

**Remplacée par une version plus récente**



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

**G.805**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

(11/95)

**RÉSEAUX NUMÉRIQUES**

---

**ARCHITECTURE FONCTIONNELLE GÉNÉRALE  
DES RÉSEAUX DE TRANSPORT**

**Recommandation UIT-T G.805**

Remplacée par une version plus récente

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

---

# Remplacée par une version plus récente

## AVANT-PROPOS

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

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

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

La Recommandation UIT-T G.805, que l'on doit à la Commission d'études 13 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée le 2 novembre 1995 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

---

## 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 de télécommunications.

© UIT 1996

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

# Remplacée par une version plus récente

## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1	Domaine d'application ..... 1
2	Références..... 1
3	Termes et définitions..... 1
4	Abréviations..... 4
5	Architecture fonctionnelle des réseaux de transport ..... 5
5.1	Introduction..... 5
5.2	Composants d'architecture..... 5
5.2.1	Composants topologiques..... 5
5.2.1.1	Réseau en couches ..... 5
5.2.1.2	Sous-réseau..... 5
5.2.1.3	Liaison ..... 6
5.2.1.4	Groupe d'accès..... 6
5.2.2	Entités de transport..... 6
5.2.2.1	Connexion de liaison ..... 6
5.2.2.2	Connexion de sous-réseau ..... 6
5.2.2.3	Connexion de réseau..... 6
5.2.2.4	Chemin ..... 6
5.2.3	Fonctions de traitement de transport..... 7
5.2.3.1	Fonction d'adaptation..... 7
5.2.3.2	Fonction de terminaison de chemin ..... 7
5.2.4	Points de référence ..... 7
5.3	Subdivision et stratification..... 7
5.3.1	Introduction ..... 7
5.3.1.1	Application du concept de subdivision..... 7
5.3.1.2	Application du concept de stratification ..... 8
5.3.2	Concept de subdivision..... 8
5.3.3	Concept de stratification..... 8
5.3.3.1	Relation client/serveur ..... 8
5.3.3.2	Réseaux en couches de transport..... 9
5.3.3.3	Décomposition des réseaux stratifiés..... 9
5.3.3.3.1	Principes généraux de décomposition des couches..... 9
5.3.3.3.2	Décomposition du réseau de couches de conduit en réseaux de couches de conduit spécifiques..... 9
5.3.3.3.3	Décomposition de la couche de support de transmission en couches de support de transmission spécifiques..... 9
5.3.3.3.4	Décomposition des réseaux de couches spécifiques en sous-réseaux ..... 10
5.3.4	Ensemble de transport ..... 10
5.4	Surveillance des connexions..... 10
5.4.1	Techniques de contrôle des connexions..... 10
5.4.1.1	Contrôle intrinsèque ..... 10
5.4.1.2	Contrôle sans intrusion ..... 10
5.4.1.3	Contrôle avec intrusion..... 10
5.4.1.4	Contrôle de sous-couche..... 11
5.4.2	Applications du contrôle des connexions ..... 11
5.4.2.1	Contrôle des connexions inutilisées..... 11
5.4.2.2	Contrôle des connexions en cascade..... 11

# Remplacée par une version plus récente

Page

6	Application des concepts aux topologies et structures de réseau .....	11
6.1	Couches PDH sur couches SDH.....	11
6.2	Cellules ATM sur réseaux en couches SDH.....	12
7	Techniques d'amélioration de la disponibilité du réseau de transport.....	12
7.1	Introduction.....	12
7.2	Protection .....	12
7.2.1	Protection du chemin.....	12
7.2.2	Protection de connexion de sous-réseau .....	13
	Appendice I – Description formelle de l'architecture .....	32
I.1	Définitions générales.....	32
I.2	Points de référence .....	34
I.3	Composants topologiques.....	34
I.4	Entités de transport.....	36
I.5	Fonctions de traitement de transport .....	37
	Annexe I.A – Brève introduction à la notation Z.....	37
I.A.2	Exemple #1 .....	37
I.A.3	Exemple #2.....	38

# Remplacée par une version plus récente

## RÉSUMÉ

La présente Recommandation décrit l'architecture fonctionnelle des réseaux de transport d'une manière indépendante de la technologie. L'architecture fonctionnelle générale peut servir de base à un ensemble harmonisé de Recommandations sur l'architecture fonctionnelle pour les réseaux de transport ATM, SDH, PDH ainsi qu'à un ensemble correspondant de Recommandations sur la gestion, l'analyse des performances et la spécification des équipements.



# Remplacée par une version plus récente

Recommandation G.805

## ARCHITECTURE FONCTIONNELLE GÉNÉRALE DES RÉSEAUX DE TRANSPORT

(Genève, 1995)

### 1 Domaine d'application

Un réseau de télécommunication est un réseau complexe qui peut être décrit de plusieurs manières selon le but particulier de la description. La présente Recommandation décrit le réseau comme un réseau de transport du point de vue de la capacité de transfert de l'information. Plus particulièrement, l'architecture fonctionnelle et structurelle des réseaux de transport est décrite d'une manière indépendante de la technique de gestion des réseaux.

La présente Recommandation décrit l'architecture fonctionnelle des réseaux de transport d'une manière indépendante de la technologie. L'architecture fonctionnelle générale doit servir de base à un ensemble harmonisé de Recommandations sur l'architecture fonctionnelle pour les réseaux ATM, SDH, PDH et à un ensemble correspondant de Recommandations sur la gestion, l'analyse des performances et la spécification des équipements.

### 2 Références

Les Recommandations UIT-T suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Recommandation. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute Recommandation est sujette à révision; tous les utilisateurs de la présente Recommandation sont donc invités à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations indiquées ci-après. Une liste des Recommandations UIT-T en vigueur est publiée régulièrement.

- Recommandation G.702 du CCITT (1988), *Débits binaires de la hiérarchie numérique*.
- Recommandation G.703 du CCITT (1991), *Caractéristiques physiques et électriques des jonctions*.
- Recommandation UIT-T I.320 (1993), *Modèle de référence du protocole RNIS*.
- Recommandation I.321 du CCITT (1991), *Modèle de référence pour le protocole du RNIS large bande et son application*.
- Recommandation I.324 du CCITT (1991), *Architecture du RNIS*.
- Recommandation I.340 du CCITT (1988), *Types de connexion de RNIS*.
- Recommandation X.200 du CCITT (1988), *Technologie de l'information – Interconnexion des systèmes ouverts – Modèle de référence de base: Le modèle de référence de base*.

### 3 Termes et définitions

NOTES

1 Les termes utilisés ci-après sont spécifiques de la Recommandation G.805 et ne doivent pas être confondus avec les mêmes termes utilisés, par exemple, dans les Recommandations I.320, I.321, I.324, I.340.

2 Lorsqu'une définition contient un terme lui-même défini, ce terme est indiqué entre guillemets.

3 On peut qualifier d'une manière encore plus précise les termes utilisés par référence à un réseau de couches spécifique en ajoutant le qualificatif de réseau de couches approprié (par exemple, terminaison de conduit de niveau supérieur SDH, terminaison de conduit PDH à 44 736 kbit/s, connexion de conduit virtuel ATM).

4 Tous les composants architecturaux sont bidirectionnels, sauf s'ils sont qualifiés par le terme «collecteur», «source» ou «unidirectionnel».

**3.1 groupe d'accès:** groupe de fonctions de «terminaison de chemin» situées au même endroit et reliées au même «sous-réseau» ou à la même «liaison».

**3.2 point d'accès:** «point de référence» constitué d'une paire de «points d'accès unidirectionnels» situés au même emplacement; il représente donc la corrélation entre les fonctions de terminaison de chemin et d'adaptation.

# Remplacée par une version plus récente

- 3.3 point d'accès unidirectionnel:** «point de référence» au niveau duquel la sortie d'un «collecteur de terminaison de chemin» est corrélée à l'entrée d'un «collecteur d'adaptation» ou au niveau duquel la sortie d'une «source d'adaptation» est corrélée à l'entrée d'une «source de terminaison de chemin».
- 3.4 adaptation:** «fonction de traitement de transport» constituée d'une paire formée par une source d'adaptation et un collecteur d'adaptation situés au même emplacement.
- 3.5 collecteur d'adaptation:** «fonction de traitement de transport» qui présente les informations caractéristiques du réseau en couches clientes à sa sortie en traitant les informations présentées à son entrée par le chemin de réseau en couches serveuses.
- 3.6 source d'adaptation:** «fonction de traitement de transport» qui accepte les informations caractéristiques du réseau en couches clientes à son entrée et les traite pour permettre leur transfert sur un chemin (dans le réseau en couches serveuses).
- 3.7 composant architectural:** tout élément utilisé dans la présente Recommandation pour décrire de façon générique la fonction de réseau de transport.
- 3.8 corrélation:** relation directe entre une «fonction de traitement de transport» ou «entité de transport» et une autre «fonction de traitement de transport» ou «entité de transport» représentant une connectivité statique qui ne peut être modifiée par une action de gestion.
- 3.9 information caractéristique:** signal de format spécifique transféré sur des «connexions de réseau». Les formats spécifiques seront définis dans les Recommandations technologiques.
- 3.10 relation client/serveur:** association entre réseaux stratifiés réalisée par une fonction d'adaptation pour permettre à la connexion de liaison dans le réseau en couches clientes d'être prise en charge par un chemin dans le réseau en couches serveuses.
- 3.11 connexion:** entité de transport constituée d'une paire associée de «connexions unidirectionnelles» capables de transférer simultanément des informations dans des sens opposés entre leurs entrées et leurs sorties respectives.
- 3.12 connexion unidirectionnelle:** entité de transport qui transfère des informations en transparence entre une entrée et une sortie.
- 3.13 point de connexion:** point de référence constitué d'une paire de «points de connexion unidirectionnels» situés au même emplacement; il représente donc la corrélation de deux connexions bidirectionnelles appariées.
- 3.14 point de connexion unidirectionnel:** «point de référence» qui représente la corrélation de la sortie d'une «connexion unidirectionnelle» avec l'entrée d'une autre «connexion unidirectionnelle».
- 3.15 surveillance de connexion:** processus de contrôle de l'intégrité d'une «connexion» ou d'une «connexion en cascade» faisant partie d'un chemin.
- 3.16 réseau stratifié:** «composant topologique» qui inclut à la fois des entités de transport et des fonctions de traitement de transport et décrit la création, le transport et la terminaison d'une information caractéristique particulière.
- 3.17 liaison:** «composant topologique» qui décrit une relation fixe entre un «sous-réseau» ou un «groupe d'accès» et un autre «sous-réseau» ou «groupe d'accès».
- 3.18 connexion de liaison:** «entité de transport» qui transfère des informations entre des «accès» par l'intermédiaire d'une liaison.
- 3.19 matrice:** représente la limite de subdivision récurrente d'un sous-réseau.
- 3.20 connexion de matrice:** «entité de transport» qui transfère des informations à travers une matrice; elle est formée par l'association d'«accès» à la limite de la matrice.
- 3.21 réseau:** ensemble des entités (équipements, installations, systèmes) qui, réunies, permettent d'assurer des services de communication.

# Remplacée par une version plus récente

- 3.22 connexion de réseau:** entité de transport formée d'une série de «connexions de liaison» et/ou de «connexions de sous-réseau» contiguës entre des «points de connexion de terminaison».
- 3.23 appariement:** relation entre des «fonctions de traitement de transport» de collecteur et de source, entre deux «entités de transport» unidirectionnelles en sens opposé ou entre des «points de référence unidirectionnels» qui ont été associés en vue d'un transport bidirectionnel.
- 3.24 réseau en couches de conduit:** «réseau stratifié» qui est indépendant du support de transmission et est chargé du transfert d'informations entre des «points d'accès» du réseau en couches de conduit.
- 3.25 accès:** constitué d'une paire d'accès unidirectionnels.
- 3.26 accès unidirectionnel:** représente la sortie d'une source de terminaison de chemin ou d'une connexion de liaison unidirectionnelle, ou l'entrée d'un collecteur de terminaison de chemin ou d'une connexion de liaison unidirectionnelle.
- Protection:**
- 3.27 protection spécialisée:** architecture de protection qui fournit des moyens consacrés à la protection de la capacité d'écoulement du trafic (structure en 1 + 1).
- 3.28 intervention aux deux extrémités:** méthode d'intervention en secours assurant la commutation aux deux extrémités de l'entité protégée (par exemple, «connexion», «conduit»), même en cas de défaillance unidirectionnelle.
- 3.29 protection partagée:** architecture de protection utilisant m entités de protection réparties entre n entités d'exploitation (structure m:n). Les entités de protection peuvent aussi servir à transporter du trafic supplémentaire lorsqu'elles ne sont pas utilisées pour la protection.
- 3.30 intervention à une seule extrémité:** méthode d'intervention en secours n'assurant la commutation qu'à l'extrémité affectée de l'entité protégée (par exemple, «chemin», «connexion de sous-réseau»), en cas de défaillance unidirectionnelle.
- 3.31 protection de connexion de sous-réseau:** type de protection représenté par une sous-couche qui est construite par extension du «point de connexion» de «sous-réseau».
- 3.32 protection de chemin:** type de protection représenté par une sous-couche qui est construite par extension de la «terminaison de chemin».
- 3.33 point de référence:** composant architectural formé par la corrélation entre les entrées et les sorties des fonctions de traitement de transport et/ou des entités de transport.
- 3.34 sous-réseau:** composant topologique utilisé pour effectuer l'acheminement d'une information caractéristique particulière.
- 3.35 connexion de sous-réseau:** «entité de transport» qui transfère des informations dans un sous-réseau: elle est formée par l'association d'«accès» à la limite du sous-réseau.
- 3.36 connexion en cascade:** série arbitraire de «connexions de liaison» et/ou de «connexions de sous-réseau» contiguës.
- 3.37 point de connexion de terminaison:** point de référence constitué d'une paire de points de connexion de terminaison unidirectionnels situés au même emplacement; il représente donc la corrélation d'une terminaison de chemin avec une connexion bidirectionnelle.
- 3.38 point de connexion de terminaison unidirectionnel:** point de référence qui représente les corrélations suivantes: sortie d'une source de terminaison de chemin avec l'entrée d'une connexion unidirectionnelle ou sortie d'une connexion unidirectionnelle avec l'entrée d'un collecteur de terminaison de chemin.
- 3.39 composant topologique:** composant architectural décrivant le réseau de transport en termes de relations topologiques entre des ensembles de points situés dans le même réseau stratifié.

# Remplacée par une version plus récente

- 3.40 chemin:** «entité de transport» constituée d'une paire associée de «chemins unidirectionnels» capables de transférer simultanément des informations dans des sens opposés entre leurs entrées et leurs sorties respectives.
- 3.41 chemin unidirectionnel:** «entité de transport» chargée du transfert d'informations de l'entrée d'une source de terminaison de chemin à la sortie d'un collecteur de terminaison de chemin. L'intégrité du transfert d'informations est contrôlée. Le chemin unidirectionnel est formé par la combinaison de fonctions de terminaison de chemin et d'une connexion de réseau.
- 3.42 processus de gestion de chemin:** configuration des ressources du réseau, en cours d'exploitation, pour les besoins de l'attribution, de la réattribution et de l'aiguillage des «chemins» assurant le transport vers les réseaux clients.
- 3.43 terminaison de chemin:** «fonction de traitement de transport» constituée d'une paire formée par une source de terminaison de chemin et un collecteur de terminaison de chemin situés au même emplacement.
- 3.44 collecteur de terminaison de chemin:** «fonction de traitement de transport» qui accepte les informations caractéristiques du réseau stratifié à son entrée, extrait les informations relatives au contrôle du «chemin» et présente les informations restantes à sa sortie.
- 3.45 source de terminaison de chemin:** «fonction de traitement de transport» qui accepte les «informations caractéristiques» adaptées d'un réseau en couches clientes à son entrée, ajoute des informations pour permettre de contrôler le «chemin» et présente les informations caractéristiques du réseau stratifié à sa sortie. La source de terminaison de chemin peut fonctionner sans une entrée en provenance d'un réseau en couches clientes.
- 3.46 réseau en couches de support de transmission:** «réseau stratifié» pouvant dépendre du support et chargé du transfert d'informations entre des «points d'accès» du réseau en couches de support de transmission afin de constituer un ou plusieurs «réseaux en couches de conduit».
- 3.47 transport:** processus fonctionnel d'acheminement d'informations entre différents emplacements.
- 3.48 ensemble de transport:** combinaison arbitraire de réseaux stratifiés contigus et de fonctions d'adaptation.
- 3.49 entité de transport:** composant architectural qui transfère des informations entre ses entrées et ses sorties dans un réseau stratifié.
- 3.50 réseau de transport:** ressources fonctionnelles du réseau acheminant les informations d'utilisateur entre des emplacements.
- 3.51 fonction de traitement de transport:** composant architectural défini par le traitement de l'information effectué entre ses entrées et ses sorties. L'entrée ou la sortie doit être située à l'intérieur d'un réseau en couches; la sortie ou l'entrée correspondante peut être située dans le réseau de gestion (par exemple, sortie d'une fonction de contrôle).

