



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.803

(03/93)

RÉSEAUX NUMÉRIQUES

**ARCHITECTURE DES RÉSEAUX
DE TRANSPORT À HIÉRARCHIE
NUMÉRIQUE SYNCHRONE**

Recommandation UIT-T G.803

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

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 que les Commissions d'études de l'UIT-T doivent examiner et à propos desquels elles doivent émettre des Recommandations.

La Recommandation UIT-T G.803, élaborée par la Commission d'études XVIII (1988-1993) de l'UIT-T, a été approuvée par la CMNT (Helsinki, 1-12 mars 1993).

NOTES

1 Suite au processus de réforme entrepris au sein de l'Union internationale des télécommunications (UIT), le CCITT n'existe plus depuis le 28 février 1993. Il est remplacé par le Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T) créé le 1^{er} mars 1993. De même, le CCIR et l'IFRB ont été remplacés par le Secteur des radiocommunications.

Afin de ne pas retarder la publication de la présente Recommandation, aucun changement n'a été apporté aux mentions contenant les sigles CCITT, CCIR et IFRB ou aux entités qui leur sont associées, comme «Assemblée plénière», «Secrétariat», etc. Les futures éditions de la présente Recommandation adopteront la terminologie appropriée reflétant la nouvelle structure de l'UIT.

2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

© UIT 1993

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

TABLE DES MATIÈRES

		<i>Page</i>
1	Introduction	1
	1.1 Champ d'application	1
	1.2 Abréviations.....	1
	1.3 Structure de la Recommandation	2
2	Terminologie concernant l'architecture des réseaux SDH.....	2
	2.1 Expressions génériques.....	2
	2.2 Terminologie spécifique de la hiérarchie SDH.....	5
	2.3 Termes relatifs à la protection.....	5
3	Architecture fonctionnelle des réseaux de transport SDH	8
	3.1 Introduction	8
	3.2 Composants d'architecture	8
	3.3 Subdivision et organisation en couches	15
	3.4 Surveillance des connexions en cascade [surveillance des connexions]	26
4	Application des concepts aux topologies et structures de réseau	30
	4.1 Couches PDH sur couches SDH.....	30
	4.2 Couches de cellules ATM sur couches SDH	30
5	Techniques d'amélioration de la disponibilité du réseau de transport.....	30
	5.1 Introduction	30
	5.2 Rétablissement.....	30
	5.3 Protection.....	30
	5.4 Exemples de protection d'un chemin SDH	34
	5.5 Exemples de protection d'une connexion de sous-réseau SDH	37
6	Architecture des réseaux de synchronisation	41
	6.1 Introduction	41
	6.2 Synchronisation des réseaux.....	41
	6.3 Gigue et dérapage de capacité utile	49
	6.4 Conséquence pour l'interfonctionnement PDH/SDH.....	50
7	Options de mise en correspondance de signaux aux débits primaires.....	51
	7.1 Caractéristiques des mises en correspondance de signaux aux débits primaires	51
	7.2 Choix des options de mise en correspondance	52
	Annexe A – Introduction de réseaux de transport en hiérarchie SHD.....	52

ARCHITECTURE DES RÉSEAUX DE TRANSPORT À HIÉRARCHIE NUMÉRIQUE SYNCHRONE

(Helsinki, 1993)

1 Introduction

1.1 Champ d'application

Tout réseau de télécommunication constitue un ensemble complexe pouvant être décrit de diverses manières selon l'objet spécifique recherché. La présente Recommandation traite de la fonction de transport, le réseau étant alors un moyen de transfert d'information; elle spécifie plus précisément les architectures fonctionnelles et structurelles des réseaux de transport en hiérarchie SDH. Bon nombre des principes exposés s'appliquent également aux réseaux en hiérarchie numérique plésiochrone (PDH). La Recommandation n'aborde, au niveau de la couche circuits, que la définition de l'adaptation intercouches à la limite entre le réseau de couche circuits et le réseau de transmission.

NOTE – La présente Recommandation reprend la notion de réseau de couche circuits définie en 2.

La Recommandation couvre la définition et la gestion de la connectivité dans les réseaux de couche conduits qui relèvent de l'interface de nœud du réseau (NNI), pouvant servir à fournir des liaisons spécialisées, mais elle n'a aucun rapport avec les questions de simple fourniture de service aux usagers ni, en l'état actuel des choses, avec la définition et la gestion de la connectivité dans les couches sections et supports physiques.

1.2 Abréviations

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

ADM	Multiplexeur d'insertion/extraction (<i>add/drop multiplex</i>)
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>)
AUG	Groupe d'unités administratives (<i>administrative unit group</i>)
AU-n	Unité administrative (de niveau) n [<i>administrative unit (level) n</i>]
BIP-n	Parité d'entrelacement des bits (d'ordre) n [<i>bit interleaved parity (of order) n</i>]
DXC	Brasseur numérique (<i>digital cross-connect</i>)
LTE	Equipement terminal de ligne (<i>line termination equipment</i>)
MST	Terminaison de la section de multiplexage (<i>multiplex section termination</i>)
NNI	Interface de nœud du réseau (<i>network node interface</i>)
PDH	Hiérarchie numérique plésiochrone (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PRC	Horloge de référence primaire (<i>primary reference clock</i>)
RGT	Réseau de gestion des télécommunications
RNIS-LB	Réseau numérique à intégration de services à large bande
RTC	Réseau téléphonique commuté
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>)
TU-n	Unité d'affluent (de niveau) n [<i>tributary unit (level) n</i>]
VC-n	Conteneur virtuel (de niveau) n [<i>virtual container (level) n</i>]

1.3 Structure de la Recommandation

L'article 2 regroupe les définitions terminologiques applicables à l'architecture des réseaux en hiérarchie SDH. L'article 3 décrit les aspects fonctionnels de l'architecture de façon détaillée et avec la rigueur voulue pour la conception, la gestion du réseau et les analyses de qualité. L'article 4 applique les descriptions fonctionnelles aux topologies, structures et éléments du réseau requis en général. L'article 5 traite des questions de secours et de rétablissement du service sous l'angle de l'architecture fonctionnelle.

NOTE – Des études sont en cours au sujet de la relation et/ou de l'harmonisation des «aspects généraux du réseau pour le RNIS à large bande» (Recommandation I.311) avec la présente Recommandation, afin de déterminer la relation entre un réseau de transport en mode ATM et un modèle en couches du réseau de transport à hiérarchie SDH.

L'article 6 expose les principes de synchronisation d'un réseau à hiérarchie SDH et les impératifs correspondants au niveau de l'architecture, y compris l'évolution prévisible des architectures de synchronisation actuelles.

L'article 7 traite des applications envisagées pour les divers types de mise en correspondance au débit primaire pour les conteneurs VC-11 et VC-12 définis dans la Recommandation G.709.

L'Annexe A décrit la mise en service des réseaux SDH en termes de choix auxquels doit procéder l'exploitant ainsi que de leurs implications sur le réseau lui-même et sur l'interfonctionnement entre hiérarchies PDH et SDH.

2 Terminologie concernant l'architecture des réseaux SDH

NOTES

1 La terminologie utilisée ci-après est spécifique de la présente Recommandation et ne doit pas être confondue avec la terminologie utilisée, par exemple, dans les Recommandations I.320, I.321, I.324 et I.340.

2 Lorsqu'une définition comprend un terme lui-même défini, ce terme figure entre guillemets.

2.1 Expressions génériques

Les appellations des entités génériques peuvent être développées, dans certaines références concernant des couches spécifiques, par adjonction d'une qualification de couche adéquate (exemple: terminaison du conduit SDH de niveau supérieur, connexion de la section de multiplexage, terminaison du conduit PDH à 44 736 kbit/s, connexion du conduit virtuel en ATM, etc.).

1 **réseau**: ensemble des entités qui, réunies, permettent d'assurer des services de communication (équipements, installations, systèmes).

2 **transport**: processus fonctionnel d'acheminement d'informations entre des points (situés à des emplacements différents).

3 **transmission**: processus physique de propagation des signaux d'information sur un support physique.

4 **réseau de transport**: ressources fonctionnelles du «réseau», acheminant les informations d'utilisateur entre des emplacements.

5 **informations caractéristiques**: signal de débit et de format caractéristiques transféré à l'intérieur d'un «sous-réseau» ou entre des «sous-réseaux» et présenté à une fonction «d'adaptation» en vue d'un «transport» assuré par le réseau de couche serveuse.

6 **composant d'architecture**: tout élément nécessaire pour décrire de façon générique la fonction de «réseau de transport» quelle que soit la technique mise en œuvre.

7 **fonctions de traitement du transport:** «composants d'architecture» définis par le traitement de l'information effectué entre leurs entrées et leurs sorties. Ces fonctions ont une ou plusieurs entrées et une ou plusieurs sorties pouvant être associées aux entrées et sorties d'autres fonctions et entités. Ces associations sont dénommées «relations de rattachement».

8 **entités de transport:** «composant d'architecture» qui transfère l'information en transparence entre des points situés à des endroits différents. Les informations seront transférées dans «l'entité de transport» à son entrée et hors de «l'entité de transport» à sa sortie. Les «entités de transport» peuvent être liées entre elles ou liées à des «fonctions de traitement de transport». Les points de localisation de ces relations de liaison sont des «points de référence» du «réseau de transport».

9 **composant topologique:** «composant d'architecture» décrivant le «réseau de transport» en termes de relations topologiques entre ensembles de «points de référence». Une description topologique utilisant ces composants décrit les possibilités d'acheminement offertes par le réseau et donc sa capacité à gérer des «entités de transport».

10 **point de référence:** «composant d'architecture» décrivant le «rattachement» entre les entrées et les sorties des «fonctions de traitement de transport» et les «entités de transport». Ce composant est caractérisé par les informations qui transitent par lui.

11 **couche du réseau de transport (ou réseau en couches):** «composant topologique» assurant exclusivement la production et le transfert d'«informations caractéristiques» spécifiques.

NOTES

1 Les «réseaux de transport» sont constitués de «couches du réseau de transport» superposées. Chaque «couche du réseau de transport» assure le «transport» vers la couche supérieure et exploite le «transport» par la couche inférieure. La couche assurant le «transport» est dite serveuse et la couche utilisant le «transport» est cliente. Ensemble, deux couches ainsi définies participent à une relation «client/serveur». Une «couche du réseau de transport» est définie au niveau supérieur par les «chemins» qu'elle assure ou peut assurer, et est caractérisée par ses «informations caractéristiques».

2 Le «réseau en couches» ne doit pas être confondu avec la notion de couche utilisée dans le modèle de référence de protocole décrit dans la Recommandation I.311.

12 **sous-réseau:** «composant topologique» ayant des fonctions d'acheminement et de gestion. Ce composant décrit les capacités de «connexion de sous-réseau» qu'il représente. Il peut être subdivisé en «sous-réseaux» et en «liaisons» interconnectés. Chaque «sous-réseau» peut être encore subdivisé en «sous-réseaux» et en «liaisons» plus petits, etc. Un «sous-réseau» peut être contenu dans un même nœud physique.

13 **matrice:** «composant topologique» ayant des fonctions d'acheminement et de gestion. Ce composant décrit les capacités de «connexion de matrice» qu'il représente. Une «matrice» est contenue dans un même nœud physique. Elle représente elle-même la limite de subdivision récurrente d'un «sous-réseau».

14 **groupe d'accès:** groupe de «points d'accès» situés au même endroit, assortis de leurs fonctions de «terminaison du chemin» associées.

15 **lien:** «composant topologique» qui décrit la relation fixe entre un «sous-réseau» et un autre «sous-réseau» ou «groupe d'accès».

16 **chemin:** «entité de transport» d'une couche serveuse responsable de l'intégrité du transfert des «informations caractéristiques» provenant d'une ou plusieurs couches réseau clientes entre «points d'accès» de couche serveuse. Définit une association entre «points d'accès» d'une même «couche du réseau de transport». Formé par combinaison d'une fonction de «terminaison du chemin» d'extrémité proche, d'une fonction de «connexion de réseau» et d'une fonction de «terminaison du chemin» d'extrémité distante.

17 **connexion:** «entité de transport» capable de transférer des informations en transparence entre «points de connexion». Une «connexion» définit l'association entre les «points de connexion» et ceux-ci délimitent la «connexion».

18 **connexion en cascade:** série arbitraire de «connexions de liaison» et de «connexions de sous-réseau».

19 **bloc de connexions en cascade:** ensemble parallèle de «connexions en cascade» dont les extrémités sont colocalisées.

20 **connexion unidirectionnelle (ou unilatérale):** «connexion» capable de transférer en transparence des informations entre une entrée et une sortie.

