



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**G.872**

(11/2001)

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

Réseaux numériques – Réseaux de transport optiques

---

**Architecture des réseaux de transport optiques**

Recommandation UIT-T G.872

---

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
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	G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	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
<b>Réseaux de transport optiques</b>	<b>G.870–G.879</b>
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

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

## **Recommandation UIT-T G.872**

### **Architecture des réseaux de transport optiques**

#### **Résumé**

La présente Recommandation décrit l'architecture fonctionnelle des réseaux optiques de transport au moyen de la méthode de modélisation décrite dans la Rec. UIT-T G.805. La fonctionnalité de réseau optique de transport est décrite du point de vue du 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 des couches assurant la transmission du signal optique, le multiplexage, le routage, la supervision, l'évaluation de la performance et la capacité de survie du réseau.

#### **Source**

La Recommandation G.872 de l'UIT-T, révisée par la Commission d'études 15 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 29 novembre 2001 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

## 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 avait 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 2002

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable 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 de transport des réseaux optiques .....	5
	5.1 Principes généraux.....	5
	5.2 Structure stratifiée d'un réseau optique de transport.....	5
	5.3 Couche canal optique .....	7
	5.3.1 Terminaison de chemin de couche canal optique.....	8
	5.3.2 Entités de transport OCh .....	9
	5.4 Réseau de couche de section optique multiplex .....	9
	5.4.1 Terminaison de chemin de section optique multiplex.....	10
	5.4.2 Entités de transport OMS .....	10
	5.5 Réseau de couche de section optique de transmission .....	10
	5.5.1 Terminaison de chemin de section optique de transmission .....	11
	5.5.2 Entités de transport OTS .....	12
	5.6 Associations client/serveur.....	12
	5.6.1 Adaptation canal optique/client.....	12
	5.6.2 Adaptation section optique multiplex/canal optique .....	13
	5.6.3 Adaptation section optique de transmission/section optique multiplex .....	13
	5.7 Topologie de réseau optique.....	14
	5.7.1 Connexions et chemins unidirectionnels ou 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 anomalies, de la configuration et de la performance .....	15
	6.1.2 Communications de gestion générique.....	16
	6.1.3 Gestion générique d'interaction client/serveur .....	16
	6.2 Prescriptions de gestion des couches optiques .....	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.....	20
	6.2.5 Supervision des connexions de sous-réseau/en cascade/inutilisées .....	21
	6.2.6 Communications de gestion .....	21

	<b>Page</b>
6.3	Techniques de supervision de connexion ..... 21
6.3.1	Surveillance intrinsèque ..... 21
6.3.2	Surveillance sans intrusion ..... 21
6.3.3	Surveillance avec intrusion..... 22
6.3.4	Surveillance de sous-couche..... 23
6.4	Applications de supervision de connexion ..... 23
6.4.1	Surveillance des connexions inutilisées ..... 23
6.4.2	Surveillance de connexion..... 23
7	Techniques de capacité de survie pour réseau optique..... 25
7.1	Techniques de protection..... 26
7.1.1	Protection de chemin ..... 26
7.1.2	Protection de connexion de sous-réseau..... 27
7.1.3	Anneaux de protection partagée ..... 29
7.2	Applicabilité des techniques de protection de réseau dans le réseau optique de transport ..... 30
7.3	Rétablissement du réseau ..... 30
8	Interconnexion et interfonctionnement de différents domaines administratifs ..... 30
9	Aspects liés à l'implémentation de la couche canal optique..... 34
9.1	Introduction ..... 34
9.2	Structure stratifiée du réseau OTN numérique..... 35
9.3	Couche canal optique (OCh) ..... 39
9.4	Couche unité de transport de canal optique (OTU)..... 40
9.4.1	Terminaison de chemin OTU ..... 41
9.4.2	Entités de transport OTU ..... 41
9.5	Couche unité de données de canal optique (ODU) ..... 41
9.5.1	Terminaison de chemin ODU..... 42
9.5.2	Entités de transport ODU ..... 42
9.6	Multiplexage temporel d'unités ODU..... 43
9.7	Associations client/serveur ..... 43
9.7.1	Adaptation ODU/client..... 43
9.7.2	Adaptation ODU <sub>k</sub> /ODU <sub>j</sub> ..... 43
9.7.3	Adaptation OTU/ODU ..... 44
9.7.4	Adaptation OCh/OTU ..... 44
9.8	Multiplexage inverse dans le réseau OTN..... 44
9.9	Transport d'éléments de réseau OTN sur des couches non OTN ..... 46
9.10	Prescriptions de gestion des couches optiques ..... 46
9.11	Techniques de capacité de survie ..... 46
9.12	Interconnexion de différents domaines ..... 47

	<b>Page</b>	
10	Subdivision du réseau optique de transport.....	53
10.1	Subdivision de domaines.....	53
10.2	Subdivision de tronçons 3R.....	54
	Annexe A – Atténuation des dégradations et régénération.....	54
	Appendice I – Exemples de fonctionnalité de réseau optique.....	55
I.1	Conversion de longueur d'onde.....	55
I.2	Brasseur.....	56
I.3	Régénération.....	58
	Appendice II – Relation entre le réseau OTN et les réseaux WDM existants.....	58
	Appendice III – Mise en place de réseaux de transport de type OTN.....	59
III.1	Généralités.....	59
III.2	Types de signaux de couche cliente.....	60
III.2.1	Cas OTN.....	60
III.2.2	Cas SDH.....	61
III.3	Mise en place initiale d'équipements de type OTN.....	61
III.4	Interfonctionnement de réseaux de transport de type SDH et de réseaux de transport de type OTN.....	62
III.4.1	Niveaux d'interfonctionnement.....	62
III.4.2	Superposition de réseau OTN.....	62
III.4.3	Brasseurs, multiplexeurs à insertion/extraction et systèmes de ligne OTN ...	63





# Recommandation UIT-T G.872

## Architecture des réseaux de transport optiques

### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit l'architecture fonctionnelle des réseaux optiques de transport au moyen de la méthode de modélisation décrite dans la Rec. UIT-T G.805. La fonctionnalité de réseau optique de transport est décrite du point de vue du 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 des couches assurant la transmission du signal optique, le multiplexage, le routage, la supervision, l'évaluation de la performance et la capacité de survie du réseau.

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 numériques/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 implémentations 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 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes.*
- Recommandation UIT-T G.653 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée.*
- Recommandation UIT-T G.655 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée non nulle.*
- Recommandation UIT-T G.707/Y.1322 (2000), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone*, plus Corrigendum 1 (2001).
- Recommandation UIT-T G.709/Y.1331 (2001), *Interfaces pour le réseau de transport optique.*
- Recommandation UIT-T G.798 (2002), *Caractéristiques des blocs fonctionnels d'équipements en hiérarchie de réseau de transport optique (OTN).*
- Recommandation UIT-T G.803 (2000), *Architecture des réseaux de transport à hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.805 (2000), *Architecture fonctionnelle générique des réseaux de transport.*

- Recommandation UIT-T G.957 (1999), *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.*
- Recommandation UIT-T M.495 (1988), *Rétablissement de transmission et diversité de routage de transmission: terminologie et principes généraux.*
- Recommandation UIT-T M.496 (1988), *Organisation fonctionnelle du rétablissement automatique de la transmission.*

### 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'une couche cliente et d'une couche serveuse.
- 3.2 domaine administratif:** (voir la Rec. UIT-T G.805).
- 3.3 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.
- 3.4 supervision de la connectivité:** ensemble des processus permettant de surveiller l'intégrité du routage de la connexion entre les terminaisons source et puits d'un chemin.
- 3.5 supervision de la continuité:** ensemble des processus permettant de surveiller l'intégrité de la continuité d'un chemin.
- 3.6 interface interdomaniale (IrDI, *inter-domain interface*):** interface physique qui représente la limite entre deux domaines administratifs.
- 3.7 interface intradomaniale (IaDI, *intra-domain interface*):** interface physique située à l'intérieur d'un domaine administratif.
- 3.8 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.
- 3.9 communications de gestion:** ensemble des processus assurant des communications aux fins de la gestion.
- 3.10 interface OTN conforme:** interface du réseau optique de transport fondé sur l'architecture définie dans la présente Recommandation (G.872).
- 3.11 interface OTN non conforme:** 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).
- 3.12 informations d'en-tête:** six types d'informations d'en-tête 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-puits de ce chemin pour surveiller celui-ci. Ces informations d'en-tête sont propres à une couche et sont indépendantes de toute relation client/serveur entre couches.
  - 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 d'adaptation ou de terminaison de chemin.

- 4) informations d'en-tête réservées
- 5) informations d'en-tête non assignées: ces informations d'en-tête 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.

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

**3.14 canal optique de supervision (OSC, *optical supervisory channel*):** porteuse optique qui transfère des informations d'en-tête entre des entités de transport d'une section de transmission optique. Le canal optique de supervision prend en charge plusieurs types d'informations d'en-tête, dont certains peuvent être utilisés par une ou plusieurs couches de réseau de transport.

**3.15 commande de protection:** informations et ensemble des processus permettant de commander la commutation de protection pour un chemin ou une connexion de sous-réseau.

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

**3.17 supervision de connexion de sous-réseau:** ensemble des processus permettant d'assurer la supervision de la connectivité ou la supervision de la continuité ou la supervision de la qualité du signal 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 Rec. UIT-T G.805) ( <i>access point</i> )
APS	commutateur de protection automatique ( <i>automatic protection switching</i> )
ATM	mode de transfert asynchrone (voir la Rec. UIT-T I.326) ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
BDI	indication de défaut vers l'arrière ( <i>backward defect indication</i> )
CP	point de connexion (voir Rec. UIT-T G.805) ( <i>connection point</i> )
FDI	indication de défaut vers l'avant ( <i>forward defect indication</i> )
IaDI	interface intradomaniale ( <i>intra-domain interface</i> )
IrDI	interface interdomaniale ( <i>inter-domain interface</i> )
LOC	perte de continuité ( <i>loss of continuity</i> )
MPCP	point de connexion multipoint ( <i>multipoint connection point</i> )
NE	élément de réseau ( <i>network element</i> )
NRZ	non-retour à zéro
OCh	canal optique ( <i>optical channel</i> )
OCh/Client_A	adaptation canal optique/client ( <i>optical channel/client adaptation</i> )
OCh_LC	connexion de liaison de couche canal optique ( <i>optical channel link connection</i> )

OCh_NC	connexion de réseau de couche canal optique ( <i>optical channel network connection</i> )
OCh_SN	sous-réseau de couche canal optique ( <i>optical channel subnetwork</i> )
OCh_SNC	connexion de sous-réseau de couche canal optique ( <i>optical channel subnetwork connection</i> )
OCh_TT	terminaison de chemin de couche canal optique ( <i>optical channel trail termination</i> )
ODU	unité de donnée de canal optique ( <i>optical channel data unit</i> )
OMS	section optique multiplex ( <i>optical multiplex section</i> )
OMSn	section optique multiplex d'ordre n ( <i>optical multiplex section of order n</i> )
OMS/OCh_A	adaptation section optique multiplex/canal optique ( <i>optical multiplex section/optical channel adaptation</i> )
OMS_LC	connexion de liaison de couche section optique multiplex ( <i>optical multiplex section link connection</i> )
OMS_NC	connexion de réseau de couche section optique multiplex ( <i>optical multiplex section network connection</i> )
OMS_TT	terminaison de chemin de couche section optique multiplex ( <i>optical multiplex section trail termination</i> )
OSC	canal optique de supervision ( <i>optical supervisory channel</i> )
OTM	module optique de transport ( <i>optical transport module</i> )
OTMn	module optique de transport d'ordre n ( <i>optical transport module of order n</i> )
OTN	réseau de transport optique ( <i>optical transport network</i> )
OTS	section optique de transmission ( <i>optical transmission section</i> )
OTSn	section optique de transmission d'ordre n ( <i>optical transmission section of order n</i> )
OTS/OMS_A	adaptation section optique de transmission/section optique multiplex ( <i>optical transmission section/optical multiplex section adaptation</i> )
OTS_LC	connexion de liaison de couche section optique de transmission ( <i>optical transmission section link connection</i> )
OTS_NC	connexion de réseau de couche section optique de transmission ( <i>optical transmission section network connection</i> )
OTS_SN	sous-réseau de couche section optique de transmission ( <i>optical transmission section subnetwork</i> )
OTS_SNC	connexion de sous-réseau de couche section optique de transmission ( <i>optical transmission section subnetwork connection</i> )
OTS_TT	terminaison de chemin de couche section optique de transmission ( <i>optical transmission section trail termination</i> )
OTU	unité optique de transport ( <i>optical transport unit</i> )
OTUGn	groupe d'unités optiques de transport d'ordre n ( <i>optical transport unit group of order n</i> )
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
PTI	identificateur de type de charge utile ( <i>payload type identifier</i> )
RS	section de régénération (voir Rec. UIT-T G.803) ( <i>regenerator section</i> )

SDH	hiérarchie numérique synchrone (voir Rec. UIT-T G.707) ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SNC	connexion de sous-réseau (voir Rec. UIT-T G.805) ( <i>subnetwork connection</i> )
SNC/I	protection de connexion de sous-réseau avec surveillance intrinsèque ( <i>subnetwork connection protection with inherent monitoring</i> )
SNC/N	protection de connexion de sous-réseau avec surveillance sans intrusion ( <i>subnetwork connection protection with non-intrusive monitoring</i> )
STM-N	module de transport synchrone de niveau N (voir Rec. UIT-T G.707) ( <i>synchronous transport module level N</i> )
TCP	point de connexion de terminaison (voir Rec. UIT-T G.805) ( <i>termination connection point</i> )
TDM	multiplexage temporel ( <i>time division multiplexing</i> )
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## 5 Architecture fonctionnelle de transport des réseaux optiques

### 5.1 Principes généraux

Les réseaux optiques se composent de fonctionnalités assurant le transport, le multiplexage, le routage, la supervision et la capacité de survie de signaux clients traités essentiellement dans le domaine photonique. La technologie optique actuelle présente des limitations concernant les capacités de supervision et d'évaluation de la qualité. Un traitement numérique est donc nécessaire afin de surmonter ces limitations. Ces fonctionnalités pour réseaux optiques sont décrites du point de vue du réseau, conformément aux principes génériques qui sont définis dans la Rec. UIT-T G.805. Les aspects spécifiques concernant la structure stratifiée du réseau optique de transport, les informations caractéristiques, les associations de couches cliente/serveuse, la topologie du réseau et la fonctionnalité des couches sont traités dans la présente Recommandation, qui utilise la terminologie, l'architecture fonctionnelle et les conventions graphiques définies dans la Rec. UIT-T G.805.

Conformément à la Rec. UIT-T G.805, le réseau optique de transport se décompose en couches de réseau de transport indépendantes, chaque couche pouvant être décomposée 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 ou par groupe de longueurs d'onde multiplexées (WDM, *wavelength division multiplexing*). La description fonctionnelle d'autres techniques de multiplexage optique [comme le multiplexage temporel (TDM, *time division multiplexing*), le multiplexage temporel optique (OTDM, *optical time division multiplexing*) ou le multiplexage optique par répartition en code (OCDM, *optical code division multiplexing*)] 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 couches canal optique, section optique multiplex et section optique de transmission, comme illustré dans la Figure 1. Cette structure en trois couches se fonde sur les motifs suivants:

*couche canal optique*: cette couche réalise le réseautage de bout en bout de canaux optiques pour acheminer en transparence des informations clientes de divers formats (par exemple STM-N SDH, PDH à 565 Mbit/s, ATM cellulaire, etc.). La description des couches clientes prises 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 cette couche:

- reconfiguration des connexions de couche canal optique afin d'assurer un routage souple dans le réseau;
- traitement d'en-tête de couche canal optique afin d'assurer l'intégrité des informations adaptées de couche canal optique;
- fonctions d'exploitation, d'administration et de maintenance de couche canal optique afin d'activer les fonctions d'exploitation et de gestion au niveau du réseau, comme la mise à disposition de connexion, l'échange des paramètres de qualité de service et la capacité de survie du réseau;

*couche section optique multiplex*: cette couche fournit la fonctionnalité de réseautage d'un signal optique à multiples longueurs d'onde. Il est à noter qu'un signal "à multiples longueurs d'onde" inclut le cas où il existe un seul canal optique. Les capacités de cette couche sont les suivantes:

- traitement d'en-tête de couche section optique multiplex afin d'assurer l'intégrité des informations adaptées de couche section optique multiplex à longueurs d'onde multiples;
- fonctions d'exploitation, d'administration et de maintenance de couche section optique multiplex afin d'activer les fonctions d'exploitation et de gestion au niveau des sections multiplex, 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;

*couche section optique de transmission*: cette 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).

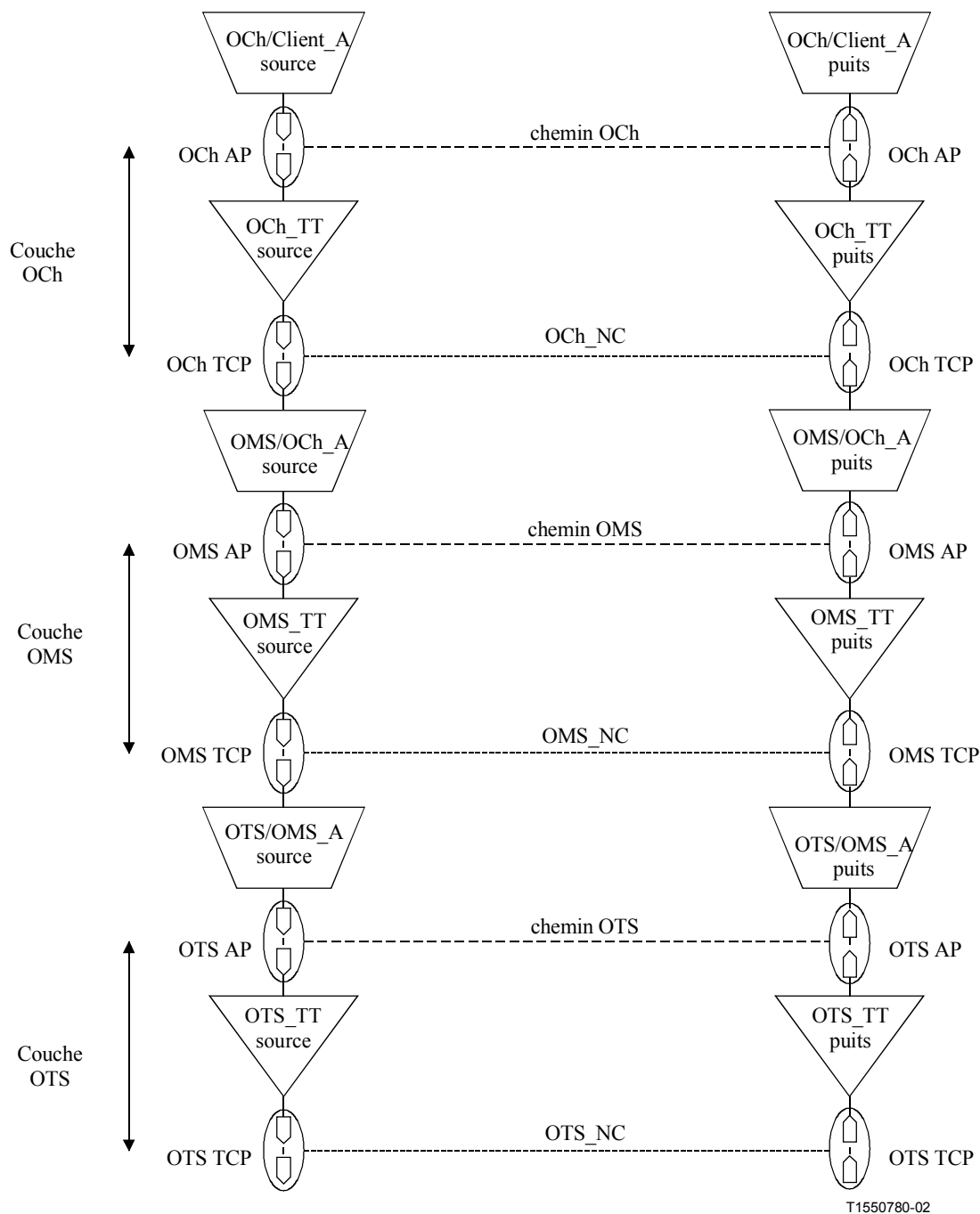
Les capacités de cette couche sont les suivantes:

- traitement d'en-tête de couche section optique de transmission afin d'assurer l'intégrité des informations adaptées de couche section optique de transmission;
- fonctions d'exploitation, d'administration et de maintenance de couche section optique de transmission afin d'activer les fonctions d'exploitation et de gestion au niveau des sections de transmission, comme la capacité de survie des sections de transmission.

*couche support physique*: la couche support physique d'un réseau optique est un type défini de fibres optiques. Il s'agit de la couche serveuse de la couche 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 couches optiques fait l'objet des paragraphes suivants.



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

### 5.3 Couche canal optique

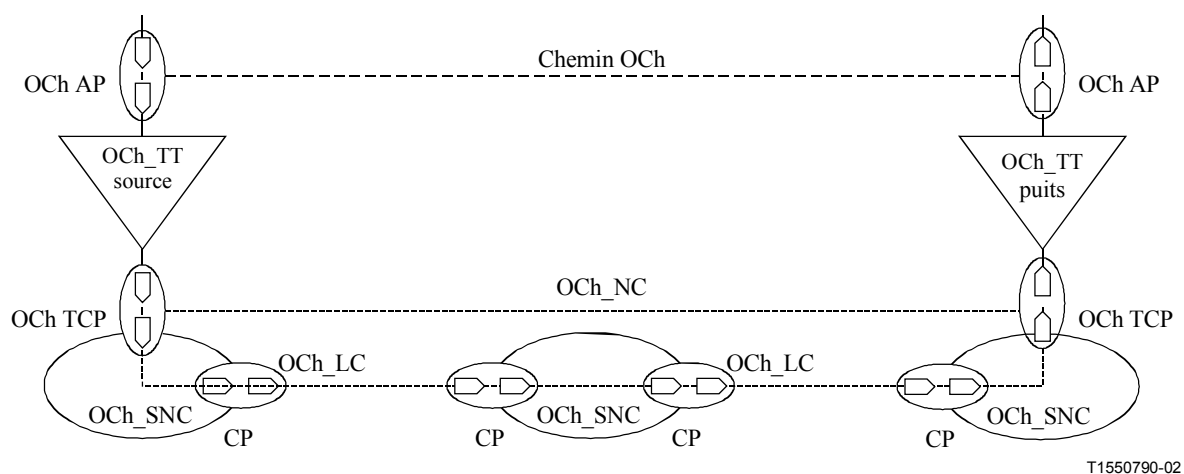
La couche canal optique assure le transport de signaux numériques clients au moyen d'un chemin de couche canal optique établi entre des points d'accès. Les informations caractéristiques de cette couche se composent de deux signaux logiques séparés et distincts:

- un signal optique dont la largeur de bande maximale et le rapport signal/bruit sont définis, associé à la connexion de réseau de couche canal optique;
- un flux de données qui constitue l'en-tête hors canal.

NOTE – La définition des informations caractéristiques tient compte de la forme des informations qu'il faut présenter à la couche serveuse et qui sont transportées sur la connexion de réseau. Le contenu informationnel numérique n'est donc pas visible par le serveur sous-jacent (pour les aspects liés à l'implémentation de la couche canal optique, on se reportera au § 10).

La couche canal optique contient les fonctions et entités de transport suivantes (Figure 2):

- chemin de couche canal optique;
- terminaison source de chemin de couche canal optique (OCh\_TT\_Source, *optical channel trail termination source*);
- terminaison puits de chemin de couche canal optique (OCh\_TT\_Sink, *optical channel trail termination sink*);
- connexion de réseau de couche canal optique (OCh\_NC, *optical channel network connection*);
- connexion de liaison de couche canal optique (OCh\_LC, *optical channel link connection*);
- sous-réseau de couche canal optique (OCh\_SN, *optical channel subnetwork*);
- connexion de sous-réseau de couche canal optique (OCh\_SNC, *optical channel subnetwork connection*).