## 4 Abréviations

Pour les besoins de la présente Recommandation, les abréviations suivantes sont utilisées.

AIS	signal d'indication d'alarme ( <i>alarm indication signal</i> )
APS	secours par commutation automatique ( <i>automatic protection switch</i> )
ATM	mode de transfert asynchrone ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone ( <i>plesiochronous digital hierarchy</i> )
SDH	hiérarchie numérique synchrone ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
STM-N	module de transport synchrone (de niveau) N [ <i>synchronous transport module (level) N</i> ]
TCP	point de connexion de terminaison ( <i>termination connection point</i> )
VC-n	conteneur virtuel (de niveau) n [ <i>virtual container (level) n</i> ]

# Remplacée par une version plus récente

## 5 Architecture fonctionnelle des réseaux de transport

### 5.1 Introduction

Les diverses fonctions qui composent un réseau de télécommunication peuvent être classées en deux groupes fonctionnels principaux. Le premier est le groupe fonctionnel de transport qui couvre le transfert de toutes les informations de télécommunication d'un point à un autre. L'autre, le groupe fonctionnel de commande, gère divers systèmes et services auxiliaires ainsi que les fonctions de maintenance. La présente Recommandation porte sur le groupe fonctionnel de transport.

Un réseau de transport assure le transfert d'informations d'utilisateur d'un point à un autre, dans les deux sens ou dans un seul sens. Un réseau de transport peut également transférer divers types d'information de commande du réseau (signalisation, exploitation et maintenance) pour le groupe fonctionnel de commande.

Le réseau de transport est un système vaste et complexe, comportant une grande diversité de composants: c'est dire qu'il est essentiel de disposer d'un modèle adéquat, dans lequel les entités fonctionnelles soient définies avec précision, pour concevoir et gérer un tel réseau. Le réseau de transport peut être décrit par la définition des associations entre les points qui le composent. Pour simplifier la description, un modèle reprenant le double concept de la structuration en couches et de la répartition dans chaque couche permettra de disposer d'un degré de récurrence important. Il est recommandé d'utiliser cette méthode pour décrire le réseau de transport.

### 5.2 Composants d'architecture

L'analyse du réseau de transport permet d'identifier des fonctions génériques indépendantes des techniques de réalisation et de décrire les fonctions du réseau de façon abstraite en les ramenant à un petit nombre de composants d'architecture, définis par la fonction qu'ils assurent dans le traitement de l'information ou par les relations qu'ils décrivent entre d'autres composants d'architecture. En général, les fonctions décrites ici agissent sur des informations présentées à une ou plusieurs entrées et présentent les informations traitées à une ou plusieurs sorties. Ces fonctions sont définies et caractérisées par le traitement de l'information effectué entre leurs entrées et leurs sorties respectives. Les composants d'architecture sont associés de manière spécifique et constituent des éléments de réseau à partir desquels sont réalisés des réseaux réels. Les points auxquels sont liées les entrées et les sorties des fonctions de traitement et des entités de transport sont les points de référence de l'architecture du réseau de transport.

Quelques conventions relatives aux schémas ont été mises au point afin de compléter les descriptions qui suivent. Ces conventions font l'objet des Figures 1 à 4.

#### 5.2.1 Composants topologiques

Les composants topologiques fournissent les descriptions les plus abstraites du réseau considéré comme un ensemble de relations topologiques entre groupes de points de référence identiques. On distingue quatre éléments topologiques: le réseau de couche, le sous-réseau, le lien et le groupe d'accès. A l'aide de ces éléments, il est possible de décrire intégralement la topologie logique d'un réseau stratifié.

##### 5.2.1.1 Réseau en couches

Un réseau en couches est défini par l'ensemble complet de groupes d'accès du même type qui peuvent être associés en vue d'un transfert d'information. L'information transférée est caractéristique du réseau en couches considéré et l'on parle alors «d'informations caractéristiques». Dans un réseau en couches, une association de terminaisons de chemin (qui forment un chemin) peut être établie et rompue par un processus de gestion de couche qui modifie alors la connectivité. Un réseau en couches distinct, logiquement spécifique, existe pour chaque type de terminaison de chemin. La topologie d'un réseau en couches est décrite par les groupes d'accès, les sous-réseaux et les liaisons d'interconnexion. Les structures apparaissant dans les réseaux en couches et entre les réseaux en couches sont décrites par les composants définis ci-après.

##### 5.2.1.2 Sous-réseau

Un sous-réseau existe dans un réseau stratifié individuel. Il est défini par l'ensemble d'accès qui sont disponibles pour le transfert d'informations caractéristiques. Les associations entre les accès à la limite d'un sous-réseau peuvent être établies et rompues par un processus de gestion de réseau stratifié qui modifie ainsi la connectivité de ce sous-réseau. Lorsqu'une connexion de sous-réseau est établie, les points de référence sont également créés par une corrélation des accès avec l'entrée et la sortie de la connexion de sous-réseau. En général, les sous-réseaux peuvent être subdivisés en sous-réseaux plus petits interconnectés par des liaisons, comme indiqué au 5.3.2. La matrice est un cas particulier de sous-réseau qui ne peut plus être subdivisé.

# Remplacée par une version plus récente

## 5.2.1.3 Liaison

Une liaison est constituée d'un sous-ensemble d'accès à la limite d'un sous-réseau ou d'un groupe d'accès associés à un sous-ensemble correspondant d'accès à la limite d'un autre sous-réseau ou groupe d'accès pour le transfert d'informations caractéristiques. La liaison représente la relation topologique et la capacité de transport disponible entre une paire de sous-réseaux ou un sous-réseau et un groupe d'accès ou une paire de groupes d'accès. Il peut exister de multiples liaisons entre un sous-réseau et un groupe d'accès, ou une paire de sous-réseaux ou de groupes d'accès. Les liaisons sont établies et maintenues par le réseau de couches serveuses.

## 5.2.1.4 Groupe d'accès

Un groupe d'accès est un groupe de fonctions de terminaison de chemin situées au même emplacement et connectées au même sous-réseau ou à la même liaison.

## 5.2.2 Entités de transport

Les entités de transport assurent le transfert d'informations en transparence entre les points de référence d'un réseau stratifié. Il n'y a pas de modification de l'information entre l'entrée et la sortie, mises à part les modifications résultant d'une dégradation dans le processus de transfert.

On distingue deux entités de base selon que l'information transférée fait l'objet d'une vérification d'intégrité ou non. Il s'agit des connexions et des chemins. Les connexions sont subdivisées en connexions de réseau, en connexions de sous-réseau et en connexions de liaison selon le composant topologique auquel elles appartiennent.

### 5.2.2.1 Connexion de liaison

Une connexion de liaison est capable de transférer des informations en transparence sur une liaison. Elle est délimitée par des accès et représente une relation fixe entre les extrémités d'une liaison. Une connexion de liaison représente une paire de fonctions d'adaptation et un chemin dans le réseau en couches serveuses.

L'accès à l'entrée d'une connexion de liaison unidirectionnelle représente également l'entrée d'une source d'adaptation; l'accès à la sortie d'une connexion de liaison unidirectionnelle représente également la sortie d'un collecteur d'adaptation. Les connexions de liaison unidirectionnelles et les accès associés ainsi que le collecteur et la source d'adaptation peuvent être appariés pour assurer le transfert bidirectionnel d'informations.

### 5.2.2.2 Connexion de sous-réseau

Une connexion de sous-réseau est capable de transférer des informations en transparence dans un sous-réseau. Elle est délimitée par des points de connexion à la limite du sous-réseau et représente une association entre ces points de connexion. Lorsqu'une connexion de sous-réseau est établie, les points de référence sont également créés par corrélation des accès avec l'entrée et la sortie de la connexion de sous-réseau. En général, une connexion de sous-réseau est constituée d'une concaténation de connexions de sous-réseau et de connexions de liaison. La connexion de matrice est un cas particulier de connexion de sous-réseau formé par une seule connexion de sous-réseau (indivisible).

### 5.2.2.3 Connexion de réseau

Une connexion de sous-réseau est capable de transférer des informations en transparence dans un réseau stratifié. Elle est délimitée par des points de connexion de terminaison (TCP). Elle est constituée d'une concaténation de connexions de sous-réseau et/ou de connexions de liaison. Le point TCP est formé par corrélation de l'accès de la terminaison de chemin avec une connexion de sous-réseau ou l'accès d'une connexion de liaison. On ne dispose pas de données explicites pour pouvoir contrôler l'intégrité de l'information transférée. Certaines techniques qui permettent de contrôler l'intégrité sont décrites au 5.4.

### 5.2.2.4 Chemin

Un chemin correspond au transfert d'informations caractéristiques adaptées contrôlées du réseau en couches clientes entre des points d'accès. Il est délimité par deux points d'accès, un à chaque extrémité du chemin. Il représente l'association entre les extrémités du chemin. Un chemin est formé de l'association de terminaisons de chemin et d'une connexion de réseau.

# Remplacée par une version plus récente

## 5.2.3 Fonctions de traitement de transport

Dans la description de l'architecture des réseaux stratifiés, on établit une distinction entre les deux fonctions génériques de traitement d'adaptation et de terminaison de chemin.

### 5.2.3.1 Fonction d'adaptation

Source d'adaptation: fonction de traitement de transport qui adapte les informations caractéristiques de réseau en couches clientes pour les présenter sous une forme appropriée au transport sur un chemin dans le réseau de couches serveuses.

Collecteur d'adaptation: fonction de traitement de transport qui convertit les informations de chemin de réseau de couches serveuses en informations caractéristiques du réseau de couches clientes.

Adaptation: fonction de traitement de transport constituée d'une paire formée par une source d'adaptation et un collecteur d'adaptation situés au même emplacement.

Le codage, la modification du débit, l'alignement, la justification, le multiplexage sont des exemples de processus qui peuvent intervenir isolément ou en combinaison dans une fonction d'adaptation.

### 5.2.3.2 Fonction de terminaison de chemin

Source de terminaison de chemin: fonction de traitement de transport qui accepte les informations caractéristiques adaptées provenant du réseau en couches clientes à son entrée, ajoute des informations pour permettre le contrôle du chemin et présente les informations caractéristiques du réseau stratifié à sa sortie. La source de terminaison de chemin peut fonctionner sans une entrée en provenance d'un réseau de couches clientes.

Collecteur de terminaison de chemin: fonction de traitement de transport qui accepte les informations caractéristiques du réseau stratifié à son entrée, extrait les informations relatives au contrôle du chemin et présente les informations restantes à sa sortie.

Terminaison de chemin bidirectionnelle: fonction de traitement de transport constituée d'une paire de fonctions de source et de collecteur de terminaison de chemin situées au même emplacement.

## 5.2.4 Points de référence

Les points de référence sont constitués par la corrélation entre les entrées et les sorties de fonctions de traitement de transport et/ou d'entités de transport. Les corrélations autorisées et les types spécifiques de points de référence qui en résultent sont indiqués sur la Figure 4. Les types de connexion pris en charge par ces points de référence sont également indiqués sur la Figure 4.

## 5.3 Subdivision et stratification

### 5.3.1 Introduction

Un réseau de transport peut être décomposé en un certain nombre de réseaux de couches de transport indépendants avec une association client/serveur entre réseaux stratifiés adjacents. Chaque réseau stratifié peut être subdivisé séparément afin de refléter la structure interne de ce réseau stratifié ou la façon dont il sera géré. Les concepts de subdivision et de stratification sont donc orthogonaux, comme on peut le constater sur la Figure 5.

#### 5.3.1.1 Application du concept de subdivision

Le concept de subdivision revêt une grande importance dans la mesure où il permet de définir:

- a) la structure de réseau à l'intérieur d'un réseau stratifié;
- b) les frontières administratives entre les exploitants de réseaux fournissant en commun des connexions dans un même réseau stratifié;
- c) des limites de domaine dans le réseau stratifié d'un même exploitant, ce qui permet de répartir les objectifs de qualité de fonctionnement entre les composants architecturaux;
- d) des limites de domaine d'aiguillage dans le réseau stratifié d'un même exploitant;
- e) la partie d'un réseau ou d'un sous-réseau stratifié qui relève d'un tiers à des fins d'acheminement (par exemple, gestion de réseau d'abonné).

# Remplacée par une version plus récente

## 5.3.1.2 Application du concept de stratification

Le concept de stratification du réseau de transport offre les possibilités suivantes:

- a) description de chaque réseau stratifié à l'aide de fonctions similaires;
- b) conception et exploitation indépendantes de chaque réseau stratifié;
- c) chaque réseau stratifié est doté de ses propres capacités d'exploitation, de diagnostic et de rétablissement automatique en cas de défaillance;
- d) adjonction ou modification d'un réseau stratifié sans aucune incidence sur les autres réseaux stratifiés du point de vue de l'architecture;
- e) modélisation simple des réseaux qui utilisent de multiples techniques de transport.

## 5.3.2 Concept de subdivision

En général, on construit un sous-réseau en représentant la mise en œuvre physique sous forme de liaisons et de sous-réseaux et en commençant par la matrice qui est le plus petit sous-réseau (indivisible). Un ensemble de sous-réseaux et de liaisons peut être représenté d'une manière abstraite comme un sous-réseau (contenant) de niveau supérieur. Le mode d'interconnexion, par des liaisons, des sous-réseaux contenus indique la topologie du sous-réseau contenant. Les accès à la limite du sous-réseau contenant et la capacité d'interconnexion doivent représenter totalement mais non étendre la connectivité prise en charge par les sous-réseaux et les liaisons contenus. Un sous-réseau de niveau supérieur peut donc être subdivisé de manière à correspondre au niveau de détail nécessaire.

Ainsi, en général, tout sous-réseau peut être subdivisé en un certain nombre de sous-réseaux (contenus) plus petits interconnectés par des liaisons. La subdivision d'un sous-réseau ne peut étendre ni restreindre sa connectivité, c'est-à-dire que:

- les accès à la limite du sous-réseau contenant et la capacité d'interconnexion doivent être représentés par les sous-réseaux et les liaisons contenus;
- les sous-réseaux et les liaisons contenus ne peuvent assurer la connectivité qui n'existe pas dans le sous-réseau contenant.

A titre d'exemples de sous-réseau, on peut citer la partie internationale et les parties nationales d'un réseau stratifié qui peuvent encore être subdivisées en sections de transit et sections d'accès, etc., comme indiqué sur la Figure 6.

Une connexion de réseau ou une connexion de sous-réseau peut se décomposer en une concaténation d'autres entités de transport (connexion de liaison ou de sous-réseau) qui reflète la subdivision d'un sous-réseau. Ce cas est illustré sur les Figures 7 et 8.

## 5.3.3 Concept de stratification

Un réseau de transport peut être décomposé en un certain nombre de réseaux stratifiés indépendants, avec une association client/serveur entre réseaux stratifiés adjacents. Un réseau stratifié inclut les fonctions de création, de transport et de terminaison d'une information caractéristique particulière.

Les réseaux stratifiés qui ont été identifiés dans le modèle fonctionnel de réseau de transport ne doivent pas être confondus avec les couches du modèle OSI (X.200). Une couche OSI offre un service particulier en utilisant un protocole choisi entre différents protocoles. Au contraire, chaque réseau stratifié (la présente Recommandation) offre le même service en utilisant un protocole particulier (information caractéristique).

La relation entre la subdivision et la stratification est illustrée sur la Figure 8.

### 5.3.3.1 Relation client/serveur

La relation client/serveur entre réseaux stratifiés adjacents est une relation dans laquelle une connexion de liaison dans le réseau de couches clientes est assurée par un chemin dans le réseau de couches serveuses.