- 21 **connexion bidirectionnelle (ou bilatérale):** «connexion» composée d'une paire de «connexions unidirectionnelles» associées, capable de transférer simultanément des informations dans les deux sens entre leurs entrées et leurs sorties respectives.
- 22 **connexion point à multipoint:** «connexion» capable de transférer des informations d'une entrée unique vers des sorties multiples.
- 23 **connexion de réseau:** «entité de transport» formée de la série des «connexions» établies entre «des points de connexion de terminaison».
- 24 **connexion de sous-réseau:** «entité de transport» formée d'une «connexion» établie entre «points de connexion» d'un «sous-réseau». Peut être configurée dans le cadre du «processus de gestion du chemin».
- 25 **connexion de matrice:** «connexion de sous-réseau» à une «matrice». Peut être configurée dans le cadre du «processus de gestion du chemin» ou être fixe.
- 26 **connexion de lien:** «entité de transport» fournie par l'association «client/serveur». Formée par une fonction d'«adaptation» d'extrémité proche, par un «chemin» et par une fonction d'«adaptation» d'extrémité distante. Peut être configurée dans le cadre du «processus de gestion du chemin» dans la couche serveuse associée.
- 27 **terminaison du chemin:** «fonction de traitement de transport» qui produit les «informations caractéristiques» d'un réseau en couches et assure l'intégrité de ces «informations caractéristiques». La «terminaison du chemin» définit l'association entre le «point d'accès» et le «point de connexion de terminaison»; ces points délimitent donc la «terminaison du chemin».
- 28 **source de terminaison du chemin:** «fonction de traitement de transport» acceptant les «informations caractéristiques» adaptées du réseau en couches clientes, ajoutant le surdébit du «chemin» et affectant ces éléments à une «connexion de réseau» associée dans la même «couche de réseau de transport».
- 29 **collecteur de terminaison du chemin:** «fonction de traitement de transport» assurant les opérations suivantes: terminaison du «chemin», extraction des informations de surdébit du «chemin», vérification de validité, transmission des «informations caractéristiques» adaptées du réseau en couches clientes à la fonction d'«adaptation».
- 30 **adaptation:** «fonction de traitement de transport» adaptant une couche serveuse aux besoins d'une couche cliente. La fonction d'«adaptation» définit l'association «serveur/client» entre le «point de connexion» et le «point d'accès» qu'elle délimite. Il existe des fonctions d'«adaptation» pour un grand nombre d'interactions «client/serveur».
- 31 **point d'accès:** «point de référence» au niveau duquel la sortie d'une fonction de source d'«adaptation» est liée à l'entrée d'une «source de terminaison du chemin», ou au niveau duquel la sortie d'un «collecteur de terminaison du chemin» est liée à l'entrée d'une fonction de collecteur d'«adaptation». Le «point d'accès» est caractérisé par les «informations caractéristiques» adaptées de couche cliente qui passent par lui. Un «point d'accès» bidirectionnel est formé par l'association d'une paire de directions opposées.
- 32 **point de connexion:** «point de référence» au niveau duquel la sortie d'une «source de terminaison du chemin» ou d'une «connexion» est liée à l'entrée d'une autre «connexion» ou au niveau duquel la sortie d'une «connexion» est liée à l'entrée d'un «collecteur de terminaison du chemin» ou d'une autre «connexion». Le «point de connexion» est caractérisé par les informations qui passent par lui. Un «point de connexion» bidirectionnel est formé par l'association d'une paire de directions opposées.
- 33 **point de connexion de terminaison:** cas particulier d'un «point de connexion» où une fonction de «terminaison du chemin» est liée à une fonction «d'adaptation» ou à une «matrice».
- 34 **client/serveur:** association représentée par la fonction d'«adaptation» mise en œuvre à la périphérie d'une «couche de réseau de transport». Il n'y a jamais de relation «client/serveur» à l'extérieur des éléments du réseau.
- 35 **rattachement:** relation directe entre la sortie d'une «fonction de traitement de transport» ou d'une «entité de transport» et l'entrée d'une autre «fonction de traitement de transport» ou d'une autre «entité de transport» sans point d'intérêt commun. Le «rattachement» correspond à la connectivité statique dans un élément du réseau. Les relations de «rattachement» ne peuvent jamais exister en dehors des éléments du réseau.
- 36 **appariement:** relation entre «fonctions de traitement de transport» ou «entités de transport» de collecteur ou de source, associées en vue d'un transport bidirectionnel.

- 37 **processus de gestion du chemin:** configuration des ressources du réseau en cours de fonctionnement aux fins de l'attribution, de la réattribution et de l'aiguillage des «chemins» assurant le «transport» vers les réseaux clients.
- 38 **processus de mise en service:** configuration des ressources du réseau avant la mise en exploitation.
- 39 **surveillance de connexion:** processus de contrôle de l'intégrité d'une «connexion» ou d'une «connexion en cascade» faisant partie d'un «chemin».

2.2 Terminologie spécifique de la hiérarchie SDH

- 40 **réseau en couches circuits:** «réseau en couches» chargé du transfert d'informations entre «points d'accès» de couche circuits afin d'assurer directement des services de télécommunication.
- 41 **réseau en couches conduits:** «réseau en couches» chargé du transfert d'informations entre «points d'accès» de couche conduits afin de constituer un ou plusieurs «réseaux en couches circuits».
- NOTE – Dans le cas de la SDH, il existe deux catégories de «réseaux en couches conduits», à savoir de niveau supérieur et de niveau inférieur. Les premiers constituent des réseaux serveurs pour les seconds. Les réseaux en couches conduits à conteneurs VC-1/VC-2 peuvent être considérés comme étant de la catégorie des réseaux de niveau inférieur par rapport aux conteneurs VC-3 et VC-4, tandis qu'un réseau en couches conduits à conteneurs VC-3 peut lui-même être de niveau inférieur par rapport aux conteneurs VC-4. L'expression «réseau en couches conduits», sans autre précision, peut s'appliquer à l'un quelconque des réseaux ainsi définis.
- 42 **réseau en couches supports de transmission:** «réseau en couches» pouvant dépendre du support et chargé du transfert d'informations entre des «points d'accès» de couches sections afin de constituer un ou plusieurs «réseaux en couches conduits». Subdivisé en «réseau en couches sections» et «réseau en couches supports physiques».
- 43 **réseau en couches sections:** «réseau en couches» chargé du transfert d'informations entre «points d'accès» de couche sections. Dans le cas de la SDH, ce type de réseau est subdivisé en «réseau en couches sections de multiplexage» et «réseau en couches sections de régénération».
- 44 **réseau en couches sections de multiplexage:** «réseau en couches» pouvant dépendre du support et chargé du transfert d'informations entre «points d'accès» de couches sections de multiplexage.
- 45 **réseau en couches sections de régénération:** «réseau en couches» dépendant du support et chargé du transfert d'informations entre «points d'accès» de la couche sections de régénération.
- 46 **réseau en couches supports physiques:** «réseau en couches» gérant les systèmes à fibres optiques, à courants porteurs ou à ondes hertziennes afin de constituer le «réseau en couches sections».
- 47 **circuit:** un «chemin» dans le «réseau en couches circuits».
- 48 **conduit:** un «chemin» dans le «réseau en couches conduits».
- 49 **section:** un «chemin» dans le «réseau en couches sections».
- 50 **terminaison du conduit:** une «terminaison de chemin» dans le «réseau en couches conduits».
- 51 **terminaison de la section:** une «terminaison de chemin» dans le «réseau en couches sections».
- 52 **source de terminaison du conduit:** une «source de terminaison de chemin» dans le «réseau en couches conduits».
- 53 **source de terminaison de la section:** une «source de terminaison de chemin» dans le «réseau en couches sections».
- 54 **collecteur de terminaison du conduit:** un «collecteur de terminaison de chemin» dans le «réseau en couches conduits».
- 55 **collecteur de terminaison de la section:** un «collecteur de terminaison de chemin» dans le «réseau en couches sections».

2.3 Termes relatifs à la protection

- 56 **protection du chemin:** mécanisme de protection représenté par une sous-couche qui est construite par extension des «points d'accès» du chemin.
- 57 **protection de la connexion de sous-réseau:** mécanisme de protection représenté par une sous-couche qui est construite par extension du «point de connexion» de «sous-réseau».

58 **protection spécialisée**: architecture de protection qui fournit une capacité consacrée à la sécurisation de la capacité d'écoulement du trafic [structure en (1+1)].

59 **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.

60 **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 «acheminement», «connexion de sous-réseau»), en cas de panne unidirectionnelle.

61 **intervention aux deux extrémités**: méthode d'intervention en secours assurant la commutation aux deux extrémités de l'entité protégée (par exemple «chemin», «conduit»), même en cas de panne unidirectionnelle.

Liste alphabétique des termes définis

30	Adaptation
36	Appariement
19	Bloc de connexions en cascade
16	Chemin
47	Circuit
34	Client/serveur
29	Collecteur de terminaison du chemin
54	Collecteur de terminaison du conduit
55	Collecteur de terminaison de la section
6	Composant d'architecture
9	Composant topologique
17	Connexion
21	Connexion bidirectionnelle (ou bilatérale)
26	Connexion de lien
25	Connexion de matrice
23	Connexion de réseau
24	Connexion de sous-réseau
18	Connexion en cascade
22	Connexion point à multipoint
20	Connexion unidirectionnelle
11	Couche du réseau de transport
8	Entités de transport
48	Conduit
7	Fonctions de traitement du transport
14	Groupe d'accès
5	Informations caractéristiques
6	Recommandation G.803 (03/93)

60	Intervention à une seule extrémité
61	Intervention aux deux extrémités
15	Lien
13	Matrice
31	Point d'accès
32	Point de connexion
33	Point de connexion de terminaison
10	Point de référence
37	Processus de gestion du chemin
38	Processus de mise en service
35	Rattachement
1	Réseau
4	Réseau de transport
40	Réseau en couches circuits
41	Réseau en couches conduits
43	Réseau en couches sections
44	Réseau en couches sections de multiplexage
45	Réseau en couches sections de régénération
42	Réseau en couches supports de transmission
46	Réseau en couches supports physiques
56	Protection du chemin
57	Protection de la connexion du sous-réseau
58	Protection spécialisée
59	Protection partagée
49	Section
28	Source de terminaison du chemin
52	Source de terminaison du conduit
53	Source de terminaison de la section
12	Sous-réseau
39	Surveillance de la connexion
27	Terminaison du chemin
50	Terminaison du conduit
51	Terminaison de la section
3	Transmission
2	Transport

3 Architecture fonctionnelle des réseaux de transport SDH

3.1 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 ou pour son propre usage.

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.

3.2 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.

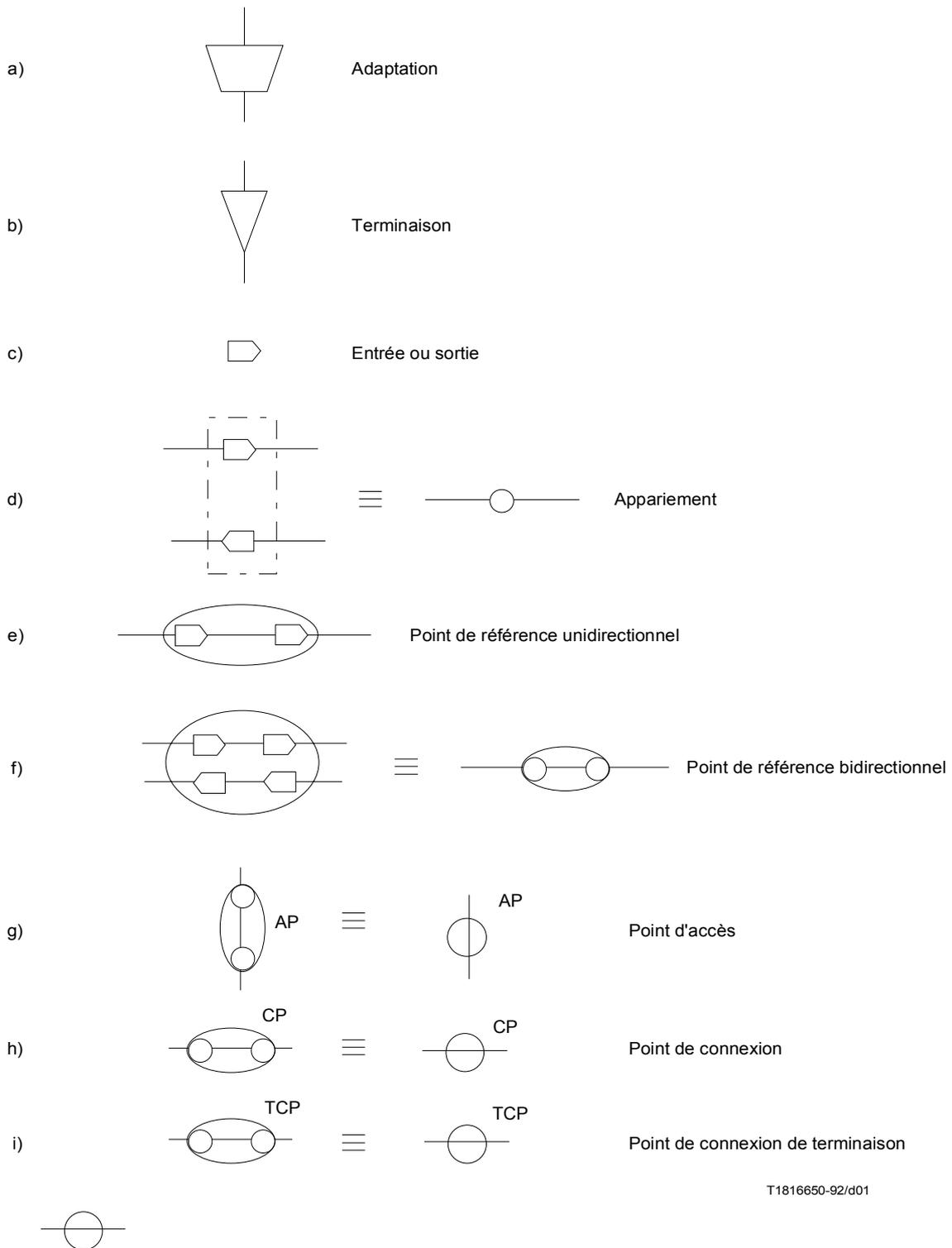
Quelques conventions relatives aux schémas ont été mises au point afin de compléter les descriptions qui suivent. Ces conventions font l'objet des Figures 3-1 à 3-4.

3.2.1 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 trois éléments topologiques: le réseau de couche, le sous-réseau et le lien. A l'aide de ces seuls éléments, il est possible de décrire intégralement la topologie logique d'un réseau.

3.2.1.1 Réseau en couches

Un réseau en couches est défini par un ensemble complet de points d'accès identiques qui peuvent être associés en vue d'un transfert d'information. L'information transférée est caractéristique de la couche considérée et l'on parle alors «d'informations caractéristiques». Dans un réseau en couches, ces associations de points d'accès peuvent être établies et rompues par un processus de gestion de couche qui modifie alors la connectivité. Un réseau en couches distinct, logiquement spécifique, existe pour chaque type de point d'accès. Un réseau en couches est constitué de sous-réseaux reliés par des liens. Les structures apparaissant dans les réseaux en couches et entre les réseaux en couches sont décrites par les composants définis ci-après.



NOTE – Cette convention n'est pas utilisée autrement dans la présente Recommandation mais elle pourra apparaître ailleurs.

FIGURE 3-1/G.803
**Conventions schématiques pour les fonctions
 de traitement et les points de référence**

Sortie \ Entrée	Adaptation		Terminaison de chemin		Connexion
	Source	Collecteur	Source	Collecteur	
Adaptation	Source	X	CP	AP	X
	Collecteur	CP	X	X	TCP
Terminaison de chemin	Source	TCP	X	X	TCP
	Collecteur	X	AP	X	X
Connexion		CP	X	TCP	CP

Rattachements admissibles

X Non admis
 CP Point de connexion
 TCP Point de connexion de terminaison
 AP Point d'accès

Point de référence	Point de connexion	Point de connexion de terminaison	Point d'accès
Point de connexion	Connexion de sous-réseau connexion de liaison ^{a)}	Connexion de sous-réseau ^{a)}	X
Point de connexion de terminaison	Connexion de sous-réseau ^{a)}	Connexion de réseau	X
Point d'accès	X	X	Chemin

Types de connexion gérés entre les points de référence

X Aucune connexion gérée

^{a)} La connexion de matrice n'est pas représentée explicitement parce qu'elle constitue la limite de récursion de la connexion de sous-réseau.