**Figure 2/G.872 – Exemple de couche OCh**

### 5.3.1 Terminaison de chemin de couche canal optique

Les processus génériques suivants peuvent être attribués à la terminaison de chemin de couche canal optique:

- validation de l'intégrité de la connectivité;
- évaluation de la qualité de transmission;
- détection et indication des défauts de transmission.

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

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

- terminaison bidirectionnelle de chemin, qui se compose d'une paire de fonctions de terminaison de source et de terminaison puits de chemin de couche canal optique situées au même endroit;
- terminaison source de chemin, qui accepte à son entrée des informations adaptées en provenance d'une couche cliente, qui insère l'en-tête de terminaison de chemin de couche canal optique en tant que flux de données logiques séparé et distinct, et qui présente à sa sortie les informations caractéristiques de la couche canal optique;



- terminaison puits de chemin, qui accepte à son entrée les informations caractéristiques de la couche canal optique, qui extrait le flux de données logiques séparé et distinct contenant l'en-tête de terminaison de chemin de couche canal optique et qui présente à sa sortie les informations adaptées.

### 5.3.2 Entités de transport OCh

Les connexions de réseau, les connexions de liaison et les chemins sont conformes à la description figurant dans la Rec. UIT-T G.805.

Le sous-réseau de couche canal optique (OCh\_SN) assure une certaine souplesse à l'intérieur de la couche canal optique. Les informations caractéristiques sont aiguillées entre les points de connexion (de terminaison) [(T)CP] d'entrée et les points (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 le rétablissement.

### 5.4 Réseau de couche de section optique multiplex

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

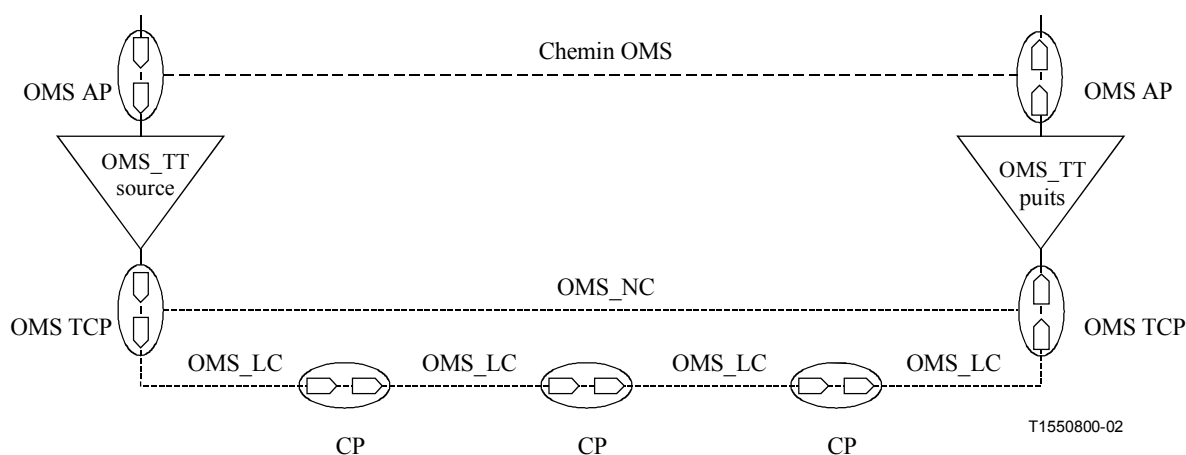
- un flux de données qui constitue les informations adaptées de la couche canal optique. Ce flux de données contient un ensemble de  $n$  canaux optiques qui, en tant qu'ensemble, ont une certaine largeur de bande optique collective;
- un flux de données qui constitue l'en-tête de terminaison de chemin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

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

Les informations caractéristiques de la couche section optique multiplex constituent une unité multiplex optique d'ordre  $n$  (OMU- $n$ ).

Le réseau de couche de section optique multiplex contient les fonctions et entités de transport suivantes (voir Figure 3):

- chemin OMS;
- terminaison source de chemin OMS (OMS\_TT\_Source, *OMS trail termination source*);
- terminaison puits de chemin OMS (OMS\_TT\_Sink, *OMS trail termination sink*);
- connexion de réseau OMS (OMS\_NC);
- connexion de liaison OMS (OMS\_LC).



**Figure 3/G.872 – Exemple 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 de couche 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 au § 6.2.

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

- terminaison bidirectionnelle de chemin, qui se compose d'une paire de fonctions de terminaison source et de terminaison puits de chemin de couche section optique multiplex situées au même endroit;
- terminaison source de chemin, qui accepte à son entrée des informations adaptées en provenance de la couche canal optique, qui insère l'en-tête de terminaison de chemin OMS, et qui présente à sa sortie les informations caractéristiques de la couche OMS;
- terminaison puits de chemin, qui accepte à son entrée les informations caractéristiques de la couche OMS, qui extrait l'en-tête OMS et qui présente à sa sortie les informations adaptées.

#### 5.4.2 Entités de transport OMS

Les connexions de réseau, les connexions de liaison et les chemins sont conformes à la description figurant dans la Rec. UIT-T G.805. Aucun sous-réseau OMS n'est défini car il n'y a pas de souplesse dans cette couche.

#### 5.5 Réseau de couche de section optique de transmission

La couche de section optique de transmission assure le transport d'une section optique multiplex sur un chemin de couche 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/bruit. Les informations caractéristiques de la couche OTS se composent de deux signaux logiques, séparés et distincts:

- les informations adaptées de la couche OMS;
- l'en-tête de gestion/maintenance propre à la terminaison de chemin OTS.

Physiquement, une couche 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 OTS de raccordement, 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.

La couche OTS contient les fonctions et entités de transport suivantes (voir Figure 4):

- chemin OTS;
- terminaison source de chemin OTS (OTS\_TT\_Source, *OTS trail termination source*);
- terminaison puits de chemin OTS (OTS\_TT\_Sink, *OTS trail termination sink*);
- connexion de réseau OTS (OTS\_NC);
- connexion de liaison OTS (OTS\_LC);
- sous-réseau OTS (OTS\_SN);
- connexion de sous-réseau OTS (OTS\_SNC).

NOTE – Le sous-réseau OTS\_SN et la connexion de sous-réseau OTS\_SNC n'existent que dans le cas d'une protection de connexion de réseau OTS 1+1.

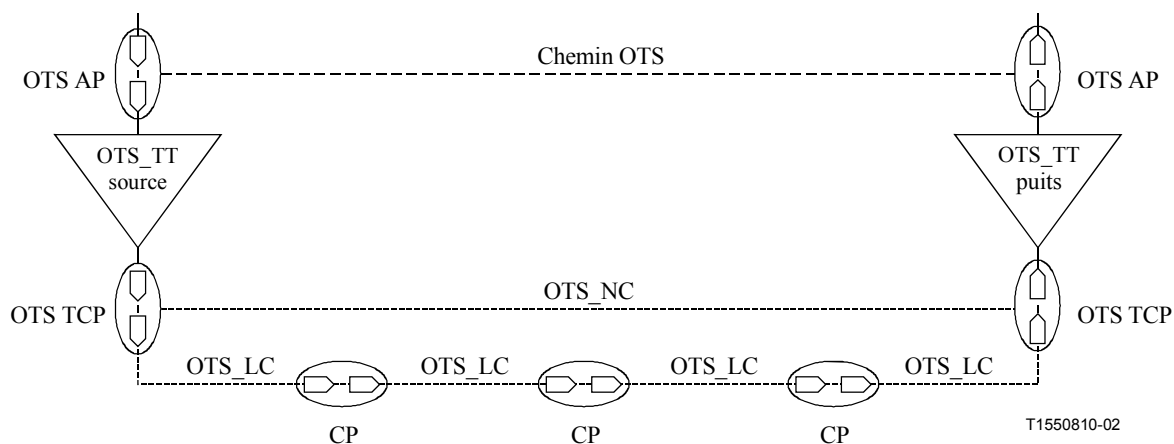


Figure 4/G.872 – Exemple de couche OTS

### 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 connectivité;
- 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 de section optique de transmission:

- terminaison bidirectionnelle de chemin: elle se compose d'une paire de fonctions de terminaison source et de terminaison puits de chemin de couche section optique situées au même endroit;
- terminaison source de chemin: accepte à son entrée les informations adaptées en provenance d'une couche cliente, insère l'en-tête de terminaison de chemin OTS, 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 terminaison source de chemin OTS est constituée par les informations caractéristiques de la couche OTS. Ces informations caractéristiques constituent un module optique de transport (OTM);
- terminaison puits de chemin: accepte à son entrée les informations caractéristiques de la couche OTS, reconditionne les informations afin de compenser la dégradation de signal résultant de la transmission sur le support physique, extrait du signal optique principal le canal optique de supervision, traite l'en-tête de terminaison de chemin OTS contenu dans le canal optique de supervision et présente à sa sortie les informations adaptées.

### 5.5.2 Entités de transport OTS

Les connexions de réseau, les connexions de liaison et les chemins sont conformes à la description figurant dans la Rec. UIT-T G.805.

Le sous-réseau OTS (OTS\_SN) assure la protection des connexions de réseau (NC) dans la couche section optique de transmission. Les informations caractéristiques sont acheminées entre les points de connexion (de terminaison) [(T)CP] d'entrée et les points (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 couches clientes. Exemples de telles couches clientes: un module STM-N SDH ou un flux contigu de cellules ATM. Les restrictions ou les règles limitant la capacité d'un canal optique de transférer une couche cliente particulière feront l'objet d'un complément d'étude.

La structure des couches optiques 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 propres au client et ceux qui sont propres au serveur. La description des processus propres au 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 de source et de puits d'adaptation OCh/Client situées au même endroit.

La source d'adaptation OCh/Client (OCh/Client\_A\_So, *OCh/client adaptation source*) 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 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 l'embrouillage et le codage de canal (par exemple NRZ). Pour un mappage numérique, les informations adaptées forment un flux de données continu dont le débit et le codage utilisés sont bien définis;

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

Le puits d'adaptation OCh/Client (OCh/Client\_A\_Sk, *OCh/client adaptation sink*) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- extraction du signal client dans le 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 désembrouillage;
- 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 de source et de puits d'adaptation OMS/OCh situées au même endroit.

La source d'adaptation OMS/OCh (OMS/OCh\_A\_So, *OMS/OCh adaptation source*) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- modulation d'une porteuse optique par le signal de capacité utile de canal optique au moyen d'un système 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 vaut également pour la fonction de puits d'adaptation.

Le puits d'adaptation OMS/OCh (OMS/OCh\_A\_Sk, *OMS/OCh adaptation sink*) 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 la capacité utile de canal optique;
- 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 de source et de puits d'adaptation OTS/OMS situées au même endroit.

La source d'adaptation OTS/OMS (OTS/OMS\_A\_So, *OTS/OMS adaptation source*) 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 des informations du canal de supervision qui n'est pas traitée par les terminaisons OTS\_TT. Cela vaut également pour la fonction de puits d'adaptation.

Le puits d'adaptation OTS/OMS (OTS/OMS\_A\_Sk, *OTS/OMS adaptation sink*) 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 ou bidirectionnelles, ainsi que des connexions point à multipoint unidirectionnelles.

### **5.7.1 Connexions et chemins unidirectionnels ou bidirectionnels**

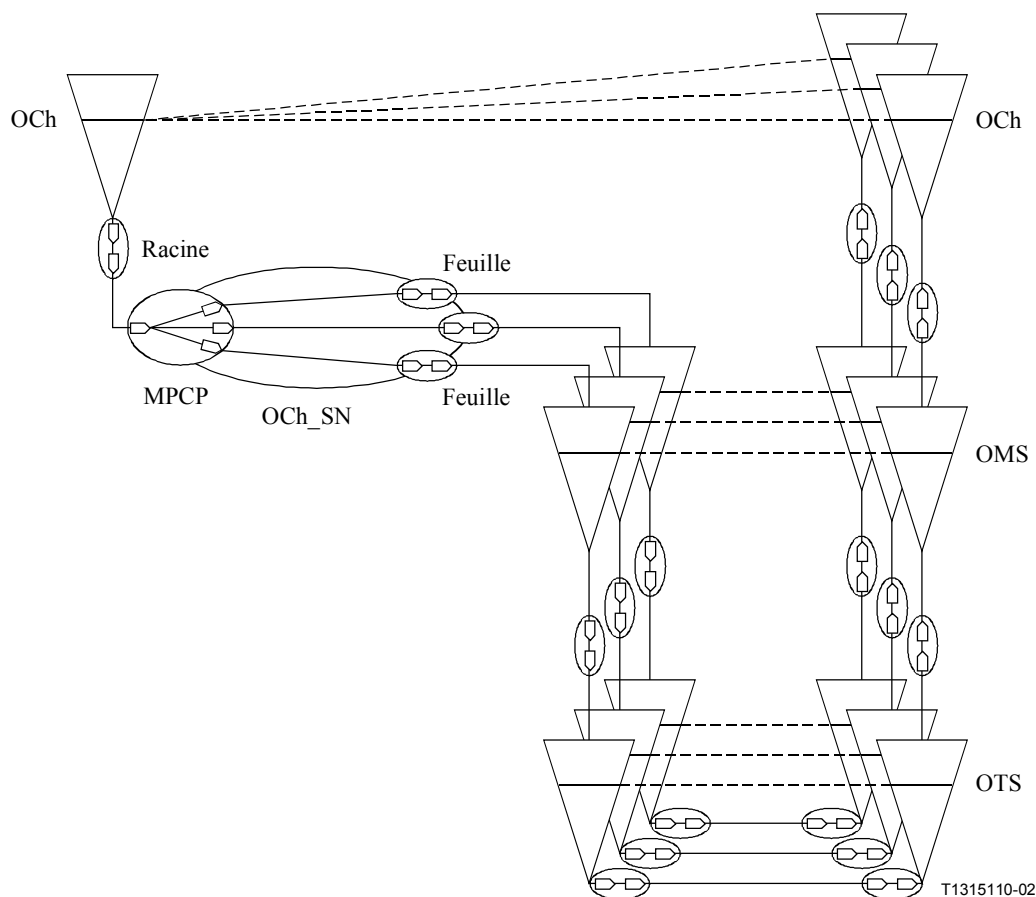
Une connexion bidirectionnelle dans une couche serveuse peut prendre en charge des connexions de couche cliente soit bidirectionnelles soit unidirectionnelles. Mais une couche serveuse unidirectionnelle ne peut prendre en charge que des clients unidirectionnels.

Une connexion bidirectionnelle de couche section optique 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.

### **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 canal optique au moyen d'un point de connexion multipoint (MPCP, *multipoint connection point*), 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 la couche canal optique.



**Figure 5/G.872 – Connexion point à multipoint de couche canal optique**

## 6 Gestion de réseau optique

Le présent paragraphe décrit la gestion du réseau optique de transport. Il décrit en particulier les prescriptions génériques pour la gestion des anomalies, la gestion de la performance et la gestion de configuration. Les processus de gestion requis dans chacune des couches 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 anomalies, de la configuration et de la performance

Le réseau optique de transport doit assurer la gestion des anomalies, de la performance et de la configuration, de bout en bout, à l'intérieur de domaines administratifs et entre domaines administratifs.

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 anomalies, 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 les dégradations de performance 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 prendre en charge 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 à l'extérieur du 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 cliente du réseau OTN, y compris 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 une couche serveuse et une couche cliente.

## 6.2 Prescriptions de gestion des couches optiques

Le présent paragraphe contient les prescriptions relatives aux capacités de gestion des couches canal optique, section optique multiplex et section optique de transmission. Le Tableau 1 contient un résumé des prescriptions de gestion des couches optiques, qui est développé en détail ci-dessous.

**Tableau 1/G.872 – Réseau optique de transport – Prescriptions de gestion au niveau réseau**

Capacité de gestion	Processus	Fonction	Couche			Observations
			OCh	OMS	OTS	
Supervision de continuité	• Détection de perte de continuité	TT	R	R	R	Voir § 6.2.1
Supervision de connectivité	• Identification du suivi de cheminement	TT	R <sup>a)</sup>	–	R	Voir § 6.2.1
Informations de maintenance	• Indication de défaut vers l'avant	TT	R	R	R	Voir § 6.2.1
	• Indication de défaut vers l'arrière	TT	R	R	R	
	• Indication de qualité vers l'arrière	TT	R	FFS	FFS	
Supervision de qualité du signal	• Surveillance de la qualité (paramètres à l'étude)	TT	R	FFS	R	Voir § 6.2.2
Gestion d'adaptation	• Indication du type de capacité utile	A	R	FFS	–	Voir § 6.2.3



**Tableau 1/G.872 – Réseau optique de transport – Prescriptions de gestion au niveau réseau**

Capacité de gestion	Processus	Fonction	Couche			Observations
			OCh	OMS	OTS	
Commande de protection	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protocole de commutation de protection automatique</li> </ul>	A/T	R*	R*	–	Voir § 6.2.4
Supervision de connexion	<ul style="list-style-type: none"> <li>Surveillance intrinsèque</li> <li>Surveillance sans intrusion</li> <li>Surveillance avec intrusion</li> <li>Surveillance de sous-couche</li> </ul>	TT	R*	R*	R*	Voir § 6.3
Communications de gestion	• Canal en mode message	A	–	FF`S	R	Voir § 6.2.5
	• Canal auxiliaire	A	–	–	R*	
	• Propre à l'opérateur	A	–	–	R	
	• Usage national	A	–	–	FFS	
– sans objet		R	requis			
A fonction d'adaptation		R*	requis (si la capacité de gestion doit être prise en charge)			
FFS à étudier ( <i>for further study</i> )		TT	fonction de terminaison de chemin			
a) La seule exception à cette prescription est décrite au § 6.2.1.						

### 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'une couche quelconque. Une connexion de liaison prise en charge par une couche serveuse est supervisée au moyen de la fonction de supervision de continuité. Les connexions de sous-réseau qui résultent de l'association souple 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 terminaisons sources de chemin OCh et un groupe de terminaisons collecteurs de chemin par OCh, 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 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 support physique du réseau optique. Comme cette couche ne contient pas de composants actifs, la terminaison puits de chemin OTS ne recevra pas d'indications d'échec de serveur – contrairement aux terminaisons de chemin dans les couches supérieures – et devra détecter elle-même les défaillances dans la couche support physique 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 du point de vue du réseau. A la suite d'une rupture de fibre, on peut observer une perte du signal composite à la première terminaison puits aval de chemin OTS. Le signal composite se compose des longueurs d'onde multiplexées qui acheminent les canaux optiques et de la longueur d'onde qui achemine 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. Il est à 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 toute couche dont la capacité utile et l'en-tête possèdent des mécanismes de défaillance indépendants.

Dans la couche 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 destinée à la couche OMS et une indication de défaut vers l'avant à l'intérieur de la couche 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 la terminaison puits de chemin OMS, produira à son tour un échec de signal serveur en direction de la couche OCh. Dans la source d'adaptation 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 la terminaison puits de chemin OMS détectera une perte de continuité du chemin OMS sans détection de perte de continuité dans le chemin OTS. Les actions consécutives seront les mêmes que dans le cas d'un échec du signal serveur.

Un échec du signal serveur, détecté par la terminaison puits de chemin OCh, 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 OCh est propre au client. Il est concevable que la terminaison puits de chemin OCh détectera une perte de continuité du chemin OCh sans détection de perte de continuité dans le chemin OTS ou OMS. Les actions consécutives sont les mêmes que dans le cas d'un échec du signal serveur.

Il est à noter que des défaillances à l'intérieur du réseau OTN ou de connexions inutilisées (éteintes) de couche canal optique peuvent se traduire par une capacité utile optique manquante pour les chemins de couche serveuse en aval (par exemple, une rupture de fibre à l'entrée d'un amplificateur optique se traduit par des canaux manquants à la sortie de l'amplificateur de ligne optique). Ces événements ne doivent pas provoquer de perte de continuité pour ce chemin (par exemple une perte de canaux aux terminaisons de chemin OTS suivantes dans le cas ci-dessus). Une signalisation de maintenance appropriée doit être utilisée pour éviter cette conséquence.

### **Supervision de connectivité**

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

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

Le processus suivant est désigné pour la supervision de connectivité:

- identification du suivi de cheminement (TTI, *trail trace identification*)

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

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

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

### **Information de maintenance**

L'information 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.

Trois processus d'information de maintenance sont désignés:

- indication de défaut vers l'avant (FDI, *forward defect indication*);
- indication de défaut vers l'arrière (BDI, *backward defect indication*);
- indication de qualité vers l'arrière (BQI, *backward quality indication*).

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

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

Les indications BDI et BQI renvoient en arrière, vers la terminaison puits de chemin distant, la signalisation de l'état du chemin au niveau de la terminaison puits de chemin. Cela facilite la maintenance des interfaces interdomaniales (§ 9). Par ailleurs, les indications BDI et BQI prennent en charge les prescriptions de surveillance en temps réel de la performance 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.

L'indication BQI est applicable à la couche OCh, l'applicabilité aux couches OMS et OTS nécessite un complément d'étude.

NOTE – Les termes FDI, BDI et BQI sont utilisés au lieu des termes traditionnels AIS, RDI et REI afin de ne pas préjuger les indications et la fonctionnalité de maintenance en cas d'anomalie 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 la mesure, l'acquisition, le filtrage et le traitement des paramètres. En termes de gestion au 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 OCh et OTS fera l'objet d'un complément d'étude.

La prescription de surveillance des paramètres dans la couche 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 de la couche cliente à la couche serveuse et l'adaptation inverse.

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

- identification de type de capacité utile (PTI);

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 mise à disposition. 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.

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

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

### 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 un chemin ou une connexion de sous-réseau. La commutation de protection est commandée sur la base de critères locaux qui sont produits par la supervision de chemin ou de connexion 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 commutateur automatique de protection (APS, *automatic protection switching*), selon l'architecture de commutation de protection.

Le paragraphe 7.1 décrit deux types d'architectures de protection:

- celles qui sont commandées par les informations locales de l'élément de réseau (par exemple architectures de protection de chemin ou de connexion de sous-réseau unidirectionnel 1+1); aucun protocole de commutateur automatique de protection (APS) n'est requis pour ces architectures de protection;
- celles qui sont commandées en outre par les informations provenant de l'élément de réseau situé à l'extrémité distante de l'entité protégée (par exemple protection de chemin 1:N ou anneaux de protection partagée). Pour ces architectures, un protocole APS est nécessaire.

### **6.2.5 Supervision des connexions de sous-réseau/en cascade/inutilisées**

La supervision des connexions de sous-réseau/en cascade/inutilisées est requise pour la couche OCh et appelle un complément d'étude pour les couches OMS et OTS. Les techniques et applications de supervision de connexion sont énumérées aux § 6.3 et 6.4.

### **6.2.6 Communications de gestion**

Les communications de gestion générales qui ne sont pas associées à une couche particulière du réseau OTN (par exemple signalisation dans le réseau ASON, communications vocales/dans la bande vocale, téléchargement de logiciel, communications propres à l'opérateur) sont transportées par un réseau de gestion superposé logique. Suivant l'implémentation de ce réseau qui est faite par les opérateurs, une connexion de liaison de ce réseau peut partager les moyens prenant en charge l'interface ONNI (par exemple certaines communications de gestion générales peuvent être acheminées sur le canal OSC).

## **6.3 Techniques de supervision de connexion**

La supervision de connexion est le processus permettant de surveiller l'intégrité d'une connexion donnée dans les couches section optique de transmission, section optique multiplex ou canal optique. L'intégrité peut être vérifiée par détection et signalisation des défauts de connectivité ou de qualité de transmission pour une connexion donnée. La Rec. UIT-T 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 intrinsèque**

Chaque connexion peut être surveillée 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.

