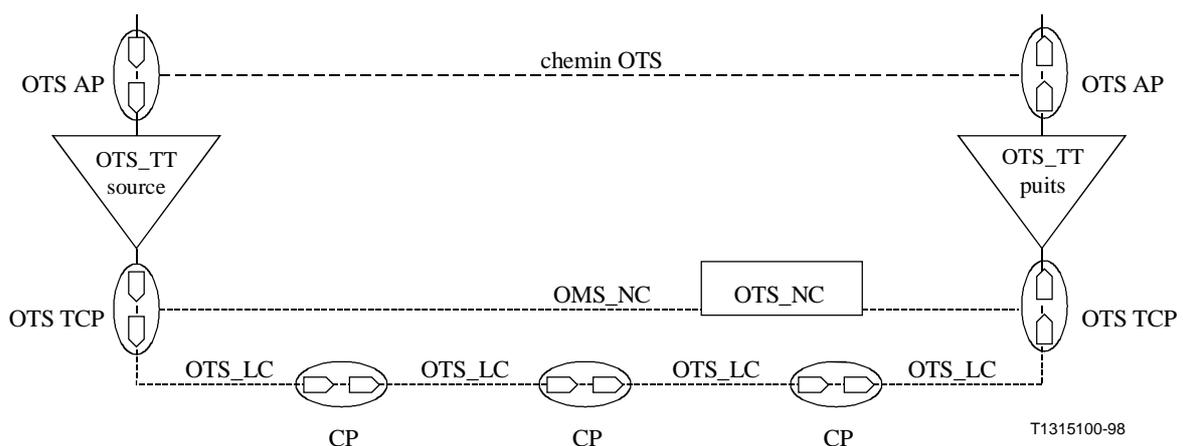


Figure 4/G.872 – Exemple de réseau de couche OTS

5.5.1 Terminaison de chemin de section optique de transmission

Les processus génériques suivants peuvent être attribués à la terminaison de chemin de section optique de transmission:

- validation de connexité;
- évaluation de qualité de transmission;
- détection et indication de défaut de transmission.

Les moyens permettant d'offrir ces processus sont décrits au 6.2.

Il existe trois types de terminaison de chemin par section optique de transmission:

- terminaison de chemin par section optique de transmission bidirectionnelle, qui se compose d'une paire de fonctions copositionnées de source et de puits de terminaison de chemin par section optique multiplex;
- source de terminaison de chemin par section optique de transmission, qui accepte à son entrée des informations adaptées en provenance d'un réseau de couche client, qui insère l'en-tête de terminaison de chemin par section optique de transmission, qui produit le canal optique de supervision et l'ajoute au signal principal. La fonction de terminaison de chemin conditionne les informations afin de les transmettre sur le support physique et veille à ce que le signal optique soit conforme aux prescriptions de l'interface physique. La sortie de la source de terminaison de chemin par section OTS est constituée par les informations caractéristiques du réseau de couche sections OTS. Ces informations caractéristiques sont mises en rapport avec un module optique de transport (OTM).
- puits de terminaison de chemin par section optique de transmission, qui accepte à son entrée les informations caractéristiques du réseau de couche OTS, qui extrait du signal optique principal le canal optique de supervision, qui traite l'en-tête de terminaison de chemin par section OTS contenu dans le canal optique de supervision et qui présente à sa sortie les informations adaptées.

5.5.2 Entités de transport par section optique de transmission (OTS)

Les connexions de réseau, les connexions de liaison et les chemins sont conformes à la description figurant dans la Recommandation G.805.

Le sous-réseau de section OTS (OTS_SN) assure la protection des connexions de sous-réseau (SNC) dans la couche des sections optiques de transmission. Les informations caractéristiques sont acheminées entre les points de connexion (de terminaison) [(T) CP] d'entrée et les points de connexion (de terminaison) [(T) CP] de sortie.

5.6 Associations client/serveur

Une caractéristique essentielle des réseaux optiques de transport est la possibilité de prendre en charge une grande variété de réseaux de couche clients. Exemples de tels réseaux de couche clients: un module STM-N de hiérarchie SDH ou un flux contigu de cellules ATM. Les restrictions ou les règles limitant la capacité d'un canal optique de transférer un réseau de couche client particulier feront l'objet d'un complément d'étude.

La structure des réseaux optiques de couche et les fonctions d'adaptation correspondantes sont indiquées sur la Figure 1. Pour la description du réseau optique de transport, l'adaptation entre les couches est désignée au moyen de la relation client/serveur.

5.6.1 Adaptation canal optique/client

L'adaptation canal optique/client (OCh/Client_A) est considérée comme comportant deux types de processus: ceux qui sont spécifiques du client et ceux qui sont spécifiques du serveur. La description des processus spécifiques du client est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

La fonction bidirectionnelle d'adaptation canal optique/client (OCh/Client_A) est remplie par une paire de fonctions compositionnées de source et de collecteur d'adaptation OCh/Client.

La source d'adaptation OCh/Client (OCh/Client_A_So) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- tout le traitement requis pour produire un flux de données continu pouvant être modulé sur une porteuse à fréquence optique. Les processus requis dépendent de la relation client/serveur particulière et peuvent être de type néant. Pour un client numérique, l'adaptation peut comporter un traitement tel que le brassage et le codage de canal (par exemple NRZ). Pour un mappage numérique, les informations adaptées forment un flux de données continu ayant un débit et un motif de codage définis;
- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au 6.2.

Le puits d'adaptation OCh/Client (OCh/Client_A_Sk) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- extraction du signal client du flux de données continu. Ces processus dépendent de la relation client/serveur particulière et peuvent être de type néant. Pour un client numérique, l'adaptation peut comporter des processus tels que la récupération du rythme, le décodage et le débrassage;
- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au 6.2.

5.6.2 Adaptation section optique multiplex/canal optique

La fonction bidirectionnelle d'adaptation section optique multiplex/canal optique (OMS/OCh_A) est remplie par une paire de fonctions copositionnées de source et de puits d'adaptation OMS/OCh.

La source d'adaptation OMS/OCh (OMS/OCh_A_So) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- modulation d'une porteuse optique par le signal d'unité optique de transport au moyen d'un motif de modulation défini;
- attribution de longueur d'onde (ou de fréquence) et de puissance à la porteuse optique;
- multiplexage de canaux optiques pour former un multiplex optique;
- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au 6.2.

NOTE – La fonction d'adaptation est considérée comme étant associée à deux flux de données: l'un concernant la principale capacité utile optique et l'autre associé à la partie de l'en-tête qui n'est pas traitée par les terminaisons OMS_TT. Cela est également vrai pour la fonction de puits d'adaptation.

Le puits d'adaptation OMS/OCh (OMS/OCh_A_Sk) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- démultiplexage de canaux optiques en fonction de la longueur d'onde (ou de la fréquence) de la porteuse;
- terminaison de la porteuse optique et extraction de l'unité optique de transport;
- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au 6.2.

5.6.3 Adaptation section optique de transmission/section optique multiplex

La fonction bidirectionnelle d'adaptation section optique de transmission/section optique multiplex (OTS/OMS_A) est remplie par une paire de fonctions copositionnées de source et de puits d'adaptation OTS/OMS.

La source d'adaptation OTS/OMS (OTS/OMS_A_So) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au 6.2.

NOTE – La fonction d'adaptation est considérée comme étant associée à deux flux de données: l'un concernant la principale capacité utile optique et l'autre associé à la partie de l'en-tête qui n'est pas traitée par les terminaisons OTS_TT. Cela est également vrai pour la fonction de puits d'adaptation.

Le puits d'adaptation OTS/OMS (OTS/OMS_A_Sk) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au 6.2.

5.7 Topologie de réseau optique

Les couches d'un réseau optique peuvent prendre en charge des connexions point à point unidirectionnelles et bidirectionnelles, ainsi que des connexions point à multipoint unidirectionnelles.

5.7.1 Connexions et chemins unidirectionnels et bidirectionnels

Une connexion bidirectionnelle dans un réseau de couche serveur peut prendre en charge des connexions de réseau de couche client soit bidirectionnelles soit unidirectionnelles. Mais un réseau de couche serveur unidirectionnel ne peut prendre en charge que des clients unidirectionnels.

Une connexion bidirectionnelle de réseau de couche sections optiques de transmission peut être prise en charge par une seule fibre optique pour les deux sens (exploitation monofibre), ou par deux fibres optiques, une pour chaque sens.

Le transfert de flux OAM et d'en-tête en exploitation monofibre n'est pas actuellement examiné dans la présente Recommandation et fera l'objet d'un complément d'étude.

5.7.2 Connexions et chemins point à multipoint

Une connexion point à multipoint unidirectionnelle diffuse le trafic issu de la source vers un certain nombre de puits. C'est ce qui est décrit par la Figure 5, où une connexion point à multipoint est fournie dans la couche des canaux optiques au moyen d'un point de connexion multipoint (MPCP), qui est un point de référence reliant un port à un ensemble de connexions. Ce point représente la racine d'une connexion multipoint. La fonction de diffusion assurée par la liaison de point MPCP est limitée au sous-réseau dans lequel elle existe. Elle peut faire partie d'une fonction de multidiffusion (diffusion sélective) à l'intérieur d'un plus grand sous-réseau (intégrateur). Dans les réseaux optiques de transport, la connexion multipoint se limite à la diffusion unidirectionnelle. Ce type de connexion peut être appliqué dans le réseau de couche canaux optiques.