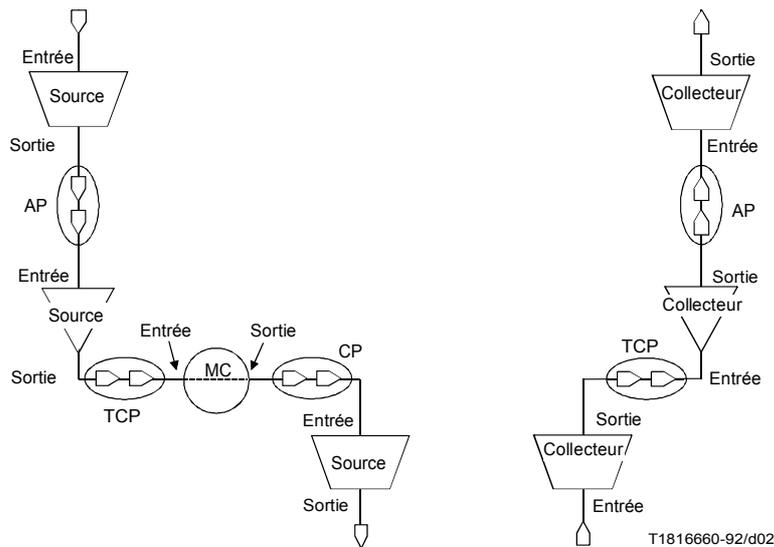
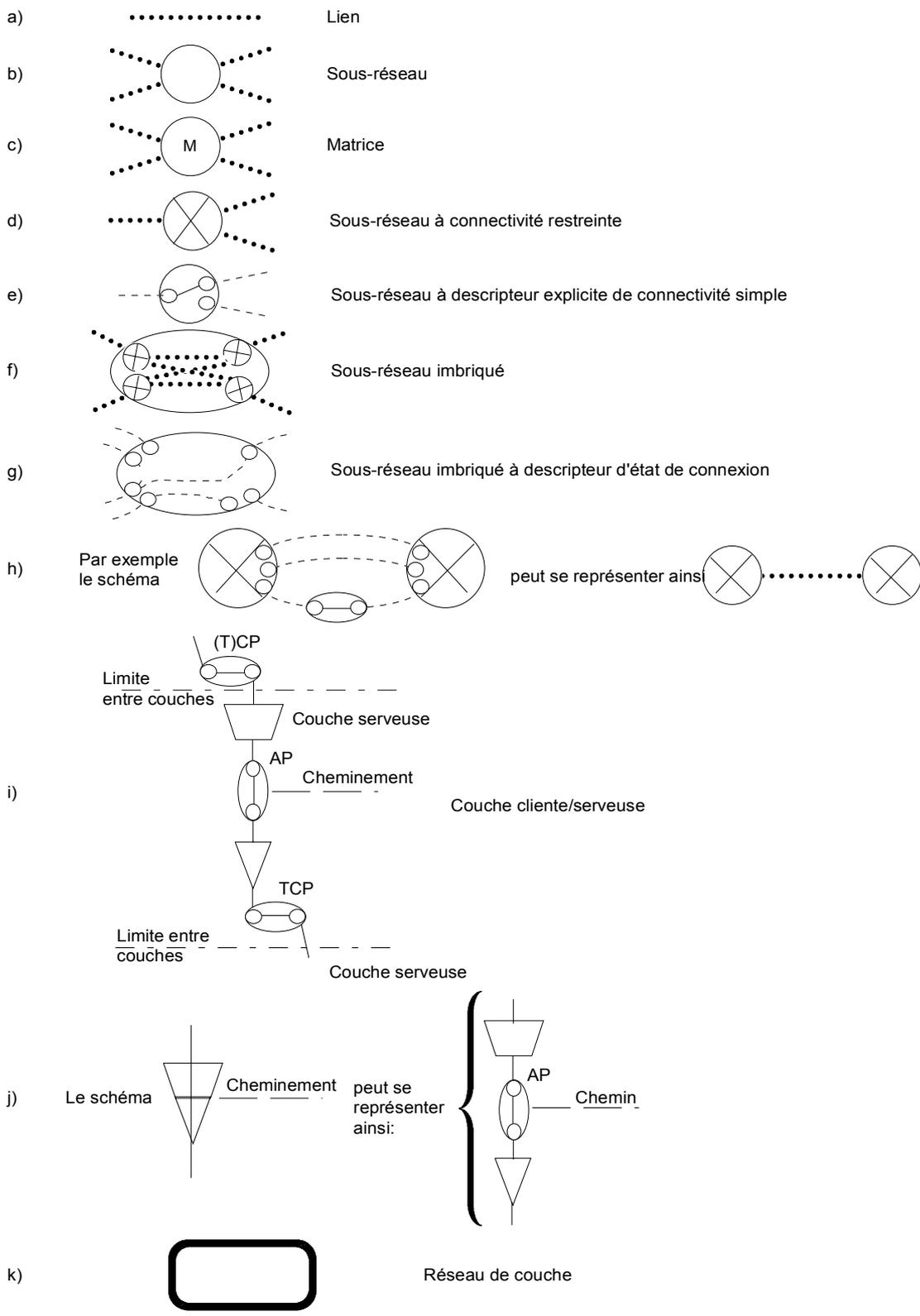


FIGURE 3-2/G.803

Rattachements admissibles et types de points de référence



T1816680-92/d04

FIGURE 3-4/G.803
Autres conventions schématiques

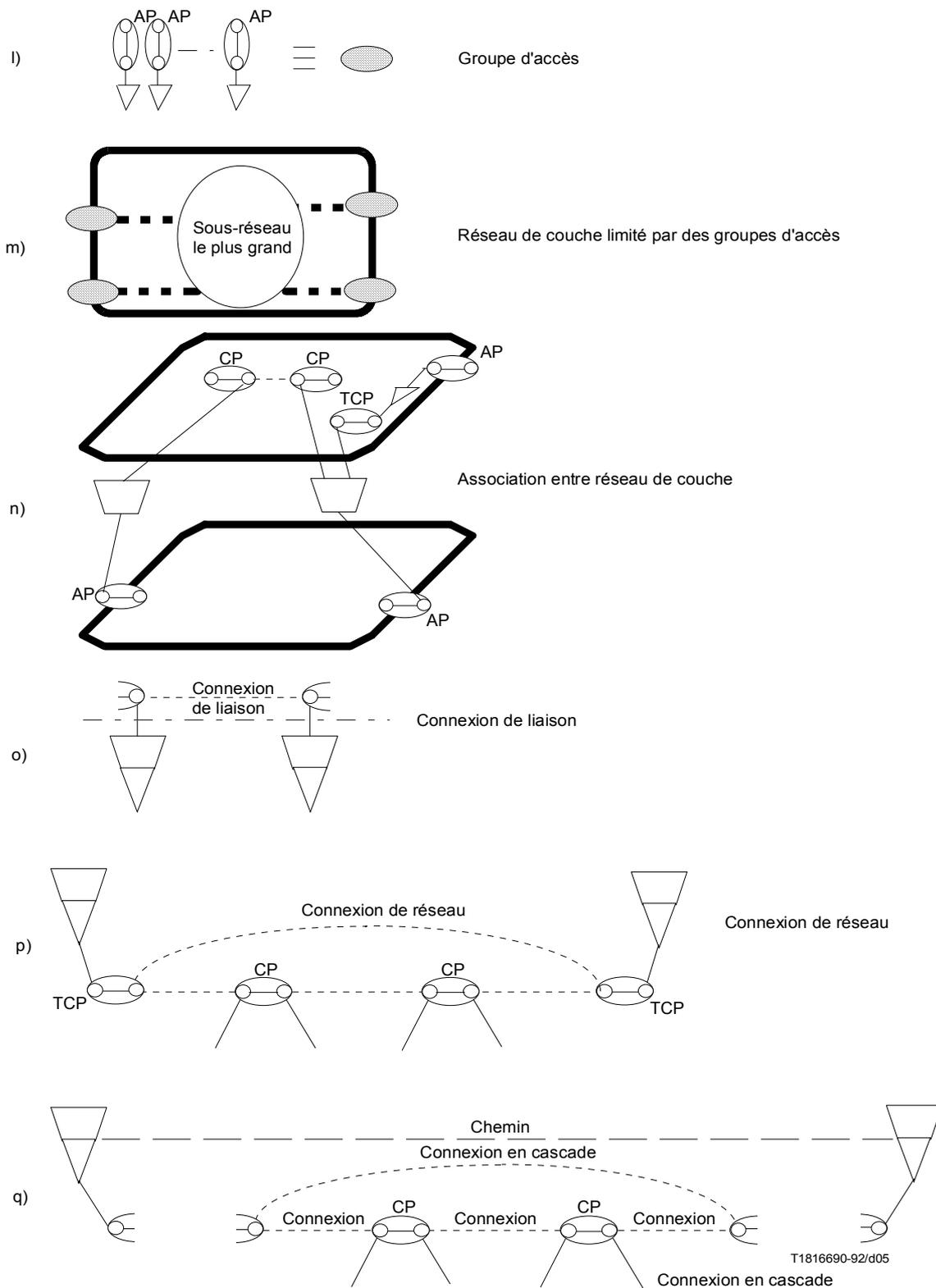


FIGURE 3-4/G.803 (fin)
Autres conventions schématiques

3.2.2 Entités de transport

Les entités de transport assurent le transfert d'informations en transparence entre points de référence du réseau de couche, c'est-à-dire qu'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 éventuelle 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 lien, selon le composant topologique auquel elles appartiennent.

3.2.2.1 Connexion de réseau

Une connexion de réseau peut transférer des informations en transparence dans un réseau de couche. La connexion de réseau est délimitée par des points de connexion de terminaison (TCP). Il s'agit du niveau d'abstraction le plus élevé à l'intérieur d'une couche. Une connexion de réseau peut être subdivisée en connexions de sous-réseau concaténées avec des connexions de lien. On ne dispose pas d'informations quant à l'intégrité de l'information transférée, mais des informations sur l'intégrité de la connexion elle-même peuvent souvent être déduites d'autres sources.

3.2.2.2 Connexion de sous-réseau

Une connexion de sous-réseau peut 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. En général, une connexion de sous-réseau est constituée d'une concaténation de connexions de sous-réseau et de connexions de lien de niveau inférieur. Elle peut être considérée comme une abstraction de cette entité plus complexe. Le niveau le plus bas de ce processus récursif (la connexion de matrice) représente une interconnexion (brassage) d'une matrice individuelle dans un élément de réseau.

3.2.2.3 Connexion de lien

Une connexion de lien peut transférer des informations en transparence sur un lien entre deux sous-réseaux. La connexion de lien est délimitée par des points de connexion à la limite du lien et des sous-réseaux et représente une association entre une telle paire de ces points de connexion. Les connexions de lien sont assurées par des chemins dans le réseau de couche serveuse.

3.2.2.4 Chemin

On appelle «chemin» le transfert d'informations caractéristiques validées entre des points. Cette notion correspond donc à une association entre points d'accès, complétée par des informations additionnelles concernant l'intégrité du transfert de l'information proprement dite. Un chemin est constitué à partir d'une connexion de réseau par inclusion de fonctions de terminaison du chemin entre points TCP et points d'accès.

3.2.3 Fonctions de traitement de transport

Dans la description de l'architecture des réseaux de couche, on établit une distinction entre les deux fonctions génériques de traitement d'adaptation et de terminaison. Ces fonctions interviennent ensemble aux limites de couche et sont définies par le traitement d'information assuré entre leurs entrées et leurs sorties.

3.2.3.1 Fonction d'adaptation

Le processus qui consiste à présenter les informations caractéristiques du réseau de couche cliente sous une forme se prêtant au transport dans le réseau de couche serveuse est la fonction de source d'adaptation. La fonction complémentaire, qui consiste à récupérer l'information adaptée, est la fonction de collecteur d'adaptation. Chaque fonction d'adaptation spécifique dépend des informations caractéristiques présentes dans les deux couches. Exemples de processus pouvant intervenir isolément ou en combinaison dans des fonctions d'adaptation intercouches: codage, modification de débit, alignement, justification, multiplexage.

3.2.3.2 Fonction de terminaison du chemin

Les fonctions de terminaison du chemin fournissent des informations concernant l'intégrité du transfert de l'information dans un chemin. En général, on procède en insérant des informations redondantes au niveau d'une fonction source de terminaison du chemin qui est surveillée au niveau d'une fonction collecteur correspondante.

3.2.4 Points de référence

Dans le réseau en couches, les points de référence sont constitués par le rattachement de l'entrée d'une fonction de traitement ou d'une entité de transport à la sortie d'une autre. Ces relations sont bidirectionnelles si la fonction de traitement pour transport associée (ou l'entité de transport) a des entrées ou des sorties appariées. Ces relations de rattachement ne peuvent jamais aller au-delà d'un élément de réseau. Les rattachements autorisés et les types spécifiques de points de référence qui en résultent sont indiqués sur la Figure 3-2. Les types de connexion admis par ces points de référence sont également indiqués sur la Figure 3-2.

3.3 Subdivision et organisation en couches

3.3.1 Introduction

Un réseau de transport peut être décomposé en un certain nombre de couches du réseau de transport indépendantes avec une association client/serveur entre couches adjacentes. Chaque réseau en couches peut être subdivisé séparément de façon à refléter la structure interne de cette couche. Les concepts de subdivision et d'organisation en couches sont donc orthogonaux, comme on peut le constater sur la Figure 3-5.