On introduit le concept d'adaptation pour indiquer comment les informations caractéristiques du réseau de couches clientes sont modifiées afin de pouvoir être transportées sur un chemin dans le réseau de couches serveuses. Du point de vue fonctionnel du réseau de transport, la fonction d'adaptation est donc placée entre les réseaux stratifiés. Tous les points de référence appartenant à un même réseau stratifié peuvent être visualisés comme se situant dans un seul et même plan, comme l'illustre la Figure 2 (exemple de réseau stratifié limité par des groupes d'accès). C'est pourquoi il n'y a pas, dans le modèle de réseau de transport, le même concept de frontières de couches contiguës que dans le modèle de référence du protocole OSI.

# Remplacée par une version plus récente

## 5.3.3.2 Réseaux en couches de transport

Le groupe fonctionnel de transport peut, d'une manière générale, être divisé en deux classes de réseau stratifié, à savoir un réseau en couches de conduit et un réseau en couches de support de transmission.

- Réseau en couches de conduit: offre la capacité de transfert d'information nécessaire pour prendre en charge divers types de service. Les réseaux en couches de conduit sont indépendants des réseaux en couches de support de transmission. La description du réseau en couches de conduit est la principale application de la présente Recommandation.
- Réseau en couches de support de transmission: pris en charge par les chemins et les connexions de liaison; les connexions de sous-réseau ne sont pas assurées. Un réseau en couches de support de transmission peut dépendre du support physique utilisé pour la transmission (par exemple, fibres optiques ou ondes hertziennes).

## 5.3.3.3 Décomposition des réseaux stratifiés

### 5.3.3.3.1 Principes généraux de décomposition des couches

Il est possible de décomposer un réseau stratifié par extension des terminaisons de chemin ou des points de connexion (de terminaison) du réseau stratifié.

### 5.3.3.3.2 Décomposition du réseau de couches de conduit en réseaux de couches de conduit spécifiques

Il est possible d'identifier, dans le réseau en couches de conduit, un ensemble de réseaux en couches de conduit spécifiques susceptibles d'être gérés de façon indépendante par un exploitant de réseau.

Chaque réseau en couches de conduit spécifique peut avoir, d'une part, la capacité de transfert d'information nécessaire pour prendre en charge divers types de service ainsi que d'autres réseaux en couches de conduit spécifiques comme clients et avoir, d'autre part, le réseau en couches de support de transmission ou d'autres réseaux en couches de conduit spécifiques comme serveurs. Le mode de décomposition effectivement utilisé pour créer les réseaux en couches de conduit spécifiques dépend de la technique appliquée. Chaque réseau en couches de conduit spécifique peut avoir une topologie indépendante et, en général, les conduits établis dans un réseau en couches de conduit spécifique seront indépendants des conduits établis dans d'autres réseaux en couches de conduit spécifiques. Des exemples de décomposition de réseau en couches de conduit sont donnés dans l'article 6.

### 5.3.3.3.3 Décomposition de la couche de support de transmission en couches de support de transmission spécifiques

Il est possible d'identifier, dans le réseau en couches de support de transmission, un ensemble de réseaux stratifiés susceptibles d'être gérés de façon indépendante par un exploitant de réseau en décomposant le réseau en couches de support de transmission. La connectivité d'un réseau en couches de support de transmission ne peut être directement modifiée par des actions de gestion. Les réseaux en couches de support de transmission sont divisés en réseaux de couches de section et en réseaux de couches de support physique.

Les réseaux en couches de section sont chargés de toutes les fonctions qui assurent le transfert d'informations entre des emplacements situés dans des réseaux en couches de conduit. Le réseau en couches de section peut être décomposé en réseaux de couches de section spécifiques, comme indiqué dans les exemples de l'article 6.

Les réseaux en couches de support physique sont constitués par les systèmes en fibres optiques, à courants porteurs ou à ondes hertziennes servant de support à un réseau de couches de section. Le réseau en couches de support physique peut être décomposé en réseaux de couches de support physique spécifiques pour représenter, par exemple, le multiplexage par répartition en fréquence. Etant donné qu'il n'existe pas de réseau de couches serveuses pour le réseau stratifié du niveau le plus bas (par exemple, le réseau en couches de support physique), la connexion de réseau est directement prise en charge par le support et non par un chemin.

Les progrès réalisés dans les techniques de mise en œuvre du réseau en couches de support de transmission pourront permettre ultérieurement de modifier la connectivité de la couche de support de transmission par des actions de gestion. La modélisation de cette capacité nécessite un complément d'étude.

# Remplacée par une version plus récente

## 5.3.3.3.4 Décomposition des réseaux de couches spécifiques en sous-réseaux

Il est souvent utile de distinguer des sous-couches dans un réseau stratifié donné. Pour le faire, on décompose le réseau de couches spécifiques en sous-couches en étendant la terminaison de chemin ou le point de connexion. Des exemples d'application sont donnés ci-dessous:

- identification de systèmes de protection de sous-couche (voir l'article 7) par extension de la terminaison de chemin;
- identification d'une sous-couche décrivant un chemin de contrôle d'une connexion en cascade par extension de la terminaison de chemin;
- identification de systèmes de protection de sous-couche (voir l'article 7) par extension du point de connexion.

L'extension de la terminaison de chemin et du point de connexion est illustrée sur la Figure 9. Le concept de sous-couches est illustré sur la Figure 10. On a utilisé cette procédure pour mettre au point des modèles fonctionnels de protection et de surveillance des connexions en cascade.

## 5.3.4 Ensemble de transport

Pour la description de l'architecture de transport indépendamment de la technologie, il est utile d'associer un ensemble de réseaux stratifiés et de fonctions d'adaptation contigus.

## 5.4 Surveillance des connexions

### 5.4.1 Techniques de contrôle des connexions

#### 5.4.1.1 Contrôle intrinsèque [voir la Figure 12 a)]

Les connexions peuvent être indirectement contrôlées à l'aide des données internes obtenues à partir du réseau de couches serveuses. Si le chemin d'un réseau de couches serveuses est défaillant, il peut fournir une indication (par exemple signal AIS) à la sortie des connexions de liaison qui sont prises en charge.

Le chemin dans le réseau de couches serveuses peut également fournir certaines informations de performance d'erreur sur une connexion de liaison individuelle. Lorsque la fonction d'adaptation inclut le multiplexage, les statistiques de performance d'erreur pour chacune des connexions de liaison prises en charge par le chemin de couche serveuse, ne seront pas disponibles individuellement et devront être estimées à partir de la performance d'erreur du chemin. Les informations provenant de chaque connexion de liaison qui forme la connexion globale considérée peuvent être recueillies et corrélées par l'intermédiaire d'un réseau de gestion. L'état global de la connexion ne peut être établi par cette technique car les fonctions d'adaptation et les connexions de matrice ne sont pas incluses dans le système de contrôle.

#### 5.4.1.2 Contrôle sans intrusion [voir la Figure 12 b)]

La connexion peut être contrôlée directement par «écoute» seulement (sans intrusion) des informations caractéristiques initiales. Les informations obtenues au moyen de ce contrôle reflètent l'état de la connexion depuis la source de terminaison de chemin initiale jusqu'au point de connexion auquel l'appareil de contrôle est relié. On peut déterminer l'état d'une partie d'une connexion en corrélant, par l'intermédiaire du réseau de gestion, les résultats obtenus à l'aide des appareils de contrôle sans intrusion reliés aux points de connexion qui délimitent le segment. L'état en question peut inclure la performance d'erreur et la connectivité du segment si le signal initial a été émis avec un identificateur unique. Cette technique de corrélation autorise des imbrications ou des recouvrements arbitraires des segments de connexion.

#### 5.4.1.3 Contrôle avec intrusion [voir la Figure 12 c)]

Une connexion est contrôlée directement par rupture du chemin initial et introduction d'un chemin d'essai s'étendant sur la partie de la connexion considérée pendant la durée de l'essai.

De cette manière, tous les paramètres peuvent être contrôlés directement, mais le chemin d'utilisateur est interrompu si bien que ce contrôle ne peut se faire qu'au tout début de l'établissement du chemin ou, éventuellement, d'une manière intermittente.

Cette technique autorise des imbrications ou des recouvrements arbitraires des connexions mais sans essais simultanés.

# Remplacée par une version plus récente

## 5.4.1.4 Contrôle de sous-couche [voir la Figure 12 d)]

Une certaine partie de la capacité du chemin initial<sup>1)</sup> est effacée par superposition, de telle sorte que la partie de la connexion considérée puisse être contrôlée directement par un chemin créé dans une sous-couche.

Avec cette technique, tous les paramètres peuvent être testés directement, à condition qu'une largeur de bande suffisante puisse être effacée, comme indiqué ci-dessus, dans la capacité initiale. En général, ce système n'autorise pas les recouvrements ou imbrications de connexions.

## 5.4.2 Applications du contrôle des connexions

### 5.4.2.1 Contrôle des connexions inutilisées

Une connexion est inutilisée si l'un des accès qui délimitent la connexion n'est pas corrélé à un autre accès. Une connexion inutilisée peut être contrôlée par utilisation d'une source de terminaison de chemin de surveillance (qui assure le surdébit de couche cliente minimal requis pour le contrôle) en combinaison avec un contrôle sans intrusion, comme indiqué sur la Figure 13.

### 5.4.2.2 Contrôle des connexions en cascade

Une connexion en cascade représente la partie d'un chemin qui nécessite un contrôle, indépendamment du contrôle de l'ensemble du chemin. Dans ce rôle, les fonctions suivantes peuvent être nécessaires pour la connexion en cascade (voir la Figure 12):

- contrôle de la qualité d'une connexion en cascade (qualité en termes d'erreur et conditions de défaillance/d'alarme);
- contrôle de la qualité à l'extrémité distante d'une connexion en cascade (qualité en termes d'erreur et conditions de défaillance/d'alarme);
- indication de défaillance à l'entrée d'une connexion en cascade (défaillances avant la connexion en cascade);
- vérification de la connectivité d'une connexion en cascade (analyse des états entre les extrémités de la connexion en cascade);
- signal d'état de repos d'une connexion en cascade (y compris l'identification de ce signal).

L'application des connexions en cascade et la terminologie correspondantes sont indiquées sur la Figure 11.

## 6 Application des concepts aux topologies et structures de réseau

### 6.1 Couches PDH sur couches SDH

La Figure 14 illustre une configuration dans laquelle des signaux en hiérarchie PDH sont transmis en hiérarchie SDH. Cinq réseaux de couche sont représentés:

- a) réseau de couche conduits en PDH selon G.702 (par exemple à 2048 kbit/s);
- b) réseau de couche sections interne en PDH selon G.703;
- c) réseau de couche conduits de niveau inférieur (par exemple à VC-12) en hiérarchie SDH;
- d) réseau de couche conduits de niveau supérieur (par exemple à VC-4) en hiérarchie SDH;
- e) réseau de couche sections à modules STM-N en hiérarchie SDH.

L'exemple illustre deux multiplexeurs en SDH avec affluents aux débits du conduit en PDH interconnectés avec un équipement de brassage en SDH de niveau inférieur et un équipement de brassage en SDH de niveau supérieur en des points intermédiaires. Toutes les interfaces (à l'exception des affluents aux débits du conduit en PDH) utilisent la couche sections à modules STM-N en hiérarchie SDH.

---

<sup>1)</sup> Dans les réseaux fondés sur la hiérarchie SDH ou PDH, la capacité effacée par superposition doit faire partie du surdébit du chemin; dans les réseaux fondés sur le mode ATM, des cellules OAM peuvent être insérées.

# Remplacée par une version plus récente

## 6.2 Cellules ATM sur réseaux en couches SDH

La Figure 15 illustre une configuration dans laquelle les cellules mode ATM sont transportées en SDH. Quatre réseaux de couche sont représentés:

- a) réseau de couche canaux virtuels ATM;
- b) réseau de couche conduits virtuels en ATM;
- c) réseau de couche conduits en SDH de niveau supérieur (par exemple à VC-4);
- d) réseau de couche sections en SDH à modules STM-N.

L'exemple illustre deux transmissions de canal virtuel ATM interconnectées par un équipement de commutation/brassage de canaux virtuels ATM et deux terminaisons du conduit virtuel en ATM interconnectées par un équipement de commutation/brassage de conduits virtuels ATM et un équipement de brassage de conduits SDH de niveau supérieur en des points intermédiaires. Toutes les interfaces utilisent la couche sections à modules STM-N en hiérarchie SDH.

## 7 Techniques d'amélioration de la disponibilité du réseau de transport

### 7.1 Introduction

Le présent article décrira les caractéristiques architecturales des principales stratégies pouvant servir à améliorer la disponibilité d'un réseau de transport. On obtiendra une telle amélioration en remplaçant les entités de transport tombées en panne ou de qualité dégradée. Ce remplacement sera normalement déclenché par la détection d'un défaut, d'une dégradation de qualité ou par une demande extérieure (par exemple pour la gestion du réseau).

La protection fera appel à une ressource attribuée au préalable entre certains nœuds. L'architecture la plus simple possédera une seule entité spécialisée en protection pour chaque entité d'exploitation (structure de sécurisation en 1 + 1). L'architecture la plus complexe aura m entités de secours en partage entre n entités d'exploitation (structure m:n). La protection peut être assurée aux deux extrémités ou à une seule extrémité. Pour la protection aux deux extrémités, une mesure de commutation est prise aux deux extrémités de l'entité protégée (par exemple une connexion, un conduit), même si la panne est unidirectionnelle. Pour la protection à une seule extrémité, une mesure n'est prise qu'à l'extrémité affectée de l'entité protégée en cas de panne unidirectionnelle.

Le rétablissement fera appel à toute ressource disponible entre des nœuds. Les algorithmes utilisés pour le rétablissement mettront généralement en œuvre un réacheminement. Lors d'un rétablissement, un certain pourcentage de la capacité de transport du réseau sera réservé au réacheminement du trafic d'exploitation. Une description plus détaillée du rétablissement n'entre pas dans le cadre de la présente Recommandation.

### 7.2 Protection

Deux types d'architecture ont été distingués pour la protection.

#### 7.2.1 Protection du chemin

Un chemin d'exploitation est remplacé par un chemin de protection s'il est défaillant ou si sa qualité baisse au-dessous du niveau prescrit. Cette opération est représentée par l'introduction d'une sous-couche de protection, comme indiqué sur la Figure 16. La terminaison de chemin est étendue, conformément aux règles indiquées sur la Figure 9, par introduction de la fonction d'adaptation de protection, de la fonction de terminaison de chemin non protégé et de la fonction de terminaison de chemin protégé. On utilise une matrice de protection pour représenter la commutation entre les connexions de protection et les connexions d'exploitation. L'état des chemins dans la sous-couche de protection est communiqué à la matrice de protection (défaillance du signal du chemin sur la Figure 16) par la terminaison de chemin non protégé. Si la communication entre les fonctions de commande des matrices de protection est nécessaire, la fonction d'adaptation de protection peut assurer l'accès à un canal de commutateur de protection automatique (APS). La terminaison de chemin protégé indique l'état du chemin protégé.

## Remplacée par une version plus récente

La protection de chemin est une méthode de protection appliquée dans un réseau de couches de transport lorsqu'une condition de défaillance est détectée dans le même réseau stratifié (c'est-à-dire que la commutation est activée dans le même réseau de couches de transport).