Chaque connexion de couche canal optique peut être surveillée indirectement par utilisation des données intrinsèquement disponibles dans la couche section optique multiplex et par calcul de l'état approximatif de la connexion de couche canal optique d'après les données disponibles.

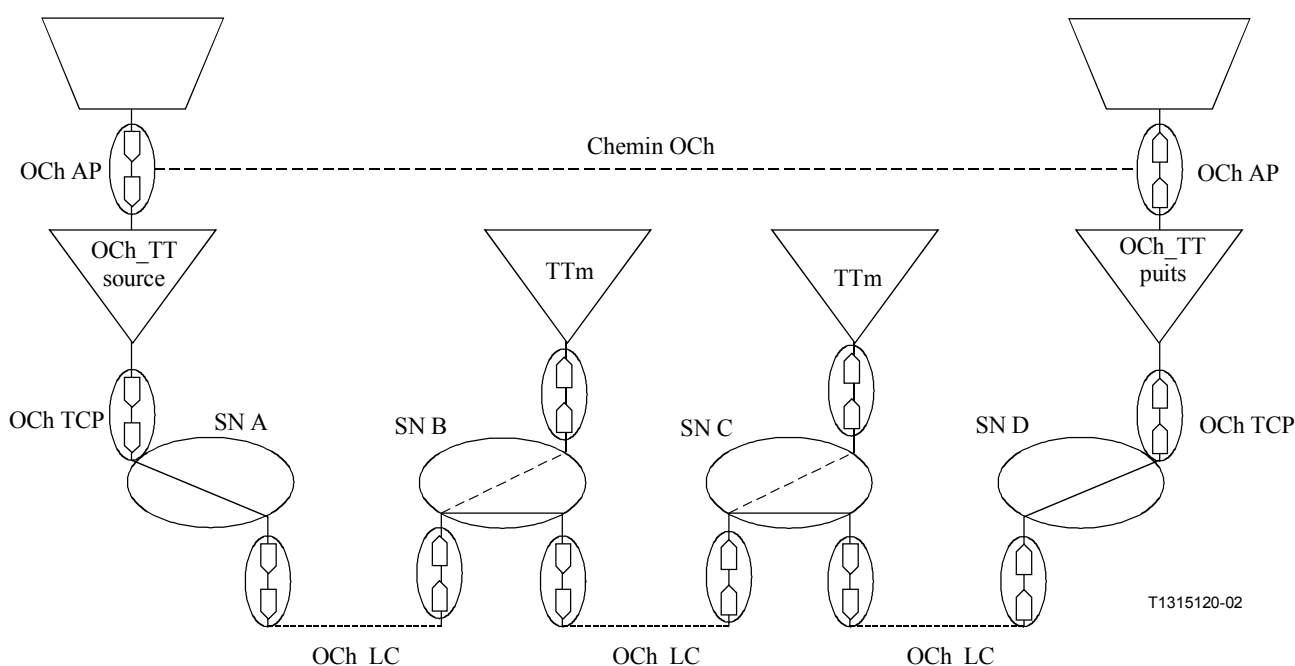
Chaque connexion de couche section optique multiplex peut être surveillée indirectement par utilisation des données intrinsèquement disponibles dans la couche section optique de transmission et par calcul de l'état approximatif de la connexion de couche section optique multiplex d'après les données disponibles.

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

### **6.3.2 Surveillance sans intrusion**

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 sans intrusion des informations caractéristiques transportées par une connexion est une application qui peut permettre de localiser des anomalies. Si une fonction de terminaison puits de chemin détecte une perturbation, il n'est pas toujours facile de déterminer immédiatement l'origine de cette perturbation. Cette fonction 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 terminaison puits (TTm, *termination sink function*) pour la surveillance sans intrusion 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 sans intrusion. Au-delà de la fonction de terminaison puits de chemin et en direction de la terminaison source de chemin, l'anomalie est localisée entre les deux fonctions de terminaison collecteur, la fonction amont signalant une performance sans perturbation tandis que la fonction aval signale l'état de perturbation.



**Figure 6/G.872 – Exemple de supervision de connexion de sous-réseau utilisant la surveillance sans intrusion**

Chaque connexion peut être surveillée directement au moyen des informations d'en-tête correspondantes, qui se trouvent dans les couches section optique multiplex et canal optique, 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 sans intrusion n'est pas requise dans la couche OTS, à moins que la connexion de réseau au niveau OTS ne soit employée dans des systèmes sans amplificateurs en ligne.

### 6.3.3 Surveillance avec intrusion

Une connexion est surveillée directement par rupture du chemin d'origine 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 avec intrusion peut être utilisée pour les contrôles de continuité de fibre et pour la localisation des anomalies.

### **6.3.4 Surveillance de sous-couche**

Une partie de la capacité d'en-tête pour le chemin d'origine est remplacée de sorte que la partie intéressante de la connexion puisse être surveillée directement par un chemin créé dans une sous-couche. Avec cette technique, tous les paramètres peuvent être évalués directement. Les connexions surveillées par le chemin de sous-couche peuvent alors être imbriquées.

Les connexions (de réseau, de sous-réseau, de liaison en cascade et de liaison) de la couche canal optique peuvent être surveillées directement par insertion d'un en-tête de surveillance de connexion à l'entrée de la connexion puis par extraction et traitement de cet en-tête à la sortie de la connexion.

La surveillance de sous-couche n'est pas disponible pour les couches section optique multiplex et section optique de transmission.

## **6.4 Applications de supervision de connexion**

### **6.4.1 Surveillance des connexions inutilisées**

Les canaux optiques sont soit en service, soit hors service (comme décrit au § 5.4). En outre, les canaux hors service sont soit allumés soit éteints. Les canaux hors service allumés doivent générer un en-tête de canal optique valable avec une capacité utile appropriée (par exemple un client NULL avec uniquement des 0 ou un signal de test PRBS) et un identificateur de type de capacité utile. Pour un tel signal, la surveillance est la même que pour les canaux en service.

### **6.4.2 Surveillance de connexion**

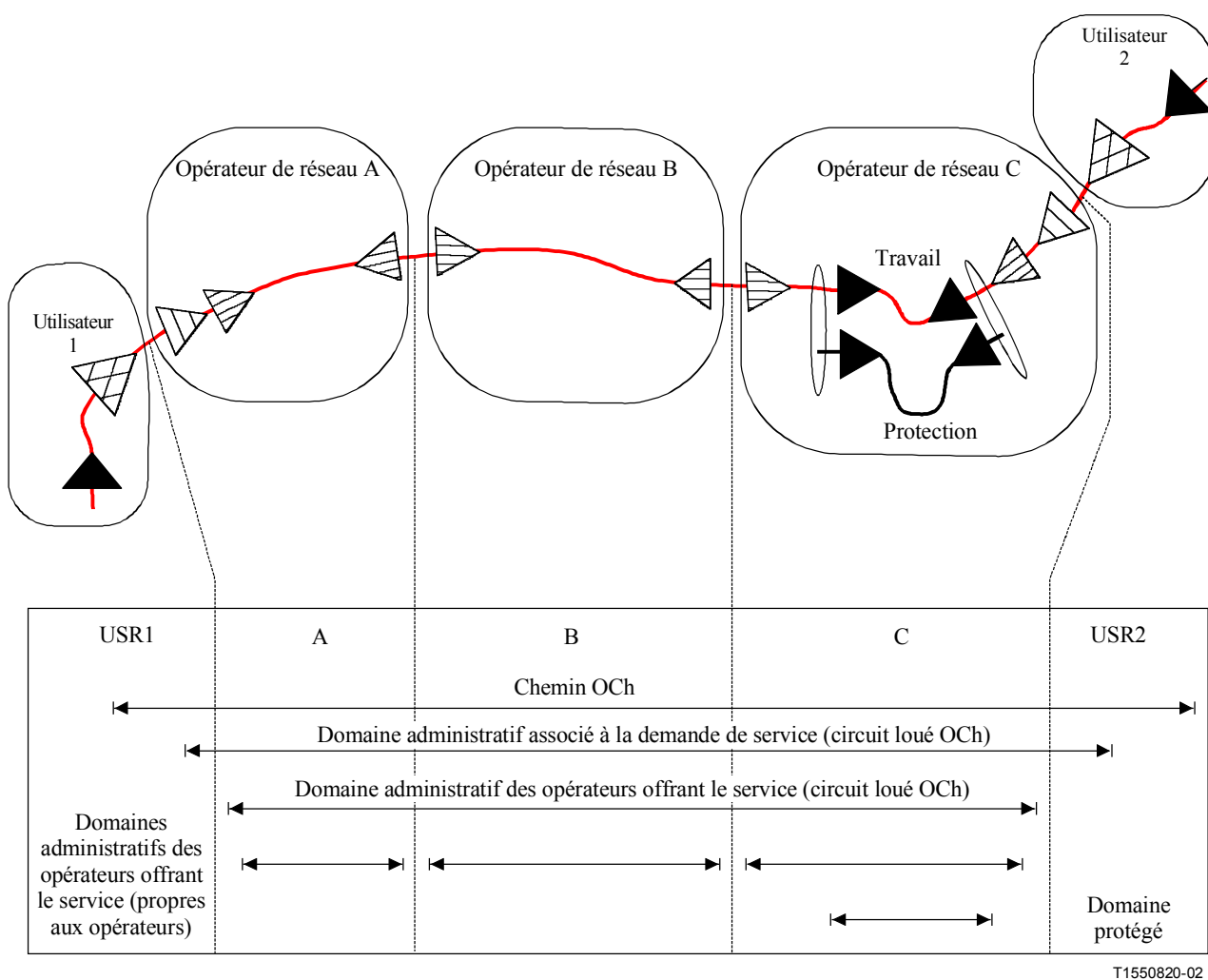
La surveillance de connexion de couche canal optique vise à représenter la partie d'une connexion de couche canal optique qui nécessite une surveillance indépendante par rapport aux autres parties de ladite connexion.

Elle peut être appliquée:

- à la connexion de réseau, pour l'établissement du chemin dans la couche;
- à n'importe quelle connexion de sous-réseau, pour l'établissement d'une connexion en cascade dans le domaine administratif des opérateurs offrant le service;
- à n'importe quelle connexion de liaison en cascade ou connexion de liaison, pour l'établissement d'une connexion en cascade dans le domaine administratif associé à la demande de service ou d'une connexion en cascade dans un domaine protégé;
- à n'importe quelle connexion de liaison, pour la détection d'anomalie ou de dégradation de la performance aux fins de maintenance du réseau.

La surveillance de connexion de couche canal optique peut être établie pour un certain nombre de connexions imbriquées, jusqu'au niveau maximal défini dans les Recommandations portant sur l'implémentation (par exemple la Rec. UIT-T G.709). Le nombre de niveaux de surveillance de connexion qui peuvent être utilisés par chaque opérateur/utilisateur impliqué dans une connexion de couche canal optique doit être convenu mutuellement entre ces opérateurs et utilisateurs.

Un exemple (avec cinq niveaux de surveillance de connexions imbriquées) est présenté sur la Figure 7. Un signal de couche canal optique généré dans le réseau d'utilisateur 1 est transporté via les réseaux de 3 opérateurs jusqu'au réseau d'utilisateur 2. Les deux réseaux d'utilisateur contiennent plusieurs éléments de réseau OTN.



T1550820-02

**Figure 7/G.872 – Exemple de surveillance de connexion de couche canal optique (OCh)**

Les trois opérateurs de réseau offrent un circuit loué de couche canal optique au réseau d'utilisateur. Les réseaux d'utilisateur sont capables de surveiller la qualité de service de la connexion de couche canal optique de bout en bout et entre les bords des deux réseaux d'utilisateur. Les opérateurs de réseau surveillent la qualité de service du circuit loué de couche canal optique offert conjointement, de la connexion de couche canal optique dans le domaine de chaque opérateur de réseau ainsi que d'une connexion de travail et d'une connexion de protection dans un domaine protégé du réseau de l'opérateur C.

L'interconnexion de deux réseaux adjacents quelconques (USR1-réseau A, réseau A-réseau B, réseau B-réseau C, réseau C-USR2) peut être surveillée grâce à l'activation de dispositifs de surveillance de connexion supplémentaires à chaque extrémité de l'interconnexion (non illustrés). On évite ainsi que la connexion comporte des parties non surveillées.

La surveillance de connexion assure les fonctions suivantes (entre les extrémités de la connexion):

- gestion des anomalies et surveillance de la performance à l'extrémité proche de la connexion (qualité en termes d'erreur et situations de défaillances/alarmes);
  - vérification d'échec de signal de serveur de connexion (c'est-à-dire FDI/AIS);
  - vérification de continuité de connexion (c'est-à-dire perte de continuité);
  - vérification de connectivité de connexion (c'est-à-dire suivi);
  - vérification d'erreur de connexion (c'est-à-dire code de détection d'erreur);



- gestion des anomalies et surveillance de la performance à l'extrémité distante de la connexion (qualité en termes d'erreur et situations de défaillances/alarmes);
  - indication de défaut vers l'arrière pour la connexion;
  - indication d'erreur vers l'arrière pour la connexion;
- surveillance de la connexion indépendamment du contenu/de l'état du signal entrant proprement dit;
- ajout ou suppression d'un niveau de surveillance de connexion sans interruption du trafic, et (en tant qu'objectif) sans introduction d'erreurs de surveillance aux autres niveaux de surveillance de la connexion;
- surveillance sans intrusion de n'importe quel niveau de surveillance de connexion à n'importe quel point intermédiaire de la connexion spécifique pour:
  - la surveillance de l'ensemble de la connexion à partir de ce point sur la base des indications vers l'arrière (Noter que cela n'est possible que dans le cas de connexions bidirectionnelles);
  - la surveillance de l'état de la connexion en ce point.

La surveillance de connexion de couche canal optique peut être appliquée aux connexions unidirectionnelles ou bidirectionnelles. Dans le cas des connexions unidirectionnelles, la gestion des anomalies et la surveillance de la performance à l'extrémité distante n'est pas prise en charge et l'ajout ou la suppression d'un niveau de surveillance de connexion risque de conduire à une interruption du trafic.

## **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.

Les principaux objectifs de réseau concernant le choix d'architectures d'autorétablissement sont les suivants:

- rétablissement rapide (sur ordre d'anneaux SDH);
- coexistence en harmonie avec des mécanismes possibles de couche cliente (par exemple des anneaux SDH). Un exemple serait la capacité d'activer/désactiver le mécanisme de protection de réseau OTN dans une couche canal optique;
- rétablissement de points particuliers de défaillance;
- minimisation de la distance de reroutage (pour éviter les dégradations du signal dues à la couche Physique);
- adaptation progressive aux défaillances multiples;
- éviter de perturber le trafic non affecté par la défaillance;
- minimisation de la largeur de bande de protection requise;
- minimisation de la complexité de signalisation nécessaire;
- prise en charge de la vérification du conduit antérieur;
- prise en compte de l'interfonctionnement d'anneaux de réseau OTN;
- prise en compte de couches canal optique maillées et de leur interfonctionnement.

## 7.1 Techniques de protection

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

Trois types d'architecture de protection sont considérés: la protection de chemin, la protection de connexion de sous-réseau et les anneaux de protection partagée.

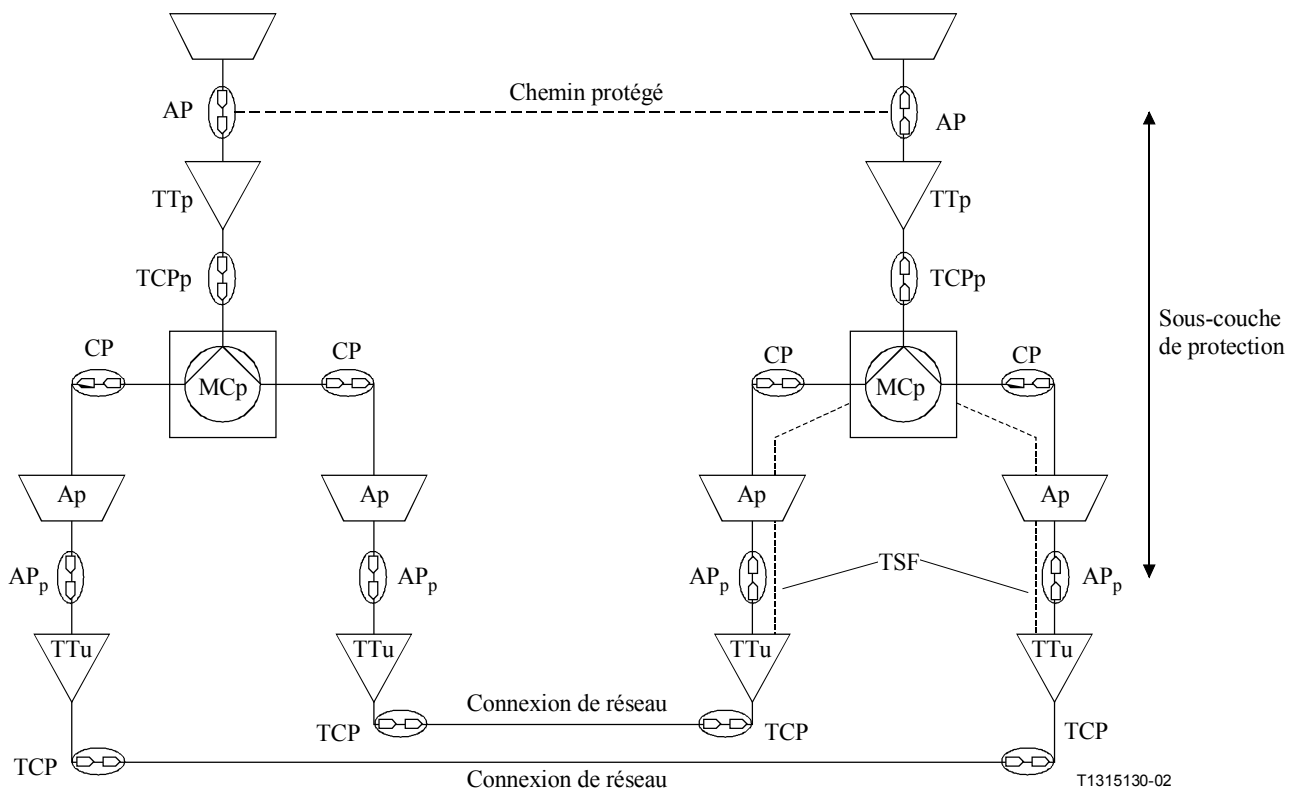
### 7.1.1 Protection de chemin

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). Un chemin de travail est remplacé par un chemin de protection si le chemin de travail subit une défaillance ou si le niveau de performance passe au-dessous du niveau requis. La protection de chemin peut fonctionner de manière unidirectionnelle ou bidirectionnelle.

Elle peut également être de type 1+1, le chemin de protection spécialisé n'étant alors utilisé que pour la protection, ou de type 1:N, un trafic supplémentaire pouvant alors 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 est illustrée dans la Figure 8 et peut être utilisée sans protocole de commutateur automatique de protection.
- *Protection de chemin 1:N*  
Dans cette architecture, N chemins de travail devant être protégés partagent un chemin additionnel aux fins de protection. Dans les conditions normales, cette capacité de protection peut être utilisée pour acheminer un "trafic supplémentaire" de faible priorité. Ce trafic supplémentaire n'est pas protégé et doit être remplacé par un trafic de travail de priorité plus élevée en cas de défaillance. Cette architecture nécessite un protocole de commutateur automatique de protection comme décrit au § 6.2.4 (commande de protection).



Ap	adaptation de protection ( <i>protection adaptation</i> )	TSF	échec de signal de chemin ( <i>trail signal fail</i> )
AP <sub>p</sub>	point d'accès de protection ( <i>protection access point</i> )	TTp	terminaison de chemin protégé ( <i>protected trail termination</i> )
MCp	connexion de matrice de protection ( <i>protection matrix connection</i> )	TTu	terminaison de chemin non protégé ( <i>unprotected trail termination</i> )
TCPp	point TCP de protection ( <i>protection TCP</i> )		

**Figure 8/G.872 – Protection de chemin unidirectionnelle 1+1**

### 7.1.2 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 intrinsèque (SNC/I) protège contre les défaillances et les dégradations 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 la détection des défauts et des dégradations et la couche cliente exécutant la commutation de protection sur la base des informations provenant de la couche serveuse.

Il est à noter que la protection SNC/I est normalement limitée à un seul chemin de couche serveuse pour la connexion de travail et la connexion de protection entre le commutateur de protection du puits et celui de la source étant donné que seules les informations sur le chemin de couche serveuse se terminant localement sont disponibles. Les informations sur les chemins de couche serveuse plus en amont ne sont en principe pas disponibles au niveau du sélecteur de commutation de protection.

La protection de connexion de sous-réseau par surveillance sans intrusion (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. La protection de connexion de sous-réseau par surveillance de sous-couche (SNC/S) utilise un chemin créé dans une sous-couche pour protéger la connexion contre les défaillances. Une partie de la capacité du chemin d'origine est remplacée de sorte que la partie intéressante de la connexion puisse être surveillée directement par le chemin créé dans une sous-couche.

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

- *Protections SNC/I, SNC/N et SNC/S unidirectionnelles 1+1*

Dans ces architectures, 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. En ce qui concerne les critères de commutation de protection, on peut utiliser la surveillance intrinsèque, la surveillance sans intrusion ou la surveillance de sous-couche, telles que définies au § 6.3.

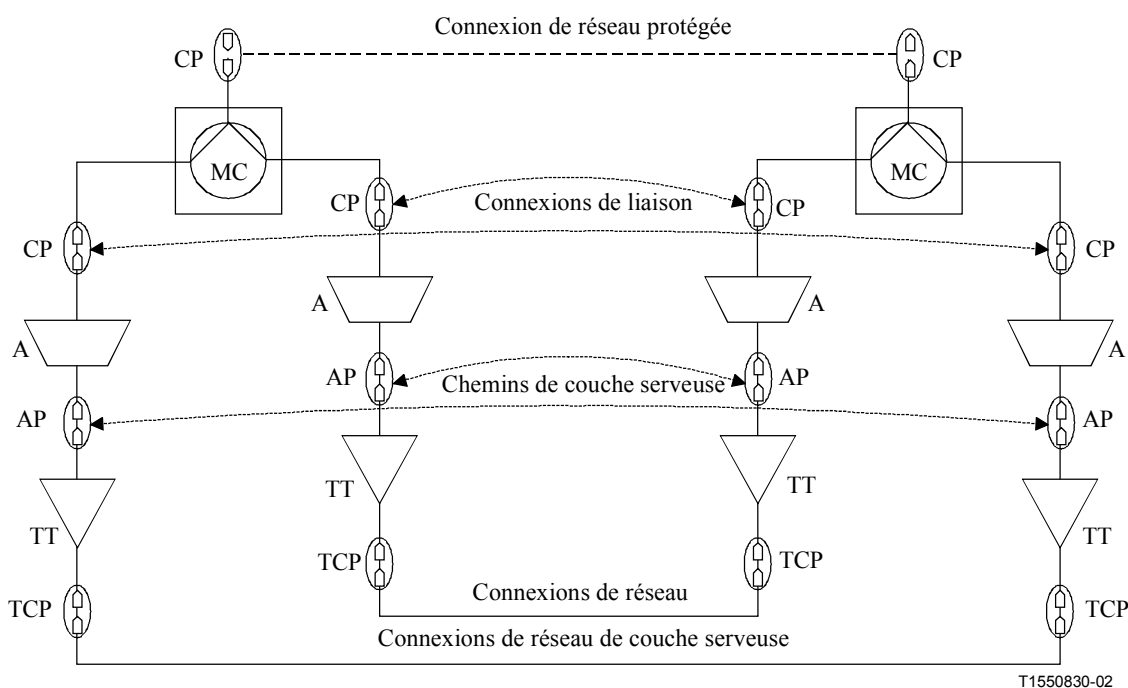
Ces architectures sont illustrées sur les Figures 9, 10 et 11. Elles peuvent être utilisées sans protocole de commutateur automatique de protection.