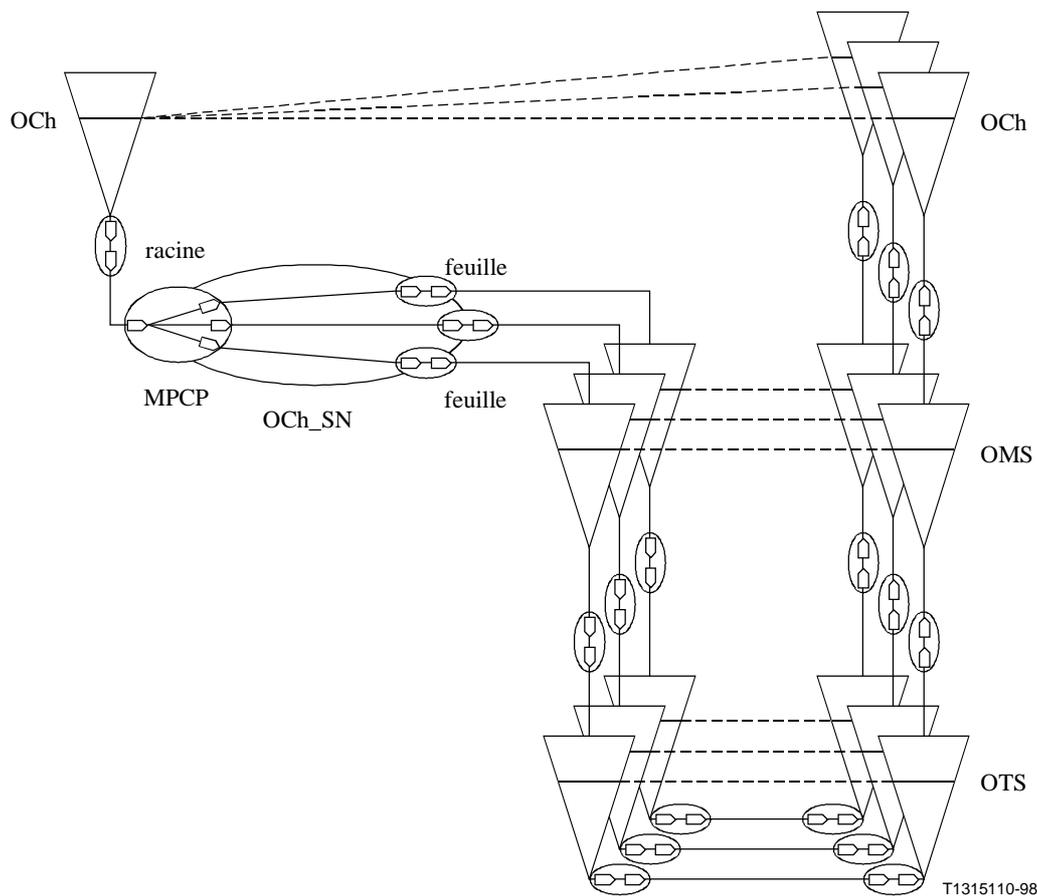


Figure 5/G.872 – Connexion point à multipoint par canal optique

6 Gestion de réseau optique

Le présent paragraphe décrit la gestion de réseau pour le réseau optique de transport. Il décrit en particulier les prescriptions génériques pour la gestion des dérangements, la gestion de la qualité de fonctionnement et la gestion de configuration. Les processus de gestion requis dans chacun des réseaux de couche sont décrits au 6.2 et résumés dans le Tableau 1. Le présent paragraphe décrit également des techniques de supervision des connexions.

6.1 Prescriptions génériques

6.1.1 Gestion générique des dérangements, de la configuration et de la qualité de fonctionnement

Le réseau optique de transport doit assurer la prise en charge de la gestion de bout en bout des dérangements, de la qualité de fonctionnement et de la configuration, aussi bien à l'intérieur de limites administratives qu'entre celles-ci.

Il doit permettre la détection et la notification en cas d'erreur de connexion.

Le réseau optique de transport doit permettre:

- d'assurer l'interconnexion d'entités de réseau de transport possédant des informations caractéristiques ou adaptées compatibles;
- de détecter les dérangements, de les isoler et de lancer des actions de reprise si nécessaire. Le réseau optique de transport doit permettre la maintenance locale.

En cas d'interruption de signal dans la couche serveuse, une notification doit être envoyée aux entités de réseau amont et aval de cette couche.

Le réseau optique de transport doit être capable de détecter des dégradations de qualité de fonctionnement afin d'éviter les défaillances et de vérifier la qualité de service.

6.1.2 Communications de gestion générique

Le réseau optique de transport doit permettre les communications entre:

- personnels sur sites distants;
- systèmes d'exploitation et éléments de réseau distants;
- terminaux d'ingénierie et éléments de réseau locaux ou distants.

Ces formes de communication peuvent également être assurées de façon externe vers le réseau optique de transport.

6.1.3 Gestion générique d'interaction client/serveur

Le réseau optique de transport doit détecter et indiquer le moment où un signal est absent dans une couche du réseau OTN client, ainsi que lorsque la couche serveuse fonctionne normalement.

Pour éviter des actions inutiles, inefficaces ou contradictoires en vue d'assurer la survie, il faut introduire des stratégies de progression (par exemple des temps d'attente de protection et des méthodes de suppression d'alarme):

- à l'intérieur d'une couche;
- entre couches serveuses et clientes.

6.2 Prescriptions de gestion de réseau optique de couche

Le présent paragraphe contient les prescriptions relatives aux capacités de gestion concernant les réseaux de couche canaux optiques, sections optiques multiplex et sections optiques de transmission. Le Tableau 1 contient un résumé des prescriptions de gestion de réseau de couche optique, qui est développé en détail ci-dessous.

Tableau 1/G.872 – Réseau optique de transport – Prescriptions relatives à la gestion du niveau réseau

Capacité de gestion	Processus	Fonction	Réseau de couche			Observations
			OCh	OMS	OTS	
Supervision de continuité	<ul style="list-style-type: none"> • Détection de perte de continuité 	TT	R	R	R	Voir 6.2.1
Supervision de connexité	<ul style="list-style-type: none"> • Identification du suivi de cheminement 	TT	R ^{a)}	NR	R	Voir 6.2.1
Informations de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Indication de défaut vers l'avant 	TT	R	R	R	Voir 6.2.1
	<ul style="list-style-type: none"> • Indication de défaut vers l'arrière 	TT	R	R	R	
	<ul style="list-style-type: none"> • Indication de qualité vers l'arrière 	TT	FFS	FFS	FFS	

**Tableau 1/G.872 – Réseau optique de transport – Prescriptions relatives
à la gestion du niveau réseau (fin)**

Capacité de gestion	Processus	Fonction	Réseau de couche			Observations
			OCh	OMS	OTS	
Supervision de qualité du signal	<ul style="list-style-type: none"> Surveillance de la qualité (paramètres à l'étude) 	TT	R	FFS	R	Voir 6.2.2
Gestion d'adaptation	<ul style="list-style-type: none"> Indication du type de capacité utile 	A	R	FFS	NA	Voir 6.2.3
Commande de protection	<ul style="list-style-type: none"> Protocole de commutation de protection automatique 	A/T	FFS	FFS	NR	Voir 6.2.4
Supervision de connexion de sous-réseau/en cascade/inutilisée	<ul style="list-style-type: none"> Supervision de connexion 	A/T	FFS	FFS	FFS	Voir 6.3
Communications de gestion	<ul style="list-style-type: none"> Canal en mode message 	A	NR	FFS	R	Voir 6.2.5
	<ul style="list-style-type: none"> Canal auxiliaire 	A	NR	NR	O	
Autres besoins de communication	<ul style="list-style-type: none"> Propre à l'opérateur 	A	NR	NR	R	Voir 6.2.6
	<ul style="list-style-type: none"> Usage national 	A	NR	NR	FFS	
<p>R requis</p> <p>A fonction d'adaptation</p> <p>FFS pour complément d'étude</p> <p>TT fonction de terminaison de chemin</p> <p>NA non applicable</p> <p>A/T processus pouvant être attribué à une ou à deux fonctions; l'attribution fera l'objet d'un complément d'étude.</p> <p>NR non requis</p> <p>O option</p> <p>a) la seule exception à cette prescription est décrite au 6.2.1.</p>						

6.2.1 Supervision de connexion

Il est prescrit que la gestion assure la supervision de l'intégrité de toutes les connexions de réseau qui prennent en charge les chemins d'un réseau de couche quelconque. Une connexion de liaison prise en charge par un réseau de couche serveur est supervisée au moyen de la fonction de supervision de continuité. Les connexions de sous-réseau qui résultent de l'association flexible de points de connexion dans le sous-réseau sont supervisées par la fonction de supervision de connectivité. Dans le cas particulier où il n'est pas possible de reconfigurer les connexions de réseau entre un groupe de sources de terminaison de chemin par canal optique source et un groupe de puits de terminaison de chemin par canal optique, la supervision de connectivité n'est pas requise.