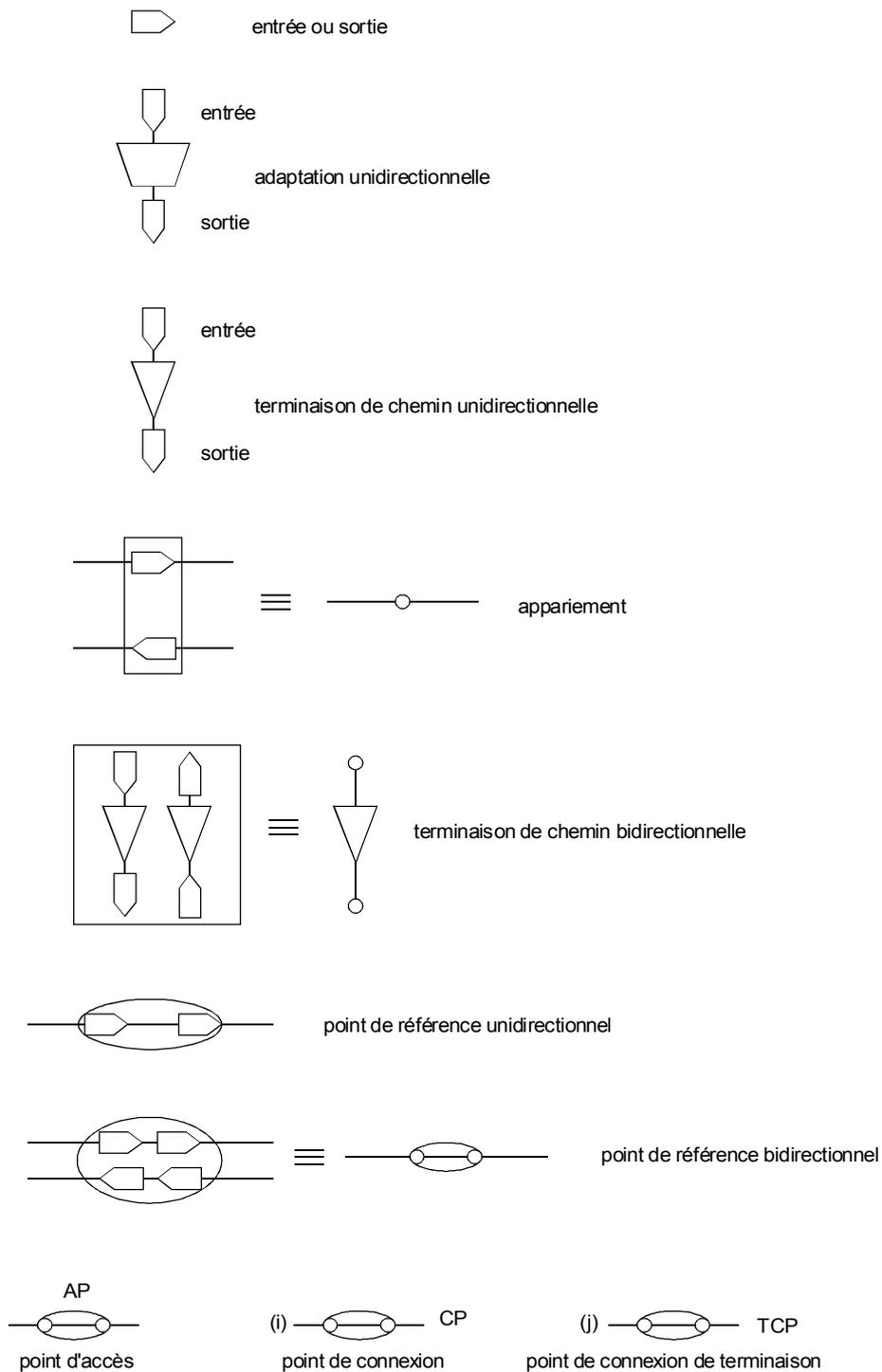
### 7.2.2 Protection de connexion de sous-réseau

Une connexion de réseau (sous-réseau) d'exploitation est remplacée par une connexion de réseau (sous-réseau) de protection si elle est défaillante ou si sa qualité baisse au-dessous du niveau prescrit. Il s'agit d'une méthode de commutation de protection appliquée dans le réseau de couches clientes lorsqu'une condition de défaillance est détectée dans un réseau de couches serveuses, une sous-couche ou un autre réseau de couches de transport.

Il convient de noter que la protection de connexion de réseau (sous-réseau) peut être appliquée à tout réseau stratifié et que la connexion de réseau (sous-réseau) protégée peut être constituée d'une série de connexions de sous-réseau de niveau inférieur et de connexions de liaison. Les systèmes de protection de réseau (sous-réseau) peuvent être caractérisés par la méthode de contrôle utilisée pour définir les critères de commutation:

- contrôle de chemin de sous-couche – La protection de connexion de réseau (sous-réseau) peut être représentée par une sous-couche de protection créée par extension des points de connexion de sous-réseau, conformément aux règles indiquées sur la Figure 9. L'introduction d'une sous-couche a pour effet de protéger le chemin de sous-couche, comme l'illustre la Figure 17;
- contrôle intrinsèque – Les informations obtenues par le réseau de couches serveuses, conformément au 5.4.1.1, sont utilisées pour déclencher la commutation de protection, comme indiqué sur la Figure 18. L'état des chemins dans le réseau de couches serveuses est communiqué à la matrice (défaillance du signal serveur sur la Figure 18);
- contrôle sans intrusion – La connexion de réseau (sous-réseau) est contrôlée directement par utilisation du contrôle par écoute seulement (sans intrusion) des informations caractéristiques de couche cliente, comme indiqué sur la Figure 19;
- contrôle avec intrusion – L'utilisation de ce type de contrôle n'est pas recommandée dans le cadre d'un système de protection.

# Remplacée par une version plus récente



T1304450-95/d01

FIGURE 1/G.805

Conventions schématiques pour les fonctions de traitement et les points de référence

# Remplacée par une version plus récente

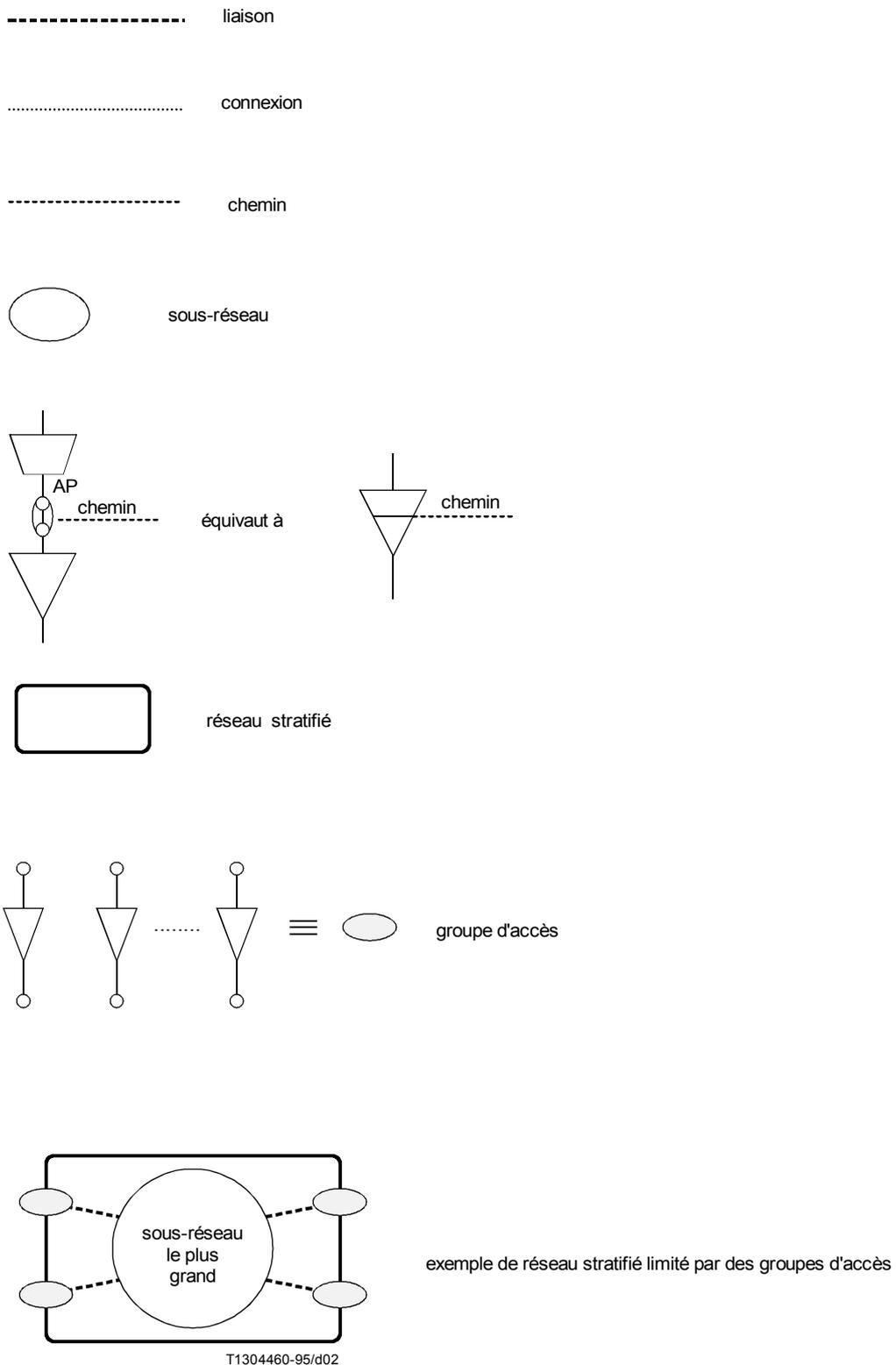


FIGURE 2/G.805  
Autres conventions schématiques

# Remplacée par une version plus récente

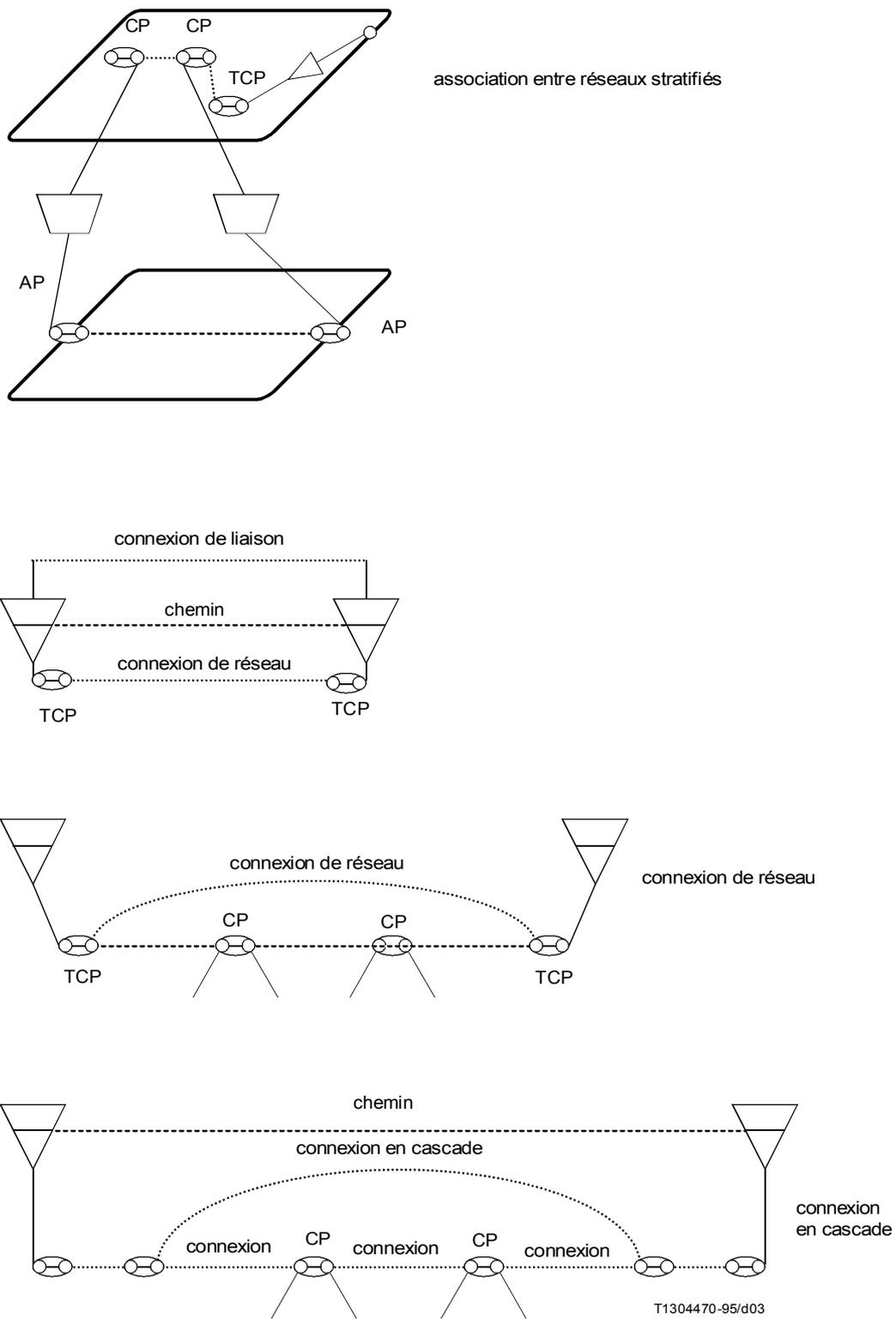


FIGURE 2/G.805 (fin)  
Autres conventions schématiques

# Remplacée par une version plus récente

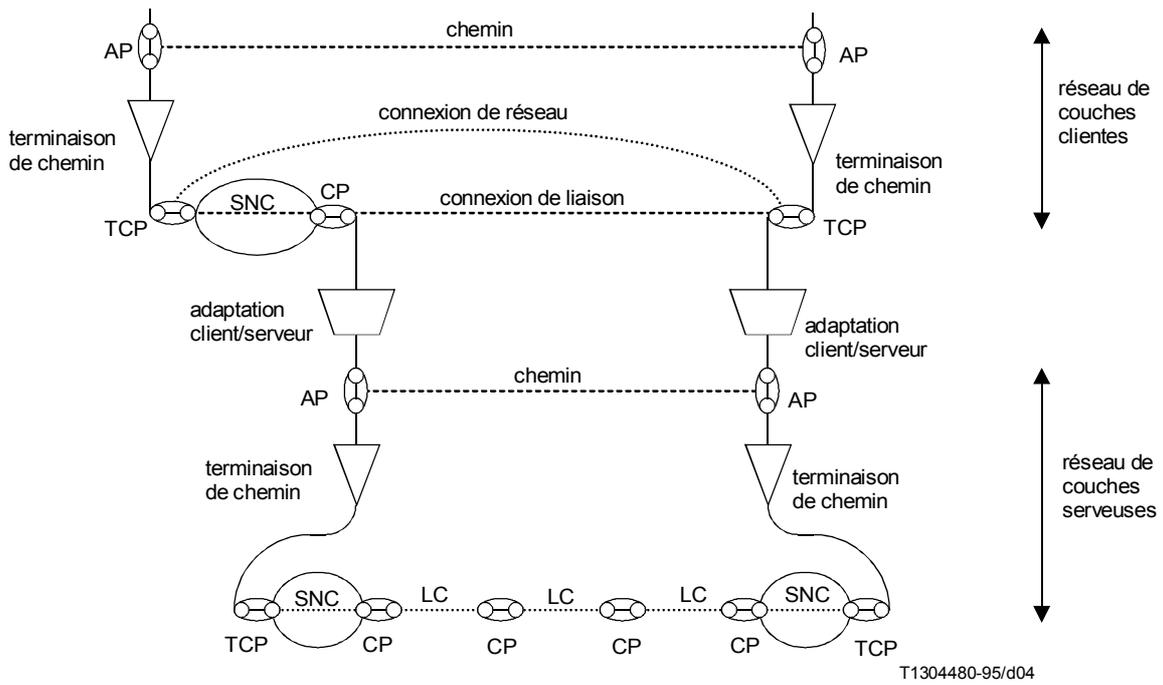


FIGURE 3/G.805

Exemple de modèle fonctionnel

# Remplacée par une version plus récente

Composant architectural				Point de référence	
	sortie de source		entrée de source		uni
adaptation	entrée de collecteur	Terminaison de chemin	sortie de collecteur	AP	uni
	paire		paire source/collecteur		bi
	sortie de source (accès)		entrée uni (accès)		uni
Terminaison de chemin	entrée de collecteur (accès)	LC	sortie uni (accès)	TCP	uni
	paire		paire		bi
	sortie de source (accès)		entrée uni		uni
Terminaison de chemin	entrée de collecteur (accès)	SNC	sortie uni	TCP	uni
	paire		paire		bi
	entrée uni (accès)		sortie uni		uni
LC	sortie uni (accès)	SNC	entrée uni	CP	uni
	paire		paire		bi
	entrée uni (accès)		sortie uni (accès)		uni
LC	sortie uni (accès)	LC	entrée uni (accès)	CP	uni
	paire		paire		bi
	entrée de source		sortie de collecteur		uni
adaptation	sortie de collecteur	adaptation	entrée de source	CP	uni
	paire		paire		bi
AP	point d'accès		SNC	connexion de sous-réseau	
bi	bidirectionnel		TCP	point de connexion de terminaison	
LC	connexion de liaison		uni	unidirectionnel	