- *Protection SNC/S 1:N*

Dans cette architecture, N connexions de sous-réseau de travail devant être protégées partagent une connexion de réseau additionnelle aux fins de protection. Dans les conditions normales, cette capacité de protection peut être utilisée pour acheminer un "trafic supplémentaire" de faible capacité. Ce trafic supplémentaire n'est pas protégé et doit être remplacé par un trafic de travail de priorité plus élevée en cas de défaillance. Cette architecture nécessite un protocole de commutateur automatique de protection comme décrit au § 6.2.4 (commande de protection).

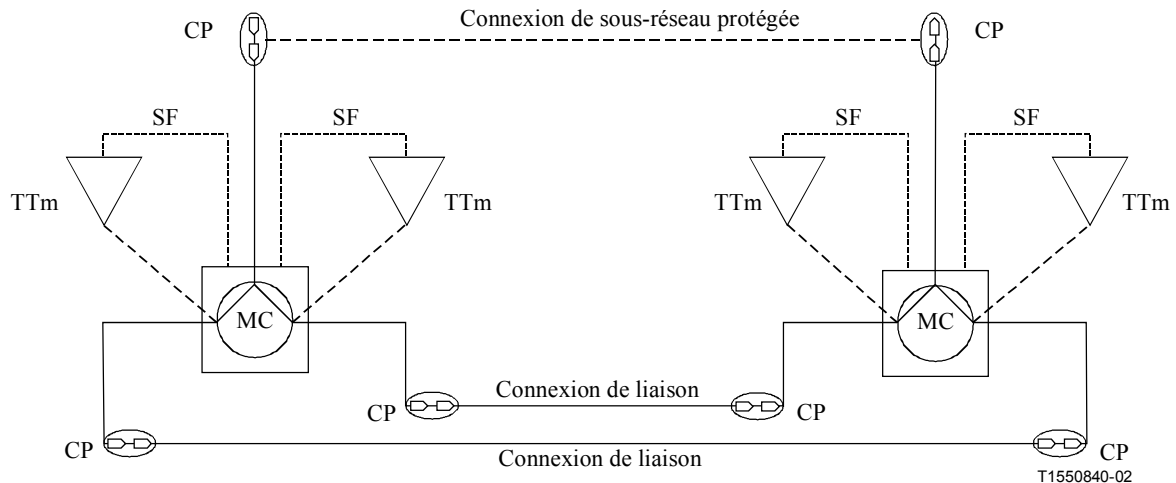
En ce qui concerne les critères de commutation de protection, on peut utiliser la surveillance de sous-couche, telle que définie au § 6.3.

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



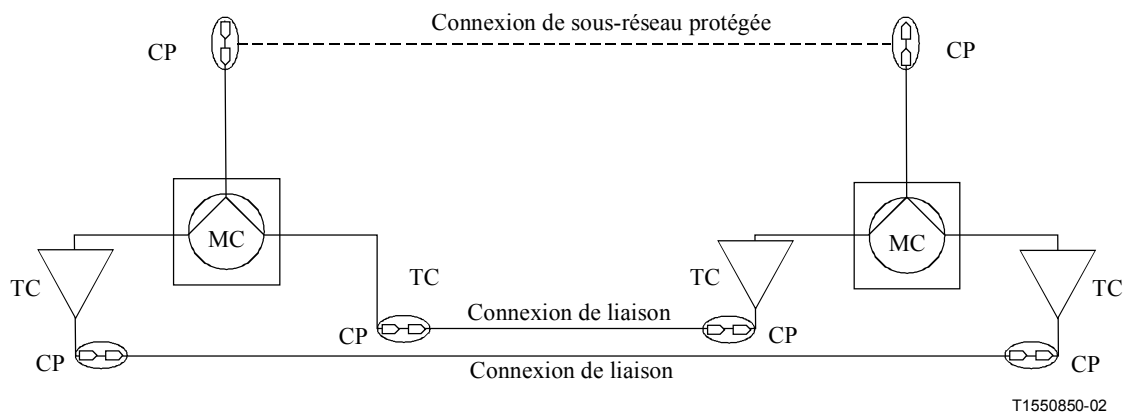
A	adaptation	MC	connexion de matrice ( <i>matrix connection</i> )
AP	point d'accès ( <i>access point</i> )	TCP	point de connexion de terminaison ( <i>termination connection point</i> )
CP	point de connexion ( <i>connection point</i> )	TT	terminaison de chemin ( <i>trail termination</i> )

**Figure 9/G.872 – Protection de connexion de sous-réseau avec surveillance intrinsèque**



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

**Figure 10/G.872 – Protection de connexion de sous-réseau avec surveillance sans intrusion**



- CP point de connexion (*connection point*)
- MC connexion de matrice (*matrix connection*)
- TC terminaison de connexion en cascade (*tandem connection termination*)

**Figure 11/G.872 – Protection de connexion de sous-réseau avec surveillance de sous-couche**

### 7.1.3 Anneaux de protection partagée

Cette architecture fournit virtuellement à chaque connexion devant être protégée une route et une capacité de protection préassignées 1:1. La connexion de protection n'achemine pas de copie de la connexion de travail dans les conditions normales; la capacité n'est donc pas occupée et peut être utilisée pour un trafic supplémentaire de faible priorité, qui n'est pas protégé. Cette capacité de protection peut être partagée par d'autres connexions de protection liaison par liaison. Pour faire face à une défaillance de réseau, les connexions de travail affectées sont commutées sur d'autres routes de bout en bout avec longueurs d'onde préassignées. Cette architecture nécessite un protocole de commutateur automatique de protection.

## 7.2 Applicabilité des techniques de protection de réseau dans le réseau optique de transport

Dans le réseau optique de transport, les techniques de protection décrites ci-dessus peuvent être appliquées comme illustré dans le Tableau 2.

**Tableau 2/G.872 – Techniques de protection pour le réseau optique de transport**

Technique de protection	Couche OTS	Couche OMS	Couche OCh
Protection de chemin 1+1	NA	A	A
Protection de chemin 1:N	NA	A	NA
Protections SNC/N, SNC/S et SNC/I 1+1	NA	NA	A
Protection SNC/S 1:N	NA	NA	A
Anneau de protection partagé	NA	A	A
A applicable			
NA non applicable			

## 7.3 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. Les stratégies de reroutage ne sont pas propres à la technologie et sont donc hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

## 8 Interconnexion et interfonctionnement de différents domaines administratifs

Le progrès technique des réseaux optiques s'accompagnera de celui des méthodes permettant l'interconnexion et l'interfonctionnement de 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:

- a) dans une 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'ilots de réseau OTN, contenus dans des domaines administratifs. L'interconnexion avec des réseaux de transport existants (par exemple les réseaux 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 les réseaux de transport SDH), de façon que les informations adaptées du signal soient conformes au réseau OTN. Cette méthode d'interconnexion est illustrée sur la Figure 12 avec une interface interdomaniale non OTN (non OTN\_IrDI, *non-OTN inter-domain interface*) 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 12 montre également une interface intradomaniale OTN (OTN\_IaDI, *OTN inter-domain interface*). Pour les applications intradomaniales, l'on n'envisage pas actuellement la nécessité de normaliser des interfaces entièrement compatibles transversalement.

L'interfonctionnement s'effectue dans une couche cliente convenue et sa supervision est fondée sur des signaux de maintenance propres au client. Aucun canal optique de supervision n'est requis pour cette application.

- 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 13. Le point d'interconnexion est appelé interface interdomaniale OTN (OTN\_IrDI, *OTN inter-domain interface*). Cette interface peut être de type monocanal ou multicanal.

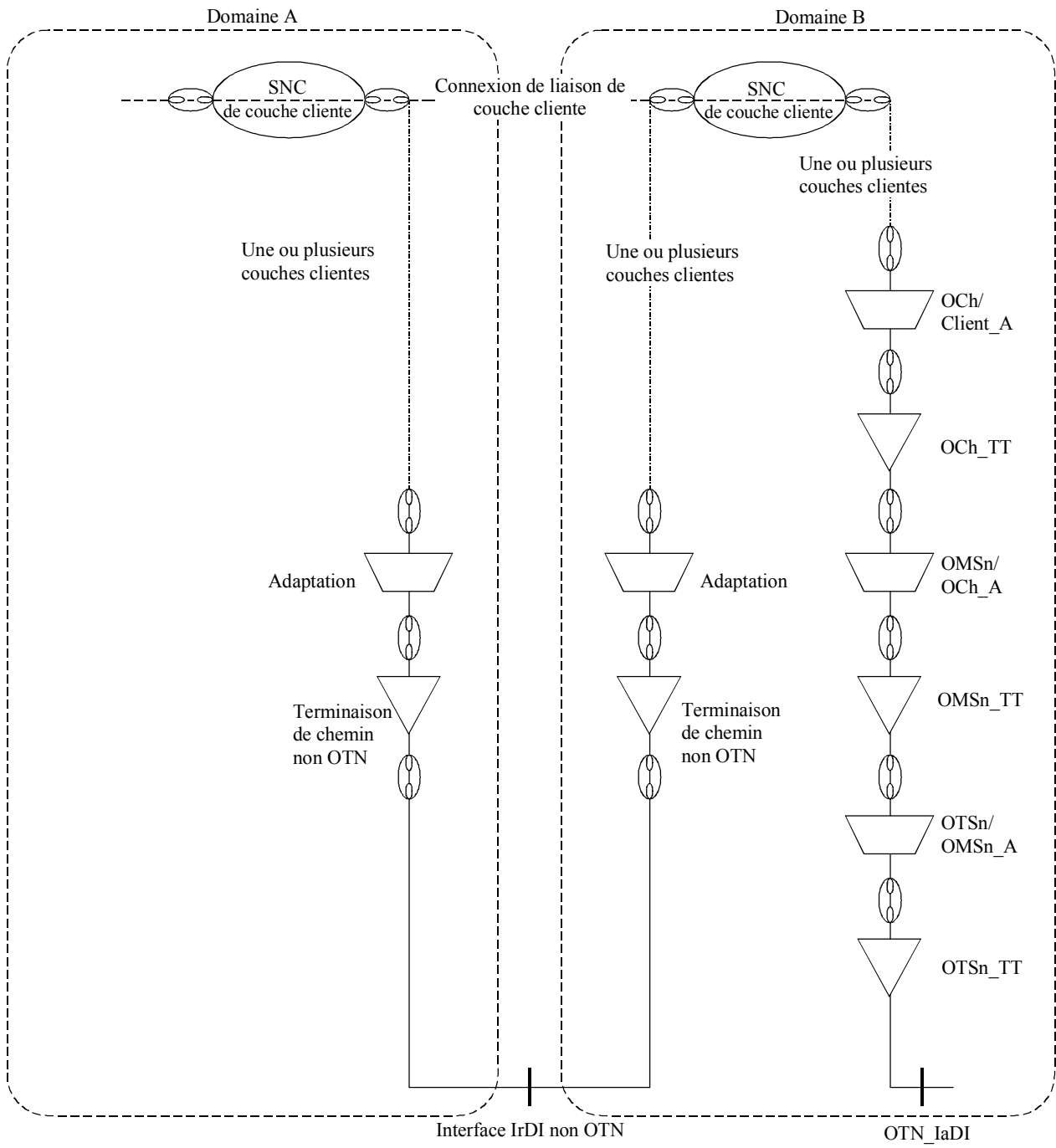
Pour cette application, la priorité absolue est donnée à la normalisation d'une interface compatible transversalement sur des distances courtes (par exemple inférieures à 40 km). Aucun canal optique de supervision n'est requis pour cette application.

La priorité devrait ensuite être donnée aux interfaces compatibles transversalement couvrant des distances plus longues. Aucun canal optique de supervision n'est requis s'il n'y a pas d'élément de réseau intermédiaire entre l'interface IrDI et l'élément de réseau assurant l'interfonctionnement.

Il est clair que les interfaces OTN\_IrDI peuvent également être utilisées pour des applications intradomaniales (OTN\_IaDI).

Dans cette phase, il sera possible d'appliquer un en-tête limité de couche canal optique. L'interfonctionnement continuera à intervenir dans une couche cliente convenue, comme dans le cas a).

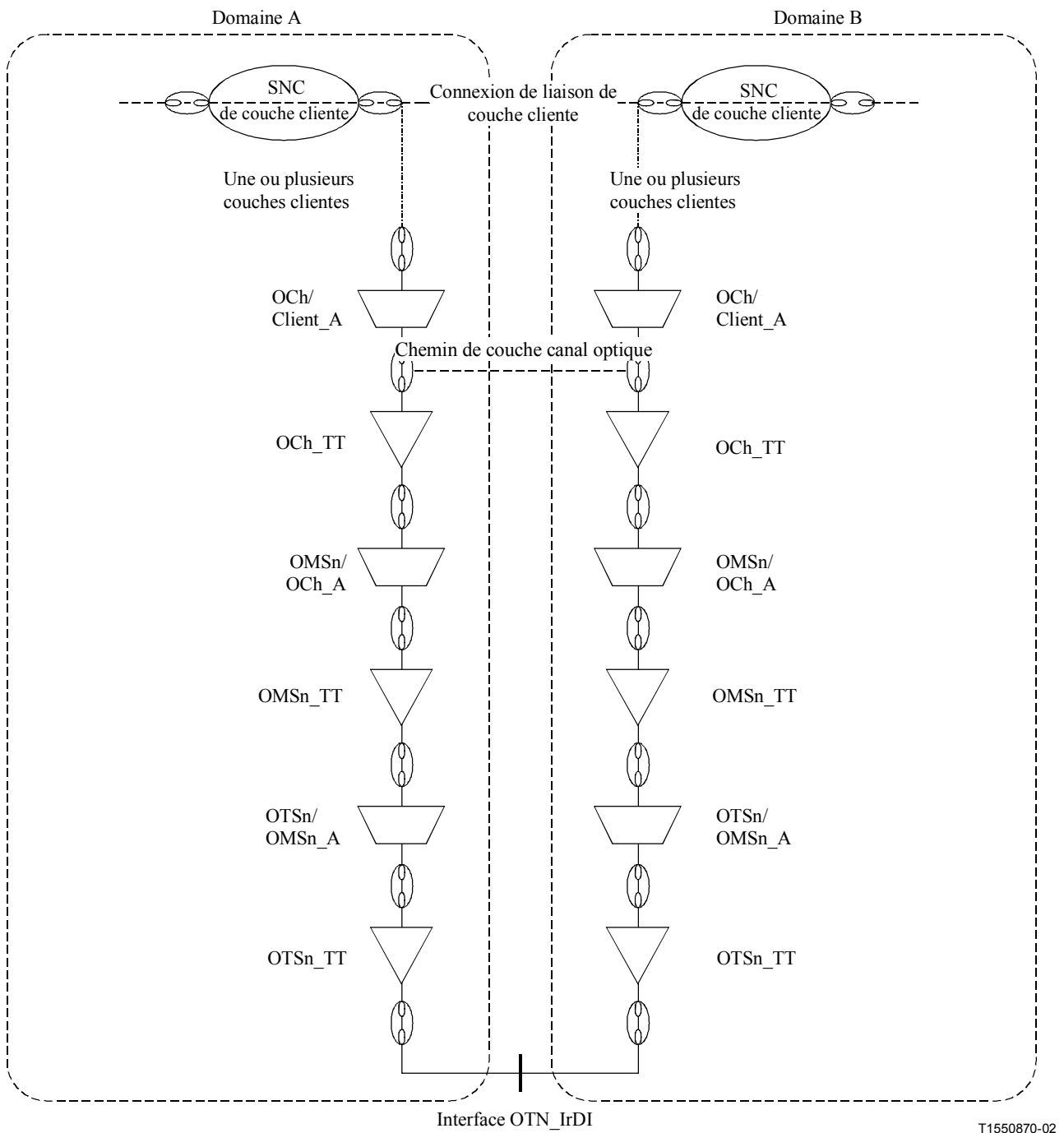
- c) Enfin, lorsque les normes relatives à l'en-tête seront établies et implémentées, il deviendra possible d'assurer la continuité de la couche canal optique au point d'interconnexion entre différents domaines administratifs, comme représenté sur la Figure 14. L'interface OTN\_IrDI est appelée à être utilisée à cette fin. Cette utilisation d'une interface conforme OTN est la conséquence de la nécessité d'assurer la continuité de la couche OCh. L'interface IrDI pourra donc être de type monocanal ou multicanal. Pour la maintenance des couches OMS/OTS, aucun canal optique de supervision n'est requis s'il n'y a pas d'élément de réseau intermédiaire entre l'interface IrDI et l'élément de réseau assurant l'interfonctionnement. Dans ce cas, les couches OMS/OTS sont regroupées dans une seule couche OPS (voir les Rec. UIT-T G.709 et G.798). De nouvelles applications susceptibles de nécessiter l'utilisation du canal optique de supervision feront l'objet d'un complément d'étude.



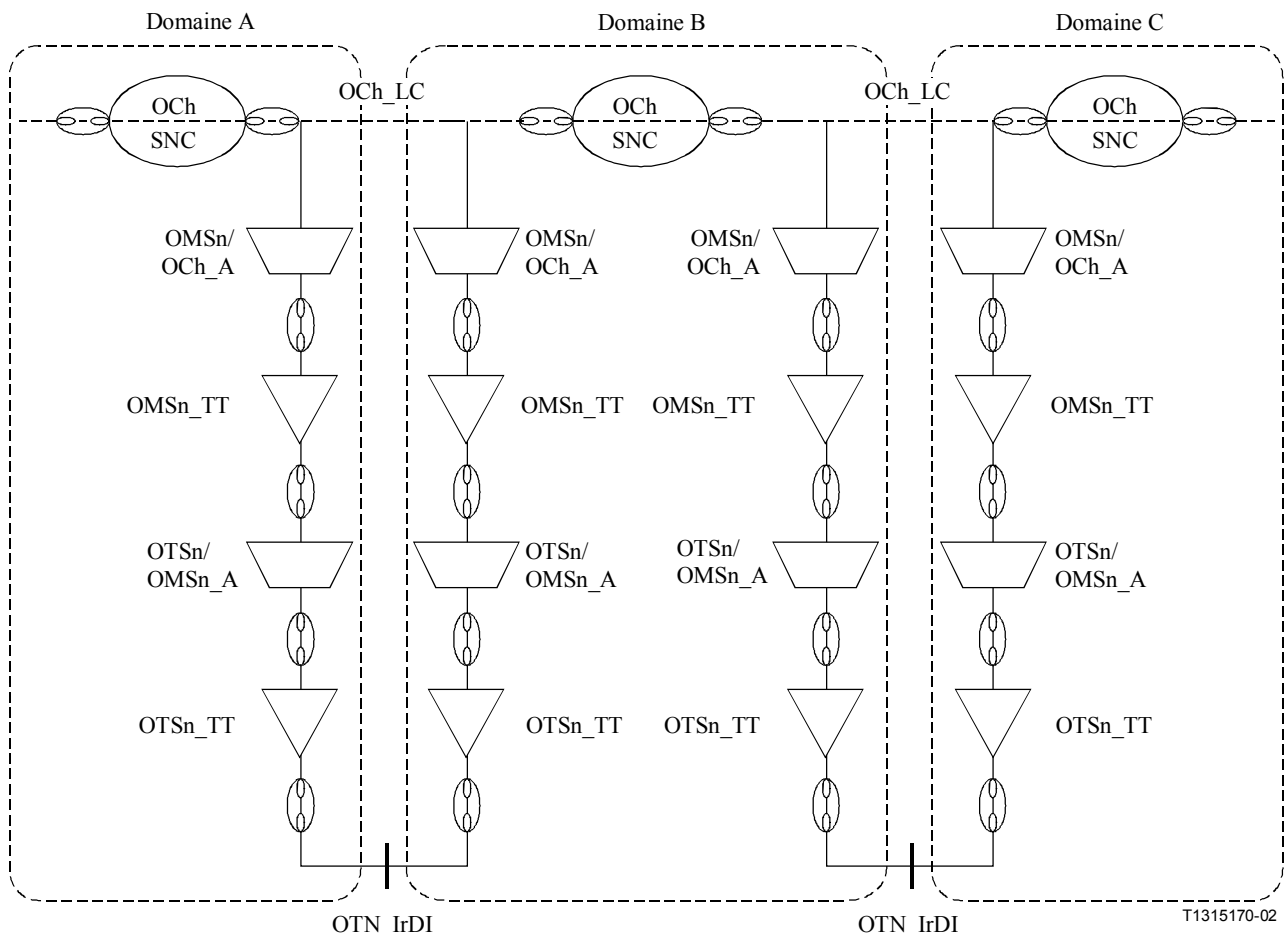
T1550860-02

**Figure 12/G.872 – Scénario 1: interconnexion de différents domaines administratifs au moyen d'une interface non OTN**





**Figure 13/G.872 – Scénario 2: interconnexion de différents domaines administratifs au moyen d'un îlot optique avec interface interdomaniale OTN**



**Figure 14/G.872 – Scénario 3: interconnexion de sous-réseaux OTN dans différents domaines administratifs au moyen d'une interface interdomaniale OTN prenant en charge l'interfonctionnement OCh**

## 9 Aspects liés à l'implémentation de la couche canal optique

### 9.1 Introduction

Le Tableau 1 présente les prescriptions de maintenance pour chaque couche du réseau OTN, et pour la couche OCh en particulier. Le § 6.2.1 porte sur les prescriptions relatives à la supervision de la continuité de la connectivité tandis que le paragraphe 6.2.2 porte sur les prescriptions relatives à la supervision de la qualité du signal. En bref, les prescriptions relatives à la supervision de la connectivité ont été assignées à l'en-tête associé, en-tête qui ne peut pas être séparé de la capacité utile.

Au cours de l'élaboration de la Rec. UIT-T G.709 (implémentation de la couche canal optique conformément aux prescriptions de la Rec. UIT-T G.872), il s'est avéré que les seules techniques disponibles actuellement pouvant satisfaire aux exigences concernant le suivi OCh associé, et permettant de procéder à une évaluation précise de la qualité d'un signal client numérique, étaient des techniques numériques. Etant donné que le domaine d'application de la Rec. UIT-T G.872 est restreint à la description fonctionnelle des réseaux optiques de transport qui prennent en charge les signaux numériques, cette limitation n'a pas été considérée comme grave.

Par ailleurs, du fait des limitations de la technologie optique actuelle, il est impossible de construire un réseau purement optique dans le monde entier. Une régénération 3R des signaux optiques est nécessaire après une certaine distance et sera utilisée aux frontières entre domaines afin de découpler les domaines concernant les dégradations du signal optique et d'obtenir une évaluation précise de la qualité du signal.

C'est pourquoi il a été choisi, dans la Rec. UIT-T G.709, d'implémenter la couche canal optique au moyen d'un signal tramé numérique avec en-tête numérique qui prend en charge les prescriptions de gestion de la couche canal optique énumérées au § 6. En outre, cela permet d'utiliser la correction d'erreur directe et d'améliorer ainsi la performance du système. Deux couches numériques sont alors mises en place: ODU et OTU. Le but est de mapper tous les signaux clients dans la couche canal optique via les couches ODU et OTU.

Afin d'optimiser le réseau OTN pour différentes applications, des signaux ODU et OTU sont définis pour trois débits:

- ODU1 et OTU1 pour la zone à 2,5 Gbit/s;
- ODU2 et OTU2 pour la zone à 10 Gbit/s;
- ODU3 et OTU3 pour la zone à 40 Gbit/s.

La prise en charge d'entités à des débits supérieurs nécessite un complément d'étude.

Entre-temps, il est souhaitable que la présente Recommandation décrive une couche canal optique sans traitement numérique, de sorte qu'elle reste valable si une technologie future permettait de mettre en œuvre la présente Recommandation sans traitement numérique. A cette fin, les prescriptions de la présente Recommandation relatives à la couche canal optique restent en vigueur, et la couche OTU peut simplement être considérée comme un autre client de la couche canal optique.