Supervision de continuité

La supervision de continuité se rapporte à l'ensemble des processus permettant de surveiller l'intégrité de la continuité d'un chemin.

Le processus suivant est désigné pour la supervision de continuité:

- détection de perte de continuité (LOC, *loss of continuity*).

En général, la défaillance d'une connexion de liaison dans une couche serveuse sera indiquée à une couche cliente par une certaine indication d'échec de signal serveur. La couche des sections OTS, qui est la plus basse du réseau OTN, est un cas particulier car ses connexions de réseau sont directement prises en charge par la couche des supports physiques du réseau optique. Comme cette couche ne contient pas de composants actifs, le puits de terminaison de chemin par section OTS ne recevra pas d'indications d'échec de serveur – contrairement aux terminaisons de chemin dans les couches supérieures – et devra détecter lui-même les défaillances dans la couche des supports physiques du réseau optique.

Les défaillances du réseau optique comprennent les ruptures de fibre et les défaillances d'équipement. Celles-ci seront détectées comme telles et signalées par les capacités de surveillance des équipements.

Le cas de la rupture de fibre est le scénario de défaillance le plus important à considérer sous l'angle d'un niveau de réseau. A la suite d'une rupture de fibre, on peut observer une perte du signal composite au premier puits aval de terminaison de chemin par section OTS. Le signal composite se compose des longueurs d'onde multiplexées qui acheminent les canaux optiques et des longueurs d'onde multiplexées qui acheminent le canal optique de supervision. La perte du signal composite se traduit donc par une perte de continuité des longueurs d'onde multiplexées et par une perte de continuité du canal optique de supervision. Par la suite, la détection de la perte du signal composite sera indiquée à la couche cliente. Noter que la perte de continuité du canal optique de supervision ne déclenche pas par elle-même d'actions consécutives portant sur le signal client. En général, il conviendra de suivre les mêmes principes dans tout réseau de couche dont la capacité utile et l'en-tête possèdent des mécanismes de défaillance indépendants.

Dans la couche des sections OTS, une défaillance de composant optique peut provoquer une perte de canaux optiques mais ne peut pas provoquer une perte du canal optique de supervision. Il en résultera une indication d'échec du signal serveur vers la couche des sections OMS et une indication de défaut vers l'avant à l'intérieur de la couche des sections OTS, c'est-à-dire les mêmes actions consécutives que dans le cas d'une rupture de fibre.

Un échec de signal serveur, détecté par le puits de terminaison de chemin par section OMS, produira à son tour un échec de signal serveur en direction de la couche des canaux optiques. Dans la source d'adaptation de section OMS, l'échec du signal serveur se traduira par une indication vers l'avant d'un défaut des canaux optiques affectés. Il est concevable que le puits de terminaison de chemin par section OMS détectera une perte de continuité du chemin par section OMS sans détection de perte de continuité dans le chemin par section OTS. Les actions consécutives seront les mêmes que dans le cas d'un échec du signal serveur.

Un échec du signal serveur, détecté par le collecteur de terminaison de chemin par canaux optiques, produira à son tour l'envoi à la couche cliente d'un échec de signal serveur. Le traitement de l'échec de signal serveur dans la source d'adaptation de canal optique est propre au client. Il est concevable que le puits de terminaison de chemin par canal optique détectera une perte de continuité du chemin par canal optique sans détection de perte de continuité dans le chemin par section OTS ou OMS. Les actions consécutives sont les mêmes que dans le cas d'un échec du signal serveur.

Noter que des états de défaillance à l'intérieur du réseau OTN ou de connexions inutilisées (non allumées) de couche canaux optiques peuvent se traduire par une absence de capacité optique pour les chemins de couche serveuse en aval (par exemple, une rupture de fibre à l'entrée d'un amplificateur optique se traduit par une absence de canaux à la sortie de l'amplificateur optique en ligne). Ces événements ne doivent pas provoquer de perte de continuité pour ce chemin (par exemple une perte de canaux aux terminaisons de chemin par section OTS dans le cas ci-dessus). Une signalisation de maintenance appropriée doit être utilisée pour prévenir cette conséquence.

Supervision de connexité

La supervision de connexité correspond à l'ensemble des processus de surveillance de l'intégrité du routage d'une connexion entre source et puits de terminaison de chemin.

La supervision de connexité est nécessaire pour confirmer l'exactitude du routage d'une connexion entre source et puits de terminaison de chemin, au cours du processus d'établissement de cette connexion. La supervision de connexité est également nécessaire pour garantir la conservation de la connexité pendant que la connexion est active.

Le processus suivant est désigné pour la supervision de connexité:

- *Identification du suivi de cheminement*

L'identification du suivi de cheminement est nécessaire pour garantir que le signal reçu par un puits de terminaison de chemin provient de la source prévue de terminaison de chemin. Les prescriptions suivantes sont applicables:

- l'identification du suivi de cheminement est nécessaire dans la couche des sections OTS pour garantir que les câbles sont correctement connectés;
- l'identification du suivi de cheminement n'est pas nécessaire dans la couche des sections OMS parce qu'il existe une relation biunivoque entre les couches OTS et OMS, c'est-à-dire que la connexité de la couche OMS est fixe; la connexion par section OMS est donc déjà couverte par l'identification du suivi de cheminement dans les sections OTS. Une connexité flexible au niveau de la couche des sections OMS n'est pas envisagée;
- l'identification du suivi de cheminement dans la couche des canaux optiques n'est requise que s'il y a possibilité de reconfiguration des canaux entre source/puits de terminaison de chemin par canal optique.

La détection des défauts de connexité provoquera les mêmes actions consécutives que décrites ci-dessus pour la détection d'une perte de continuité dans les informations caractéristiques.

Indication de maintenance

L'indication de maintenance correspond à l'ensemble des processus permettant d'indiquer des défauts dans une connexion faisant partie d'un chemin. Les indications de défaut sont données dans le sens aval et dans le sens amont d'un chemin bidirectionnel.

Deux processus d'indication de maintenance sont désignés:

- indication de défaut vers l'avant (FDI);
- indication de défaut vers l'arrière (BDI).

Ces processus permettent une localisation des défauts et une maintenance locale.

L'indication FDI sert à indiquer en aval qu'un état de défaut a été détecté en amont. Cela permet de supprimer des rapports de défaillance superflus dus au défaut.

L'indication BDI renvoie en arrière, vers le puits de terminaison de chemin distant, la signalisation de l'état du chemin au niveau du puits de terminaison de chemin. Cela facilite la maintenance des interfaces interdomaniales (paragraphe 8). Par ailleurs, l'indication BDI prend en charge les prescriptions de surveillance en temps réel de la qualité de fonctionnement dans les deux sens.

En général, les indications FDI et BDI sont associées à l'activation d'un échec de signal serveur. Les prescriptions particulières applicables à chaque couche feront l'objet d'un complément d'étude.

Les indications FDI et BDI sont applicables aux couches OCh, OMS et OTS.

NOTE – Les termes FDI et BDI sont utilisés au lieu des termes traditionnels AIS et RDI afin de ne pas préjuger les indications et la fonctionnalité de maintenance en cas de dérangement qui sont requises par le réseau OTN.

6.2.2 Supervision de qualité de signal

La supervision de qualité de signal correspond à l'ensemble des processus permettant de surveiller la qualité d'une connexion qui prend en charge un chemin.

La supervision de la qualité d'un signal est nécessaire pour déterminer la qualité des connexions. Les processus génériques comportent le mesurage, l'acquisition, le filtrage et le traitement des paramètres. En termes de gestion du niveau réseau, la supervision de qualité du signal est nécessaire pour gérer les canaux, multiplexés ou non multiplexés. La surveillance des paramètres de qualité est donc nécessaire dans les couches OCh et OTS. L'identification des paramètres dont la surveillance est spécifiquement requise pour la détermination de la qualité des connexions par canaux OCh et par sections OTS fera l'objet d'un complément d'étude.

La prescription de l'indication de qualité vers l'arrière fera l'objet d'un complément d'étude.

La prescription de surveillance des paramètres dans la couche des sections OMS fera l'objet d'un complément d'étude.

6.2.3 Gestion d'adaptation

La gestion d'adaptation correspond à l'ensemble des processus permettant de gérer l'adaptation dans les deux sens du réseau de couche cliente et du réseau de couche serveur.

Le processus suivant est désigné pour la gestion d'adaptation dans le réseau OTN:

- identificateur de type de capacité utile (PTI, *payload type identifier*)

Ce processus est nécessaire pour garantir que, lors de l'établissement de la connexion, la couche cliente est attribuée à la source et au puits appropriés d'adaptation OCh/Client. Une discordance entre identificateurs de type de capacité utile, détectée à la source ou au puits d'adaptation, indique une adaptation couche cliente-couche serveuse OCh altérée ou incorrectement profilée.

L'application du processus d'identification PTI dans la couche des sections OMS fera l'objet d'un complément d'étude.

Le processus d'identification PTI n'est pas applicable à la couche des sections OTS. Un client du réseau OTN est transparent pour cette couche.