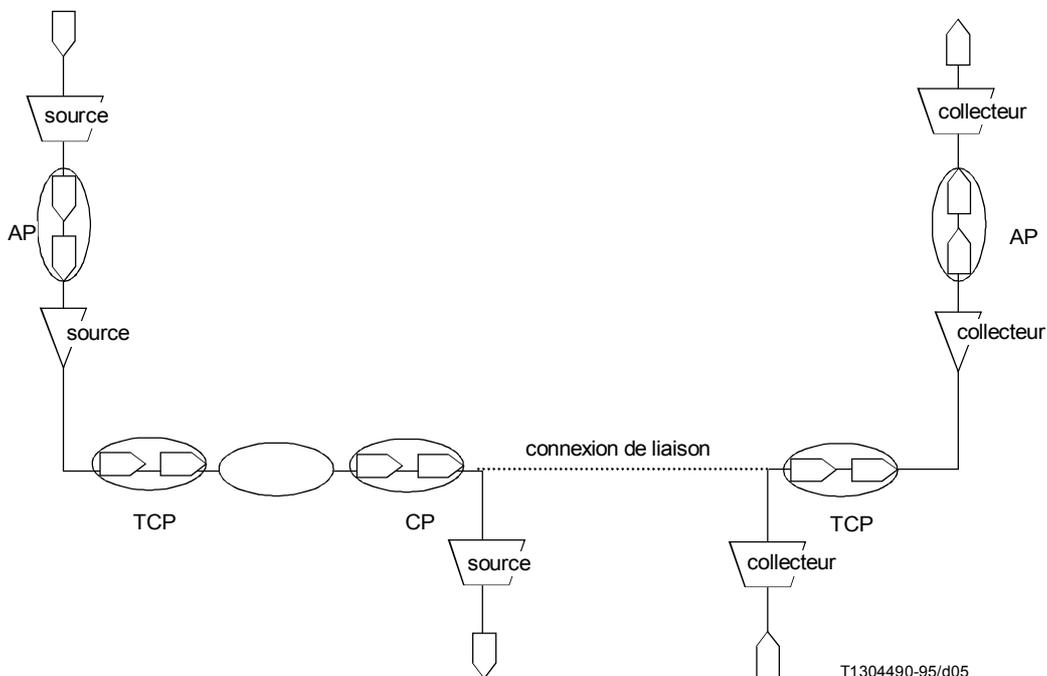


FIGURE 4/G.805

Corrélations et types de point de référence

# Remplacée par une version plus récente

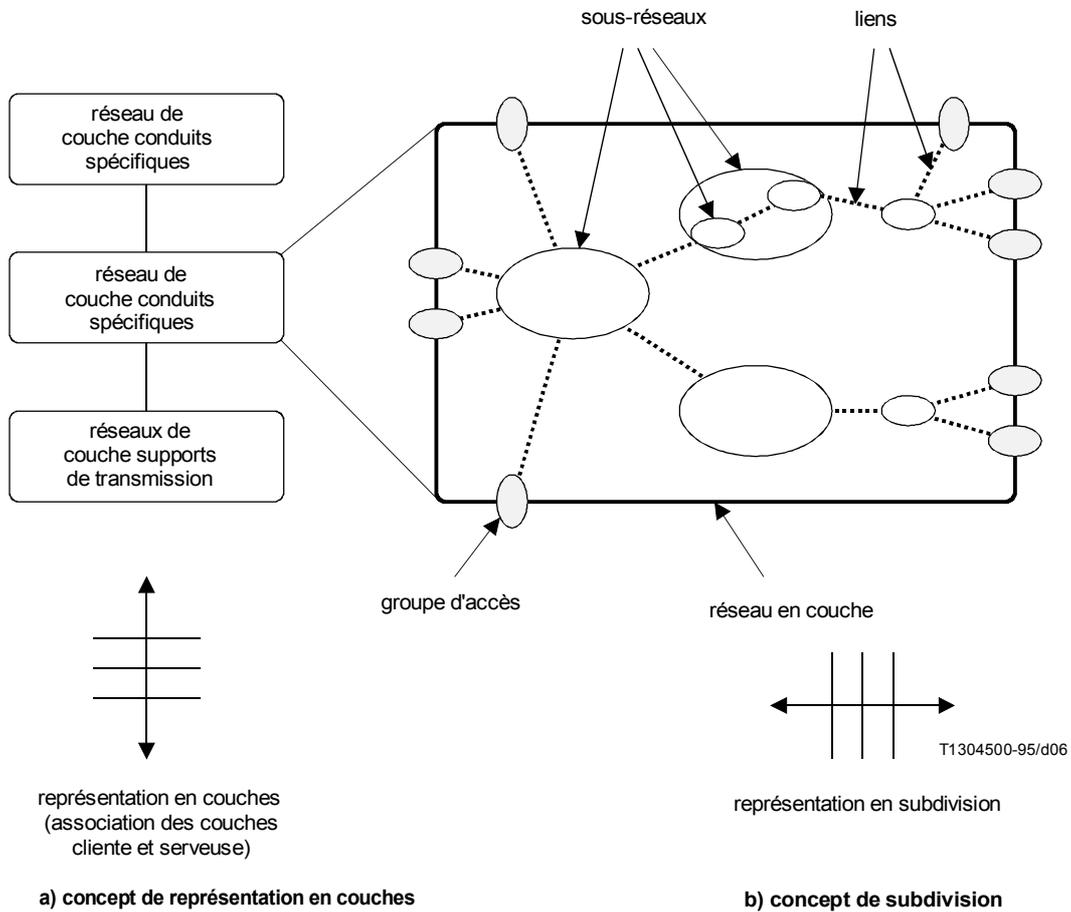


FIGURE 5/G.805  
Représentations orthogonales de la subdivision  
et de la représentation en couches