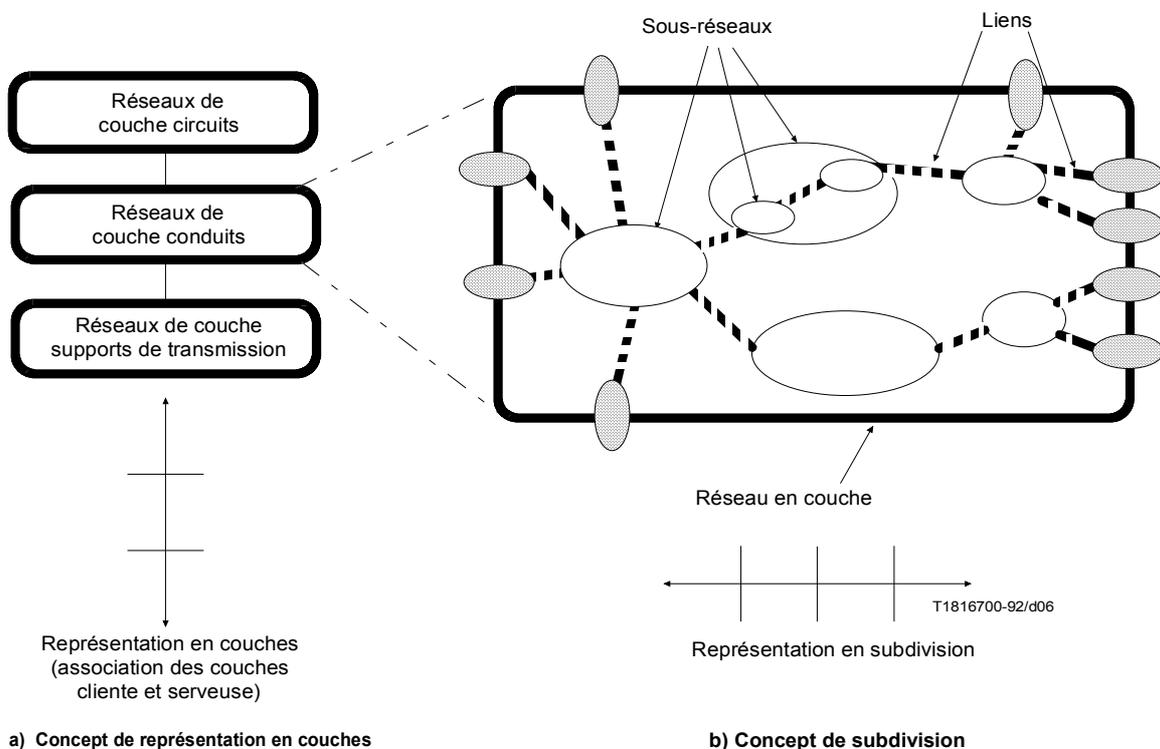


FIGURE 3-5/G.803
Représentations orthogonales de la subdivision
et de la représentation en couches

3.3.1.1 Importance du concept de subdivision

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

- a) la structure du réseau à l'intérieur d'une couche du réseau;
- b) les principales frontières administratives entre exploitants de réseaux fournissant en commun des conduits de bout en bout dans une même couche;
- c) des limites de domaine dans le réseau en couches d'un même exploitant, ce qui permet de répartir les objectifs de qualité de fonctionnement entre les divers sous-systèmes qui composent le réseau;
- d) des limites de domaine d'aiguillage indépendant, par rapport au fonctionnement du processus de gestion des conduits.

3.3.1.2 Importance du concept d'organisation en couches

Le concept d'organisation en couches du réseau de transport repose sur les hypothèses suivantes:

- a) chaque réseau en couches peut être classé sur la base de fonctions analogues;
- b) il est plus simple de concevoir et d'exploiter chaque couche séparément que de concevoir et d'exploiter tout le réseau de transport comme une seule entité;
- c) un modèle de réseau en couches peut être utile pour définir les objets gérés dans le réseau de gestion des télécommunications (RGT);
- d) chaque réseau en couches peut être doté de ses propres capacités d'exploitation et de maintenance (par exemple fonctions de commutation de protection et de rétablissement automatiques en cas de panne) protégeant le système contre les anomalies de fonctionnement, les pannes ou les erreurs d'utilisation. Ces moyens réduisent au minimum les interventions d'exploitation et de maintenance, ainsi que les répercussions sur les autres couches;
- e) il est possible d'ajouter ou de modifier une couche sans aucune incidence sur les autres couches du point de vue de l'architecture;
- f) chaque couche du réseau peut être définie indépendamment des autres couches.

3.3.2 Concept de subdivision

Le concept de subdivision comporte deux volets liés l'un à l'autre, à savoir la subdivision des sous-réseaux qui décrit la topologie et la subdivision des connexions de réseau qui décrit la connectivité.

3.3.2.1 Subdivision des sous-réseaux

Un sous-réseau décrit simplement la possibilité d'associer un certain nombre de points de connexion ou de points TCP. Il ne décrit pas directement la topologie des composants d'architecture utilisés pour construire le sous-réseau. En général, tout sous-réseau peut être subdivisé en un certain nombre de sous-réseaux plus petits, interconnectés par des liens. Les modalités d'association des petits sous-réseaux et des liens décrivent la topologie du sous-réseau, selon le schéma suivant:

Sous-réseau = sous-réseaux plus petits + liens + topologie.

Par subdivision, il est donc possible de décomposer tout réseau en couches, selon un processus récursif qui permet de révéler le niveau de détail requis, niveau correspondant en général aux éléments d'équipement constituant les matrices de connexion dans les éléments de réseau individuels, ce qui confère au réseau de couche une grande souplesse de connexion.

Exemples de sous-réseaux: partie internationale et parties nationales d'un réseau en couches, pouvant être encore subdivisées en sections de transit et sections d'accès, etc. (voir la Figure 3-6).

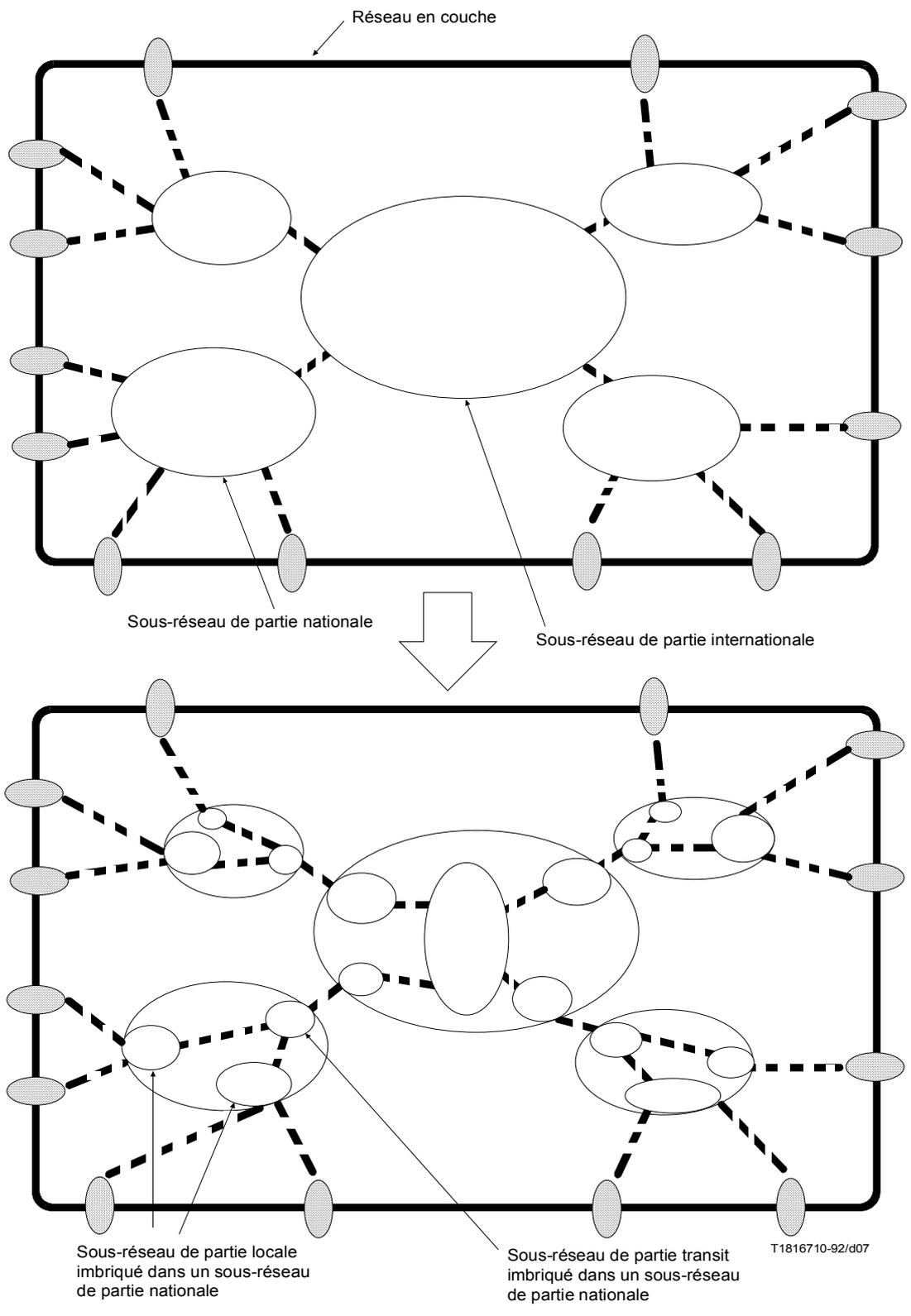


FIGURE 3-6/G.803
 Subdivision des réseaux en couche et de leurs sous-réseaux

3.3.2.2 Subdivision de connexions de réseau et de connexions de sous-réseau

Un chemin est une entité de transport constituée par le rattachement de terminaisons de chemin à une connexion de réseau, selon l'illustration de la Figure 3-7 et représente un exemple particulier des possibilités du réseau en couches considéré. La connexion de réseau est un exemple des possibilités du plus vaste sous-réseau pouvant être défini à l'intérieur de ce réseau en couches. De la même manière, il est également possible de subdiviser une connexion de réseau, en général par combinaison séquentielle de connexions de sous-réseau et de connexions de lien, selon le schéma suivant:

Connexion de réseau = TCP + connexions de sous-réseau + connexions de lien + TCP.

Chacune des connexions de sous-réseau peut elle-même être encore subdivisée en une combinaison séquentielle de connexions de sous-réseau et de connexions de lien. Dans ce cas, la subdivision doit s'amorcer et se conclure sur une connexion de sous-réseau, selon le schéma suivant:

Connexion de sous-réseau = points de connexion + connexions de sous-réseau plus petites + connexions de lien + points de connexion.

La subdivision des connexions de réseau et des connexions de sous-réseau sera à l'image de la subdivision des sous-réseaux. Dans ce cas, la limite normale de subdivision récursive sera constituée par des associations individuelles de points de connexion portant sur les matrices de base utilisées pour construire le réseau en couches.

La subdivision des connexions de sous-réseau en connexions de sous-réseau et en connexions de lien plus petites sera à l'image de la subdivision des sous-réseaux illustrée à la Figure 3-8.

3.3.2.3 Connexions de lien et organisation en couches

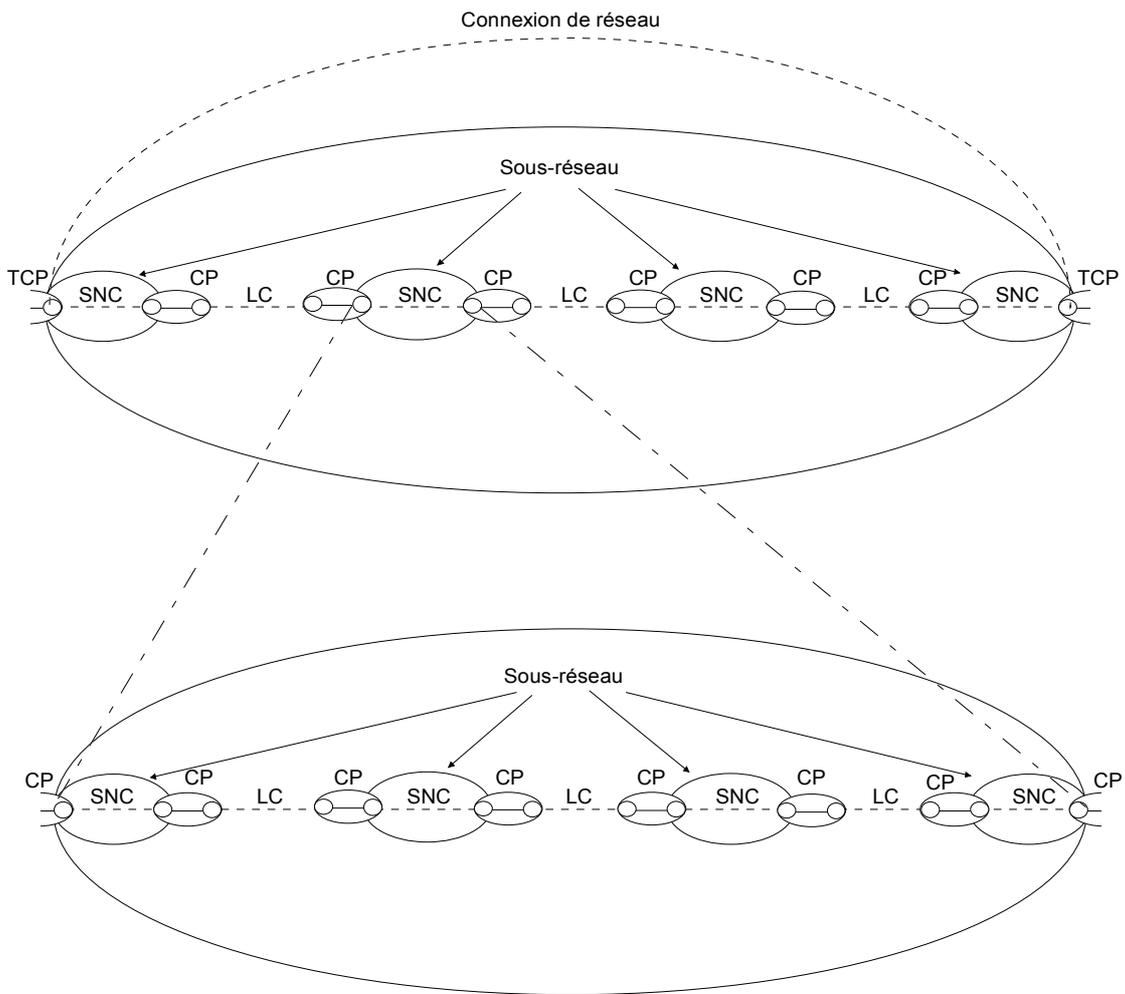
Lorsqu'une connexion de réseau a été intégralement décomposée en connexions de lien et en connexions de sous-réseau élémentaires, chaque connexion de lien peut être considérée comme une entité de transport abstraite composée de fonctions d'adaptation et d'un chemin utilisant l'organisation en couches.

3.3.3 L'organisation en couches

L'association client/serveur entre réseaux en couches adjacents veut que la connexion de lien dans le réseau de la couche cliente soit assurée par un chemin dans le réseau de la couche serveuse. Le Tableau 1 énumère les associations client/serveur actuellement définies dans les Recommandations de l'UIT-T concernant les couches en hiérarchie SDH.