L'adaptation OCh/Client peut contenir des processus de supervision propres au client. La définition de ces processus est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

6.2.4 Commande de protection

La commande de protection correspond aux informations et à l'ensemble des processus assurant la commande des commutations de protection pour une connexion de chemin ou de sous-réseau. La commutation de protection est commandée sur la base de critères locaux qui sont produits par la supervision de connexion de chemin ou de sous-réseau, ainsi que par le système d'exploitation ou par le RGT. Une commande additionnelle est possible à partir de l'élément de réseau distant au moyen d'un protocole de commutation de protection automatique (APS, *automatic protection switching*), selon l'architecture de commutation de protection.

Le sous-paragraphe 7.1 ne décrit que les architectures de protection qui sont commandées par les informations locales de l'élément de réseau. Un protocole de commutation de protection automatique (APS) n'est pas requis pour ces architectures de protection. La nécessité d'architectures de protection additionnelles prenant en charge le protocole APS fera l'objet d'un complément d'étude.

6.2.5 Communications de gestion

Deux types de processus de communication de gestion sont distingués:

- canal en mode message pour prendre en charge un réseau de communication de données;
- canal auxiliaire pour prendre en charge les communications vocales entre personnes et les communications de données en bande vocale.

Un canal en mode message est requis dans la couche des sections OTS pour prendre en charge les communications de données associées au réseau OTN, par exemple pour la gestion des amplificateurs optiques en ligne. La nécessité d'un canal additionnel dans la couche des sections OMS (par exemple pour prendre en charge un échange d'informations de gestion pour la couche OMS) fera l'objet d'un complément d'étude. Un canal en mode message dans la couche des canaux OCh n'est pas requis.

L'utilisation d'un canal additionnel dans la couche des sections OTS (par exemple pour prendre en charge une ligne de service d'ingénierie), est facultative. L'on n'envisage pas d'ajouter d'autres canaux auxiliaires dans les couches OMS et OCh.

6.2.6 Autres besoins de communication

Des capacités doivent être mises à la disposition d'autres canaux de communication, par exemple pour un en-tête propre à l'opérateur ou pour usage national.

6.3 Techniques et applications de supervision de connexion

La supervision de connexion est le processus permettant de surveiller l'intégrité d'une connexion donnée dans les réseaux de couche sections optiques de transmission, de couche sections optiques multiplex ou de couche canaux optiques. L'intégrité peut être vérifiée par détection et signalisation des défauts de connexité ou de qualité de transmission pour une connexion donnée. La Recommandation G.805 définit quatre types de techniques de surveillance pour les connexions.

Le processus de supervision de connexion peut être appliqué aux connexions de réseau et à leurs segments, ces derniers étant définis comme une série arbitraire de connexions de sous-réseau et de connexions de liaison.

6.3.1 Surveillance inhérente

Les connexions peuvent être surveillées indirectement par utilisation des données intrinsèquement disponibles dans les couches serveuses et par calcul de l'état approximatif de la connexion cliente d'après les données disponibles.

Les connexions de couche canaux optiques peuvent être surveillées indirectement par utilisation des données intrinsèquement disponibles dans la couche des sections optiques multiplex et par calcul de l'état approximatif de la connexion par canal optique d'après les données disponibles.

Les connexions de couche sections optiques multiplex peuvent être surveillées indirectement par utilisation des données intrinsèquement disponibles dans la couche des sections optiques de transmission et par calcul de l'état approximatif de la connexion par section optique multiplex d'après les données disponibles.

La surveillance intrinsèque n'est pas applicable dans la couche des sections optiques de transmission car la couche serveuse est le support physique et ne fournit pas de données.

6.3.2 Surveillance non intrusive

La connexion est surveillée indirectement par utilisation d'une surveillance de type écoute seulement (sans intrusion) des données et de l'en-tête d'origine. L'état approximatif de la connexion peut être déterminé d'après les informations fournies à chaque point de surveillance.

La surveillance non intrusive des informations caractéristiques transportées par une connexion est une application qui peut permettre de localiser des dérangements. Si une fonction de puits de terminaison de chemin détecte une perturbation, il n'est pas toujours facile de déterminer immédiatement l'origine de cette perturbation. La fonction de puits de terminaison de chemin indique donc qu'il existe une perturbation d'un certain type mais sans la localiser. Pour localiser une telle perturbation, le chemin est considéré comme une série de connexions de liaison. A l'extrémité de chaque connexion de liaison, on peut utiliser une fonction de puits de terminaison pour la surveillance non intrusive (TTm) afin de surveiller les informations caractéristiques à ce point. La fonction TTm ne fournit pas d'informations adaptées en sortie. La Figure 6 illustre un exemple d'application de surveillance non intrusive. Au-delà de la fonction de puits de terminaison de chemin et en direction de la source de terminaison de chemin, le dérangement est localisé entre les deux fonctions de puits de terminaison, la fonction amont signalant une qualité de fonctionnement sans perturbation tandis que la fonction aval signale l'état de perturbation.

Les connexions peuvent être surveillées directement au moyen des informations d'en-tête correspondantes, qui se trouvent dans les couches des sections optiques multiplex et des canaux optiques, puis au moyen d'un calcul de l'état approximatif de la connexion d'après la différence entre les états surveillés à chaque extrémité de la connexion. La surveillance non intrusive n'est pas requise dans la couche des sections OTS, à moins que la connexion de réseau du niveau OTS ne soit employée dans des systèmes sans amplificateurs en ligne.

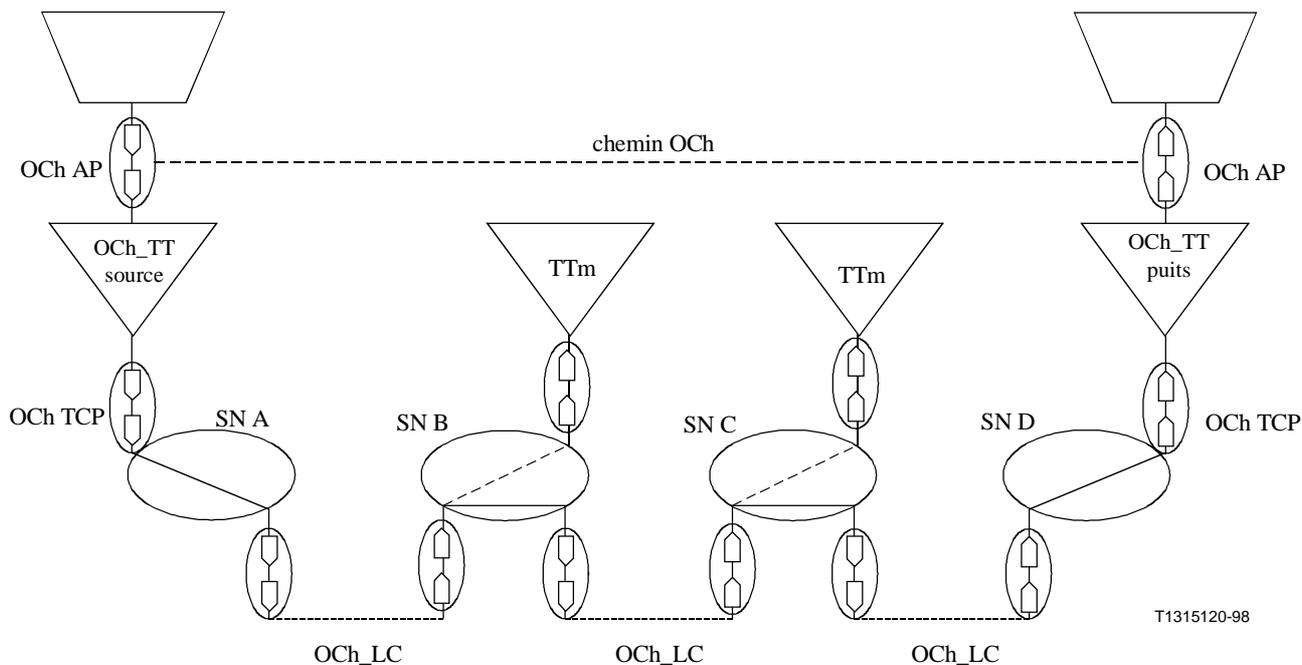


Figure 6/G.872 – Exemple de supervision de connexion de sous-réseau utilisant la surveillance non intrusive

6.3.3 Surveillance intrusive

Une connexion est surveillée directement par rupture du chemin original et introduction d'un chemin de test qui s'étend sur la connexion pendant la durée du test. Cela permet de surveiller directement tous les paramètres bien que le chemin d'utilisateur ne soit pas complet. Cette technique est donc limitée au début de la phase d'établissement d'un chemin ou aux essais intermittents.

La surveillance intrusive peut être utilisée pour les contrôles de continuité de fibre et pour la localisation des dérangements.

6.3.4 Surveillance de sous-couche

L'application de cette technique aux couches de réseau optique de transport fera l'objet d'un complément d'étude.

6.3.5 Surveillance des connexions inutilisées

La surveillance de l'intégrité des connexions inutilisées dans les couches de réseau optique de transport fera l'objet d'un complément d'étude.

6.3.6 Surveillance des connexions en cascade

Le rôle prévu des connexions en cascade est de représenter la portion d'un chemin qui existe dans une région administrative particulière. La surveillance des connexions en cascade dans les couches de réseau optique de transport fera l'objet d'un complément d'étude.