# Remplacée par une version plus récente

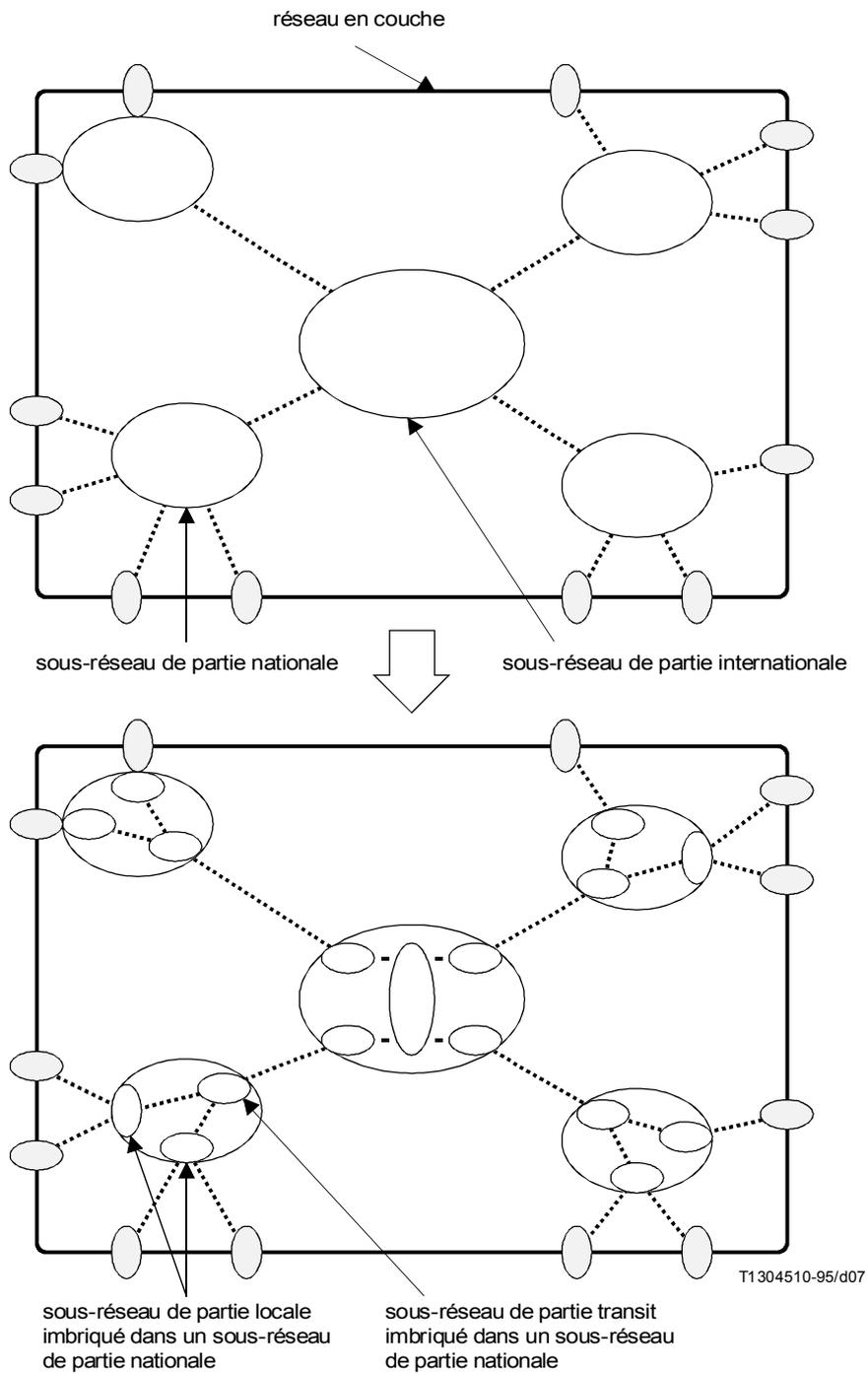


FIGURE 6/G.805

Subdivision des réseaux en couche et de leurs sous-réseaux



# Remplacée par une version plus récente

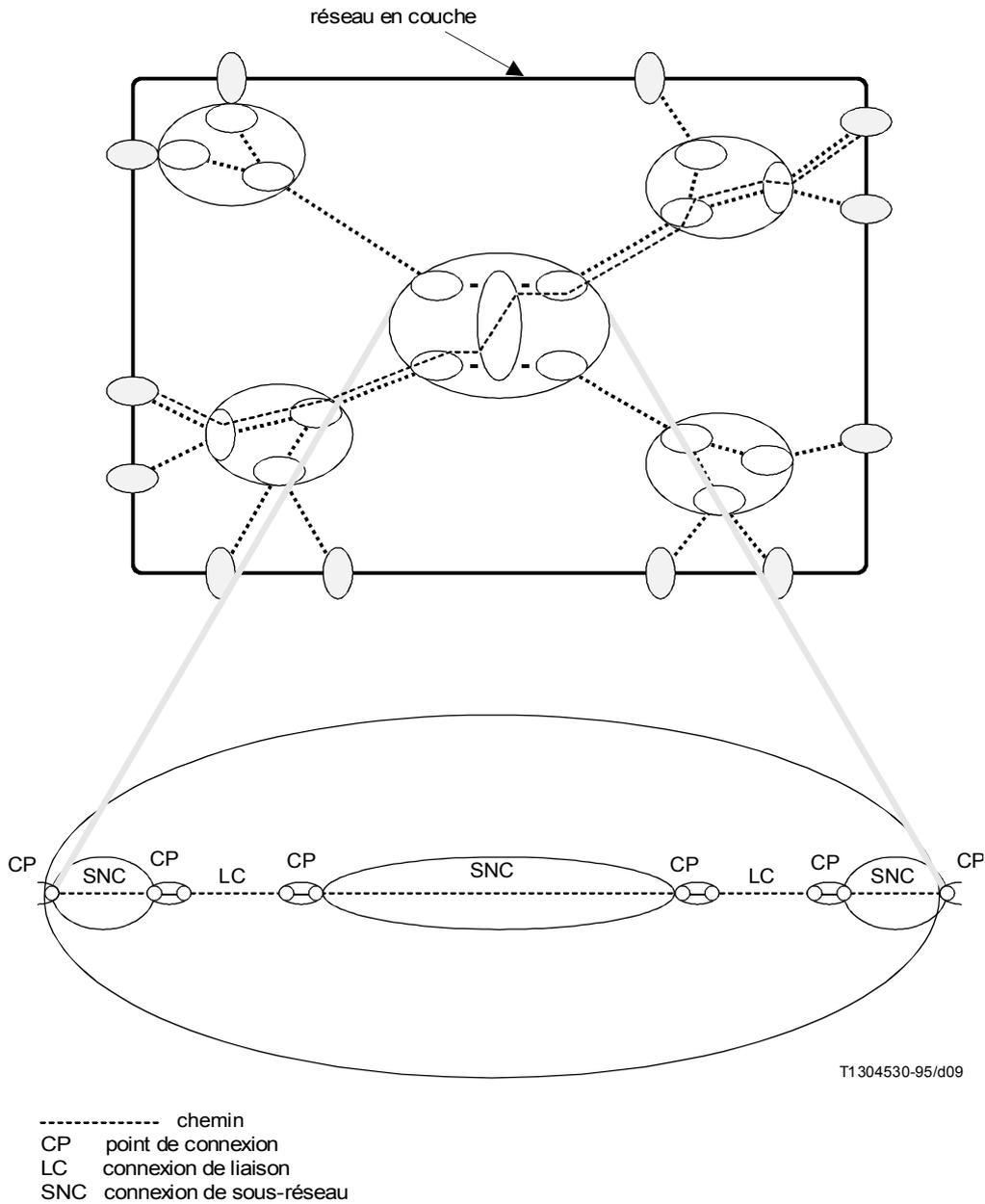


FIGURE 8/G.805

**Relation entre la subdivision des sous-réseaux et  
la décomposition des connexions**

# Remplacée par une version plus récente

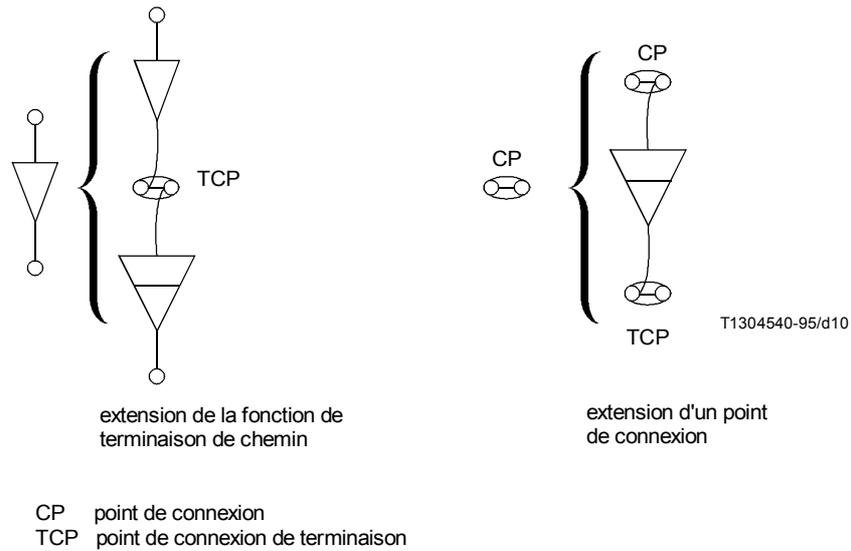


FIGURE 9/G.805  
Création de sous-couches

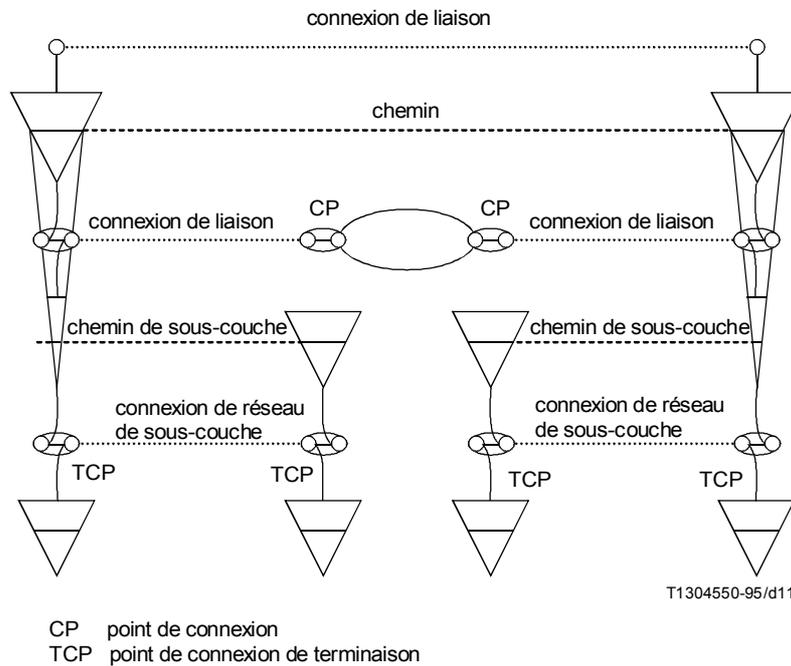
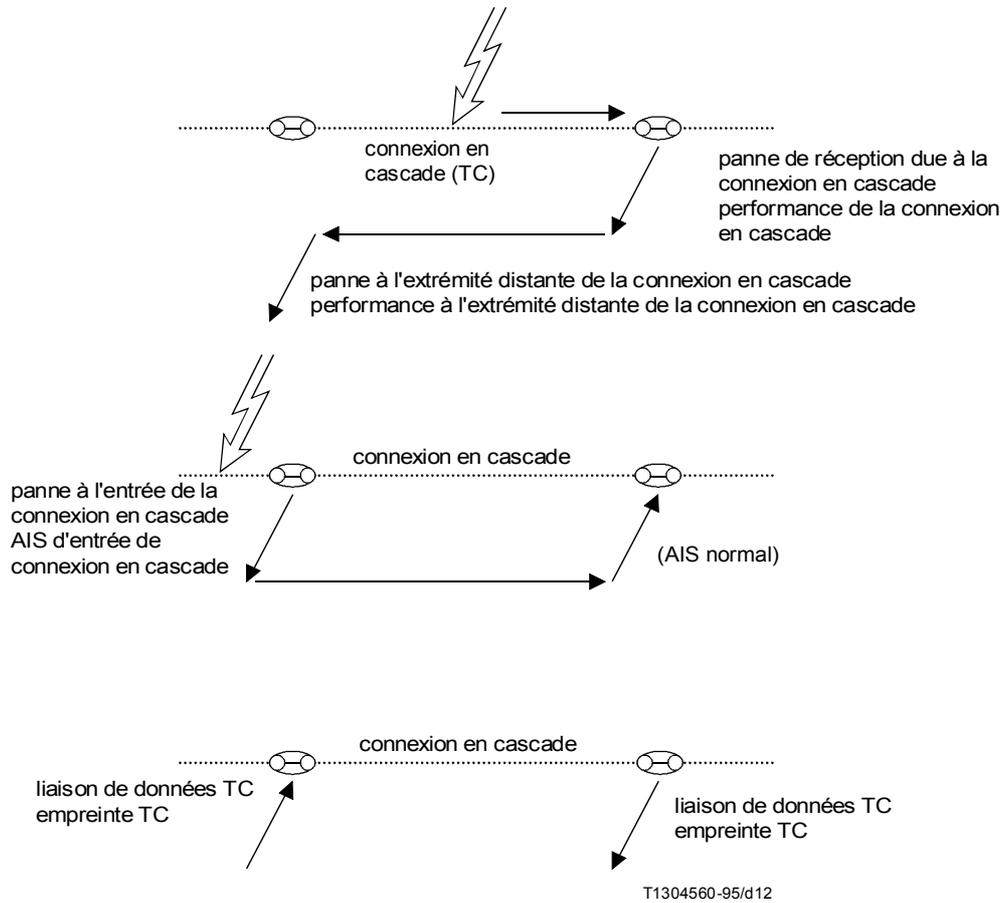


FIGURE 10/G.805  
Concept de sous-stratification

# Remplacée par une version plus récente



TC connexion en cascade (*tandem connection*)

FIGURE 11/G.805

Explication des termes relatifs à la connexion en cascade

# Remplacée par une version plus récente

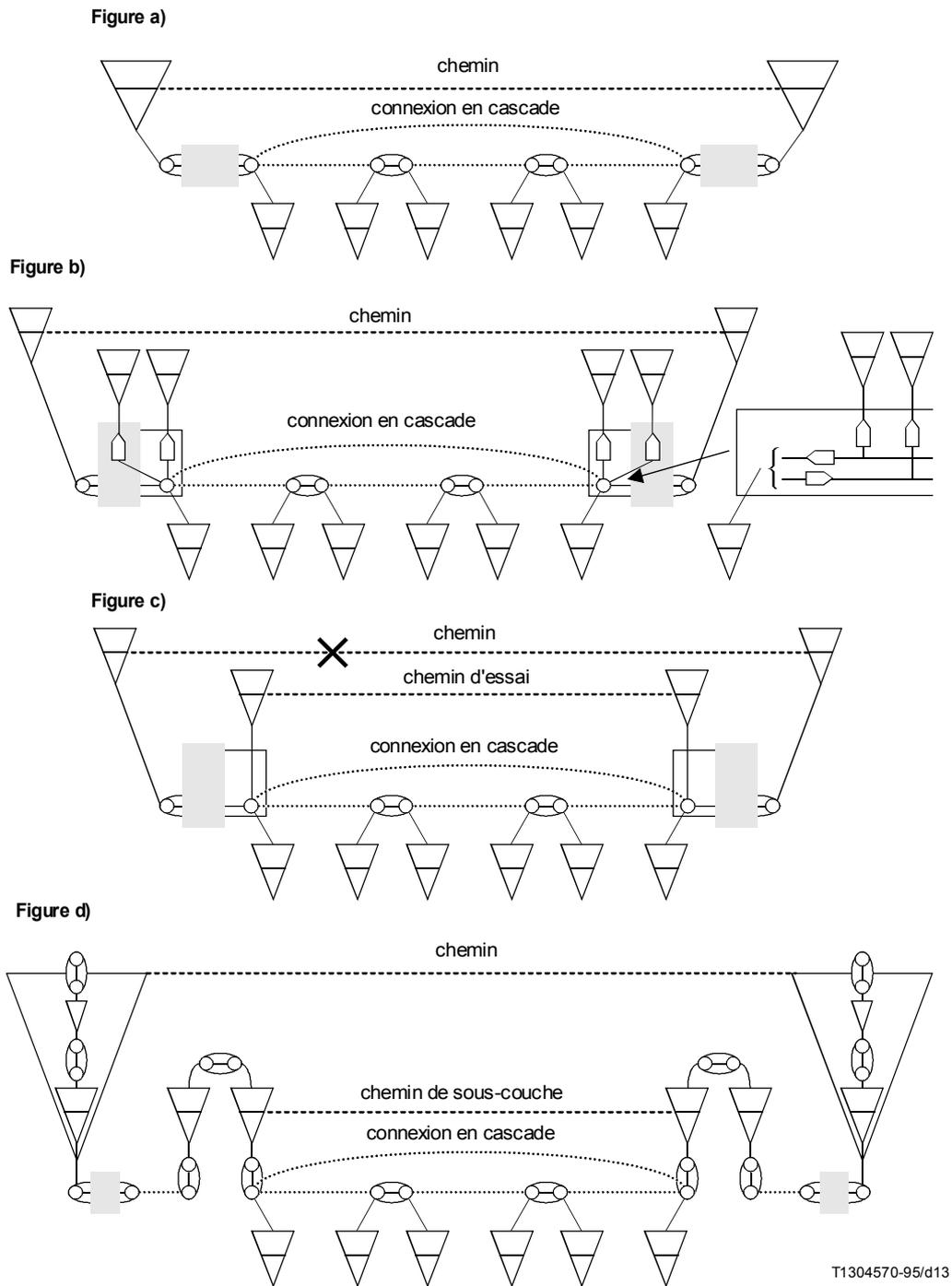
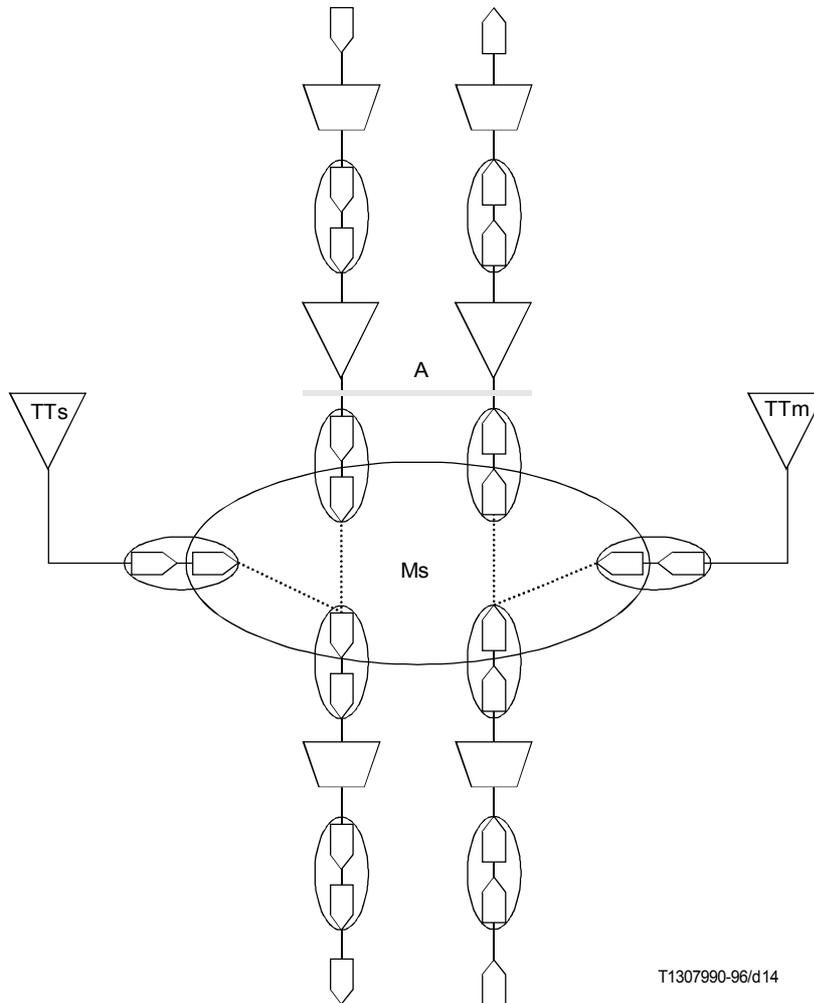


FIGURE 12/G.805  
Contrôle des connexions

# Remplacée par une version plus récente



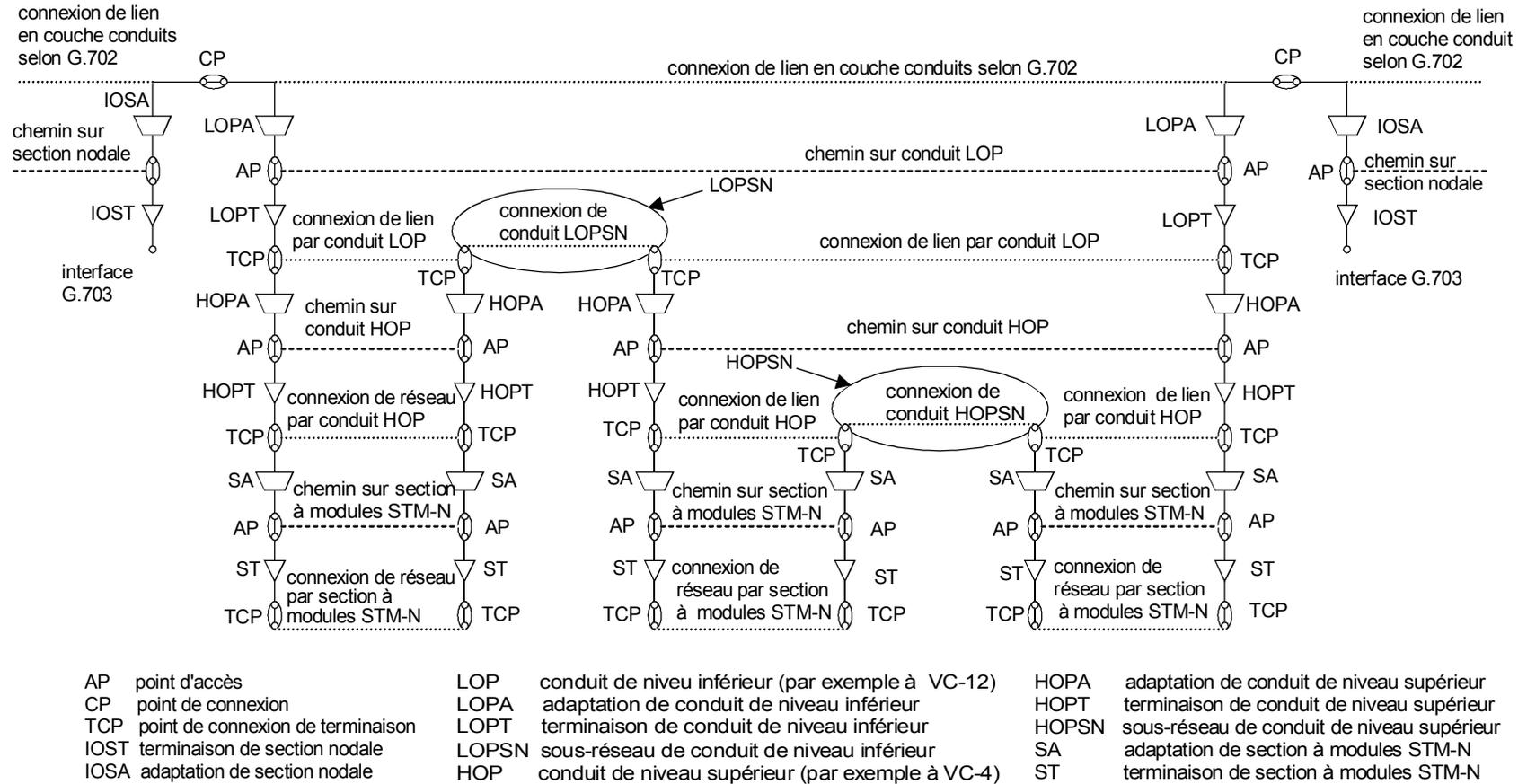
T1307990-96/d14

Ms matrice de surveillance  
TTs terminaison de chemin de surveillance  
TTm terminaison de chemin de contrôle

NOTE – Etant donné que la matrice de surveillance n'assure que la fonction de surveillance, une matrice distincte est nécessaire pour la gestion des connexions en A.