Les réseaux en couches définis dans le modèle fonctionnel du réseau de transport ne doivent pas être confondus avec les couches du modèle de référence du protocole OSI (PRM) (*protocol reference model*).

Le concept d'adaptation permet l'interaction de réseaux en couches présentant des structures d'informations caractéristiques différentes, par le biais de la relation client/serveur. C'est la source du processus récursif qui apparaît dans le modèle du réseau de transport, ce qui explique, par ailleurs, que l'on n'utilise pas dans ce dernier le concept de limites de couche contiguës applicable dans le modèle OSI. Tous les points de référence appartenant au même réseau en couches peuvent être visualisés comme appartenant à un plan unique [voir la Figure 3-4 m)]. Du point de vue du fonctionnement du réseau de transport, la fonction d'adaptation est donc localisée entre les plans des réseaux en couches. Toutefois, du point de vue administratif, on considère qu'elle relève du chemin de la couche serveuse auquel elle est rattachée, ce qui explique la limite de couche administrative matérialisée dans la Figure 3-4 n).



T1816720-92/d08

LC Connexion de liaison
 SNC Connexion de sous-réseau

FIGURE 3-7/G.803

Subdivision d'une connexion de réseau en connexions de sous-réseau

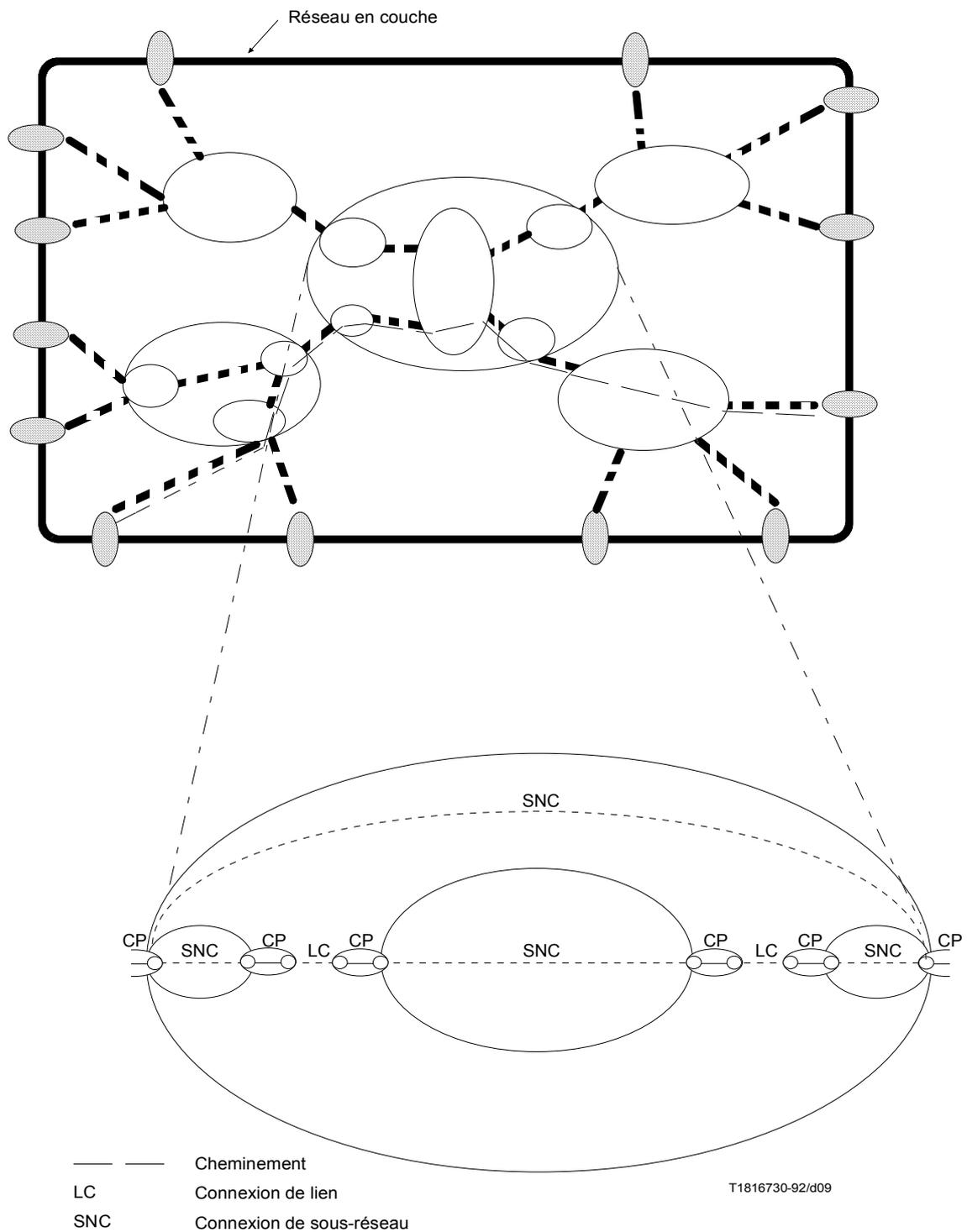


FIGURE 3-8/G.803

**Relation entre la subdivision des sous-réseaux et la
subdivision des connexions de sous-réseau**

TABLEAU 1/G.803

Références concernant les fonctions d'adaptation

Couche cliente	Couche serveuse	Référence d'adaptation	Informations caractéristiques du réseau client
1544 kbit/s asynchrone	Conduit de conteneur VC-11	G.709	1544 kbit/s $\pm 50 \times 10^{-6}$
1544 kbit/s à bits synchrones	Conduit de conteneur VC-11	G.709	1544 kbit/s (valeur nominale)
1544 kbit/s à octets synchrones	Conduit de conteneur VC-11	G.709	1544 kbit/s (valeur nominale) structuration en octets selon G.704
2048 kbit/s asynchrone	Conduit de conteneur VC-12	G.709	2048 kbit/s $\pm 50 \times 10^{-6}$
2048 kbit/s synchrone bit	Conduit de conteneur VC-12	G.709	2048 kbit/s (valeur nominale)
2048 kbit/s synchrone octet	Conduit de conteneur VC-12	G.709	2048 kbit/s (valeur nominale) structuration en octets selon G.704
6312 kbit/s asynchrone	Conduit de conteneur VC-2	G.709	6312 kbit/s $\pm 30 \times 10^{-6}$
34 368 kbit/s asynchrone	Conduit de conteneur VC-3	G.709	34 368 kbit/s $\pm 20 \times 10^{-6}$
44 736 kbit/s asynchrone	Conduit de conteneur VC-3	G.709	44 736 kbit/s $\pm 20 \times 10^{-6}$
139 264 kbit/s asynchrone	Conduit de conteneur VC-4	G.709	139 264 kbit/s $\pm 15 \times 10^{-6}$
Conduit virtuel en mode ATM sur RNIS à large bande	Conduit de conteneur VC-4 ou VC-4-4c (Note)	G.709	Cellules de 53 octets
Conduit de conteneur VC-11	Conduit HO de conteneur VC-3 ou conduit de conteneur VC-4	G.709	VC-11 + décalage de trame
Conduit de conteneur VC-12	Conduit HO de conteneur VC-3 ou conduit de conteneur VC-4	G.709	VC-12 + décalage de trame
Conduit de conteneur VC-2	Conduit HO de conteneur VC-3 ou conduit de conteneur VC-4	G.709	VC-2 + décalage de trame
Conduit LO de conteneur VC-3	Conduit de conteneur VC-4	G.709	VC-3 + décalage de trame
Conduit HO de conteneur VC-3	Section de modules STM-N	G.709	VC-3 + décalage de trame
Conduit de conteneur VC-4	Section de modules STM-N	G.709	VC-4 + décalage de trame
LO De niveau inférieur HO De niveau supérieur			
NOTE – Les mises en correspondance avec d'autres conteneurs virtuels en hiérarchie synchrone sont à l'étude.			

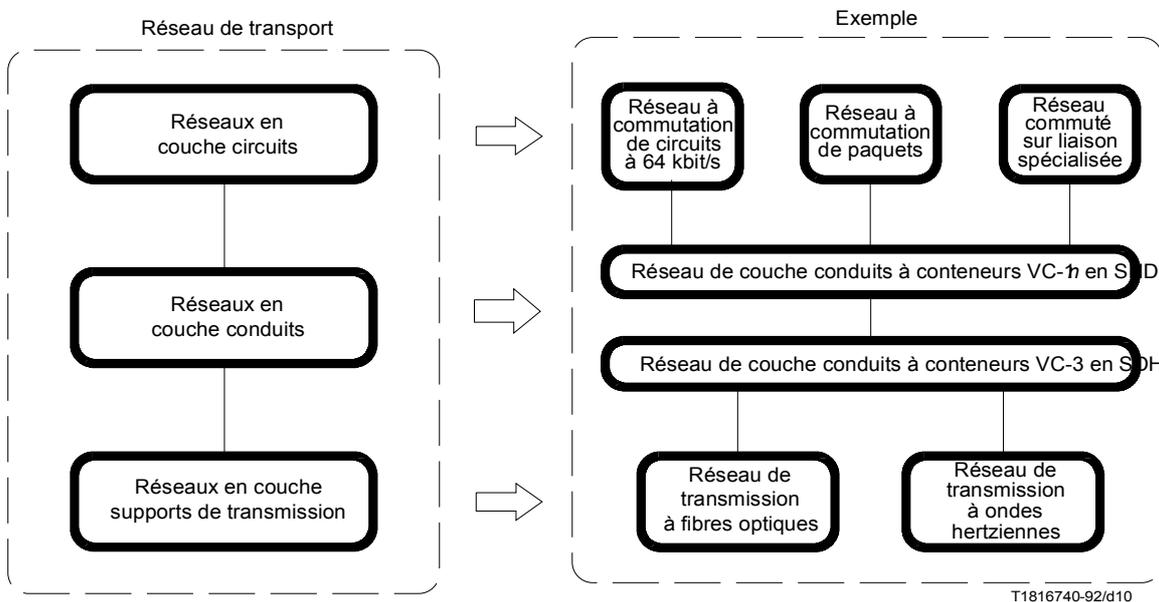
3.3.3.1 Couches du réseau de transport

La Figure 3-9 illustre le modèle en couches du réseau de transport. Ses caractéristiques sont les suivantes:

- on distingue grosso modo trois classes de réseau en couches, à savoir un réseau en couches circuits, un réseau en couches conduits et un réseau en couches supports de transmission;
- entre deux couches adjacentes quelconques, l'association est de type serveur/client;
- chaque couche dispose de ses propres moyens d'exploitation et de maintenance.

Ces trois types de réseau en couches peuvent être décrits comme suit:

- réseau en couches circuits – ce réseau met à la disposition des usagers des services divers: services à commutation de circuits, services à commutation en mode paquet et services de liaisons spécialisées. Différents réseaux en couches circuits peuvent être identifiés selon les services fournis. Ces réseaux sont indépendants des réseaux en couches conduits;
- réseau en couches conduits – ce réseau permet d'offrir divers types de réseaux en couches circuits. Dans le cas de la hiérarchie SDH, on distingue deux types de réseaux en couches conduits: de niveau inférieur et de niveau supérieur. Les ressources de commande de gestion de la connectivité que présentent les réseaux en couches conduits sont une caractéristique fondamentale des réseaux à hiérarchie SDH. Les réseaux en couches conduits sont indépendants des réseaux en couches supports de transmission;



NOTE – La possibilité d'un troisième réseau en couche conduits doit faire l'objet d'un complément d'étude.

FIGURE 3-9/G.803

Modèle en couleurs du réseau de transport

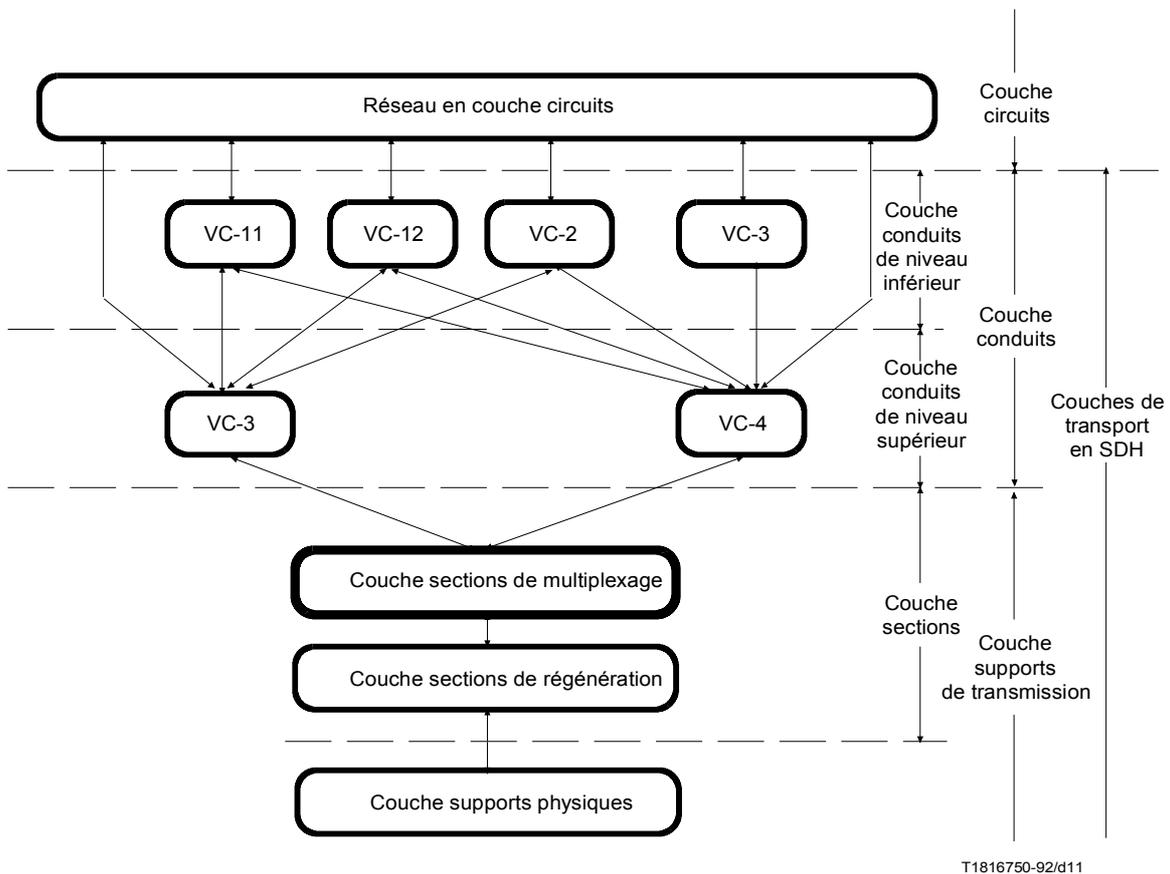
- réseau en couches supports de transmission – ce réseau dépend du support de transmission (fibres optiques, systèmes radioélectriques, etc.). Les réseaux en couches supports de transmission se répartissent en deux catégories, à savoir les réseaux en couches sections et les réseaux en couches supports physiques. Les réseaux en couches sections couvrent toutes les fonctions qui assurent le transfert de l'information entre deux nœuds de réseaux en couches conduits, alors que les réseaux en couches supports physiques ont trait aux fibres optiques, paires métalliques ou canaux de fréquences radioélectriques que comportent concrètement les réseaux en couches sections. Dans le cas de la hiérarchie SDH, on distingue deux types de réseaux en couches sections, à savoir les réseaux en couches sections de multiplexage et les réseaux en couches sections de régénération. Un réseau en couches sections de multiplexage assure le transfert, de bout en bout, de l'information acheminée entre points d'acheminement ou de terminaison de conduit, alors que le réseau en couches sections de régénération assure le transfert de l'information entre équipements de régénération individuels et entre régénérateurs et points d'acheminement ou de terminaison de conduit.