7 Techniques de capacité de survie pour réseau optique

Le présent paragraphe décrit les caractéristiques architecturales des stratégies de réseau qui peuvent être appliquées afin d'améliorer la capacité de survie des réseaux optiques de transport exposés à des dégradations de nœud et de liaison. Les techniques de capacité de survie envisagées pour les réseaux optiques de transport comprennent à la fois les capacités de protection et les capacités de rétablissement du réseau.

7.1 Protection

Une application de protection fait appel à une capacité préassignée entre nœuds. L'architecture la plus simple se compose d'une capacité de trafic et d'une capacité de protection (1+1). L'architecture la plus complexe possède n capacités de trafic et m capacités de protection (m:n).

La protection unidirectionnelle est une méthode de commutation de protection qui ne s'applique qu'au sens de trafic affecté en cas de défaillance unidirectionnelle. La protection bidirectionnelle s'applique aux deux sens du trafic en cas de défaillance unidirectionnelle.

Deux types d'architecture de protection sont considérés: la protection de chemin et la protection de connexion de sous-réseau.

Protection de chemin: la protection de chemin est un mécanisme spécialisé de protection de bout en bout qui peut être utilisé sur toute structure physique (maillée, annulaire ou mixte). Elle peut être appliquée dans les deux couches, OCh et OMS. La protection de chemin n'est pas recommandée pour la couche OTS. Un chemin de trafic est remplacé par un chemin de protection si le chemin de trafic subit une défaillance ou manifeste une baisse de qualité inférieure au niveau requis. La protection de chemin peut fonctionner de manière unidirectionnelle ou bidirectionnelle.

Elle peut également être de type 1+1 lorsque le chemin de protection spécialisé n'est utilisé que pour la protection, ou de type 1:1 lorsqu'un trafic supplémentaire peut être pris en charge.

Le type suivant de protection de chemin peut être utilisé dans les couches de transport optique:

Protection de chemin unidirectionnelle 1+1

Dans cette architecture, un pont permanent est utilisé à l'extrémité d'émission. A l'extrémité de réception du chemin, un commutateur de protection est activé par sélection d'un des signaux sur la base d'informations purement locales. Cette architecture peut être appliquée dans la couche OMS ou dans la couche OCh. Elle est illustrée dans la Figure 7 et peut être utilisée sans protocole de commutation de protection automatique.

Tous les autres types de protection de chemin, y compris la protection de chemin de couche OMS ou OCh dans d'autres configurations, feront l'objet d'un complément d'étude.

Protection de connexion de sous-réseau: la protection de connexion de sous-réseau est un mécanisme spécialisé de protection qui peut être utilisé sur toute structure physique (maillée, annulaire ou mixte). Elle peut être utilisée pour protéger tout ou partie d'une connexion de réseau. La protection de connexion de sous-réseau utilisant la surveillance inhérente (SNC/I) protège contre les défaillances dans la couche serveuse. Le processus de commutation et le processus de détection des défauts sont exécutés par deux couches adjacentes, la couche serveuse assurant le processus de détection des défauts et la couche cliente recevant l'indication de défaut du serveur (SSF, *server signal fail*) émise par la couche serveuse. La protection de connexion de sous-réseau par surveillance non intrusive (SNC/N) utilise les informations de couche cliente pour protéger la connexion contre les défaillances dans la couche serveuse et contre les défaillances et dégradations dans la couche cliente.

Les architectures de protection de connexion de sous-réseau (SNC, *subnetwork connection*) suivantes ont été identifiées pour les réseaux optiques:

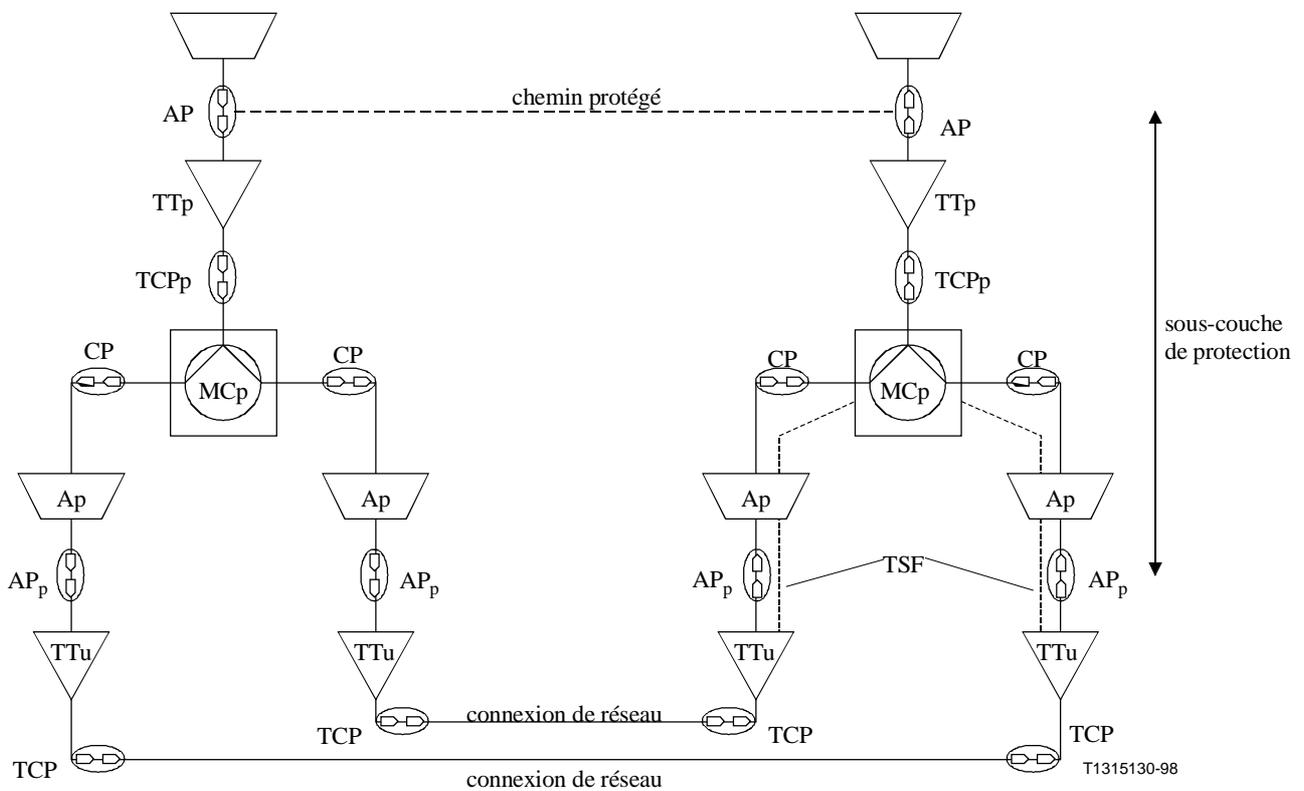
Protection SNC/N unidirectionnelle 1+1

Dans cette architecture, un pont permanent est utilisé à l'extrémité d'émission. A l'extrémité réceptrice, un commutateur de protection est activé par la sélection d'un des signaux sur la base d'informations purement locales. Cette architecture peut être appliquée dans les couches de réseau OCh et OTS. Dans ce dernier cas, son application est limitée à la protection des connexions de réseau plutôt qu'à celles des connexions de sous-réseau. Elle convient donc aux systèmes à ligne optique de courte portée sans amplificateurs en ligne. Cette architecture est illustrée par la Figure 8. Elle peut être utilisée dans le protocole de commutation de protection automatique.

Protection SNC/I unidirectionnelle 1+1

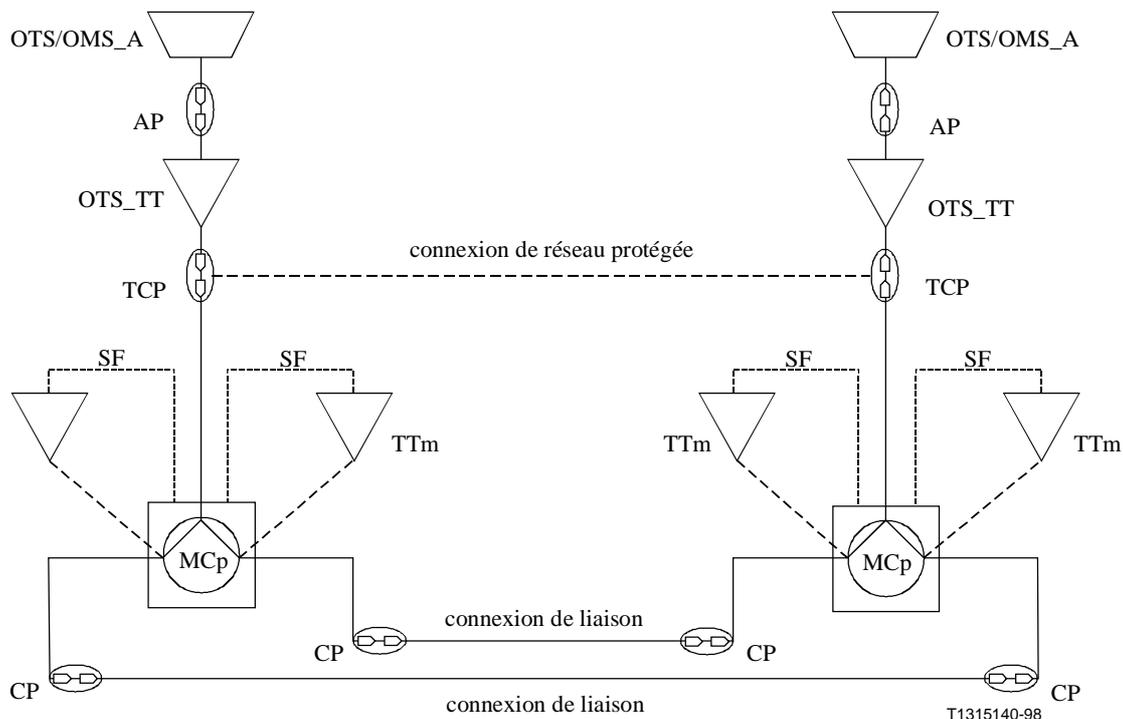
Cette architecture peut être appliquée dans le réseau de couche canaux optiques.