Actuellement, le seul client de la couche canal optique qui satisfait à toutes les prescriptions de la présente Recommandation est la couche OTU. D'autres clients peuvent être mappés directement dans la couche canal optique, mais il s'ensuit une perte de fonctionnalité et cela ne répond à aucune norme.

## **9.2 Structure stratifiée du réseau OTN numérique**

La structure stratifiée du réseau OTN numérique est constituée de couches conduit numérique (ODU) et section numérique (OTU).

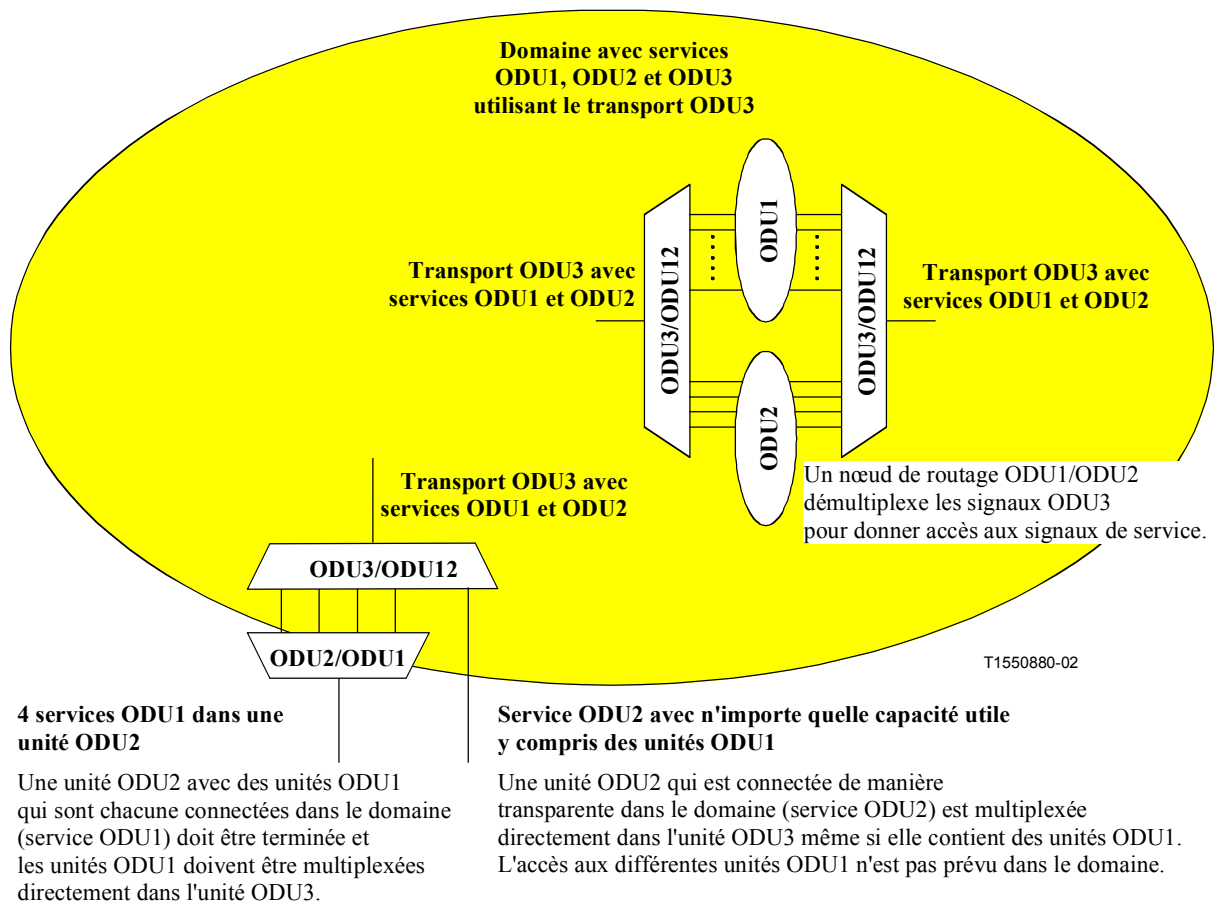
Une couche section OTU prend en charge une seule couche conduit ODU comme couche cliente.

Une couche conduit ODU prend en charge les divers signaux clients OTN et les diverses couches conduits ODU<sub>j</sub> ( $j < k$ ) avec des débits inférieurs (voir le multiplexage temporel d'unités ODU au § 9.6) comme couches clientes. Pour le deuxième cas, il est recommandé que le nombre de niveaux hiérarchiques visibles de couches conduit ODU qui sont pris en charge dans un domaine soit limité à deux (un étage de multiplexage) afin de réduire la complexité globale du réseau.

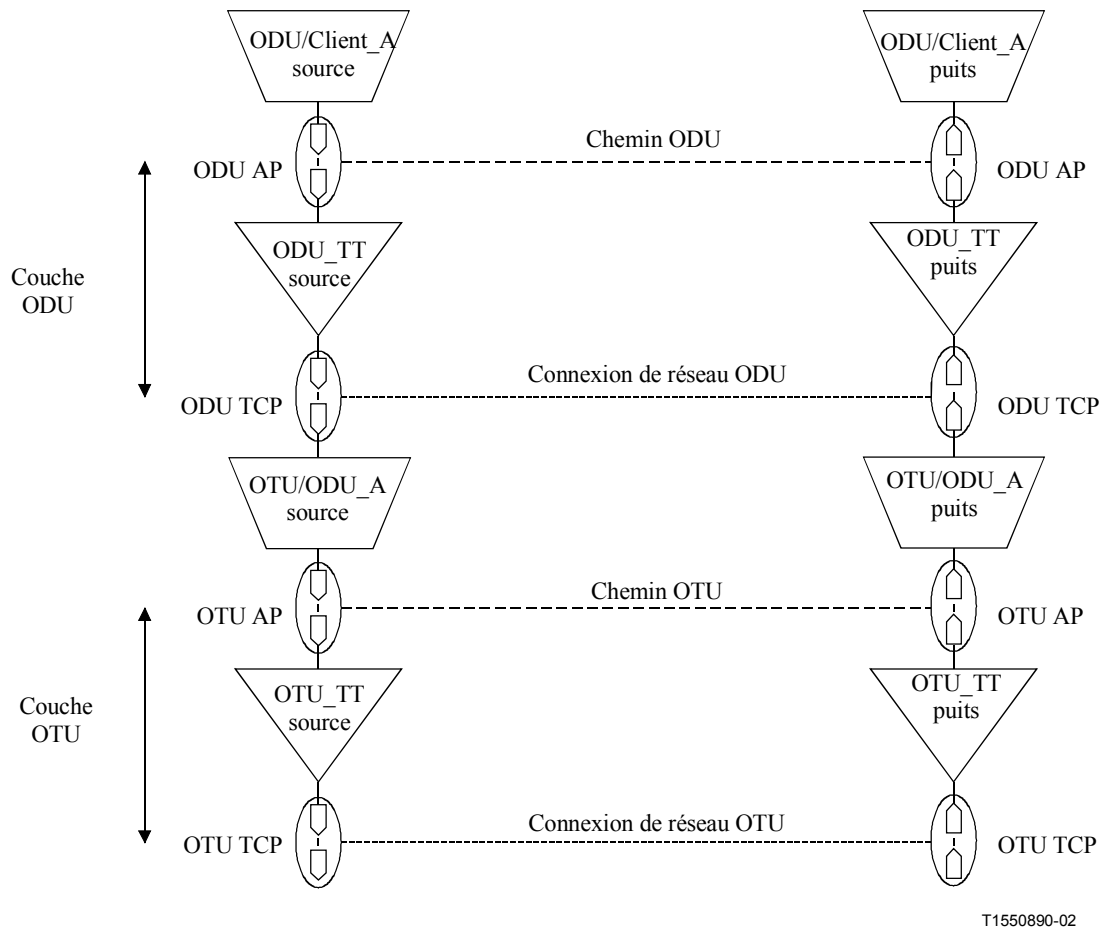
Exemple (voir Figure 15): dans un domaine administratif qui prend en charge des services ODU1 et ODU2 sur l'unité ODU3, un multiplexage à un seul étage (ODU1 → ODU2) ou (ODU1, ODU2 → ODU3) est utilisé. Une unité ODU2 avec des unités ODU1 qui sont chacune connectées dans le domaine (services ODU1) doit être terminée et les unités ODU1 doivent être multiplexées directement dans l'unité ODU3 en cas de transport via une unité ODU3. Le transport des unités ODU1 dans les unités ODU2 via l'unité ODU3 n'est pas pris en charge.

NOTE – Cette limitation ne s'applique pas au transport transparent d'une unité ODU (par exemple service ODU2) avec n'importe quel type de signaux clients y compris des unités ODU à faible débit (par exemple ODU1) sur une unité ODU à débit plus élevé (par exemple ODU3) dans un domaine. Ce n'est que si l'accès aux unités ODU de débit plus faible (par exemple service ODU1) est requis dans le domaine que la limitation s'applique.

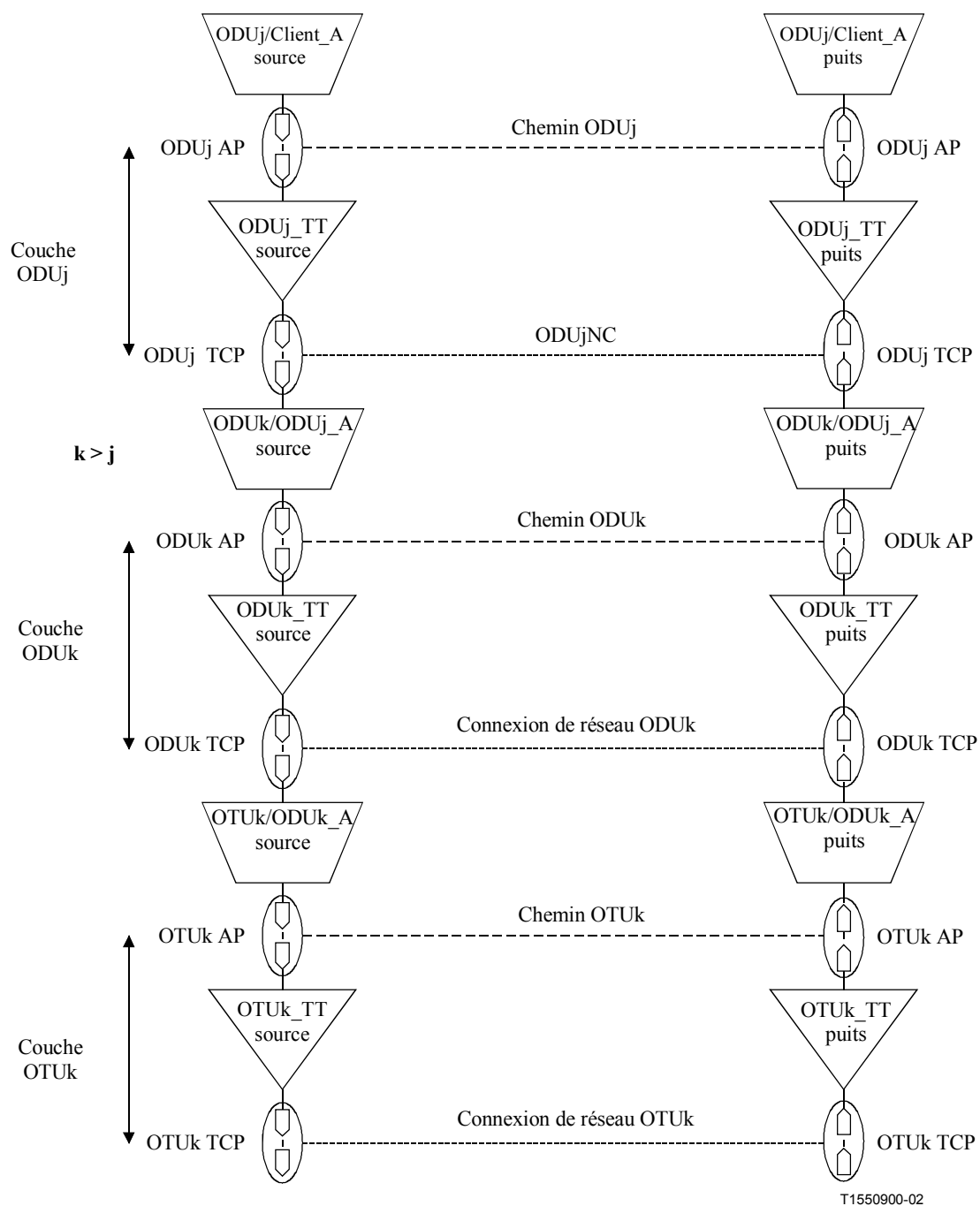
Les Figures 16 et 17 montrent respectivement les relations client/serveur sans et avec multiplexage d'unités ODU.



**Figure 15/G.872 – Niveaux hiérarchiques visibles de la couche ODU dans un domaine**



**Figure 16/G.872 – Association client/serveur des couches du réseau OTN numérique sans multiplexage d'unités ODU**



**Figure 17/G.872 – Association client/serveur des couches du réseau OTN numérique avec multiplexage d'unités ODU**

Cette structure stratifiée est fondée sur les motifs suivants:

*couche ODU*: cette couche offre la fonctionnalité de réseautage de bout en bout des signaux de conduits numériques pour acheminer de manière transparente les informations clientes de divers formats (par exemple ATM, Ethernet, IP, ATM SDH, ODU etc.). La description des couches clientes prises 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 cette couche:

- reconfiguration des connexions de couche ODU afin d'assurer un routage souple dans le réseau;
- traitement d'en-tête de couche ODU afin de garantir l'intégrité des informations adaptées de couche ODU;

- fonctions d'exploitation, d'administration et de maintenance de couche ODU afin d'activer les fonctions d'exploitation et de gestion au niveau réseau, comme la mise à disposition de connexions, l'échange de paramètres de qualité de service et la capacité de survie du réseau.

*couche OTU*: cette couche offre la fonctionnalité de réseautage des signaux de sections numériques. Les capacités de cette couche sont les suivantes:

- traitement d'en-tête de couche OTU et conditionnement pour le transport sur des canaux optiques afin de garantir l'intégrité des informations adaptées de couche OTU;
- fonctions d'exploitation, d'administration et de maintenance de couche OTU afin d'activer les fonctions d'exploitation et de gestion au niveau section, comme la capacité de survie de couche OTU.

La description fonctionnelle des couches est détaillée dans les paragraphes suivants.

### 9.3 Couche canal optique (OCh)

Avec l'introduction des unités ODU et OTU, la couche canal optique telle que décrite au § 5.3 est limitée au transport analogique du signal numérique client de capacité utile entre les points 3R du réseau OTN. Elle ne prend en charge, dans ce cas, qu'un sous-ensemble (voir Tableau 3) des prescriptions de gestion pour la couche canal optique définies au § 7.

**Tableau 3/G.872 – Prescriptions de gestion dans le cas de la couche canal optique fondée sur la Rec. UIT-T G.709**

Capacité de gestion	Processus	Fonction	Couche				Observations
			ODU-conduit	ODU-TC	OTU	OCh	
Supervision de continuité	• Détection de perte de continuité	TT	R	R	R	R	Voir § 6.2.1
Supervision de connectivité	• Identification du suivi de cheminement	TT	R	R	R	FFS	Voir § 6.2.1
Informations de maintenance	• Indication de défaut vers l'avant <sup>a)</sup>	TT	R	R	R	R	Voir § 6.2.1
	• Indication de connexion ouverte <sup>a)</sup>	TT	R	R	–	R	
	• Indication de défaut vers l'arrière	TT	R	R	R	–	
	• Indication de qualité vers l'arrière	TT	R	R	R	–	
	• Indication d'erreur d'alignement en entrée (IAE, <i>incoming alignment error</i> )	TT	–	R	R	–	
	• Indication IAE vers l'arrière	TT	–	R	R	–	

**Tableau 3/G.872 – Prescriptions de gestion dans le cas de la couche canal optique fondée sur la Rec. UIT-T G.709**

Capacité de gestion	Processus	Fonction	Couche				Observations
			ODU-conduit	ODU-TC	OTU	OCh	
Supervision de qualité du signal	• Surveillance de la performance fondée sur le calcul de BIP	TT	R	R	R	–	Voir § 6.2.2
	• Surveillance de la performance fondée sur des paramètres analogiques	TT	–	–	–	FFS	
Commande de protection	• Protocole de commutateur automatique de protection	A/T	R*		R*	R*	Voir § 6.2.4
Communications de gestion	• Canal en mode message	A	R*		R*	FFS	Voir § 6.2.5
	• Propre à l'opérateur	A	R*		R	FFS	
– sans objet		R	requis				
A fonction d'adaptation		R*	requis (si la capacité de gestion doit être prise en charge)				
FFS à étudier ( <i>for further study</i> )		TT	fonction de terminaison de chemin				
a) On peut aussi utiliser les indications FDI/OCI OCh comme OCh_OH non associé.							

#### 9.4 Couche unité de transport de canal optique (OTU)

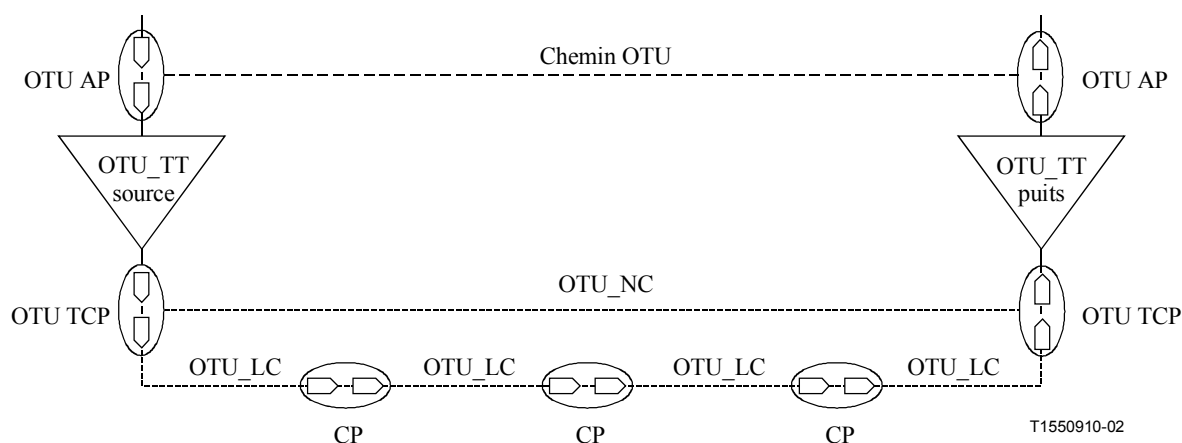
La couche OTU (*optical channel transport unit*) permet de transporter les signaux clients ODU via un chemin OTU entre les points 3R du réseau OTN. Il s'agit de l'équivalent numérique de la couche canal optique analogique. Les informations caractéristiques d'une couche OTU se composent de:

- la capacité utile OTU pour le transport du signal client ODU;
- l'en-tête OTU pour le transport de l'en-tête associé.

La couche OTU contient les fonctions et entités de transport suivantes (voir Figure 18):

- chemin OTU;
- terminaison source de chemin OTU (OTU\_TT\_Source);
- terminaison puits de chemin OTU (OTU\_TT\_Sink);
- connexion de réseau OTU (OTU\_NC);
- connexion de liaison OTU (OTU\_LC).





**Figure 18/G.872 – Exemple de couche OTU**

### 9.4.1 Terminaison de chemin OTU

Les processus génériques suivants peuvent être attribués à la terminaison de chemin OTU:

- validation de l'intégrité de la connectivité;
- évaluation de la qualité de transmission;
- détection et indication des défauts de transmission.

La prescription de ces processus est décrite en détail au § 9.5.

Il existe trois types de terminaison de chemin OTU:

- terminaison bidirectionnelle, qui se compose d'une paire de fonctions de terminaison source et de terminaison puits de chemin OTU situées au même endroit;
- terminaison source qui accepte à son entrée des informations adaptées en provenance d'une couche ODU, qui insère l'en-tête de terminaison de chemin OTU en tant que flux de données logiques séparé et distinct, et qui présente à sa sortie les informations caractéristiques de la couche OTU;
- terminaison puits qui accepte à son entrée les informations caractéristiques de la couche OTU, qui extrait le flux de données logiques séparé et distinct contenant l'en-tête de terminaison de chemin OTU et qui présente à sa sortie des informations adaptées.

### 9.4.2 Entités de transport OTU

Les connexions de réseau, les connexions de liaison et les chemins sont conformes à la description figurant dans la Rec. UIT-T G.805.

## 9.5 Couche unité de données de canal optique (ODU)

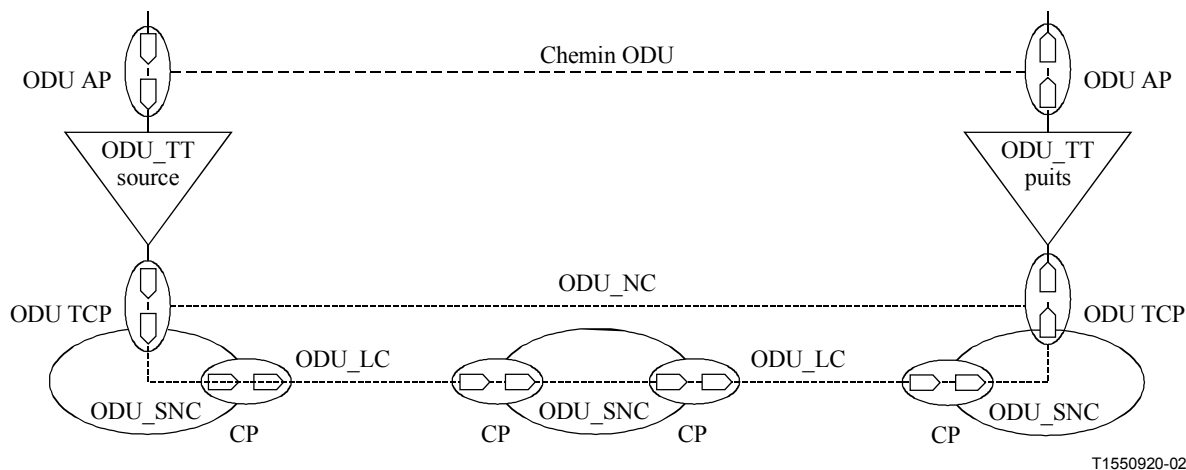
La couche ODU (*optical channel data unit*) permet de transporter de bout en bout les signaux clients numériques via le réseau OTN. Les informations caractéristiques d'une couche ODU se composent de:

- la capacité utile ODU pour le transport des signaux clients numériques;
- l'en-tête ODU pour le transport de l'en-tête associé.

La couche ODU contient les fonctions et entités de transport suivantes (voir Figure 19):

- chemin ODU;
- terminaison source de chemin ODU (ODU\_TT\_Source);
- terminaison puits de chemin ODU (ODU\_TT\_Sink);

- connexion de réseau ODU (ODU\_NC);
- connexion de liaison ODU (ODU\_LC);
- sous-réseau ODU (ODU\_SN);
- connexion de sous-réseau ODU (ODU\_SNC).



T1550920-02

**Figure 19/G.872 – Exemple de couche ODU**

### 9.5.1 Terminaison de chemin ODU

Les processus génériques suivants peuvent être attribués à la terminaison de chemin ODU:

- validation de l'intégrité de la connectivité;
- évaluation de la qualité de transmission;
- détection et indication des défauts de transmission.

La prescription de ces processus est décrite en détail au 9.5.