FIGURE 13/G.805

## Contrôle des connexions inutilisées



T1304590-95/d15

FIGURE 14/G.805

Application de l'architecture fonctionnelle au cas de la prise en charge de la hiérarchie PDH par la hiérarchie SDH

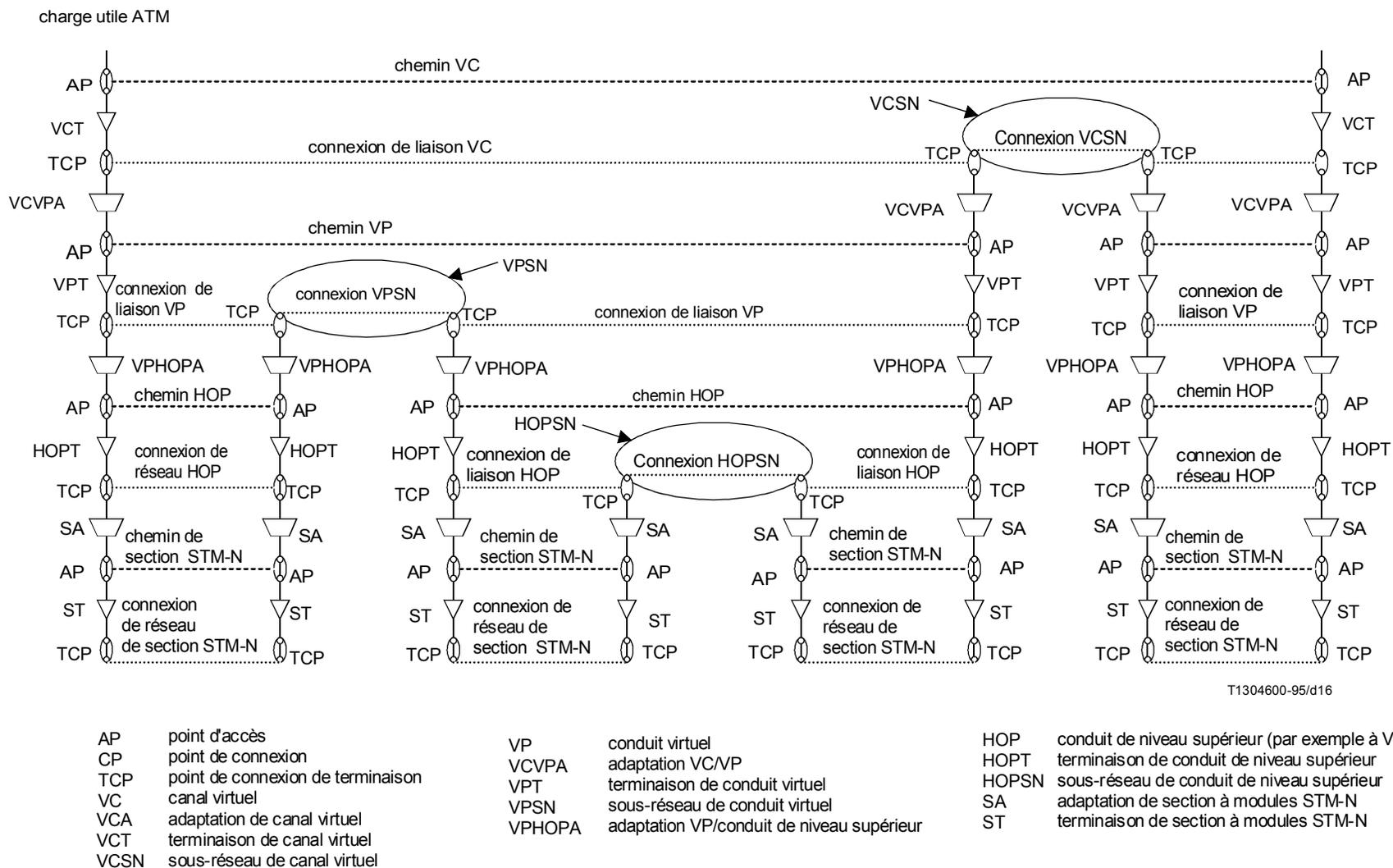
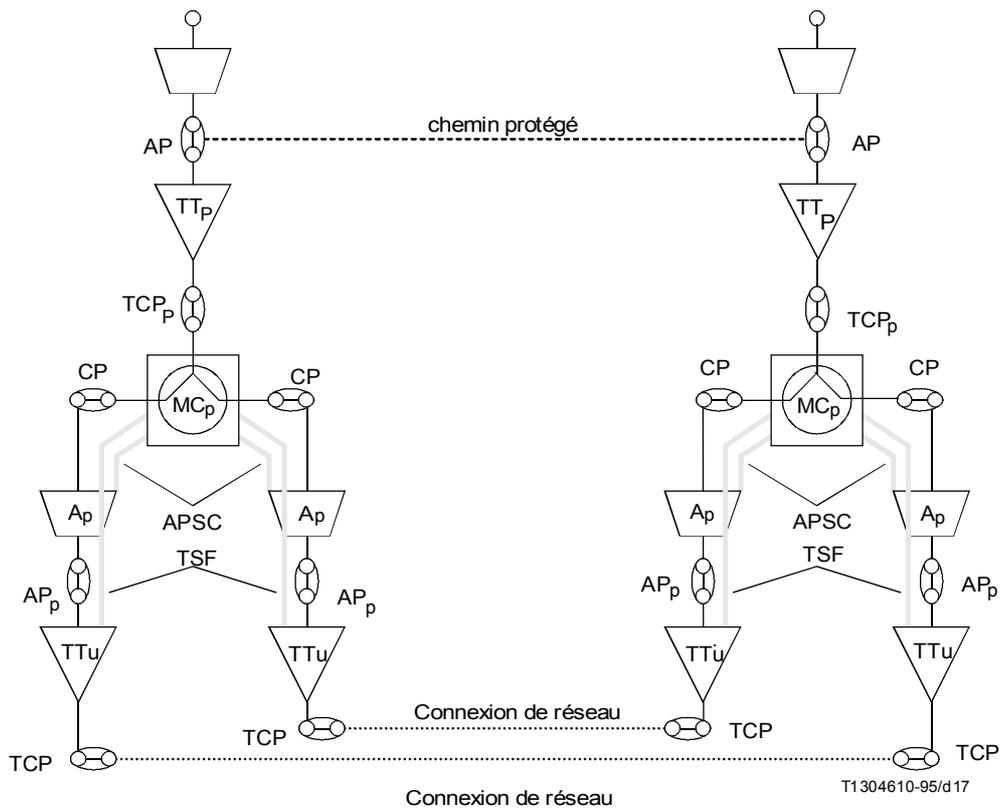


FIGURE 15/G.805

Application de l'architecture fonctionnelle au cas de prise en charge du mode ATM sur des réseaux SDH

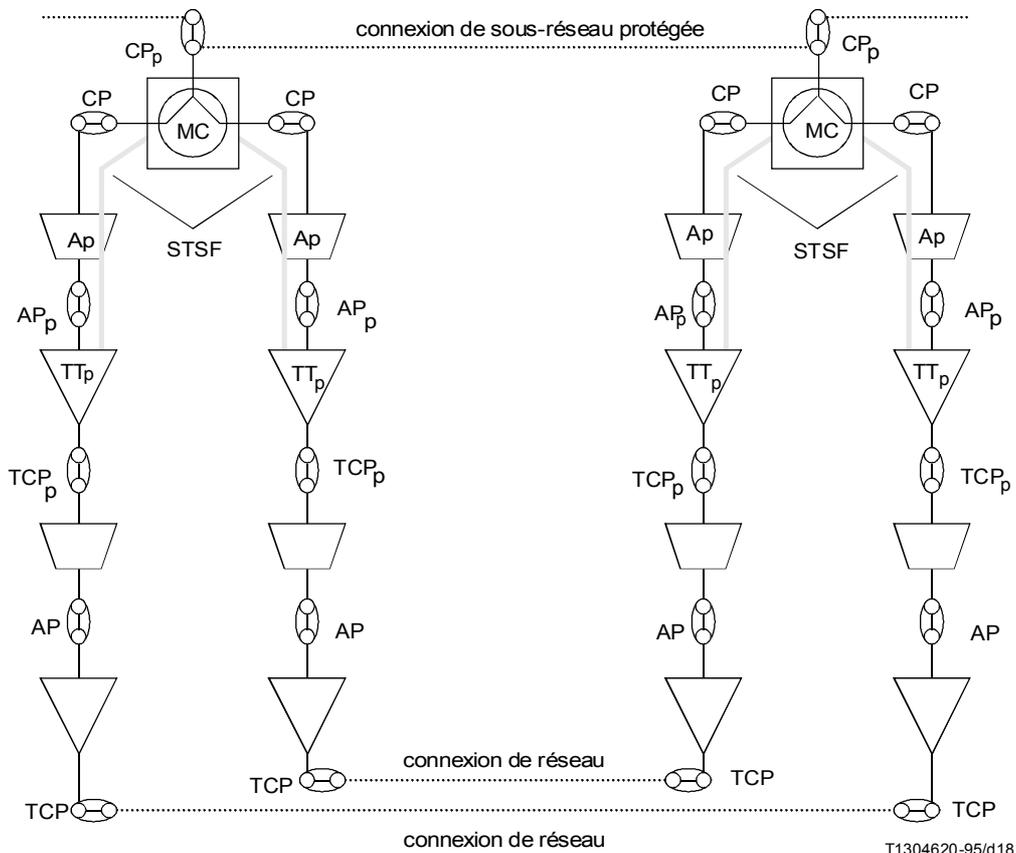
# Remplacée par une version plus récente



- TSF    défaillance du signal de chemin
- APSC    canal de commutateur de protection automatique
- TTp    terminaison de chemin protégé
- TTu    terminaison de chemin non protégé
- Ap    adaptation de protection
- MCp    connexion de matrice de protection
- TCP<sub>p</sub>    TCP de protection
- AP<sub>p</sub>    point d'accès de protection

FIGURE 16/G.805  
Protection de chemin

# Remplacée par une version plus récente

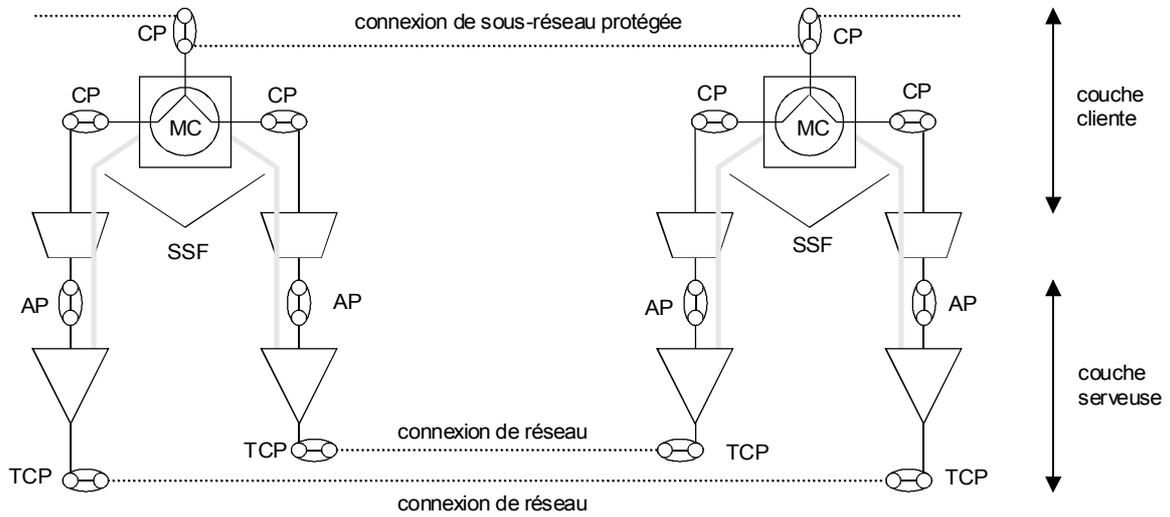


- STSF    défaillance du signal de chemin de sous-réseau
- TTp    terminaison de chemin de protection
- Ap    adaptation de protection
- MC    connexion de matrice
- TCPp    TCP de protection
- APp    point d'accès de protection
- CPp    point de connexion de protection

FIGURE 17/G.805

**Protection de connexion de sous-réseau par application  
du concept de sous-stratification**

# Remplacée par une version plus récente



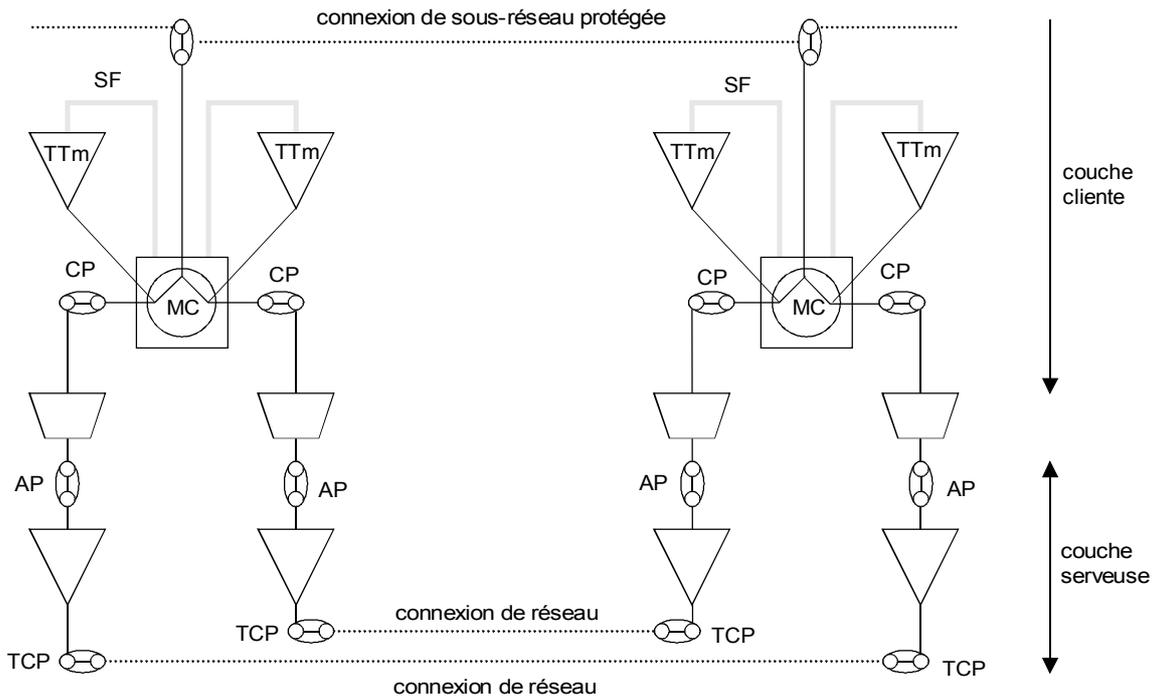
T1304630-95/d19

- AP point d'accès
- CP point de connexion
- TCP point de connexion de terminaison
- SSF défaillance de signal serveur
- MC connexion de matrice

FIGURE 18/G.805

**Protection de connexion de sous-réseau à l'aide du contrôle intrinsèque**

# Remplacée par une version plus récente



T1 304640-95/d20

- AP point d'accès
- CP point de connexion
- SF défaillance du signal
- MC connexion de matrice
- TCP point de connexion de terminaison
- TTm terminaison de chemin de contrôle

FIGURE 19/G.805

## Protection de connexion de sous-réseau du contrôle sans intrusion

### Appendice I

#### Description formelle de l'architecture

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation)

Le présent appendice définit formellement, à l'aide de la notation Z, les composants architecturaux décrits dans la présente Recommandation. Un bref aperçu de la notation Z est donné dans l'Annexe I.A au présent appendice. Pour la notation Z, on pourra se reporter aux documents de référence dans la bibliographie.

Le fuZZ tool (également de Spivey) permet de vérifier la syntaxe et le type d'une spécification Z.

#### I.1 Définitions générales

Le format, l'emplacement et le point sont considérés comme des types atomiques.

Le sens est défini ici par énumération de ses valeurs permises ainsi que par le paramètre BindingDone.

Le composant architectural est un type général qui n'est défini que par l'information caractéristique du composant architectural. Il sera précisé ultérieurement.

# Remplacée par une version plus récente

Un réseau de transport est défini par les paramètres suivants:

- layerNetworks: ensemble fini de réseaux de couches qui le composent;
- chInfo: association entre tous ses réseaux de couches et leurs informations caractéristiques propres;
- internal: association entre ses réseaux de couches et leur ensemble de composants architecturaux;
- clientsServers: association (relation n à m) entre ses réseaux de couches.

Les entités de transport (TransportEntity), les composants topologiques (TopologicalComponent), les fonctions de traitement de transport (TransportProcessingFunction) et les points de référence (ReferencePoint) sont des types particuliers de composants architecturaux (ArchitecturalComponent). En tant que tels, ils ont toutes les caractéristiques des composants architecturaux (partie déclaration) et ils vérifient tous les prédicats des composants architecturaux (partie prédicat). En outre, une entité de transport a une direction; une fonction de traitement de transport a un nom d'emplacement (LocationName); un point de référence a un nom d'emplacement, une direction et ses deux points constitutifs peuvent être corrélés ou non. La partie prédicat du composant ReferencePoint indique que, à l'intérieur d'un point de référence, un point est corrélé à un autre point ou non mais ne peut être corrélé à plusieurs points.