3.3.3.2 Association client/serveur

Dans une association client/serveur entre réseaux en couches adjacents, la connexion de lien est assurée, dans le réseau de la couche cliente, par un chemin dans le réseau de la couche serveuse, plus précisément de la façon suivante:

- une connexion de lien du réseau en couches circuits est assurée par un conduit dans le réseau en couches conduits;
- une connexion de lien du réseau en couches conduits est assurée par une section dans le réseau en couches supports de transmission.

La Figure 3-10 décrit les relations en couches pour le réseau de transport de la hiérarchie SDH.



NOTE – Un complément d'étude permettra d'établir s'il est nécessaire de prévoir une description explicite d'une couche de multiplexage spectrale dans la couche supports de transmission.

FIGURE 3-10/G.803
Modèle stratifié d'un réseau de transport en hiérarchie SDH

3.3.3.3 Décomposition des réseaux en couches

3.3.3.3.1 Principes généraux de décomposition des couches

Il est possible de décomposer une couche par expansion des adaptations, des terminaisons ou des points de connexion (de terminaison) de la couche. Dans chaque cas, le produit de l'opération est une nouvelle limite de couche, comme illustré à la Figure 3-11. Il convient de noter ici que la nouvelle limite de couche est différente dans chaque cas.

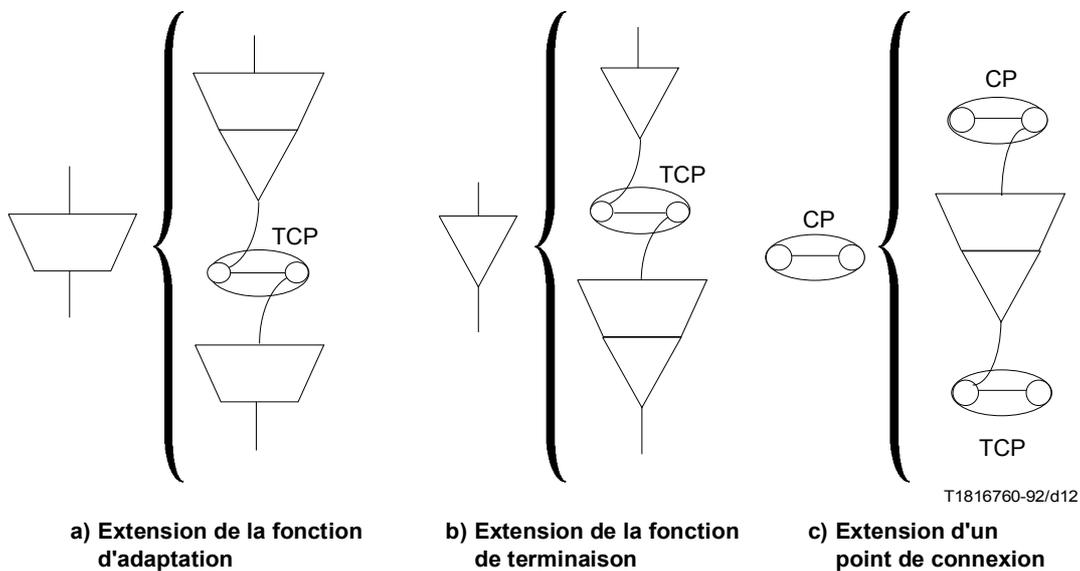


FIGURE 3-11/G.803
Construction des sous-couches

3.3.3.3.2 Décomposition de la couche conduits en couches conduits administratives

Il est possible d'identifier dans la couche conduits un ensemble de couches susceptibles d'être gérées de façon indépendante par l'exploitant de réseau et ce, en décomposant cette couche conduits.

Chaque couche conduits administrative peut avoir comme clientes la couche circuits et d'autres couches conduits administratives et peut avoir comme serveuses la couche supports de transmission et d'autres couches conduits. La sélection des couches conduits administratives se fait en général par accord international en fonction des besoins spécifiques de la couche circuits. Chaque couche conduits administrative peut présenter une topologie indépendante et, en général, les conduits trajets établis dans une couche conduits administrative seront indépendants de l'ensemble des conduits relevant des autres couches conduits administratives. Cette structure générique est illustrée à la Figure 3-12.

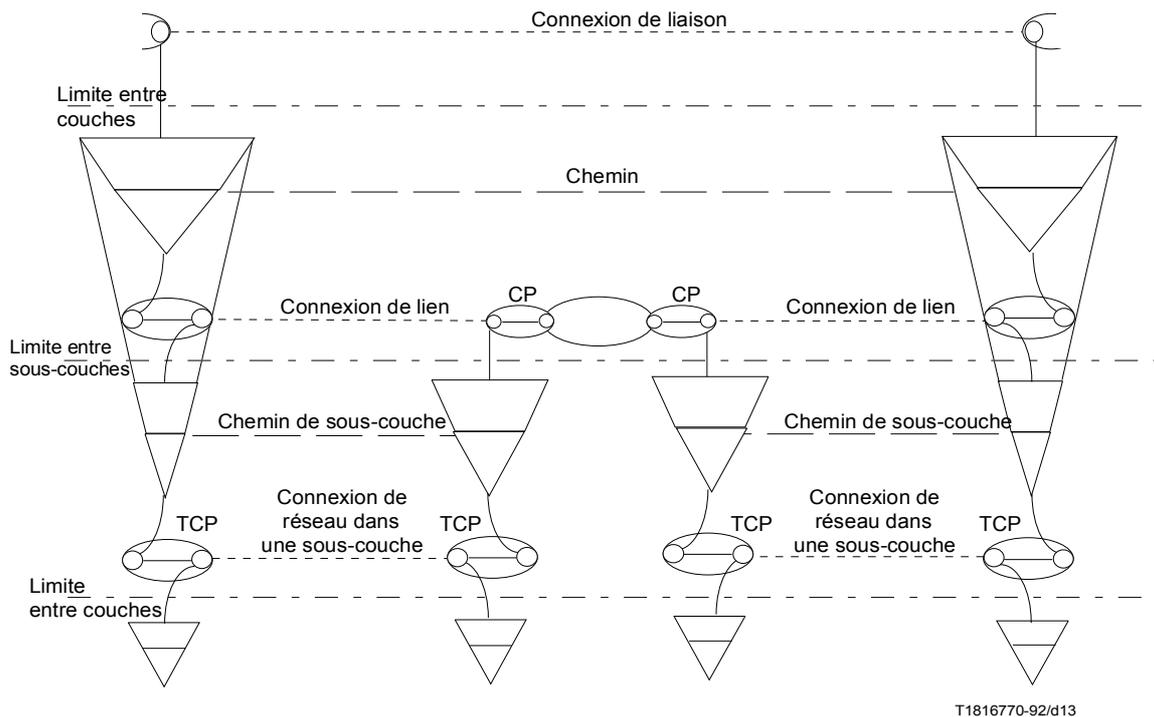


FIGURE 3-12/G.803

Concept de mise en sous-couches

3.3.3.3 Décomposition de la couche supports de transmission en couches supports de transmission administratives

Il est possible d'identifier dans la couche supports de transmission un ensemble de couches susceptibles d'être gérées de façon indépendante par l'exploitant de réseau et ce, en décomposant cette couche supports de transmission.

La couche supports de transmission dépend des supports utilisés, mais il est parfois utile d'identifier différentes couches supports de transmission administratives. Par exemple, dans le cas des systèmes à fibres optiques et des faisceaux hertziens, on distingue une couche administrative qui décrit les chemins entre centres de traitement des conduits, et une couche décrivant les chemins entre répéteurs ou régénérateurs.

La Figure 3-12 illustre également cette situation.

A l'avenir, il pourrait être souhaitable de définir d'autres couches décrivant le multiplexage par répartition en longueur d'onde ou l'aiguillage chromatique dans les systèmes optiques.

3.3.3.4 Décomposition des couches administratives en sous-couches

Les couches administratives sont certes les plus importantes pour un exploitant de réseau lorsqu'il s'agit de gérer le réseau de transport, mais il y a souvent lieu de distinguer diverses sous-couches à l'intérieur d'une même couche administrative. L'on peut alors procéder par décomposition, par exemple comme suit:

- identification d'une sous-couche A décrivant des méthodes de secours (voir 5) par décomposition de l'adaptation;
- identification d'une sous-couche décrivant un chemin de contrôle d'une connexion en cascade dans un sous-réseau, par décomposition de la terminaison;
- identification d'une sous-couche décrivant un chemin qu'un exploitant peut ajouter à une interconnexion pour surveiller son intégrité pendant le brassage, par décomposition du point de connexion.

Cette procédure permet de mettre au point des modèles fonctionnels de secours et de surveillance des connexions en cascade.

3.4 Surveillance des connexions en cascade [surveillance des connexions]

L'un des rôles des connexions en cascade est de représenter le segment d'un chemin qui existe dans une région administrative donnée. A ce titre, les fonctions suivantes doivent être gérées par la connexion en cascade (voir la Figure 3-13):

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

Une solution propose d'utiliser la «surveillance des sous-couches» (décrite ci-dessous en 3.4.4). Elle fait appel à la combinaison d'un décompte d'erreurs entrantes et d'une liaison de données afin de répondre aux exigences ci-dessus. Cette solution est à l'étude.

3.4.1 Surveillance intrinsèque [voir la Figure 3-14 a)]

La connexion en cascade est indirectement surveillée au moyen des données internes disponibles auprès des couches serveuses et par calcul de l'état approximatif de la connexion en cascade cliente à partir des données disponibles.

Le recours à la surveillance intrinsèque reposera en grande partie sur l'utilisation d'un réseau de données et d'un système de traitement réparti permettant d'établir une corrélation entre les événements de panne et de savoir si ces derniers relèvent de l'Administration, puis de communiquer les résultats aux sites de gestion appropriés (par exemple, aux deux extrémités de la connexion en cascade).

Si la fonction d'adaptation inclut le multiplexage, les statistiques de qualité en termes d'erreur correspondant à chacune des connexions en cascade ne seront pas disponibles individuellement mais pourront être déduites de la qualité en termes d'erreur des couches serveuses si l'on suppose que la répartition des erreurs entre les couches clientes est uniforme.

La vérification de la connexion ne pourra être déduite que de la vérification des connexions de couche serveuse entre nœuds, si l'on suppose que chaque nœud vérifie les connexions de couche cliente sur le plan interne.

Une émulation de canal de communication de données peut être assurée par adressage de messages à l'autre nœud sur un système de communications ouvert.

Cette technique requiert un traitement réparti et peut donc être difficile à normaliser. Toutefois, elle autorise des imbrications ou des recouvrements arbitraires de connexions en cascade.

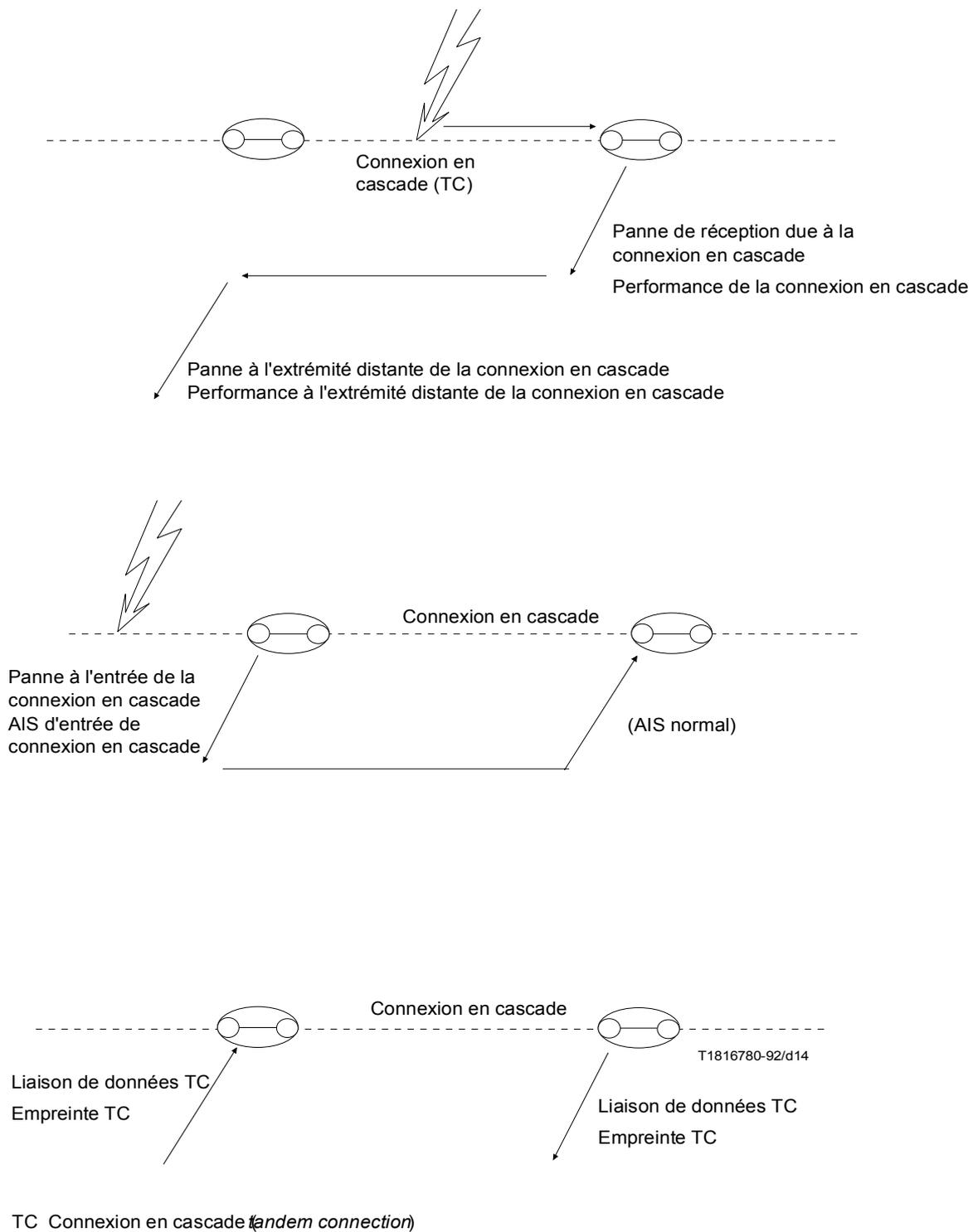


FIGURE 3-13/G.803
 Explication des termes relatifs à la connexion en cascade

3.4.2 Surveillance sans intrusion [voir la Figure 3-14 b)]

La connexion en cascade est surveillée directement par «écoute» (sans intrusion) des données et du surdébit d'origine puis calcul de l'état approximatif de la connexion en cascade à partir de la différence entre les états observés à chaque extrémité de la connexion.