Il existe trois types de terminaison de chemin ODU:

- terminaison bidirectionnelle, qui se compose d'une paire de fonctions de terminaison source et de terminaison puits de chemin ODU situées au même endroit;
- terminaison source du chemin ODU qui accepte à son entrée des informations adaptées en provenance d'une couche cliente, qui insère l'en-tête de terminaison de chemin ODU en tant que flux de données logiques séparé et distinct, et qui présente à sa sortie les informations caractéristiques de la couche ODU;
- terminaison du chemin ODU qui accepte à son entrée les informations caractéristiques de la couche ODU, qui extrait le flux de données logiques séparé et distinct contenant l'en-tête de terminaison de chemin ODU et qui présente à sa sortie des informations adaptées.

### 9.5.2 Entités de transport ODU

Les connexions de réseau, les connexions de liaison, les connexions en cascade et les chemins sont conformes à la description figurant dans la Rec. UIT-T G.805.

Le sous-réseau ODU (ODU\_SN) offre une certaine souplesse dans la couche ODU. Les informations caractéristiques sont routées entre les points de connexion (de terminaison) [(T)CP] d'entrée et les points (T)CP de sortie. La fonction de connexion peut être utilisée par l'opérateur de réseau pour assurer le routage, la rectification, la protection et le rétablissement.

## 9.6 Multiplexage temporel d'unités ODU

Pour pouvoir transporter plusieurs signaux de canal optique à faible débit sur un canal optique à débit plus élevé et maintenir le chemin de bout en bout pour ces canaux à faible débit, on définit le multiplexage temporel (TDM, *time division multiplexing*) d'unités ODU.

Des unités ODU<sub>j</sub> de faible débit peuvent être clientes d'unités ODU<sub>k</sub> ( $k > j$ ) de débit plus élevé. En ce qui concerne les unités ODU<sub>k</sub> actuellement définies, les relations client/serveur suivantes sont définies:

- une unité ODU2 peut transporter 4 unités ODU1;
- une unité ODU3 peut transporter 16 unités ODU1, ou 4 unités ODU2, ou toute combinaison d'unités ODU1 et ODU2 dans ces limites, une unité ODU2 équivalant à 4 unités ODU1.

En ce qui concerne la limitation du nombre de niveaux hiérarchiques visibles des couches conduit ODU dans un domaine, on se reportera au § 9.2.

## 9.7 Associations client/serveur

Une caractéristique essentielle des réseaux optiques de transport est la possibilité de prendre en charge une grande variété de couches clientes. Exemples de telles couches clientes: un module STM-N SDH ou un flux continu de cellules ATM. Les restrictions ou les règles limitant la capacité d'un canal optique de transférer une couche cliente particulière feront l'objet d'un complément d'étude.

La structure des couches optiques et les fonctions d'adaptation correspondantes sont indiquées sur les Figures 16 et 17. Pour la description du réseau optique de transport, l'adaptation entre les couches est désignée au moyen de la relation client/serveur.

### 9.7.1 Adaptation ODU/client

L'adaptation ODU/client (ODU/Client\_A, *ODU/client adaptation*) est considérée comme comportant deux types de processus: ceux qui sont propres au client et ceux qui sont propres au serveur. La description des processus propres au client est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

La fonction bidirectionnelle d'adaptation ODU/client (ODU/Client\_A) est remplie par une paire de fonctions de source et de collecteur d'adaptation ODU/client situées au même endroit.

La source d'adaptation ODU/client (ODU/Client\_A\_So, *ODU/client adaptation source*) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- tout le traitement requis pour adapter le signal client à la capacité utile ODU. Les processus dépendent du signal client particulier;
- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au 9.7.

Le puits d'adaptation ODU/client (ODU/Client\_A\_Sk, *ODU/client adaptation sink*) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- extraction du signal client de la capacité utile ODU. Ces processus dépendent de la relation client/serveur particulière;
- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au 9.7.

### 9.7.2 Adaptation ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub>

La fonction bidirectionnelle d'adaptation ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub> (ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub>\_A) est remplie par une paire de fonctions de source et de collecteur d'adaptation ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub> situées au même endroit.

La source d'adaptation ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub> (ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub>\_A\_So, *ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub> adaptation source*) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- multiplexage d'unités ODU<sub>j</sub> pour former une unité ODU<sub>k</sub> de débit binaire plus élevé;
- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au § 9.7.

Le puits d'adaptation ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub> (ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub>\_A\_Sk, *ODU<sub>k</sub>/ODU<sub>j</sub> adaptation sink*) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- démultiplexage d'unités ODU<sub>j</sub>;
- production et terminaison de signaux de gestion/maintenance comme décrit au § 9.7.

### 9.7.3 Adaptation OTU/ODU

La fonction bidirectionnelle d'adaptation OTU/ODU (OTU/ODU\_A) est remplie par une paire de fonctions de source et de collecteur d'adaptation OTU/ODU situées au même endroit.

La source d'adaptation OTU/ODU (OTU/ODU\_A\_So, *OTU/ODU adaptation source*) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- tout le traitement requis pour adapter le signal ODU à la capacité utile OTU. Les processus dépendent de la mise en œuvre particulière de la relation client/serveur.

Le puits d'adaptation OTU/ODU (OTU/ODU\_A\_Sk, *OTU/ODU adaptation sink*) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- extraction du signal ODU de la capacité utile OTU. Ces processus dépendent de l'implémentation particulière de la relation client/serveur.

### 9.7.4 Adaptation OCh/OTU

La fonction bidirectionnelle d'adaptation OCh/OTU (OCh/OTU\_A) est remplie par une paire de fonctions de source et de collecteur d'adaptation OCh/OTU situées au même endroit.

La source d'adaptation OCh/OTU (OCh/OTU\_A\_So, *OCh/OTU adaptation source*) 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 optique. Les processus requis dépendent de l'implémentation particulière de la relation client/serveur et comportent un traitement tel que l'embrouillage et le codage de canal (par exemple NRZ). La correction d'erreur directe est facultative.

Le puits d'adaptation OCh/OTU (OCh/OTU\_A\_Sk, *OCh/OTU adaptation sink*) réalise les processus suivants entre son entrée et sa sortie:

- extraction du signal OTU du flux de données continu. Ces processus dépendent de l'implémentation particulière de la relation client/serveur et comportent des processus tels que la récupération du rythme, le décodage de canal, le verrouillage de trames et le désembrouillage. La correction d'erreur directe est facultative.

## 9.8 Multiplexage inverse dans le réseau OTN

Le multiplexage inverse dans le réseau OTN est implémenté par la concaténation virtuelle de X ( $X \leq 2$ ) signaux ODU (ODU-X<sub>v</sub>). Le signal ODU-X<sub>v</sub> peut transporter un signal client (par exemple un signal ODU2-4v peut transporter un signal STM-256). Les informations caractéristiques d'une couche ODU virtuelle concaténée (ODU-X<sub>v</sub>) sont transportées par un groupe de X connexions de réseau ODU, chacune ayant son propre temps de transfert. La fonction de terminaison puits de chemin ODU-X<sub>v</sub> doit compenser les différences de temps de transfert afin de fournir en sortie une capacité utile contiguë.

La différence de temps de transfert qu'il faut compenser pour ODU-X<sub>v</sub>, est d'au moins xxx par sec (cette valeur est à déterminer).

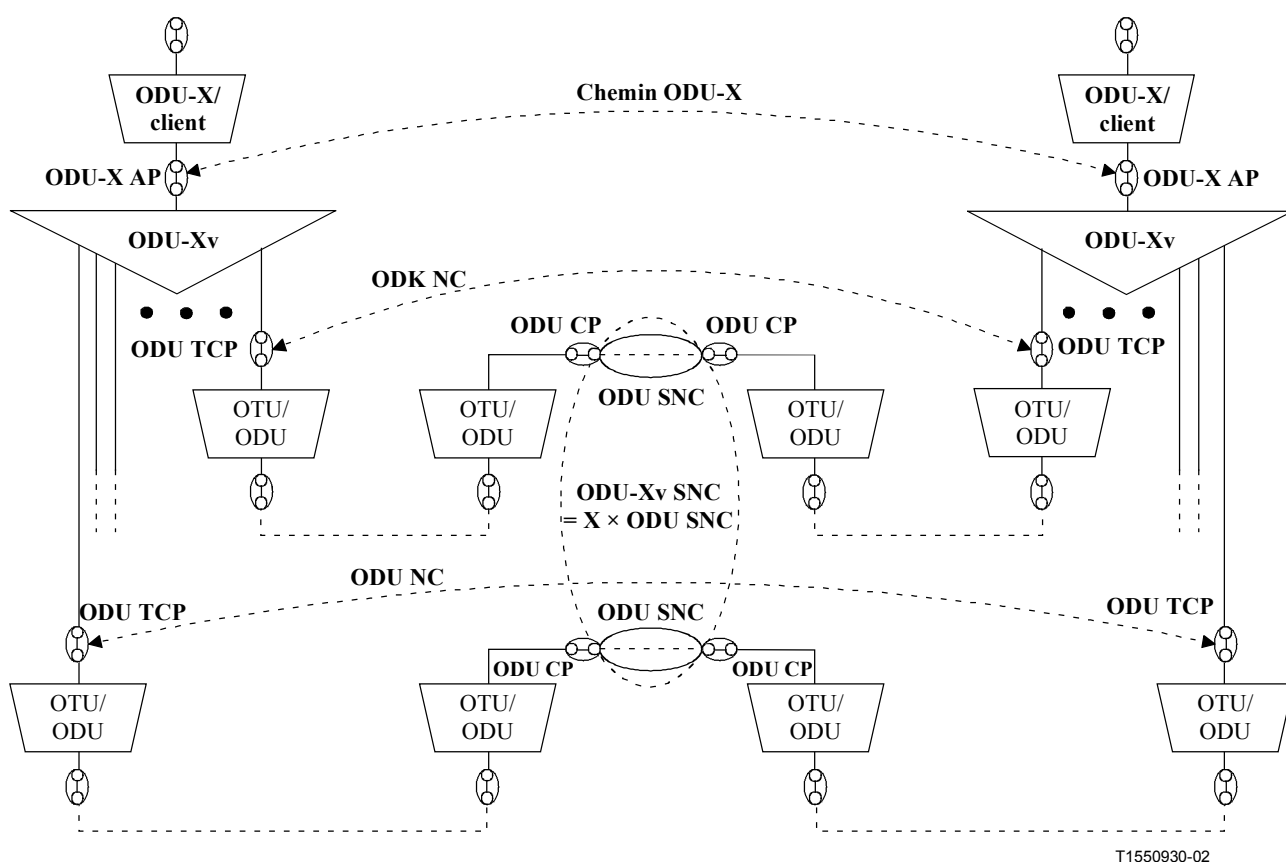
Les techniques de surveillance de connexion sont appliquées pour chaque flux de données aux informations caractéristiques ODU.

Pour les connexions ODU virtuelles concaténées qui s'étendent sur plusieurs réseaux, il faut veiller, pendant l'établissement de conduit, à ce que la différence de temps de transfert la plus grande (par exemple pendant une commutation de protection dans l'un des réseaux intermédiaires) ne dépasse pas la plage de compensation choisie.

La surveillance de la performance et la protection sont exécutées pour chacun des signaux ODU constituant le groupe concaténé virtuellement. La surveillance de la performance pour le groupe en tant qu'entité appelle un complément d'étude.

NOTE – Le transport de signaux ODU de débit élevé par un groupe concaténé virtuellement de signaux ODU de débit plus faible est possible, mais ce n'est pas une solution optimale.

La Figure 20 montre l'architecture fonctionnelle pour une concaténation ODU-Xv.



**Figure 20/G.872 – Architecture fonctionnelle pour une concaténation virtuelle d'unités ODU**

La fonction composite ODU-Xv illustrée sur la Figure 20 est composée des fonctions atomiques de base illustrées sur la Figure 21.

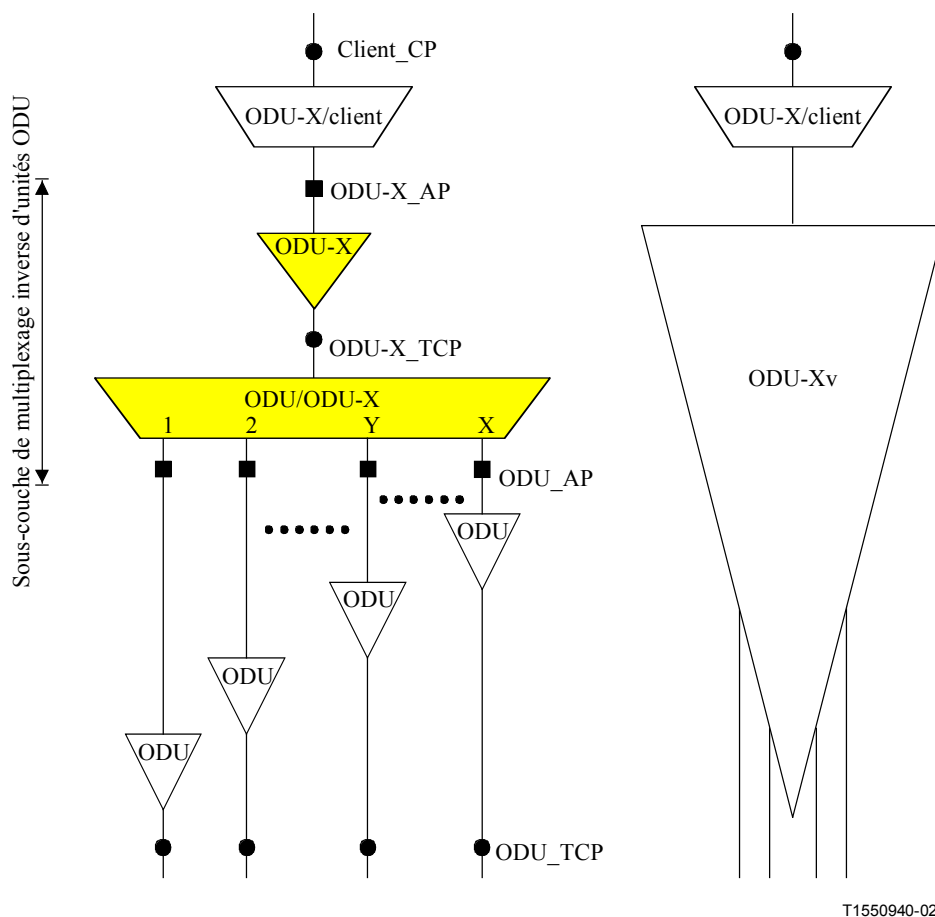


Figure 21/G.872 – Modèle de concaténation virtuelle

### 9.9 Transport d'éléments de réseau OTN sur des couches non OTN

Lorsque le réseau OTN est mis en place, il se peut que les parties de l'infrastructure de réseau ne soient pas toutes capables d'acheminer des unités ODU. En ce qui concerne l'interconnexion d'îlots de réseau OTN, il peut être nécessaire de les transporter sur des couches existantes, par exemple par le mappage d'unités ODU sur des canaux virtuels d'ordre supérieur SDH. Pour plus de détails, on se reportera également à l'Appendice III.

### 9.10 Prescriptions de gestion des couches optiques

Le présent paragraphe contient les prescriptions relatives aux capacités de gestion des couches ODU et OTU. Le Tableau 3 contient un résumé des prescriptions de gestion des couches optiques.

### 9.11 Techniques de capacité de survie

Les techniques de protection décrites au § 7.1 s'appliquent également à la structure stratifiée numérique du réseau optique de transport à la fois au niveau de la couche OTU et au niveau de la couche ODU. Dans le Tableau 4, on indique l'applicabilité des différentes techniques de protection pour les couches OTU et ODU.

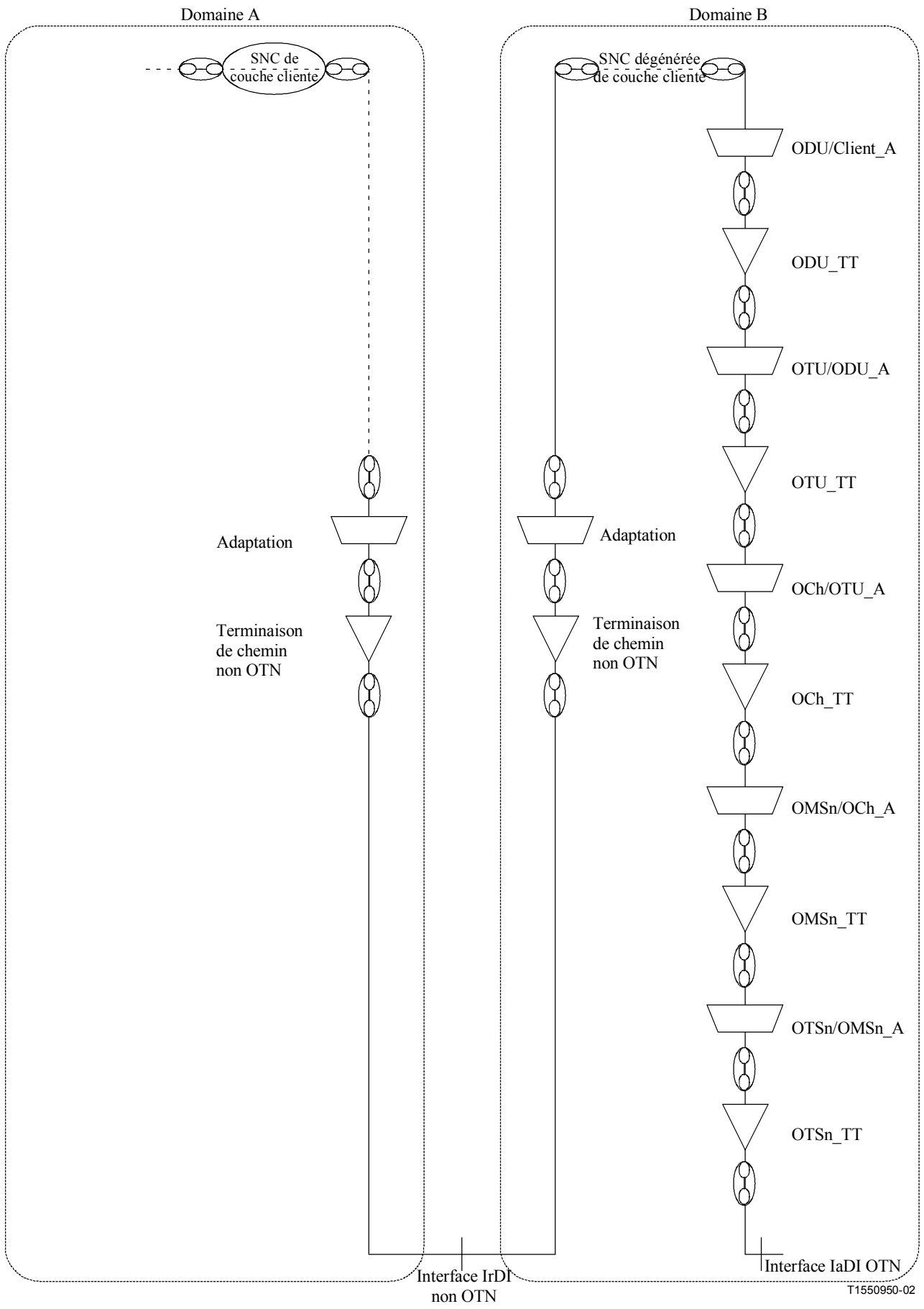
**Tableau 4/G.872 – Techniques de protection pour le réseau OTN numérique**

Technique de protection	Couche OTU	Couche ODU
Protection de chemin 1+1	A	NA
Protection de chemin 1:N	FFS	NA
Protections SNC/N, SNC/S et SNC/I 1+1	NA	A
Protection SNC/S 1:N	NA	A
Anneau de protection partagé	NA	A
A applicable FFS à étudier ( <i>for further study</i> ) NA non applicable		

### 9.12 Interconnexion de différents domaines

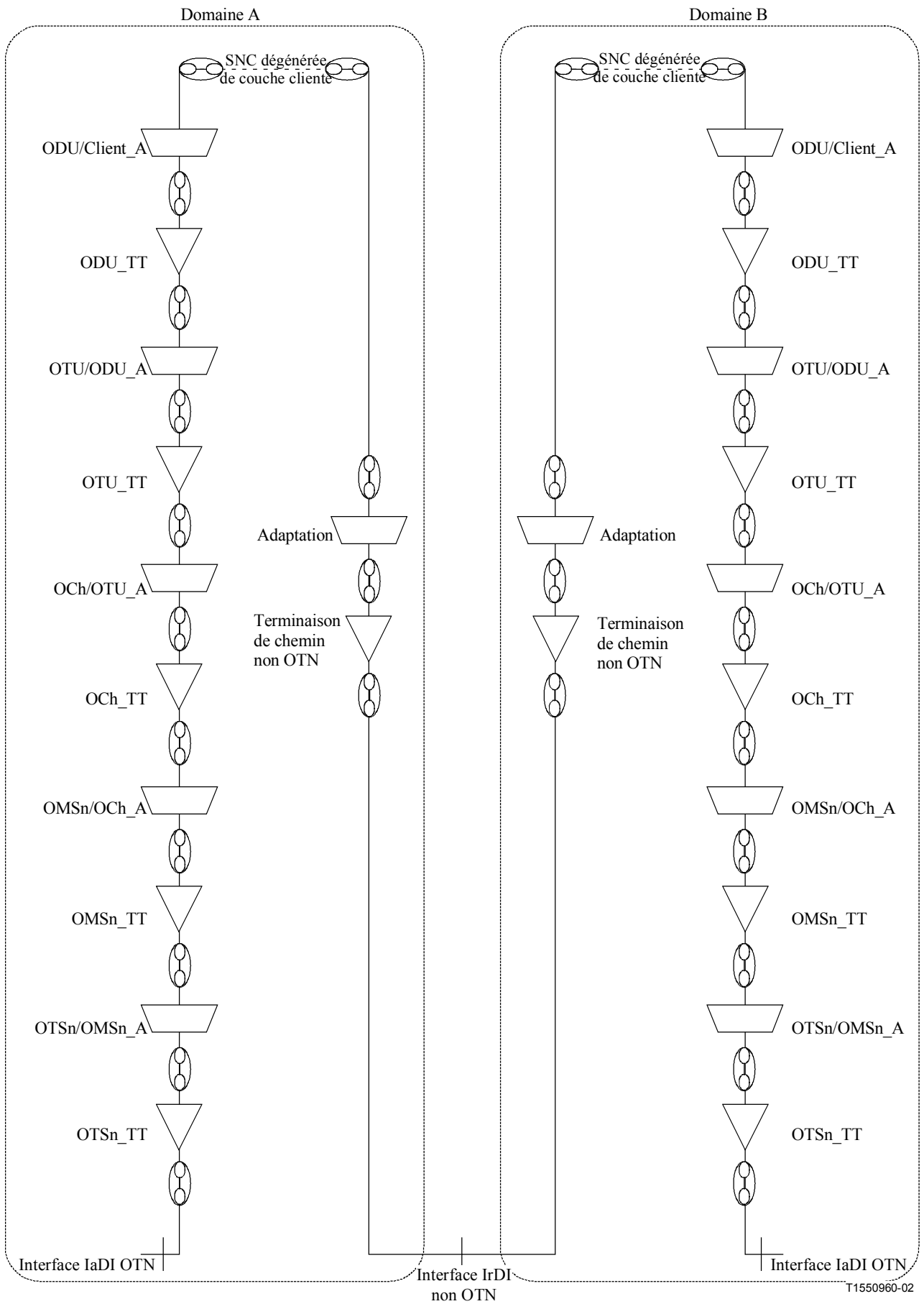
Compte tenu des considérations présentées au § 9.1, les méthodes permettant une interconnexion et un interfonctionnement de différents domaines font intervenir une régénération 3R (voir les Rec. UIT-T G.709 et G.798). Les cas suivants sont envisagés:

- a) interconnexion d'un domaine non OTN et d'un domaine OTN via une interface IrDI non OTN (Figure 22);
- b) interconnexion de deux domaines OTN via une interface IrDI non OTN (Figure 23);
- c) interconnexion de deux domaines OTN via une interface IrDI OTN (Figure 24);
- d) interconnexion d'un domaine non OTN et d'un domaine OTN via une interface IrDI OTN (Figure 25);
- e) interconnexion de deux domaines OTN par le biais d'un réseau SDH (avec un modem) via des interfaces IrDI OTN (Figure 26; voir aussi le § 9.9).