[Format, Location, Point]

Direction ::= source | sink | bid

BindingDone ::= yes | no

CharacteristicInformation

format: Format
----------------

ArchitecturalComponent

characInfo: CharacteristicInformation
---------------------------------------

TransportNetwork

layerNetworks: F LayerNetwork
-------------------------------

chInfo: LayerNetwork >--->> CharacteristicInformation
---

internal: LayerNetwork >-++-> F <sub>1</sub> ArchitecturalComponent
---

clientsServers: LayerNetwork <----> LayerNetwork
--

TransportEntity

ArchitecturalComponent
------------------------

direction: Direction
----------------------

TopologicalComponent

ArchitecturalComponent
------------------------

TransportProcessingFunction

ArchitecturalComponent
------------------------

locationName: Location
------------------------

ReferencePoint

ArchitecturalComponent
------------------------

locationName: Location
------------------------

binding: Point >-++-> Point
-----------------------------

boundReferencePoint: BindingDone
----------------------------------

direction: Direction
----------------------

#binding ≤ 1
--------------

#binding = 0 ⇔ boundReferencePoint = no
---

#binding = 1 ⇔ boundReferencePoint = yes
--

# Remplacée par une version plus récente

Some useful classifications:

$\text{sourceReferencePoint} \quad , \quad \text{sinkReferencePoint} \quad , \quad \text{bidirReferencePoint} \quad : \text{ReferencePoint}$
--

$\forall p: \text{ReferencePoint} \bullet$ $\text{sourceReferencePoint } p \Leftrightarrow p.\text{direction} = \text{source}$ $\quad \wedge$ $\text{sinkReferencePoint } p \Leftrightarrow p.\text{direction} = \text{sink}$ $\quad \wedge$ $\text{bidirReferencePoint } p \Leftrightarrow p.\text{direction} = \text{bid}$
---

## I.2 Points de référence

Les points d'accès (AccessPoint) et les points de connexion (ConnectionPoints) sont des types particuliers de points de référence (ReferencePoint).

Un groupe d'accès (AccessGroup) est un ensemble dénommé setOfTtfs de fonctions de terminaison de chemin (TrailTerminationFunction) qui sont toutes situées au même emplacement, c'est-à-dire que, pour toute paire de fonctions de terminaison de chemin de cet ensemble, la valeur d'attribut de nom d'emplacement de ces fonctions est identique.

AccessPoint

ReferencePoint
----------------

ConnectionPoint

ReferencePoint
----------------

## Others

AccessGroup

$\text{setOfTtfs}: P \text{ TrailTermination}^2)$ $\forall \{ \text{tff1}, \text{tff2} \} \subseteq \text{setOfTtfs} \bullet$ $\text{tff1}.\text{locationName} = \text{tff2}.\text{locationName}$
---

## I.3 Composants topologiques

Une liaison peut se terminer par un sous-réseau ou un groupe d'accès.

La définition du terme «Acyclique» est générique afin de pouvoir s'appliquer à toute relation. Pour toute relation R, le terme «Acyclic R» est vrai si, x étant relié à y, y n'est jamais relié à x par clôture transitive de la relation.

Le terme «AnyNetwork» (tout réseau) est un terme général qui s'applique aux réseaux de couches ou aux sous-réseaux. Un réseau de ce type est défini par:

- l'ensemble fini de sous-réseaux intérieurs (subnetworks),
- l'ensemble fini non vide de liaisons intérieures (links),
- sa topologie, c'est-à-dire l'ensemble d'associations entre les extrémités de liaison (topology),
- sa subdivision (partitioning),
- l'ensemble fini de connexions dans le réseau (connections).

En outre, la partie prédicat indique:

- que la subdivision est acyclique, c'est-à-dire qu'un sous-réseau ne peut être situé à l'intérieur de lui-même,
- que les sous-réseaux contiennent l'ensemble de sous-réseaux intérieurs, y compris tous les niveaux de subdivision.

<sup>2)</sup> P ensemble de puissance.

## Remplacée par une version plus récente

Un réseau de couches (LayerNetwork) est un cas particulier de réseau (AnyNetwork). En outre, il est défini par un ensemble fini non vide de groupes d'accès (accessGroup) qui délimitent le réseau de couches et par l'ensemble fini de chemins (trails) qui le traversent.

Le terme LayerNetworkInit indique que, à l'état initial, c'est-à-dire juste après la mise en service, l'ensemble de chemins qui traversent un réseau de couches ainsi que l'ensemble de connexions sont vides.

Un sous-réseau (Subnetwork) est un type particulier de réseau qui est également défini par l'ensemble fini de points de connexion (setOfCPs) qui le délimitent.

Le terme SubnetworkInit indique que, à l'état initial, un sous-réseau donné est délimité par des points de connexion dans lesquels la corrélation entre les points n'est pas réalisée.

Une matrice est un type particulier de sous-réseau (SubNetwork) qui délimite des points de connexion tous situés au même emplacement.

Une extrémité de liaison (LinkEnd) est un sous-réseau ou un groupe d'accès.

LinkEnd ::=            subNetworkLE << SubNetwork >>  
                          | accessGroupLE << AccessGroup >>

[X]

Acyclic : P (X <----> X)
$\forall R: X \text{ <----> } X \bullet$ Acyclic R $\Leftrightarrow R^+ \cap \text{id } X = \emptyset$

AnyNetwork

subNetworks: F SubNetwork
links: F <sub>1</sub> Link
topology: LinkEnd <----> LinkEnd
__partitions__: SubNetwork --++-> SubNetwork
connections: F Connection
Acyclic partitions
$\forall \text{sn: SubNetwork} / \text{sn} \in \text{subNetworks} \bullet$ sn.subNetworks $\subseteq$ subNetworks

LayerNetwork

AnyNetwork
accessGroups: F <sub>1</sub> AccessGroup
trails: F Trail

LayerNetworkInit

LayerNetwork
trails = $\emptyset$
connections = $\emptyset$

SubNetwork

AnyNetwork
setOfCPs: F ConnectionPoint

SubNetworkInit

SubNetwork
$\forall \text{snp} \in \text{setOfCPs} \bullet$ snp.boundReferencePoint = no

# Remplacée par une version plus récente

Matrix

SubNetwork
$\forall \{snp1, snp2\} \subseteq \text{setOfCPs} \bullet$
$snp1.locationName = snp2.locationName$

Link

TopologicalComponent
----------------------

## I.4 Entités de transport

Une connexion (Connection) est un type particulier d'entité de transport. En outre, on définit les connexions unidirectionnelles et bidirectionnelles en indiquant explicitement que leur valeur d'attribut de direction est égale à «bidir» ou non.

Une connexion de liaison (LinkConnection) est une relation entre deux points de connexion.

Une connexion de réseau (NetworkConnection) est une relation entre deux points de connexion. Cette relation peut être obtenue par un nombre non nul d'itérations de (0 connexion de sous-réseau point à point ou plus suivie(s) de 0 connexion de liaison ou plus).

Un chemin (Trail) est une relation entre deux points d'accès. En outre, la partie prédicat indique que, si deux points d'accès donnés ap1 et ap2 sont reliés par un chemin, le point ap1 est relié à une terminaison de chemin, puis à une connexion de réseau, puis à l'inverse d'une terminaison de chemin et finalement au point ap2.

Connection

TransportEntity
-----------------

UniDirectionalConnection

Connection
direction $\neq$ bidir

BiDirectionalConnection

Connection
direction = bidir

<u>LinkConnection</u> : ConnectionPoint >-++-> ConnectionPoint
--

<u>NetworkConnection</u> : ConnectionPoint >-++-> ConnectionPoint
$\forall (cp1, cp2) \in ( \text{NetworkConnection} ) \bullet$
$cp1 ( \text{PointToPointSubNetworkConnection}^*; \text{LinkConnection}^* )^+ cp2$

<u>PointToPointMatrixConnection</u> :
ConnectionPoint >-++-> ConnectionPoint
<u>Trail</u> : AccessPoint >-++-> AccessPoint
ap1 Trail ap2
$\Leftrightarrow$
ap1 Ttf; NetworkConnection; Ttf <sup>~</sup> ap2

<u>MonitoredPointToPointTandemConnection</u> :
ConnectionPoint >-++-> ConnectionPoint
$\forall (cp1, cp2) \in ( \text{MonitoredPointToPointTandemConnection} ) \bullet$
$cp1 ( \text{PointToPointSubNetworkConnection}^*; \text{LinkConnection}^* )^+ cp2$

# Remplacée par une version plus récente

## I.5 Fonctions de traitement de transport

Tff : AccessPoint >----> ConnectionPoint
--

Adaptation : F1 ConnectionPoint >----> AccessPoint
--

### Bibliographie

SPIVEY (J.M.): Notation Z – Manuel de référence (2<sup>e</sup> édition), *Prentice Hall International series in computer science*, ISBN 0-13-978529-9.

### Annexe I.A

(à l'Appendice I de la Recommandation G.805)

### Brève introduction à la notation Z

**I.A.1** La notation Z est une notation formelle fondée sur la théorie des ensembles et la logique de prédicat de premier ordre. Le concept de modélisation de base dans la notation Z est l'ensemble. Comme en mathématique, un ensemble peut être défini par extension (énumération de ses éléments) ou par compréhension (indication d'un prédicat que tous les éléments potentiels doivent vérifier); dans ce dernier cas, cela équivaut à définir un type. Un moyen commode de définir un type par compréhension dans la notation Z est de définir un schéma. Un schéma peut être dénommé ou non. On peut utiliser un schéma dénommé pour définir un type ou une opération. Ce schéma a la forme suivante:

Schema-name

Declaration
Predicate

où

- la «Déclaration» est composée d'une liste de caractéristiques du schéma; et
- le «Prédicat» est une liste (éventuellement vide) de prédicats qui spécifient des invariants, des conditions a priori ou a posteriori.

Le lecteur d'une spécification Z doit garder présent à l'esprit le fait que, même si les spécifications sont relativement complexes en raison des conventions notationnelles, les principes de représentation de base sont simples. Pour des raisons de lisibilité, la spécification ci-après n'utilise aucune des astuces qui existent dans la notation Z pour abrégé une spécification mais utilise au contraire des constructions simples de notation Z afin de rester compréhensible aux profanes.

### I.A.2 Exemple #1

La définition d'un ensemble de points (à savoir un Point) défini par ses coordonnées x et y à l'aide d'un schéma dénommé pourrait être la suivante:

Point

x : Integer
y : Integer

En outre, cette définition indique que x et y sont des caractéristiques d'un point et sont du type "nombre entier" (censé être prédéfini).

Un exemple de spécification d'une opération à l'aide d'un schéma est donné ci-dessous:

MoveToCenter

$\Delta$ Point
$x' = 0$
$y' = 0$

# Remplacée par une version plus récente

Ce schéma MoveToCenter définit une opération qui modifie le point auquel l'opération s'applique (le symbole  $\Delta$  indique que l'état du Point est modifié par l'opération) et indique que les valeurs de  $x$  et  $y$  (respectivement  $x'$  et  $y'$ ) à la fin de l'opération sont toutes deux égales à 0.

## I.A.3 Exemple #2

Un schéma peut également contenir des définitions globales, par exemple des relations entre d'autres ensembles. Par exemple, "Square" est une fonction dont les ensembles «source» et «cible» sont  $\mathbb{N}$  (ensemble de nombres naturels). Le caractère  $\_$  placé après le nom de la fonction indique que la notation postfixée est nécessaire. En outre, la partie prédicat spécifie que, pour tous les nombres naturels  $n$ , on obtient la valeur  $\text{square}(n)$  en multipliant le nombre  $n$  par lui-même.

Square $\_$ : $\mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$
$\forall n: \mathbb{N} \bullet$

$$\text{square}(n) = n * n$$

Par ailleurs, les symboles suivants sont utilisés dans la présente Spécification (il convient de noter que tous les types de relations binaires peuvent être représentés).

- 1)  $\langle \text{----} \rangle$ : relation binaire. Si  $X$  et  $Y$  sont des ensembles,  $X \langle \text{----} \rangle Y$  est l'ensemble de relations binaires entre  $X$  et  $Y$ . Chacune de ces relations est un sous-ensemble de  $X \times Y$  (produit cartésien).
- 2)  $\text{--}+\text{--} \rangle$ : fonction partielle. Si  $X$  et  $Y$  sont des ensembles,  $X \text{--}+\text{--} \rangle Y$  est l'ensemble de fonctions partielles entre  $X$  et  $Y$ . Il s'agit de relations qui établissent un lien entre chaque membre  $x$  de  $X$  et au plus un membre de  $Y$ .
- 3)  $\text{----} \rangle$ : fonction totale (ou application). Si  $X$  et  $Y$  sont des ensembles,  $X \text{----} \rangle Y$  est l'ensemble de fonctions totales entre  $X$  et  $Y$ . Il s'agit de fonctions partielles avec domaine  $X$ ; elles établissent un lien entre chaque membre  $x$  de  $X$  et exactement un membre de  $Y$ .
- 4)  $\rangle +\text{--} \rangle$ : injection partielle. Si  $X$  et  $Y$  sont des ensembles,  $X \rangle +\text{--} \rangle Y$  est l'ensemble d'injections partielles entre  $X$  et  $Y$ . Il s'agit de fonctions partielles. L'inverse d'une injection partielle établit un lien entre chaque membre de  $Y$  avec au plus un membre de  $X$ .
- 5)  $\rangle \text{----} \rangle$ : injection totale, c'est-à-dire injection partielle qui est également une fonction totale.
- 6)  $\text{--}+\text{--} \rangle \rangle$ : surjection partielle. Si  $X$  et  $Y$  sont des ensembles,  $X \text{--}+\text{--} \rangle \rangle Y$  est l'ensemble de surjections partielles entre  $X$  et  $Y$ . Il s'agit de fonctions partielles de  $X$  à  $Y$  qui ont l'ensemble de  $Y$  comme champ.
- 7)  $\text{----} \rangle \rangle$ : surjection totale, c'est-à-dire fonction qui a l'ensemble de  $X$  comme domaine et l'ensemble de  $Y$  comme champ.
- 8)  $\rangle \text{----} \rangle \rangle$ : bijection, c'est-à-dire à la fois surjection et injection. Elle met les éléments de  $X$  en correspondance biunivoque avec les éléments de  $Y$ .
- 9)  $\_$ : inégalité.
- 10)  $\in$ : affiliation.
- 11)  $\_$ : ensemble vide.
- 12)  $\cup$ : union d'ensembles.
- 13)  $\cap$ : intersection d'ensembles.
- 14)  $\setminus$ : différence d'ensemble.
- 15) *dom*, *ran*: domaine et champ d'une relation. Si  $R$  est une relation binaire entre  $X$  et  $Y$ , le domaine de  $R$  (*dom*  $R$ ) est l'ensemble de tous les membres de  $X$  qui sont reliés à au moins un membre de  $Y$  par  $R$ . Le champ de  $R$  (*ran*  $R$ ) est l'ensemble de tous les membres de  $Y$  auquel au moins un membre de  $X$  est relié par  $R$ .
- 16)  $\text{::}$ : composition relationnelle. La composition  $R ; S$  de deux relations  $R : X \langle \text{----} \rangle Y$  et  $S : Y \langle \text{----} \rangle Z$  relie un membre  $x$  de  $X$  à un membre  $z$  de  $Z$  si, et seulement si, il y a au moins un membre  $y$  de  $Y$  auquel  $x$  est relié par  $R$  et qui est lui-même relié à  $z$  par  $S$ .
- 17)  $\sim$ : inversion relationnelle. Un objet  $y$  est relié à un objet  $x$  par l'inversion relationnelle si, et seulement si,  $x$  est relié à  $y$  par  $R$ .

## Remplacée par une version plus récente

- 18) \*: clôture réflexive-transitive: si  $R$  est une relation entre un ensemble  $X$  et lui-même,  $R^*$  est la plus forte relation contenant  $R$  qui est réflexive et transitive.
- 19) #: nombre de membres d'un ensemble.
- 20) division: une famille  $S$  divise un ensemble  $T$  si, et seulement si,
- chaque paire d'ensembles  $S(i)$  et  $S(j)$  pour  $i \neq j$  a une intersection vide; et
  - l'union de tous les ensembles  $S(i)$  est  $T$ .
- 21) /: disjonction.
- 22)  $\wedge$ : conjonction.
- 23)  $\Leftrightarrow$ : équivalence.
- 24)  $\forall$ : quantificateur universel.
- 25)  $\exists$ : quantificateur existentiel.
- 26)  $\exists!$ : quantificateur unique.
- 27)  $\mathcal{P}$ : ensemble de puissance. Si  $S$  est un ensemble,  $\mathcal{P}(S)$  est l'ensemble de tous les sous-ensembles de  $S$ .
- 28)  $\times$ : produit cartésien. Si  $S_1, \dots, S_n$  sont des ensembles,  $S_1 \times \dots \times S_n$  est l'ensemble de toutes les  $n$  lignes  $(x_1, \dots, x_n)$  où  $x_i \in S_i$  pour chaque  $i$  avec  $1 \leq i \leq n$ .