D'autres architectures feront l'objet d'un complément d'étude.



- TSF échec de signal de chemin (*trail signal fail*)
- TTP terminaison de chemin protégé (*protected trail termination*)
- TTu terminaison de chemin non protégé (*unprotected trail termination*)
- Ap adaptation de protection (*protection adaptation*)
- MCp connexion de matrice de protection (*protection matrix connection*)
- TCPp point TCP de protection (*protection TCP*)
- APp point d'accès de protection (*protection access point*)

Figure 7/G.872 – Protection de chemin unidirectionnelle 1+1



- SF échec de signal (*signal fail*)
 MCp connexion de matrice de protection (*protection matrix connection*)
 TTm surveillance non intrusive de terminaison de chemin (*non-intrusive trail termination monitor*)
 TCP point de connexion de terminaison (*termination connection point*)
 AP point d'accès (*access point*)
 CP point de connexion (*connection point*)

Figure 8/G.872 – Protection de connexion de réseau avec surveillance non intrusive dans le réseau de couche sections optiques de transmission

7.2 Rétablissement du réseau

Les techniques de rétablissement de réseau optique sont fondées sur le brassage de canaux optiques. En général, les algorithmes utilisés pour le rétablissement impliquent le reroutage. Pour rétablir une connexion dégradée, des ressources de remplacement peuvent être choisies dans les capacités disponibles du réseau de couche optique.

Les techniques de rétablissement des réseaux optiques de transport nécessitent un complément d'étude.

8 Interconnexion et interfonctionnement entre différents domaines administratifs

Le progrès technique des réseaux optiques s'accompagnera de celui des méthodes permettant l'interconnexion et l'interfonctionnement entre différents domaines administratifs. A ce propos, le terme d'interconnexion sera ici utilisé pour décrire une interface physique entre deux domaines administratifs. L'interfonctionnement se rapporte au degré convenu d'intégration en réseau de plusieurs domaines. Il est décrit en termes d'informations caractéristiques qui sont transférées en transparence d'un domaine à un autre. Les scénarios suivants sont envisagés:

- Dans un première phase d'introduction de systèmes en ligne point à point à WDM et d'éléments de réseau optique plus complexes, ces équipements seront exploités en tant qu'îlots de réseau OTN, contenus dans des domaines administratifs. L'interconnexion avec des réseaux de transport existants (par exemple en hiérarchie PDH ou SDH) peut intervenir à

l'une des interfaces physiques qui ont été normalisées pour ces réseaux. Une telle interconnexion implique généralement la modification des caractéristiques physiques du signal qui est transmis par une interface interdomaniale (comme un signal optique G.957 pour réseau de transport en hiérarchie SDH), de façon que les informations adaptées du signal soient conformes au réseau OTN. Cette méthode d'interconnexion est illustrée par la Figure 9 au moyen d'une interface interdomaniale non OTN (non-OTN_IrDI) entre les domaines administratifs A et B. Le domaine B contient un réseau OTN tandis que le domaine A n'en contient pas forcément. La Figure 9 montre également une interface intradomaniale OTN (OTN_IaDI). Pour les applications intradomaniales, l'on n'envisage pas actuellement la nécessité de normaliser les interfaces à compatibilité transversale totale.

L'interfonctionnement s'effectue dans une couche cliente agréée et sa supervision est fondée sur des signaux de maintenance propres au client.

- b) Dans une deuxième phase, étant donné que la capacité d'interconnexion augmente, les systèmes conformes au réseau OTN peuvent être utilisés pour interconnecter les domaines administratifs. Voir l'illustration à la Figure 10. Le point d'interconnexion est appelé interface interdomaniale OTN (OTN_IrDI). Cette interface peut comporter un ou plusieurs canaux.

Pour cette application, la priorité absolue est donnée à la normalisation d'une interface à compatibilité transversale sur des distances courtes (par exemple inférieures à 40 km). La priorité devrait ensuite être donnée aux interfaces à compatibilité transversale couvrant des distances plus longues.

Il est clair que les interfaces OTN_IrDIS peuvent également être utilisées pour des applications intradomaniales (OTN_IaDI).

Dans cette phase, il sera possible d'appliquer un en-tête limité des canaux optiques. L'interfonctionnement continuera à intervenir dans une couche cliente agréée, comme dans le cas a).

- c) Enfin, lorsque les normes relatives à l'en-tête seront établies et appliquées, il deviendra possible d'assurer la continuité des canaux optiques au point d'interconnexion entre différents domaines administratifs, comme représenté sur la Figure 11. L'interface OTN_IrDI est appelée à être utilisée à cette fin. Cette utilisation d'une interface conforme OTN est la conséquence de la nécessité d'assurer la continuité des canaux optiques. L'interface IrDI pourra donc être de type monocanal ou multicanal.

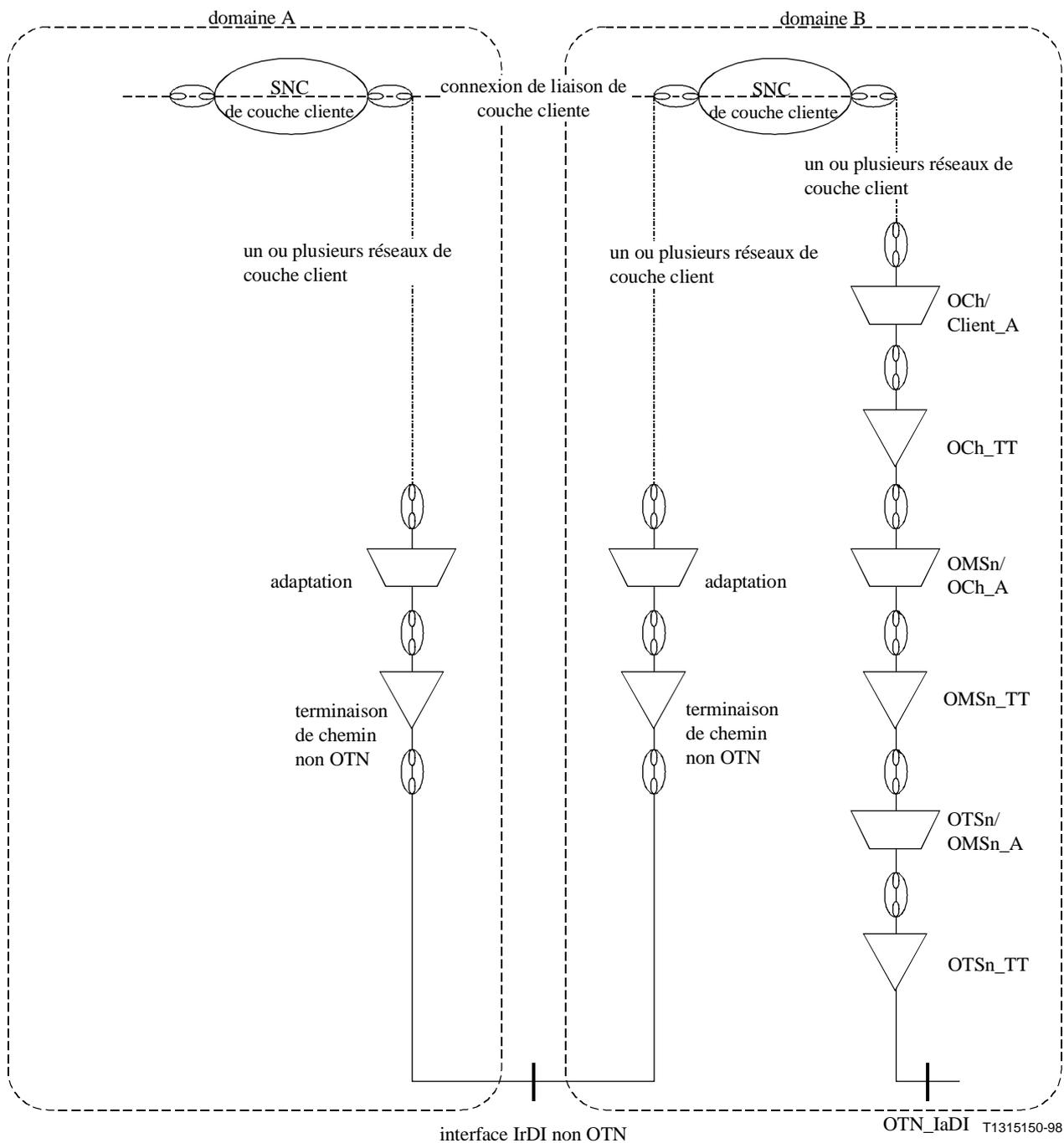


Figure 9/G.872 – Scénario 1: Interconnexion de différents domaines administratifs au moyen d'une interface non OTN