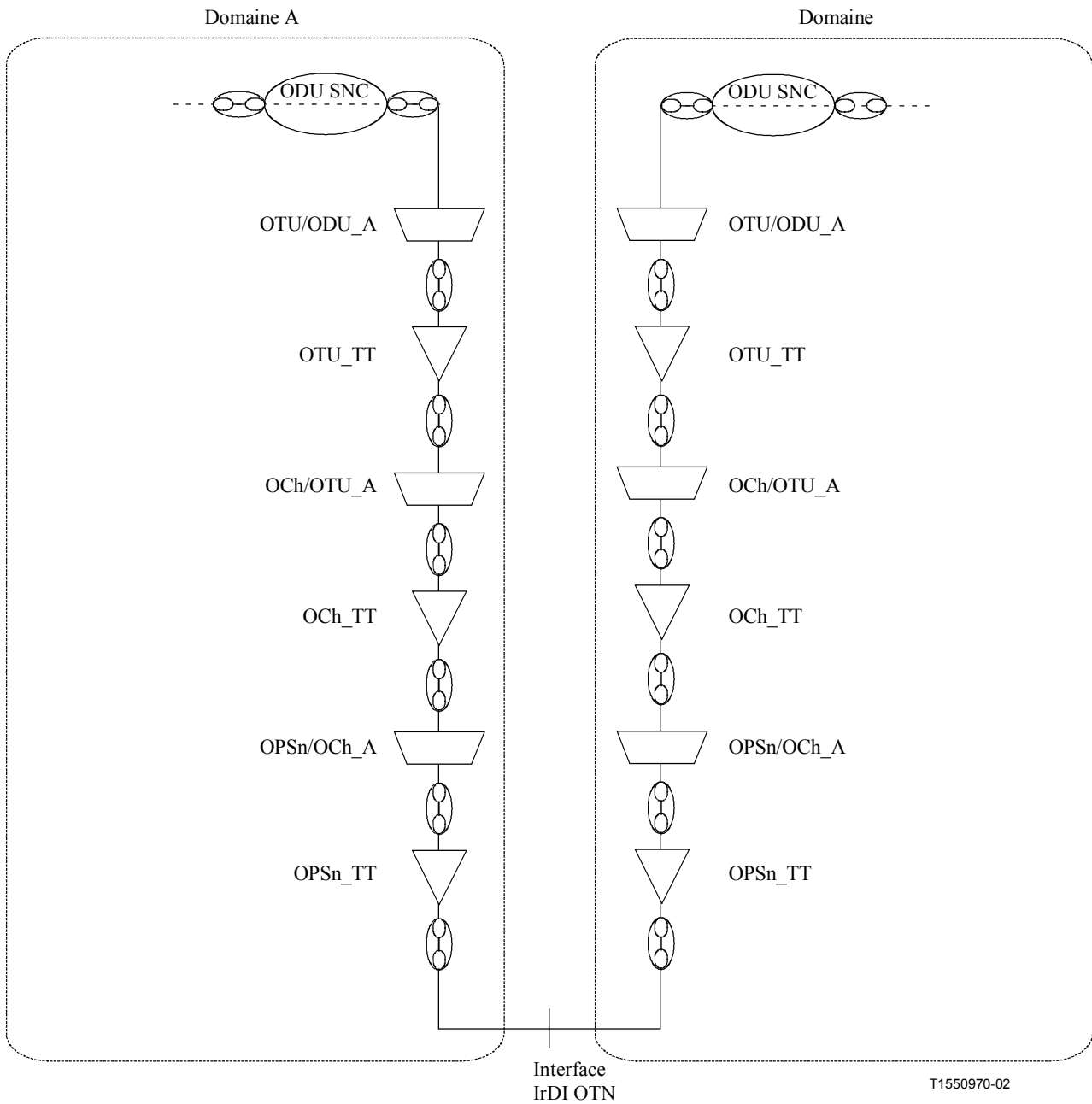


**Figure 22/G.872 – Interconnexion d'un domaine non OTN et d'un domaine OTN via une interface IrDI non OTN**



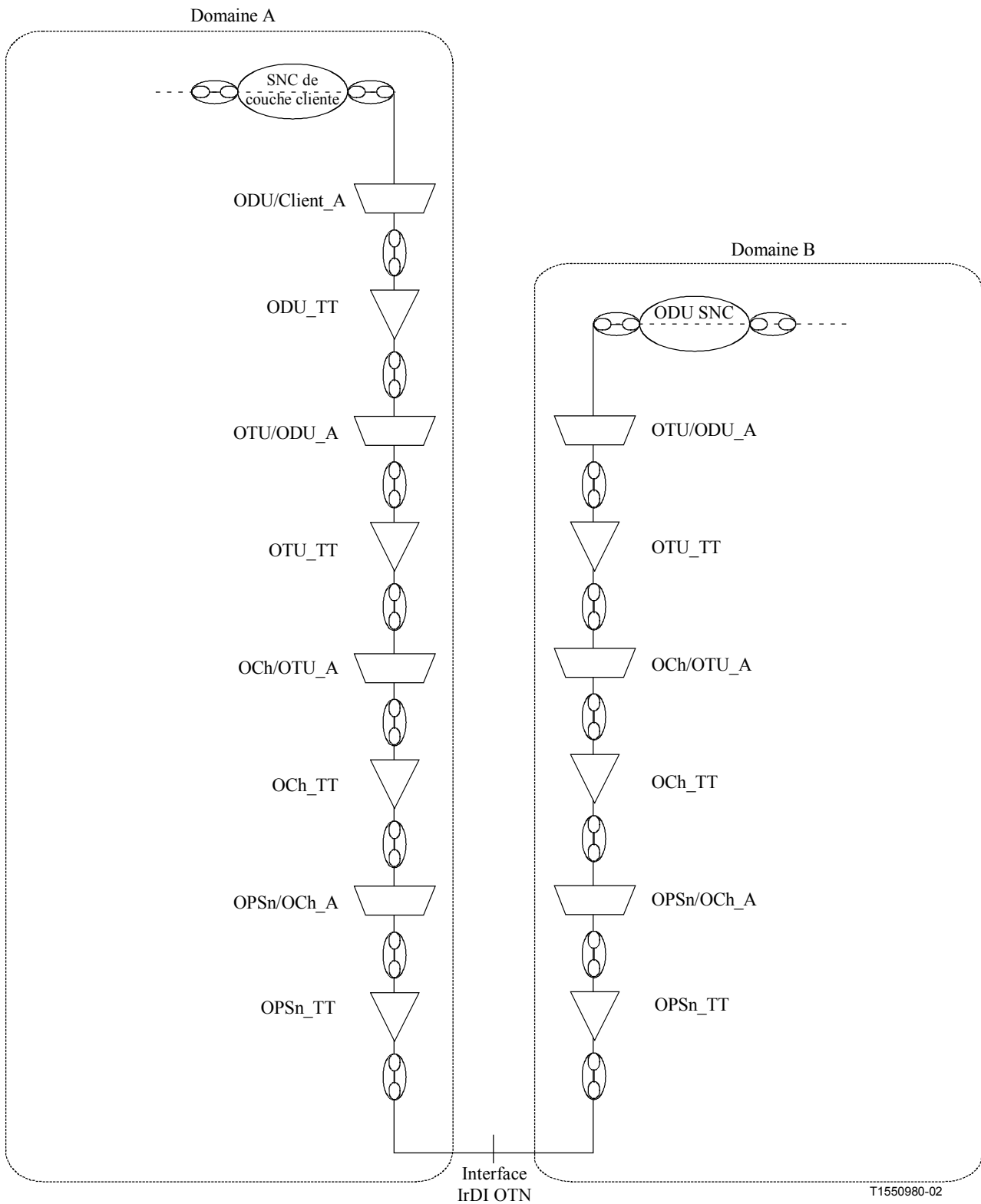


**Figure 23/G.872 – Interconnexion de deux domaines OTN via une interface IrDI non OTN**



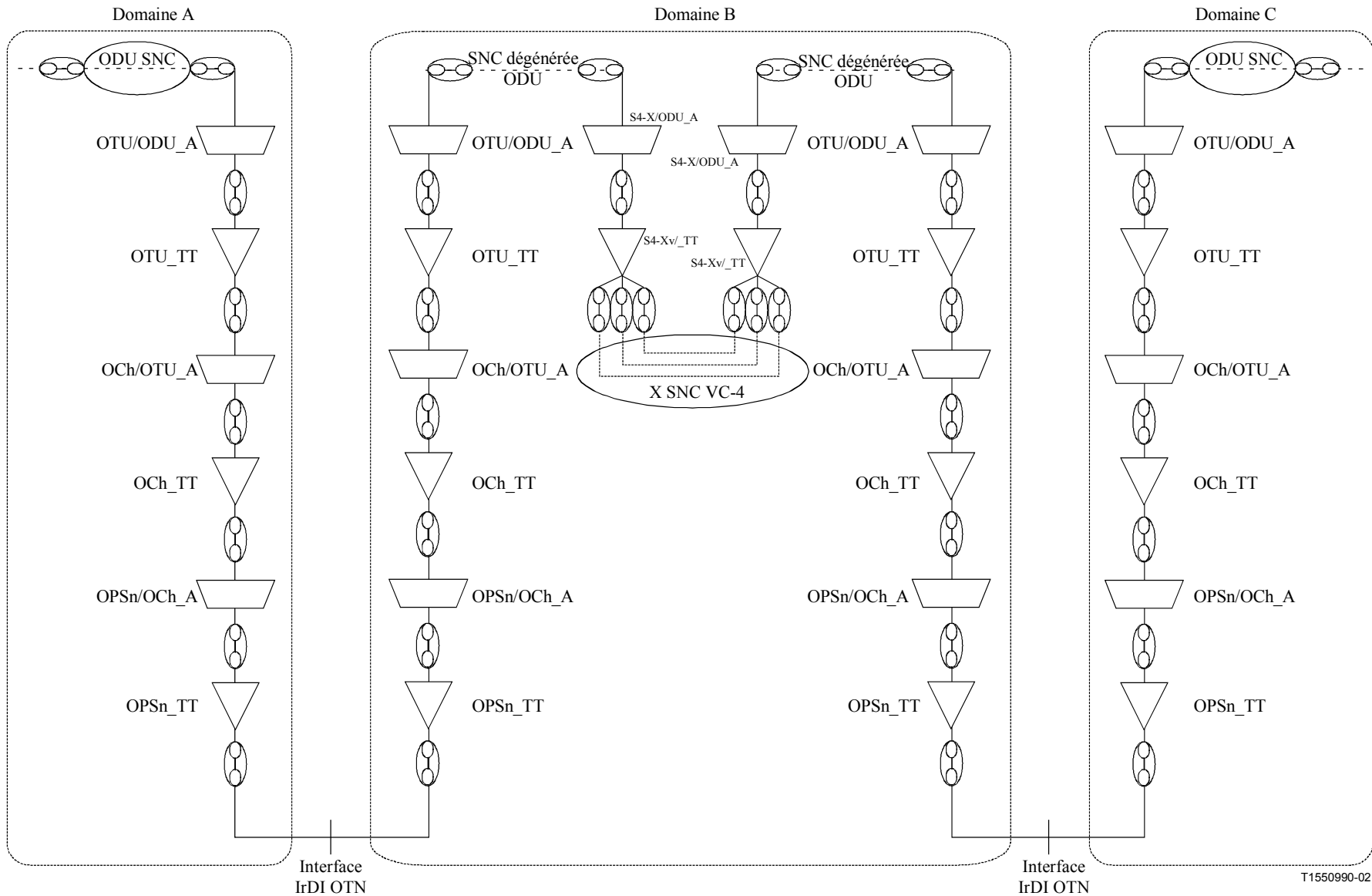
NOTE – Une couche OPSn est une couche regroupant les couches OMSn/OTSn; ce regroupement est possible s'il n'y a pas d'élément de réseau intermédiaire entre l'interface IrDI et l'élément de réseau assurant l'interfonctionnement. Dans ce cas, la maintenance est assurée par la couche OTU.

**Figure 24/G.872 – Interconnexion de deux domaines OTN via une interface IrDI OTN**



NOTE – Une couche OPSn est une couche regroupant les couches OMSn/OTSn; ce regroupement est possible s'il n'y a pas d'élément de réseau intermédiaire entre l'interface IrDI et l'élément de réseau assurant l'interfonctionnement. Dans ce cas, la maintenance est assurée par la couche OTU.

**Figure 25/G.872 – Interconnexion d'un domaine non OTN et d'un domaine OTN via une interface IrDI OTN**



NOTE – Une couche OPSn est une couche regroupant les couches OMSn/OTSn; ce regroupement est possible s'il n'y a pas d'élément de réseau intermédiaire entre l'interface IrDI et l'élément de réseau assurant l'interfonctionnement. Dans ce cas, la maintenance est assurée par la couche OTU.

**Figure 26/G.872 – Interconnexion de deux domaines OTN par le biais d'un réseau SDH (avec un modem) via des interfaces IrDI**

## 10 Subdivision du réseau optique de transport

Le réseau OTN est subdivisé en domaines administratifs et peut être subdivisé en domaines de fabricants, etc. Pour plus de détails sur l'interfonctionnement et l'interconnexion des domaines, on se reportera au § 8. Un domaine peut à son tour être subdivisé en parties plus petites.

### 10.1 Subdivision de domaines

Il se peut qu'un signal client transporté sur un domaine doive être régénéré (régénération 3R). La couche canal optique est terminée pour la régénération 3R, autrement dit les processus de régénération 3R sont attribués aux fonctions de collecteur et de source d'adaptation OCh/client. La question de savoir si d'autres couches des clients numériques sont terminées dépend du type de client numérique.

La couche OTU doit être terminée lorsque le client est le réseau OTN numérique. La couche canal optique et la couche OTU coïncident, autrement dit les sections numériques OTU forment un tronçon 3R. Voir l'illustration de la Figure 27.

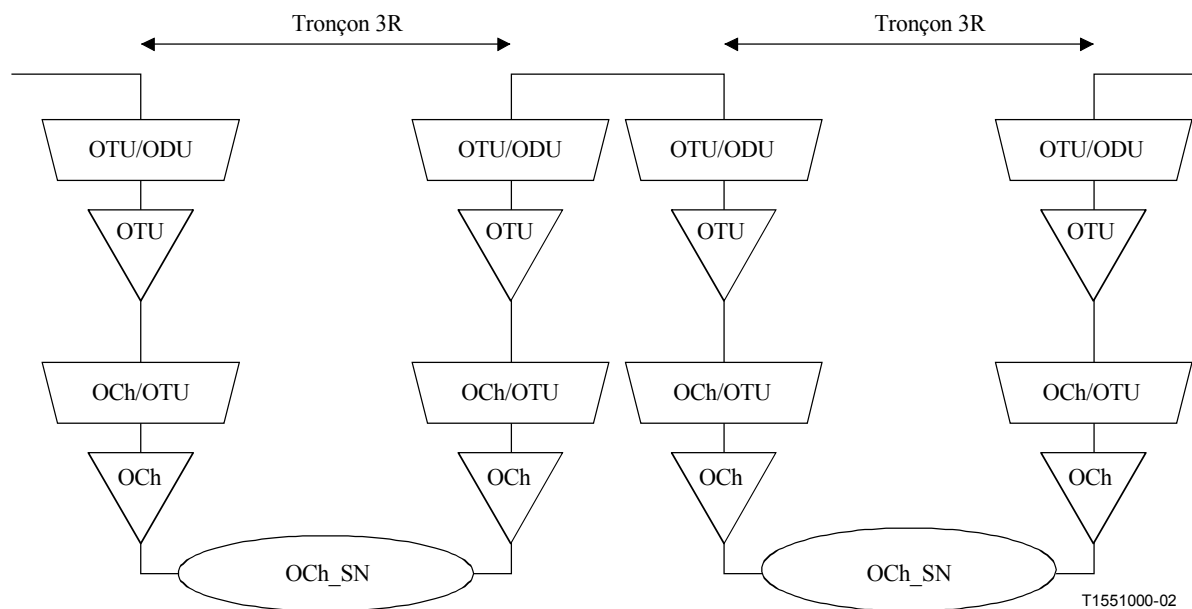
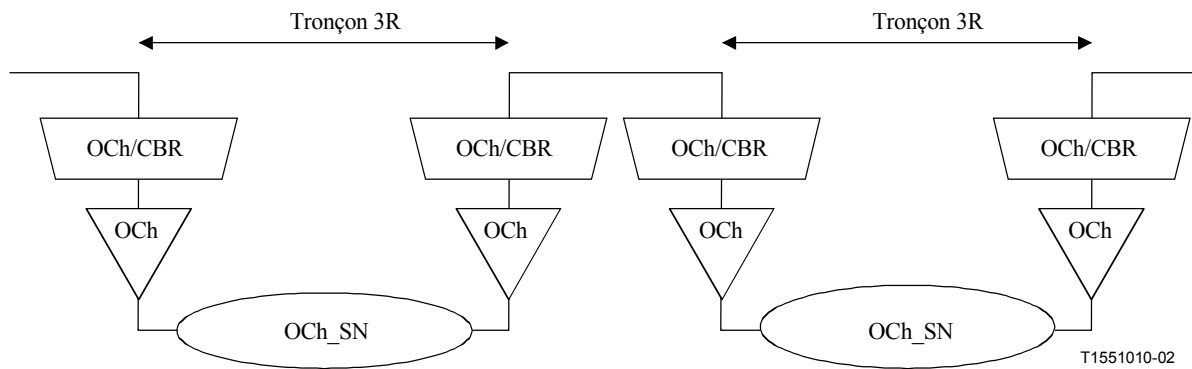


Figure 27/G.872 – Exemple de tronçons 3R pour le réseau OTN numérique

Dans le cas des autres clients numériques, il n'est pas nécessaire de terminer une couche du client numérique. La Figure 28 illustre des tronçons 3R pour des signaux débit constant (CBR, *constant bit rate*), tels que SDH, pour lesquels une régénération 3R est exécutée sans autre traitement de couche SDH.



**Figure 28/G.872 – Exemple de tronçons 3R pour des clients autres que le réseau OTN numérique**

## 10.2 Subdivision de tronçons 3R

Un tronçon 3R est caractérisé par des fonctions de régénération 3R aux deux extrémités. Les processus 3R sont attribués à la fonction d'adaptation OCh/client. Un tronçon 3R peut être subdivisé en parties plus petites. Les règles de dimensionnement pour une telle subdivision sont hors du domaine d'application de la présente Recommandation. Toutefois, lorsque la couche canal optique assure une certaine souplesse de routage, un tronçon 3R devrait être dimensionné de manière telle qu'il existe une pleine souplesse de routage.

## 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, du 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.

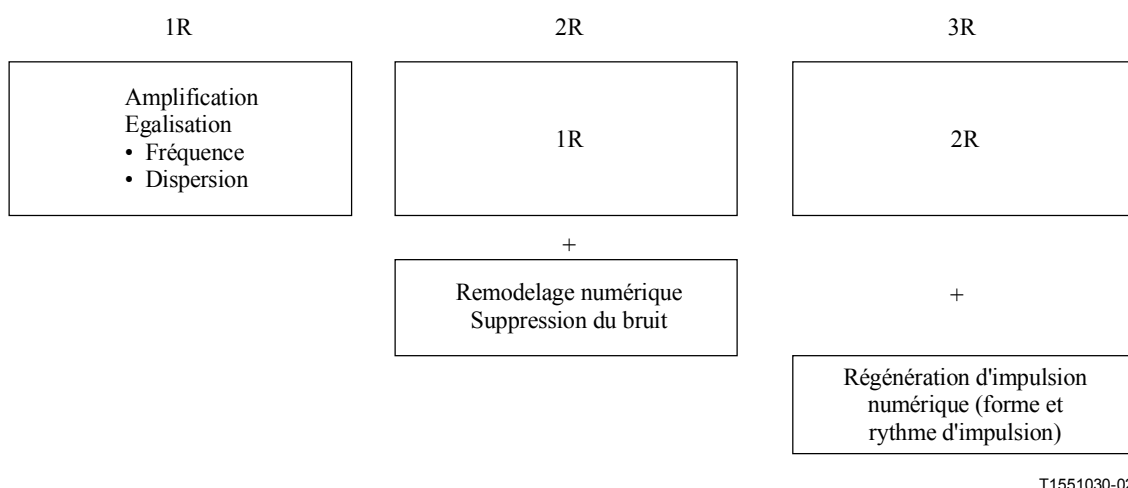
Ces formes de régénération se composent d'une combinaison des processus suivants:

- 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. Elle est applicable aux systèmes de type monocanal ou multicanal;
- compensation de dispersion (distorsion de phase). Ce processus analogique peut être appliqué aux systèmes de type monocanal ou multicanal;
- suppression du bruit;
- remodelage numérique (fonction de basculeur de Schmitt) sans récupération du rythme d'horloge. Il est applicable aux différents canaux et peut être utilisé pour différents débits. Il n'est cependant pas transparent pour le 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 à laquelle sont associés les processus d) et e) tandis que la régénération 3R est considérée comme une régénération 2R à laquelle est associé le 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 de rythme du signal.



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

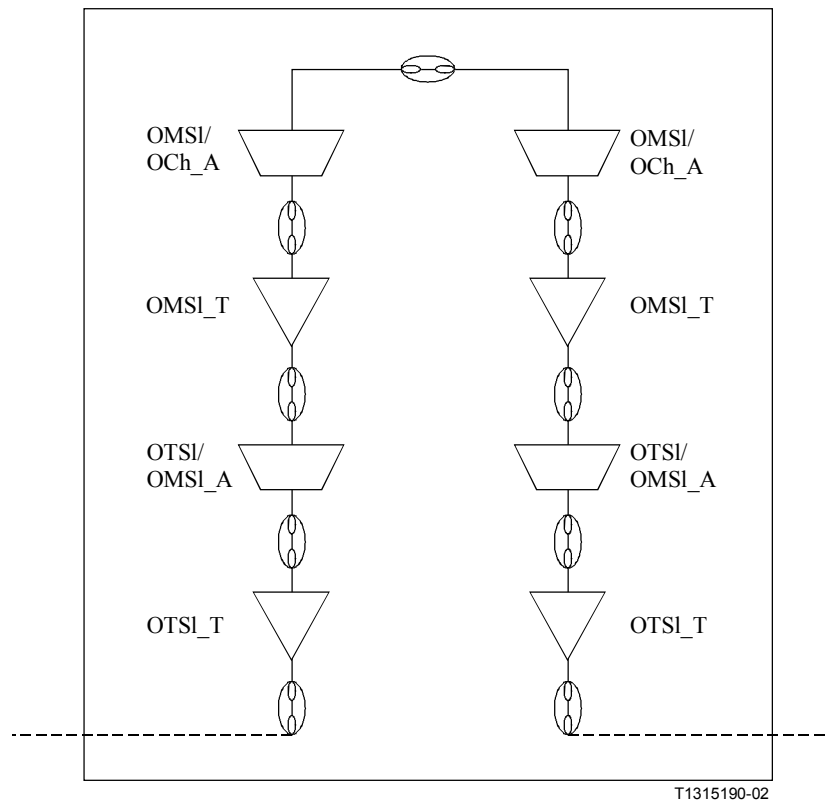
## Appendice I

### Exemples de fonctionnalité de réseau optique

Le présent appendice donne des exemples de groupements 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 monocanal. Les chemins 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 OCh, la longueur d'onde est indéfinie. La source d'adaptation OMS/OCh\_A attribue au canal optique une longueur d'onde spécifique.