Par comparaison avec le type de surveillance décrit précédemment, le recours à ce mode de surveillance ne dépendra pas autant de l'utilisation d'un réseau de données et d'un traitement réparti permettant de corréliser les pannes afin de déterminer si elles relèvent ou non de l'Administration et de communiquer les résultats aux sites de gestion appropriés (par exemple aux deux extrémités de la connexion): en ce cas, l'information recherchée sera disponible aux deux extrémités et n'impliquera aucune communication avec les nœuds situés au milieu de la connexion en cascade.

La fonction de surveillance sans intrusion peut être dédiée à une même connexion de sous-réseau ou être partagée entre un certain nombre de connexions de sous-réseau nécessitant une surveillance.

Les statistiques de qualité en termes d'erreur correspondant à chacune des connexions en cascade seront disponibles directement à partir de la différence entre relevés de qualité en termes d'erreur enregistrés aux deux extrémités. Ces calculs différentiels ne sauraient être parfaitement précis, mais il devrait être possible d'obtenir des résultats statistiquement significatifs.

La vérification de la connexion pourra être assurée si le signal originel a été assorti d'un identificateur d'état globalement unique (par exemple le code E.164). Une vérification de la connexion peut également être envisagée à partir d'une extraction de la signature du contenu du signal à l'entrée, signature que l'on compare ensuite avec sa signature de sortie.

Une émulation de canal de communication de données peut être assurée par adressage de messages à l'autre nœud sur un système de communication ouvert.

Cette technique exige une communication de données qui implique elle-même une normalisation. Toutefois, elle autorise des imbrications ou des recouvrements arbitraires de connexions en cascade.

3.4.3 Surveillance avec intrusion [voir la Figure 3-14 c)]

La connexion en cascade est directement surveillée par rupture du chemin d'origine et introduction d'un chemin d'essai s'étendant sur la totalité de la connexion en cascade pendant la durée de l'essai.

De cette manière, tous les paramètres peuvent être contrôlés directement, mais le chemin d'utilisateur n'est pas complet, si bien que la procédure ne peut être assurée qu'au début de la constitution du chemin ou, éventuellement, de façon intermittente.

Cette technique autorise des imbrications ou des recouvrements arbitraires des connexions en cascade, mais sans essai simultané.

3.4.4 Surveillance de sous-couche [voir la Figure 3-14 d)]

Cette technique, qui s'inscrit à mi-chemin entre la surveillance avec intrusion et la surveillance sans intrusion, consiste à écraser une partie du surdébit du chemin originel afin de surveiller directement la connexion en cascade qui, en l'occurrence, sera la connexion réseau de la sous-couche surveillée. Lorsque le surdébit originel n'est pas utilisé, cette surveillance n'implique effectivement aucune intrusion dans le chemin initial.

Avec cette technique, tous les paramètres peuvent être testés directement, à supposer qu'une largeur de bande suffisante puisse être ajoutée au surdébit originel. En général, ce système n'autorise pas les recouvrements ou imbrications de connexions en cascade.

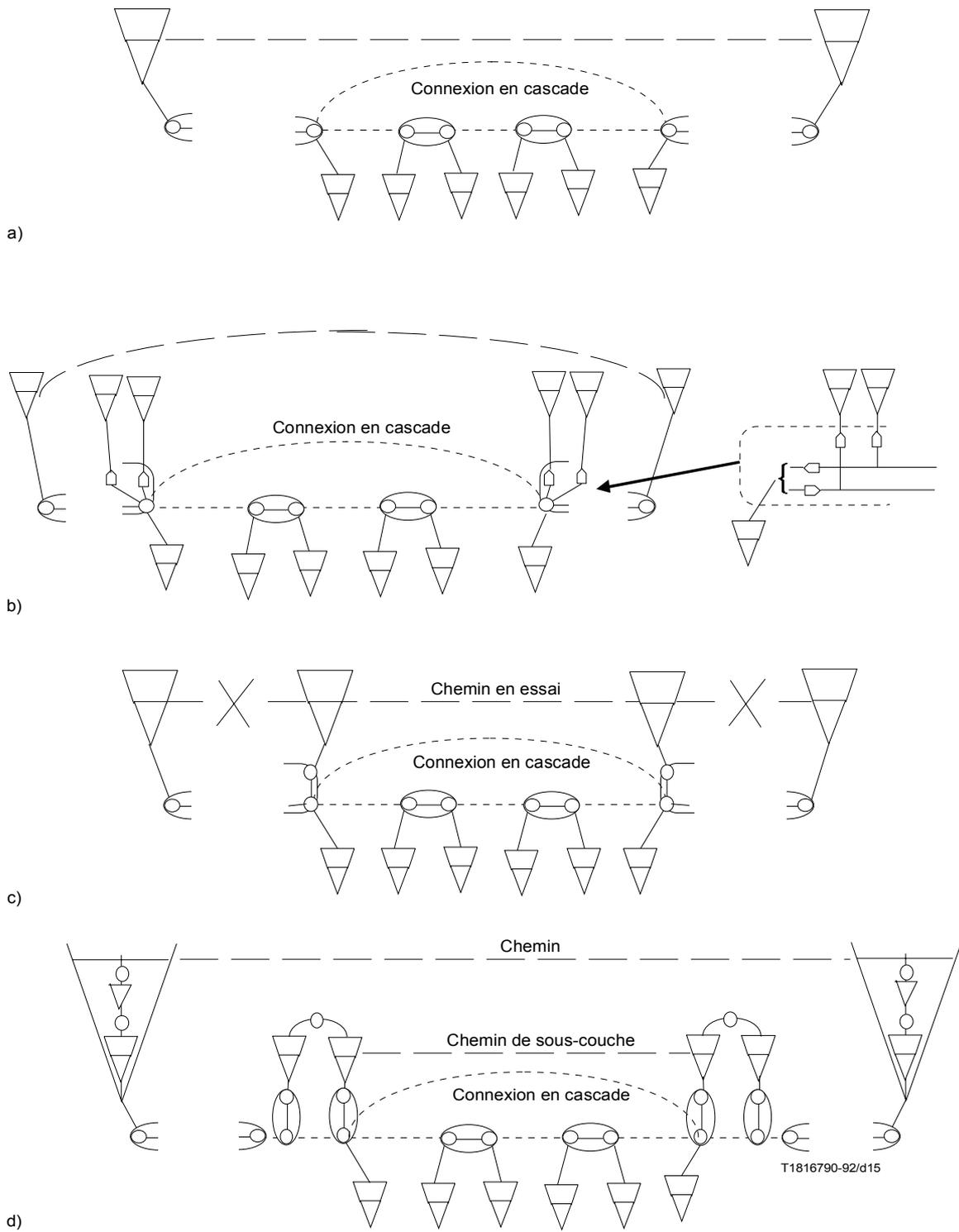


FIGURE 3-14/G.803
Surveillance d'une connexion en cascade

4 Application des concepts aux topologies et structures de réseau

4.1 Couches PDH sur couches SDH

La Figure 4-1 illustre une configuration dans laquelle des signaux en hiérarchie PDH sont transmis en hiérarchie SDH. Cinq réseaux de couche sont représentés:

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

4.2 Couches de cellules ATM sur couches SDH

La Figure 4-2 illustre une configuration dans laquelle les cellules mode ATM sont transportées en SDH. Trois réseaux de couche sont représentés:

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

L'exemple illustre deux terminaisons du conduit virtuel en ATM interconnectées avec un réseau de commutation 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.

5 Techniques d'amélioration de la disponibilité du réseau de transport

5.1 Introduction

Le présent paragraphe 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).

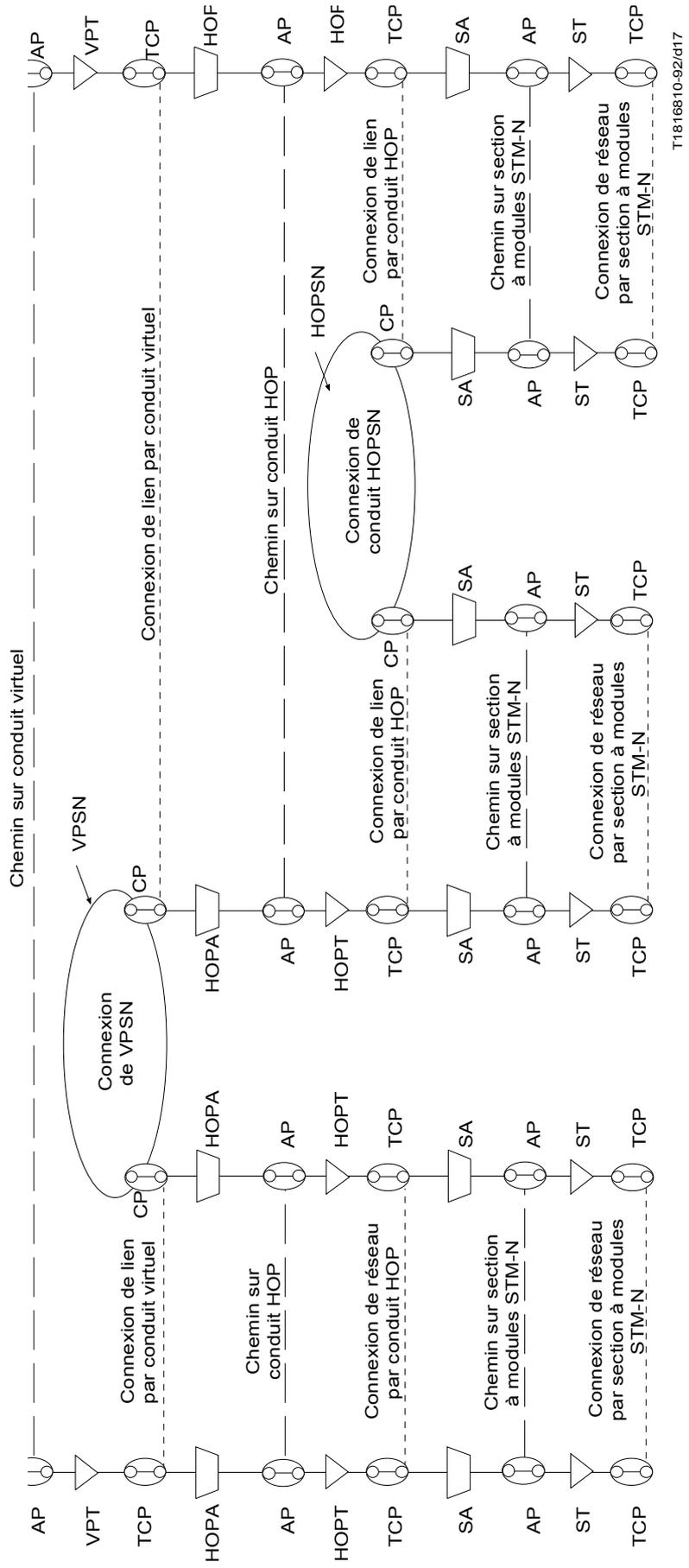
Le rétablissement fera appel à toute ressource disponible entre des nœuds. Les algorithmes utilisés pour le rétablissement mettront généralement en œuvre un réacheminement. Lors d'un rétablissement, un certain pourcentage de la capacité de transport du réseau sera réservée au réacheminement du trafic d'exploitation.

5.2 Rétablissement

A l'étude.