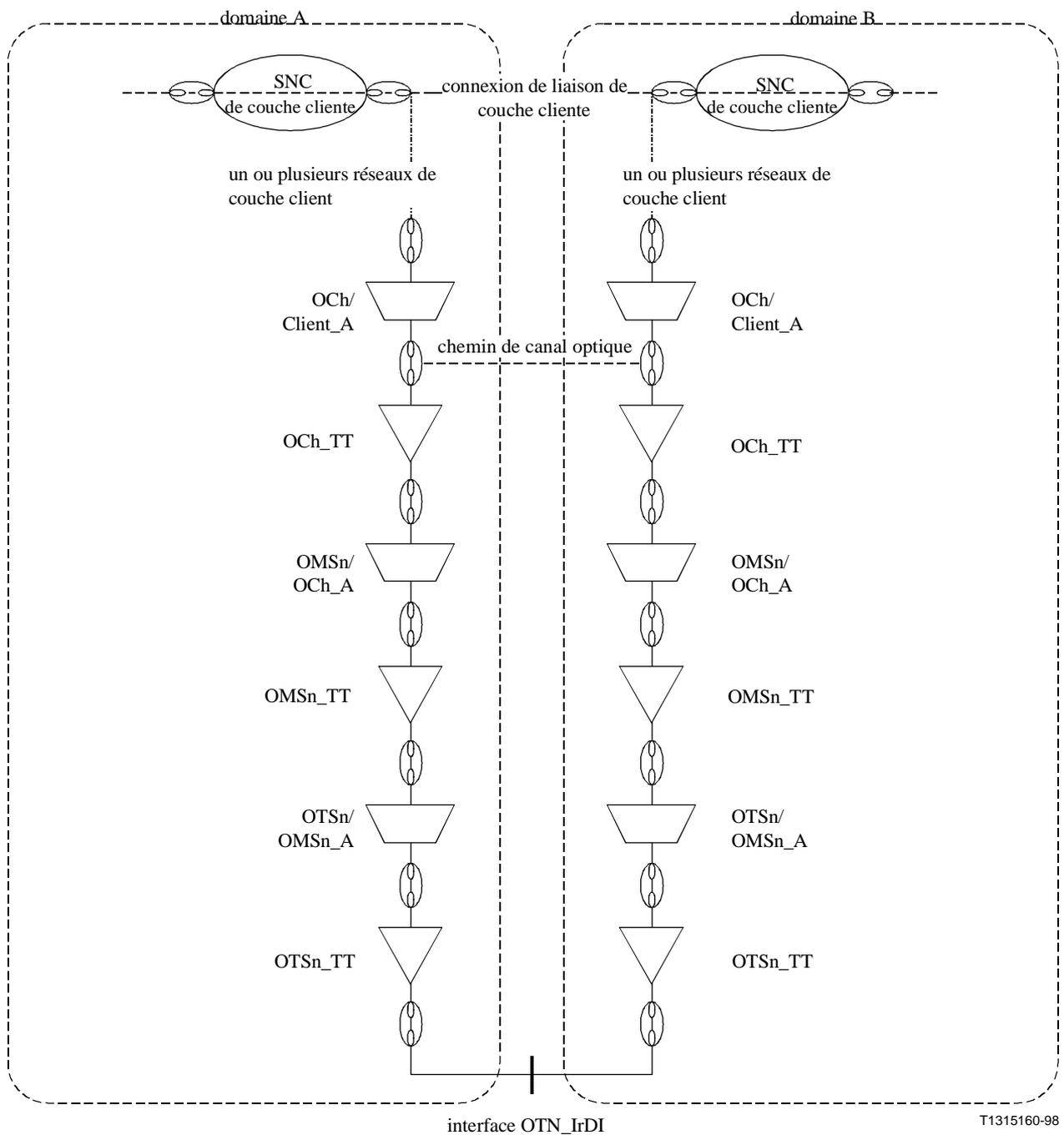


Figure 10/G.872 – Scénario 2: Interconnexion de différents domaines administratifs au moyen d'un îlot optique avec interface interdomaniale OTN

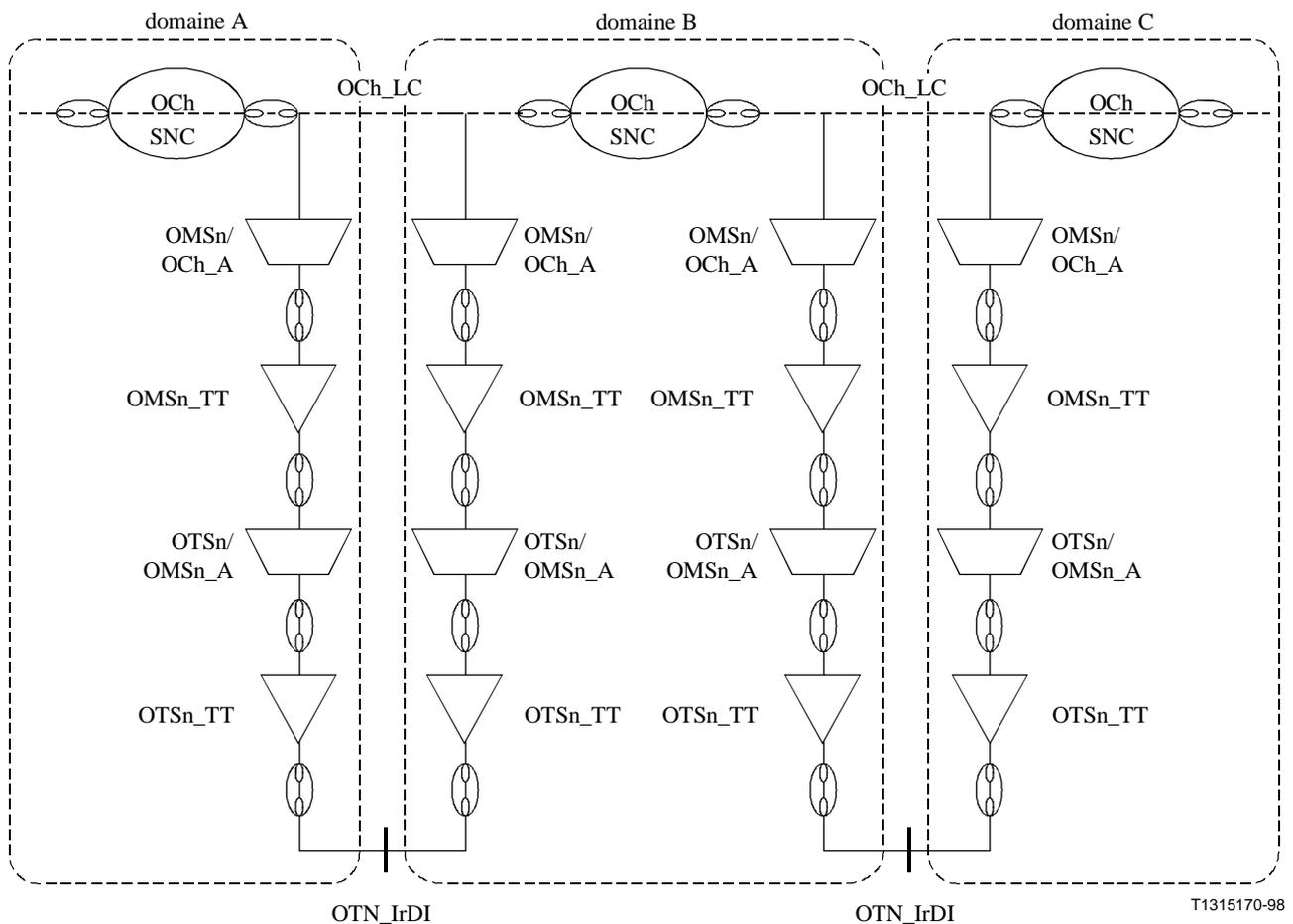


Figure 11/G.872 – Scénario 3: Interconnexion de sous-réseaux OTN en différents domaines administratifs au moyen d'une interface interdomaniale OTN prenant en compte l'interfonctionnement avec les canaux optiques

ANNEXE A

Atténuation des dégradations et régénération

La transmission des informations dans un réseau optique est freinée par l'accumulation de dégradations qu'il faut atténuer afin de conserver la qualité du signal. Il est reconnu qu'il faut, au point de vue de la modélisation, décrire ces compensations en termes de processus. Il est particulièrement intéressant de décrire les processus mis en jeu dans la régénération dite 1R, 2R et 3R. Une fonction de transport doit être décrite en termes de processus associés aux fonctions d'adaptation et de terminaison correspondantes dans chaque couche. Une simple déclaration de régénération 1R, 2R ou 3R n'est pas suffisante. Comme la régénération 1R, 2R ou 3R est un terme couramment utilisé, la classification suivante est toutefois fournie pour aider à la compréhension.