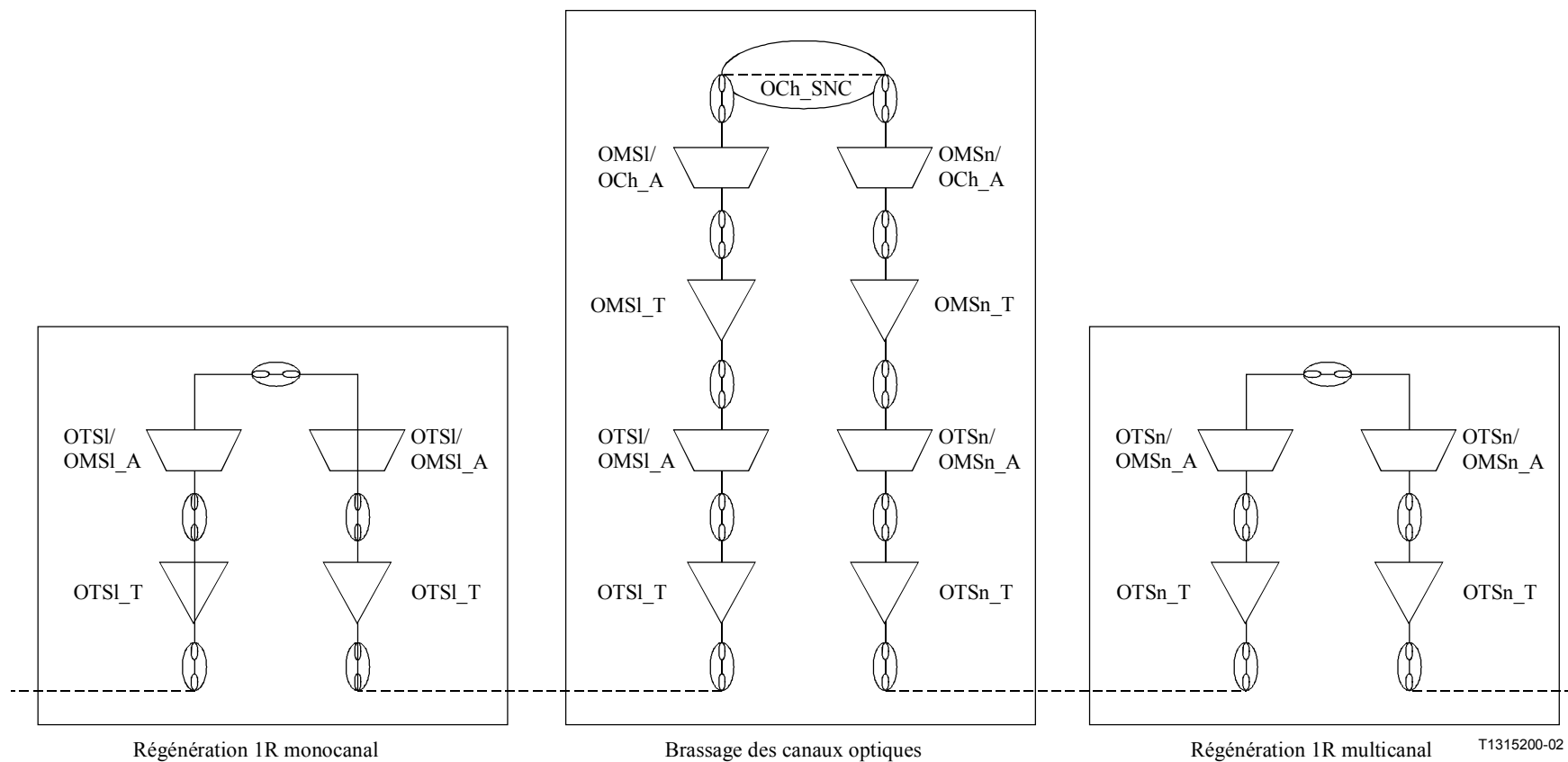


**Figure I.1/G.872 – Exemple de conversion de longueur d'onde optique**

## 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 une conversion de longueur d'onde/fréquence.





T1315200-02

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**

### I.3 Régénération

Les processus intervenant dans la régénération 1R, 2R et 3R sont détaillés à l'Annexe A. Leur affectation à la ou aux fonctions de réseau optique de transport appropriées est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

## Appendice II

### Relation entre le réseau OTN et les réseaux WDM existants

Un canal optique fournit un signal optique à la couche OMS sous-jacente. Le format numérique acheminé sur le canal optique, sans intérêt pour la couche OMS, est alors occulté. Le canal optique peut alors être multiplexé en fréquence avec d'autres canaux optiques, ce qui donne pour résultat un signal OTM-n.

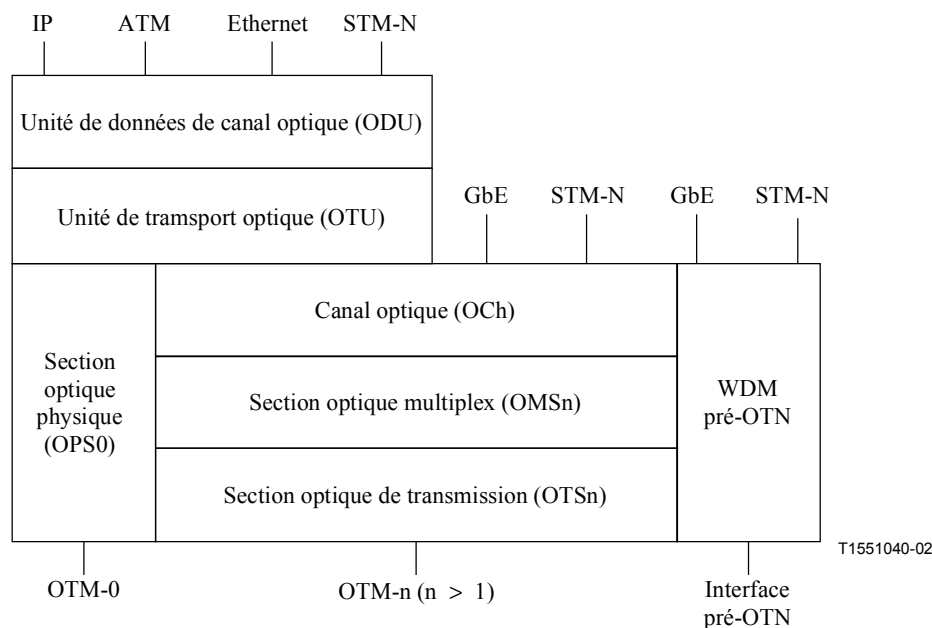
La technologie optique actuelle n'offre pas l'ensemble de la fonctionnalité requise pour la gestion et la maintenance des canaux optiques d'une manière qui soit indépendante de la couche cliente numérique. Pour faire face à ce manque, on utilise l'unité de transport optique comme technique d'encapsulation commune pour les clients numériques et comme mécanisme permettant de prendre en charge les aspects des informations de gestion et de maintenance qui ne peuvent actuellement pas être pris en charge par les fonctions de terminaison de chemin OCh. En tant que telle, la couche OTU est la couche cliente recommandée pour le canal optique. Toutefois, il est également possible de transporter d'autres clients numériques directement sur un canal optique, non sans certaines limitations.

Les clients STM-N et Gigabit Ethernet, par exemple, peuvent aussi être acheminés sur le canal optique, sans que leurs trames soient encapsulées dans une unité de transport optique. Un tel signal, sans encapsulation, a la même forme d'informations caractéristiques qu'un canal optique. En tant que tel, il peut passer dans un brasseur capable de prendre en charge une connexion de couche canal optique. Toutefois, il n'assure pas les fonctions OAM qui sont associées à une unité OTU. Le transport de ces signaux sur le réseau OTN peut conduire à des limitations en termes de gestion de réseau, les éventuelles limitations étant propres à la technologie et dépendant des capacités du client du canal optique. Il est également nécessaire de définir des fonctions d'adaptation et de terminaison pour un canal optique qui convertissent, par exemple, une trame STM-N d'un signal logique en un signal optique dont la largeur de bande et le rapport signal/bruit sont définis, et qui, dans la direction du puits, extraient la synchronisation au niveau des bits et au niveau des trames qui peut être transportée par une section optique multiplex. Dans le cas SDH, ce canal optique est analogue à une section optique SDH avec uniquement la largeur de bande optique et le rapport signal/bruit parmi l'ensemble de paramètres optiques définis. La description des fonctions d'adaptation client/canal optique pour cette forme de transport est hors du domaine d'application de la présente Recommandation et ne fait pas partie du réseau OTN.

Dans le cas où un seul canal optique est acheminé sur une fibre, les couches OMS et OTS peuvent être regroupées afin de créer une seule couche – une couche section optique physique (OPS, *optical physical section*). Il s'agit d'un signal de niveau OTM-0, comme illustré sur la Figure II.1.

Les systèmes WDM pré-OTN existants sont actuellement mis en place dans les réseaux pour acheminer des clients tels que SDH et GbE. Ces systèmes sont également représentés.

La relation entre le réseau OTN et les interfaces WDM et WDM pré-OTN existantes est illustrée sur la Figure II.1.



**Figure II.1/G.872 – Relation entre le réseau OTN et les réseaux WDM**

## Appendice III

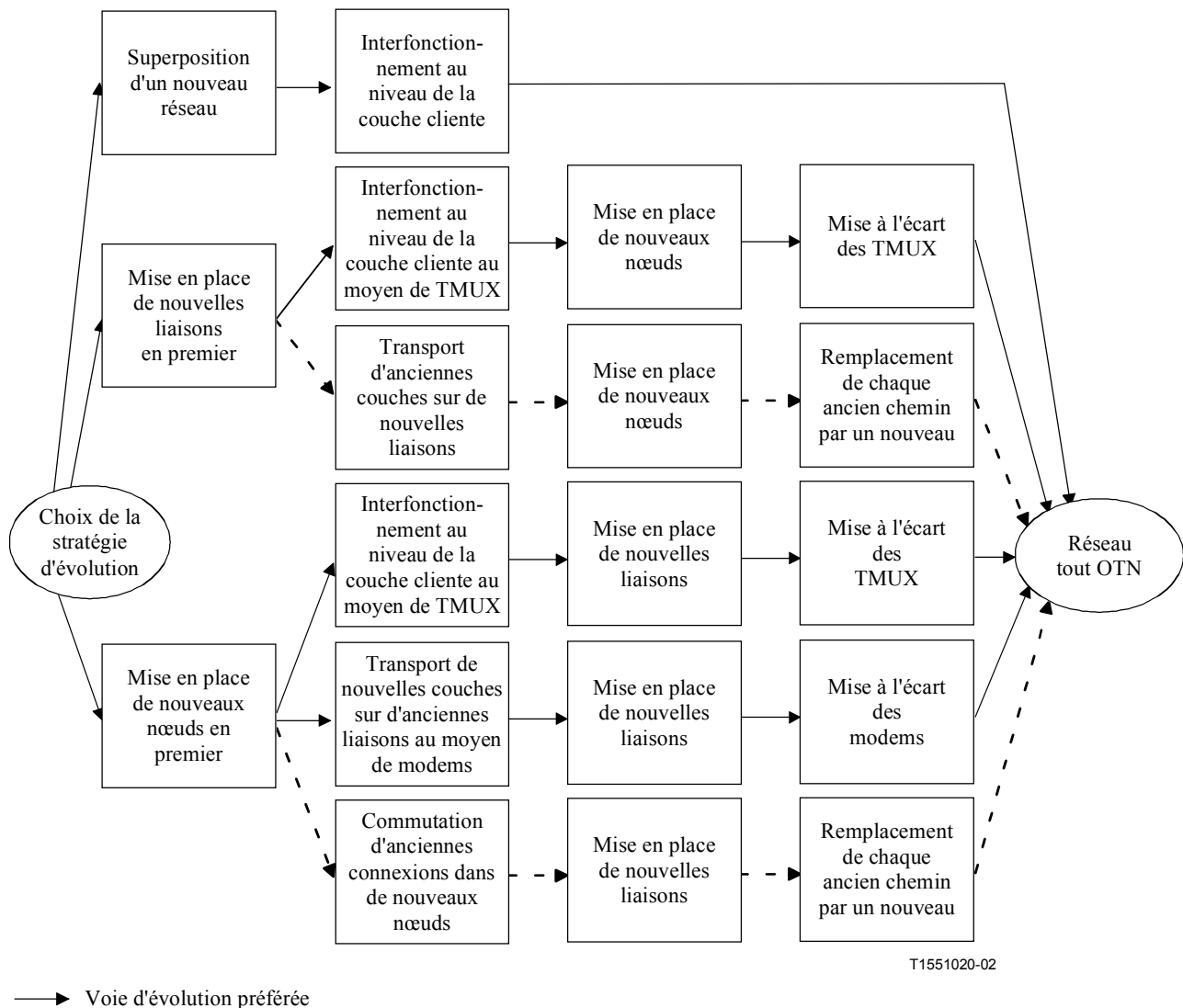
### Mise en place de réseaux de transport de type OTN

#### III.1 Généralités

Le présent appendice contient des informations sur la manière dont un réseau de transport peut évoluer vers un réseau de type OTN. De nombreux choix sont à opérer lors de la mise en place de réseaux de transport de type OTN. Ces choix, comme l'ordre temporel dans lequel différents types d'équipements de type OTN sont mis en place et les types de mappage qui sont utilisés, auront une incidence sur l'évolution ultérieure des réseaux de transport de type OTN et risquent d'imposer des contraintes en termes de réseautage et d'interfonctionnement SDH/OTN. Ces choix et le niveau de déploiement des réseaux de transport de type OTN par rapport à des réseaux de transport SDH ou à d'autres réseaux de transport relèvent de la compétence de l'opérateur de réseau. Le présent appendice illustre les problèmes en examinant les étapes requises pour passer à des réseaux de transport entièrement OTN, mais l'objectif n'est pas nécessairement d'avoir des réseaux de transport tout OTN.

Le présent appendice commence par identifier les types de signaux de couche cliente qui peuvent être pris en charge sur les conduits OTN et les types de signaux de couche cliente qui peuvent être pris en charge sur les conduits SDH. Il décrit ensuite les trois scénarios principaux pour la mise en place d'équipements de type OTN. Pour chaque type de signal de couche cliente OTN et scénario de mise en place, le présent appendice décrit les conséquences pour le réseautage, l'interconnexion SDH/OTN et l'évolution subséquente du transport.

La Figure III.1 montre les voies possibles de mise en place et illustre les choix principaux. Elle sert de référence pour la discussion qui suit.



**Figure III.1/G.872 – Voies d'évolution vers l'OTN**

## III.2 Types de signaux de couche cliente

### III.2.1 Cas OTN

Les couches conduit OTN (entités de transport ODU) prennent en charge les signaux de couche cliente suivants conformément aux mappages définis dans la Rec. UIT-T G.709. Aux fins d'interfonctionnement, deux cas sont à considérer:

- a) les signaux de couche cliente tels que:
  - i) un flux de cellules ATM de débit constant;
  - ii) des trames GFP, procédure de trame générique (GFP, *generic frame procedure*) de longueur variable. Elles peuvent par exemple être utilisées pour le transport IP;
  - iii) un mappage client non spécifique est spécifié pour la prise en charge de tout signal client ou de tout ensemble de signaux clients, dans un flux binaire continu.
- b) Les signaux de couche section de régénération STM-N, qui, à leur tour, prennent en charge:

- i) des couches conduit d'ordre supérieur SDH.

Les équipements de réseau de transport de type OTN sont chargés du contrôle de connectivité des conduits ODU et des canaux optiques mais pas de celui de la couche cliente. Dans le cas b) ci-dessus, les équipements de type OTN ne peuvent donc pas être utilisés pour connecter chacune des couches conduit SDH associées au cas b) ou chacune des couches clientes associées aux couches conduit SDH.

Cette contrainte pourrait être significative si les réseaux de transport de type OTN s'étendaient largement. Comme ce sera certainement le cas, il est recommandé que la prise en charge d'un tel signal soit minimisée dès le départ ou que, au cours des étapes ultérieures de l'évolution du réseau de transport, des mesures soient prises afin de minimiser les signaux redondants de couche section STM-N.

### III.2.2 Cas SDH

Dans ce cas, les couches conduit SDH prennent en charge les signaux de couche cliente suivants conformément aux mappages définis dans la Rec. UIT-T G.707. Les deux types suivants de signaux de couche cliente doivent être considérés aux fins d'interfonctionnement:

- a) les signaux de couche cliente tels que:
  - i) un flux de cellules ATM de débit constant;
  - ii) des trames GFP de longueur variable. Elles peuvent par exemple être utilisées pour le transport IP;
- b) les signaux de couche conduit OTN (ODU1 et ODU2) qui, à leur tour, prennent en charge les signaux de couche cliente identifiés au III.2.1 (voir la Note).

NOTE – Ces mappages de la couche conduit ODU dans des signaux de couche conduit d'ordre supérieur SDH font apparaître une possible étape de transition dans l'évolution du réseau de transport. La fonctionnalité requise pour assurer ces mappages est désignée ci-dessous comme étant une fonctionnalité de "modem" (par analogie avec le passage de l'"ancien" réseau analogique au "nouveau" réseau numérique, les modems permettant aux signaux provenant du "nouveau" réseau d'être pris en charge sur "l'ancien" réseau). Un modem optique pourrait par exemple être utilisé pour interconnecter des îlots OTN au moyen du réseau SDH.

### III.3 Mise en place initiale d'équipements de type OTN

Il existe trois voies principales pour commencer à mettre en place des équipements de type OTN:

- a) mise en place d'un réseau superposé comportant la mise en place simultanée de systèmes de ligne OTN et de la fonctionnalité de brassage ODU/OCh afin d'assurer une large connectivité des couches conduit (voir la Note). Par ailleurs, pour élargir la couverture géographique dans un tel réseau superposé, les connexions de liaison de la couche conduit OTN pourraient être adaptées aux conduits SDH grâce à la fonctionnalité de modem, comme mentionné au III.2. Au départ, ce réseau superposé sera vraisemblablement "fin" avec, comme objectif, de prendre en charge des types de couche cliente particuliers et sera par la suite "élargi" afin d'inclure d'autres services.

NOTE – La fonctionnalité de brassage ODU et/ou OCh est réalisée dans le brasseur (XC, *cross-connect*) OTN et/ou dans le multiplex à insertion/extraction (ADM, *add/drop multiplex*). Cette fonctionnalité est désignée ci-dessous par XC/ADM.

- b) mise en place uniquement de dispositifs XC/ADM OTN. Dans ce cas, des brasseurs seraient certainement installés dans des emplacements centraux dans lesquels le contrôle de la connectivité des sections de régénération STM-N au niveau du site constituerait la fonctionnalité initiale recherchée. En termes d'architecture fonctionnelle, les conduits ODU/OCh dans les dispositifs XC/ADM fournissent des connexions de sous-réseau dans la couche section de régénération STM-N. Des systèmes de ligne OTN pourraient être mis en place ultérieurement pour assurer une plus large connectivité ODU. De même, des

conduits SDH d'ordre supérieur avec la fonctionnalité de modem pourraient être utilisés comme mentionné au a) ci-dessus afin d'assurer une plus large connectivité ODU;

- c) mise en place uniquement de systèmes de ligne OTN. Ces systèmes sont fonctionnellement analogues aux systèmes de ligne SDH en ce sens qu'ils prennent en charge les connexions de liaison dans la couche section de régénération STM-N. En termes d'architecture fonctionnelle, les conduits ODU dans les systèmes de ligne OTN fournissent des connexions de liaison dans la section de régénération STM-N SDH. Des dispositifs XC/ADM OTN pourraient être mis en place ultérieurement pour assurer une plus large connectivité ODU.

Chaque solution est valable et le choix d'une ou plusieurs solutions dépend des besoins de chaque opérateur de réseau. Le choix opéré par un opérateur de réseau n'aura pas nécessairement d'incidence sur le choix opéré par un autre opérateur de réseau. Les trois solutions peuvent coexister.

### **III.4 Interfonctionnement de réseaux de transport de type SDH et de réseaux de transport de type OTN**

#### **III.4.1 Niveaux d'interfonctionnement**

L'interfonctionnement de réseaux de transport de type SDH et de réseaux de transport de type OTN peut se produire à l'un des trois niveaux suivants:

- a) au niveau de la couche cliente pour les signaux identifiés aux III.2.1 a) et III.2.2 a): cet interfonctionnement nécessite généralement la terminaison des conduits SDH et OTN respectifs et des fonctions d'adaptation entre les couches conduit respectives et la couche cliente. Cette combinaison de fonctions est appelée transmultiplexage (TMUX). Cette approche ne requiert pas nécessairement d'interfaces physiques additionnelles;
- b) au niveau section de régénération STM-N SDH pour les signaux identifiés au III.2.1 b): cet interfonctionnement nécessite l'adaptation du signal de couche section de régénération STM-N aux couches conduit ODU appropriées au moyen des mappages décrits dans la Rec. UIT-T G.709;
- c) au niveau conduit OTN: les signaux de couche conduit OTN, décrits au III.2.2 b), sont adaptés aux conduits d'ordre supérieur SDH au moyen de la fonctionnalité de modem.

Le choix du niveau d'interfonctionnement et du scénario de mise en place d'équipements OTN aura une incidence sur l'évolution ultérieure du réseau de transport, comme examiné ci-dessous.

#### **III.4.2 Superposition de réseau OTN**

Les deux niveaux d'interfonctionnement suivants sont envisagés:

- a) les exigences pour l'interfonctionnement au niveau client sont données au III.4.1 a);

dans les cas où des conduits d'ordre supérieur SDH sont utilisés pour assurer la connectivité ODU, la fonctionnalité de "modem" sera nécessaire pour l'adaptation à la couche conduit d'ordre supérieur SDH.

Dans les cas où des interfaces OTU sont par la suite fournies sur des éléments de réseau qui traitent les signaux de couche cliente identifiés au III.2.1 a), il n'y a pas d'exigence d'interfonctionnement entre ces éléments de réseau et le réseau de transport OTN;

- b) les exigences pour l'interfonctionnement au niveau STM-N sont données au III.4.1 b). La fonctionnalité de multiplexage de couche conduit d'ordre supérieur et/ou d'ordre inférieur SDH continuera d'être requise dans le réseau de transport de type SDH;

dans les cas où des conduits d'ordre supérieur SDH sont utilisés pour assurer la connectivité ODU, la fonctionnalité de "modem" sera requise pour l'adaptation à la couche conduit d'ordre supérieur SDH.

Dans les cas où un interfonctionnement au niveau client est souhaité par la suite, il sera nécessaire d'abandonner les conduits OTN prenant en charge les sections de régénération STM-N et de fournir de nouveaux conduits OTN qui prennent directement en charge la couche cliente. La fonctionnalité de multiplexage de conduits d'ordre inférieur et d'ordre supérieur SDH ne sera pas nécessaire.

### **III.4.3 Brasseurs, multiplexeurs à insertion/extraction et systèmes de ligne OTN**

Les deux niveaux d'interfonctionnement suivants sont envisagés:

a) les exigences pour l'interfonctionnement au niveau client sont données au III.4.1 a);

dans les cas éventuels où une fonctionnalité de couche conduit OTN plus large serait par la suite nécessaire, des systèmes de ligne OTN pourraient être mis en place; la fonctionnalité d'interfonctionnement n'est pas nécessaire entre les dispositifs XC/ADM et les systèmes de ligne OTN. Les considérations du III.4.2 a) s'appliquent également;

b) les exigences pour l'interfonctionnement au niveau section de régénération STM-N sont données au III.4.1 b);

dans les cas éventuels où une fonctionnalité de couche conduit OTN plus large serait par la suite nécessaire, des systèmes de ligne OTN pourraient être mis en place; la fonctionnalité d'interfonctionnement n'est pas nécessaire entre les dispositifs XC/ADM et les systèmes de ligne OTN. Les considérations du III.4.2 a) s'appliquent également.







## 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
<b>Série G</b>	<b>Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques</b>
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et 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, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie 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 généraux logiciels des systèmes de télécommunication