Ces formes de régénération se composent d'une combinaison des processus suivants:

- amplification égale de toutes les fréquences à l'intérieur de la largeur de bande d'amplification. Il n'y a pas de restriction quant aux couches clientes;
- amplification avec gain différent selon les fréquences à l'intérieur de la largeur de bande d'amplification. Cette forme est applicable aux systèmes de type monocanal ou multicanal;

- c) compensation de dispersion (distorsion de phase). Ce processus analogique peut être appliqué aux systèmes de type monocanal ou multicanal;
- d) affaiblissement du bruit;
- e) remodelage numérique (fonction de basculeur de Schmitt) sans récupération du rythme d'horloge. Cette forme est applicable aux canaux individuels et peut être utilisée pour différents débits. Elle n'est cependant pas transparente au codage en ligne;
- f) régénération complète de la forme d'impulsion y compris récupération du rythme et recalage temporel dans les limites de gigue prescrites.

Comme le montre la Figure A.1, la régénération de type 1R est décrite comme une combinaison quelconque des processus de a) à c). La régénération de type 2R est considérée comme une régénération 1R associée aux processus d) et e) tandis que la régénération 3R est considérée comme une régénération 2R associée au processus f).

Une description succincte de la régénération 1R est que celle-ci est fondée sur des techniques analogiques; la régénération 2R implique un traitement numérique des niveaux de signal, tandis que la régénération 3R implique également un traitement numérique des informations chronologiques du signal.

1R		2R		3R
amplification égalisation – fréquence – dispersion		1R		2R
		+		
		remodelage numérique affaiblissement du bruit		
				+
				régénération d'impulsion numérique (forme et rythme d'impulsion)

T1315180-98

Figure A.1/G.872 – Classification des régénérations

APPENDICE I

Exemples de fonctionnalité de réseau optique

Cet appendice donne des exemples de groupages fonctionnels pouvant être appliqués à un réseau optique.

I.1 Conversion de longueur d'onde

La Figure I.1 montre le modèle fonctionnel d'une conversion de longueur d'onde dans un canal unique. Les chemins de section OTS et OMS possèdent des terminaisons et la conversion de longueur d'onde est effectuée par la fonction d'adaptation OMS/OCh. Dans la couche des canaux optiques, la longueur d'onde est indéfinie. La source d'adaptation OMS/OCh_A attribue au canal optique une longueur d'onde spécifique.

I.2 Brasseur

La Figure I.2 montre le modèle fonctionnel d'un brasseur et de deux amplificateurs optiques, l'un de type monocanal l'autre de type multicanal. Les signaux de couche OCh peuvent être brassés entre des interfaces OTN ou dans une interface de couche cliente appropriée. Le brasseur peut également inclure la conversion de longueur d'onde/fréquence.

I.3 Régénération

Les processus intervenant dans la régénération 1R, 2R et 3R dont il est question à l'Annexe A ainsi que leur affectation à la fonction de réseau optique de transport appropriée feront l'objet d'un complément d'étude.

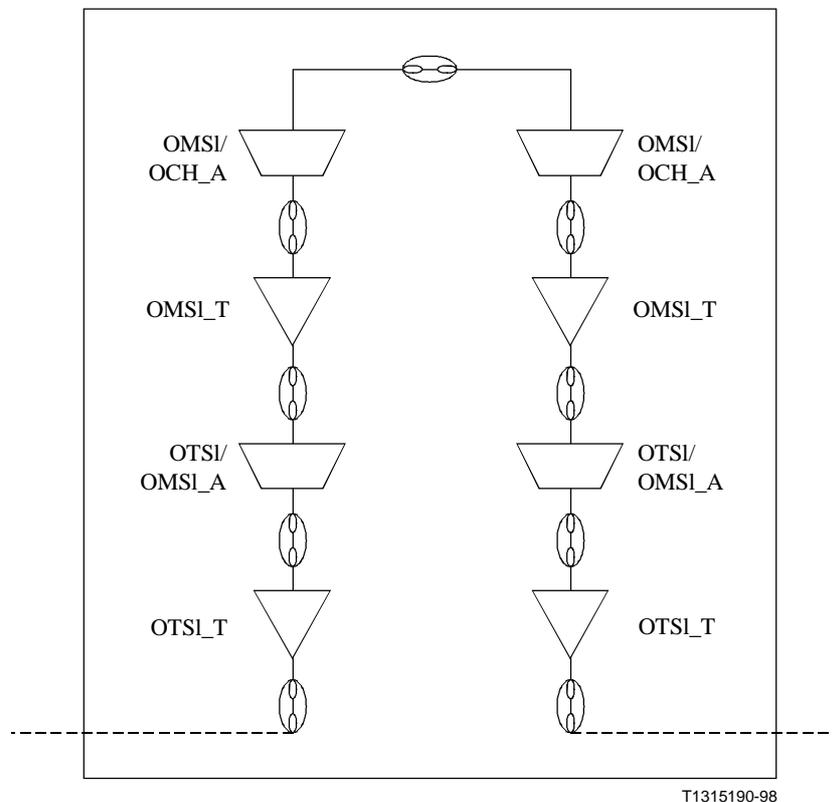
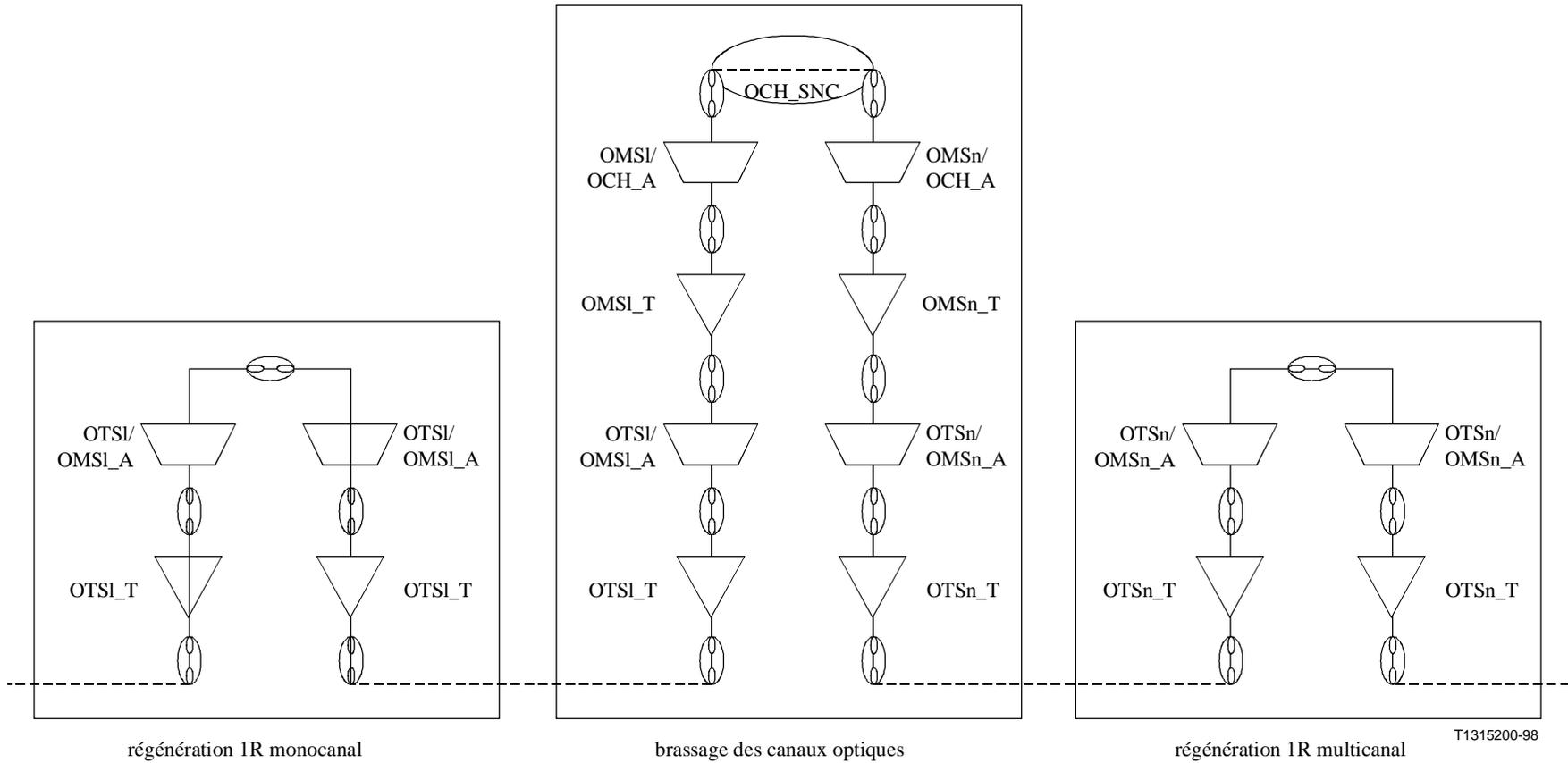


Figure I.1/G.872 – Exemple de conversion de longueur d'onde optique



NOTE – Les terminaisons de ligne et les chemins, etc., ne sont pas représentées pour simplifier la figure.

Figure I.2/G.872 – Application d'architectures fonctionnelles aux cas de régénération (amplification) 1R de types monocanal et multicanal avec brassage des canaux

SERIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	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 pour 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