5.3 Protection

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



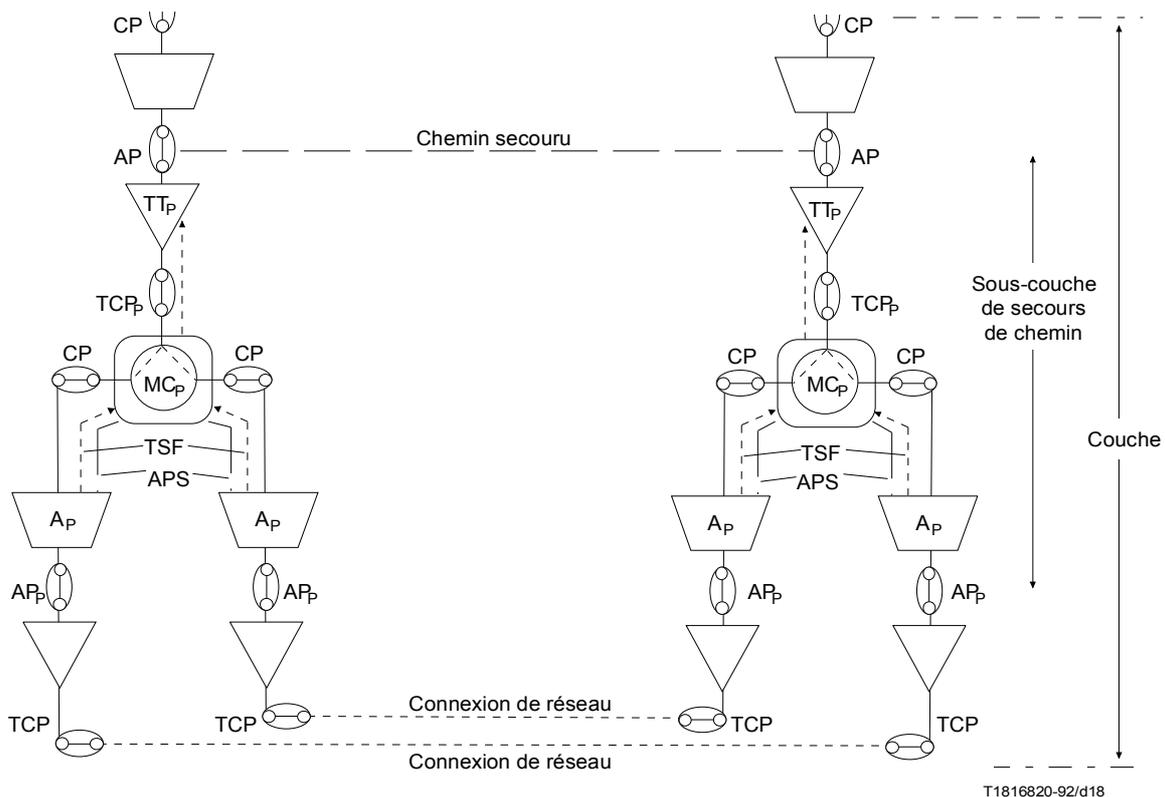
- VP Conduit virtuel
- VPT Terminaison de conduit virtuel
- VPSN Sous-réseau de conduit virtuel
- HOP Faisceau de niveau supérieur (par exemple à VC-4)
- HOPA Adaptation de conduit de niveau supérieur
- HOPT Terminaison de conduit de niveau supérieur
- HOPSN Sous-réseau de conduit de niveau supérieur
- SA Adaptation de section à modules STM-N
- ST Terminaison de section à modules STM-N
- AP Point d'accès
- TCP Point de connexion de terminaison
- CP Point de connexion

FIGURE 4-2/G.803

Application de l'architecture fonctionnelle en cas de prise en charge du mode ATM par la hiérarchie SDH

5.3.1 Protection du chemin

Un chemin d'exploitation est remplacé par un chemin de secours s'il tombe en panne ou si sa qualité tombe au-dessous du niveau prescrit. Cette opération est représentée par l'introduction d'une sous-couche secours comme indiqué à la Figure 5-1. Le point d'accès de la couche subit une extension conforme aux règles indiquées sur la Figure 3-11 pour faire partie de la fonction d'adaptation en secours et de la fonction de terminaison du chemin en secours de façon à constituer la sous-couche de secours. Une matrice de secours est utilisée pour représenter la commutation entre connexions de secours et connexions d'exploitation. La description de l'état des chemins dans la sous-couche secours est communiquée à la matrice de secours (panne de signal chemin sur la Figure 5-1). La fonction d'adaptation en secours permet l'accès à un canal de secours par commutation automatique (APS) (*automatic protection switch*) qui assurera la communication entre les fonctions de commande des matrices de secours. La terminaison du chemin fournira la description d'état du chemin serveur tandis que la terminaison du chemin en secours fournira la description d'état du chemin secouru.



- TSF Panne du signal de chemin
- APS Canal de secours par commutation automatique
- TT_P Terminaison du chemin en secours
- A_P Adaptation en secours
- MC_P Connexion de matrice en secours
- TCP_P Point TCP en secours
- AP_P Point d'accès en secours

FIGURE 5-1/G.803

Modèle générique du secours du chemin (sécurisation en 1 + 1)

5.3.2 Protection de la connexion de sous-réseau

Une connexion de sous-réseau en exploitation qui tombe en panne ou dont la qualité tombe au-dessous du niveau prescrit sera remplacée par une connexion de sous-réseau de secours.

Il faut noter qu'une connexion de sous-réseau peut être secourue dans une couche quelconque d'un réseau, si bien que la connexion de sous-réseau secourue peut être constituée d'une concaténation de connexions de sous-réseau de niveau inférieur et de connexions de liaison.

Certains opérateurs de réseau ont signalé qu'il pouvait être souhaitable de faire appel à des interventions bilatérales dans certaines applications. La nécessité de cette méthode d'intervention et sa mise en œuvre font l'objet d'une étude complémentaire.

Les connexions de sous-réseau ne possèdent pas de dispositif de surveillance intrinsèque, de sorte que les procédés de sécurisation des sous-réseaux peuvent aussi être caractérisés par la méthode utilisée pour surveiller les connexions de sous-réseau, ce qui est représenté par une sous-couche de secours telle qu'indiquée sur la Figure 5-2. Les points de connexion de sous-réseau subissent une extension conforme aux règles indiquées sur la Figure 3-11. Le cas général, qui fait appel aux fonctions de terminaison du chemin en secours et d'adaptation en secours, est illustré par la Figure 5-3. La description de l'état des chemins situés dans la couche serveuse est communiquée à la matrice (panne du signal serveur dans la Figure 5-3). Les fonctions de sécurisation peuvent être mises en œuvre au moyen d'un seul des procédés de surveillance de connexion décrits en 3.4:

Surveillance intrinsèque – Les informations issues de la couche serveuse (décrites en 3.4.1) servent à déclencher la commutation sur secours. Voir la Figure 5-4 à ce sujet.

Surveillance sans intrusion – La connexion de sous-réseau est surveillée par une fonction de terminaison du chemin qui est concaténée avec la connexion de sous-réseau comme indiqué à la Figure 5-5.

Surveillance avec intrusion – L'utilisation de ce mode de surveillance n'est pas recommandée dans le cadre d'un dispositif de secours.

Surveillance de sous-couche – L'introduction d'une sous-couche de surveillance permet de faire appel à la protection du chemin.

5.4 Exemples de protection d'un chemin SDH

On décrira ci-dessous quelques types particuliers de procédés de protection de la section de multiplexage utilisés en hiérarchie SDH. Ils sont caractérisés par le fait que c'est la fonction de terminaison de la section de multiplexage (MST) (*multiplex section termination*) qui détecte les événements de panne; la reconfiguration qui en résulte utilisera les fonctions de commutation sur secours qui se trouvent dans la sous-couche de protection de la section de multiplexage.

La configuration résultante peut impliquer une commutation sur secours dans plusieurs éléments de réseau en hiérarchie SDH, coordonnée par un protocole de secours par commutation automatique (APS).

5.4.1 Protection 1+1 de la section de multiplexage en hiérarchie SDH (voir la Figure 5-1)

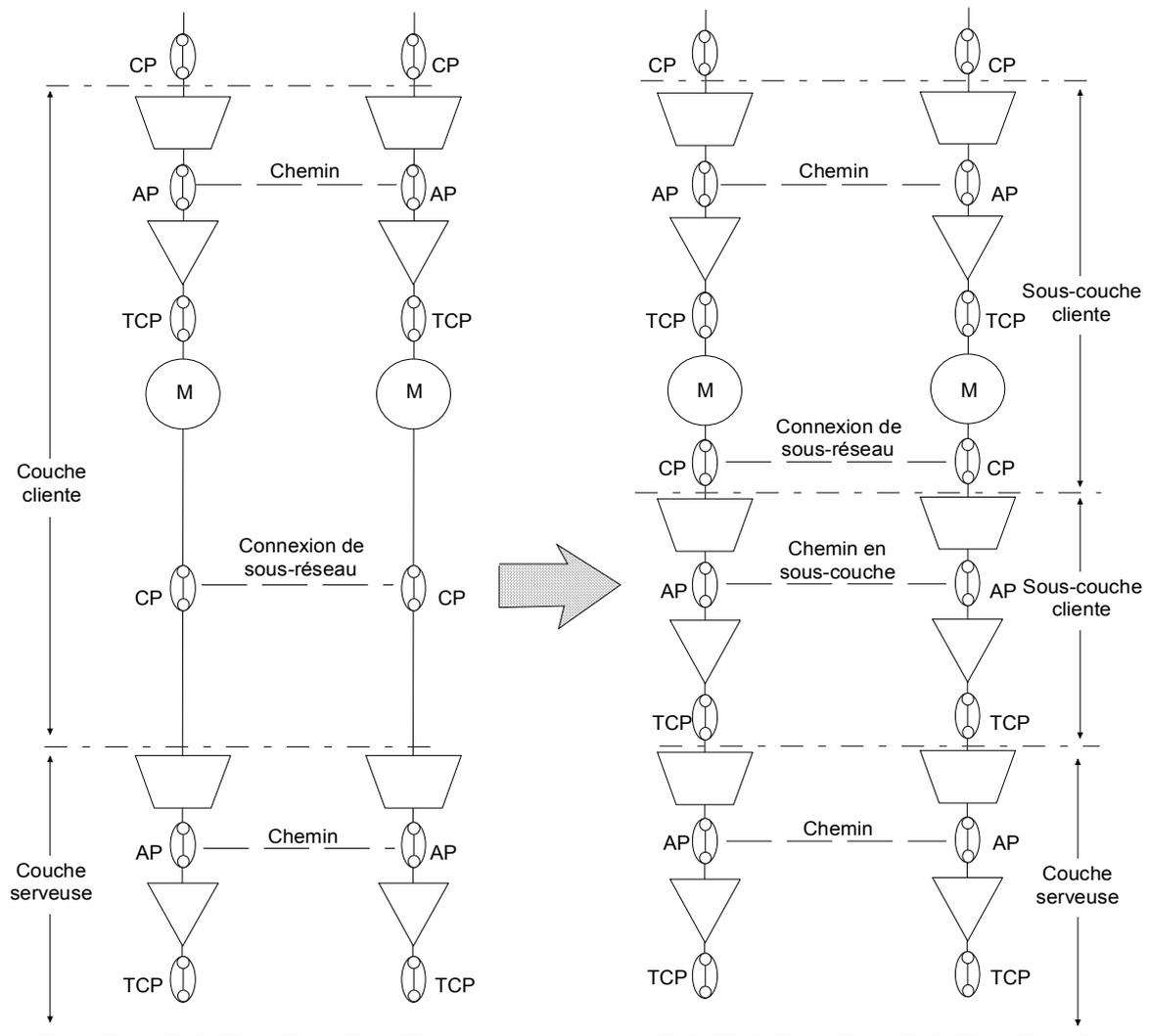
La protection 1+1 de la section de multiplexage en hiérarchie SDH est caractérisée par deux sections de multiplexage parallèles, dont chacune est dotée d'une capacité équivalant à la capacité maximale des conduits de niveau supérieur.

Le protocole de protection APS 1+1 de la section de multiplexage est décrit dans la Recommandation G.783.

5.4.2 Protection 1:N de la section de multiplexage en hiérarchie SDH

La protection 1:N de la section de multiplexage en hiérarchie SDH est caractérisée par l'existence d'une section de multiplexage de plus qu'il n'en faut pour prendre en charge le conduit de niveau supérieur à secourir. Lorsqu'elle n'est pas appelée à prendre en charge des conduits de niveau supérieur, cette capacité additionnelle de la section de multiplexage peut servir à transporter un «trafic complémentaire» qui ne sera pas lui-même secouru.

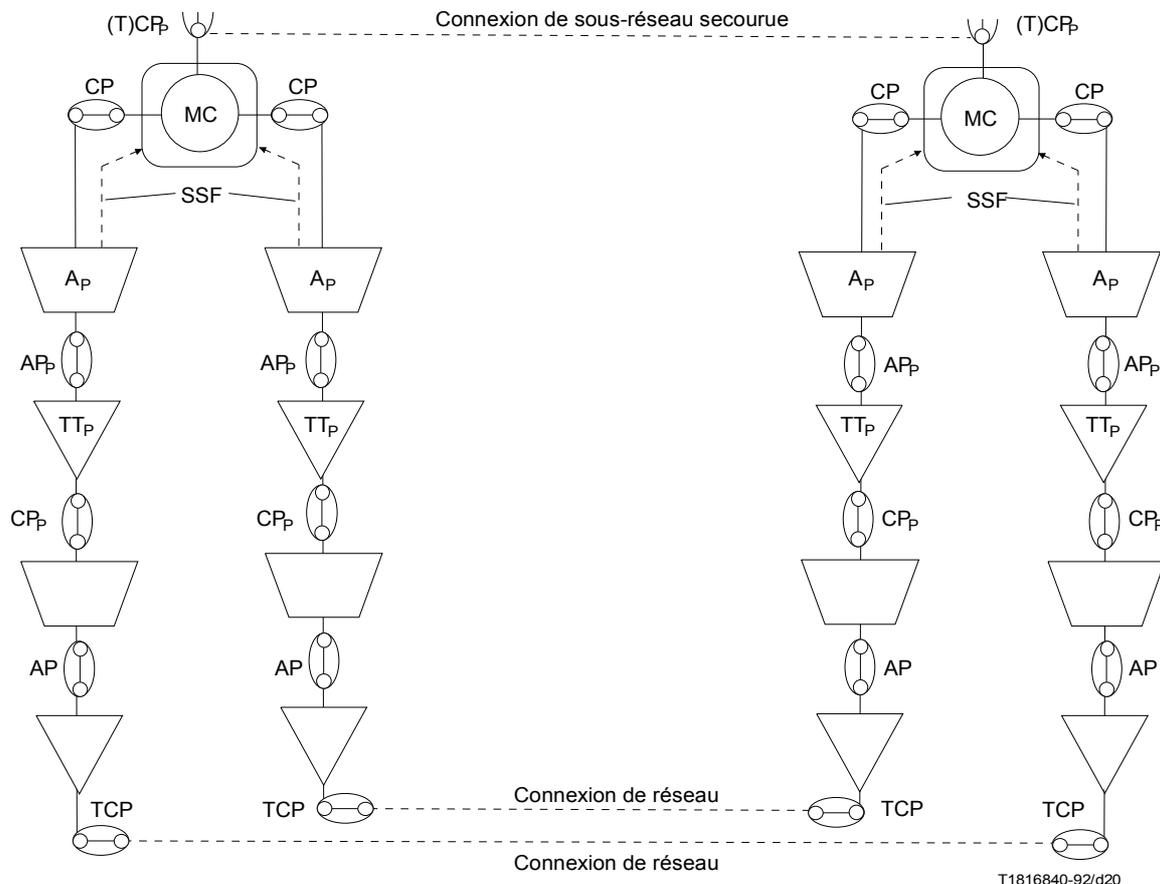
Le protocole de protection APS 1:N de la section de multiplexage est décrit dans la Recommandation G.783.



T1816830-92/d19

FIGURE 5-2/G.803

Extension des points de connexion pour assurer le secours des sous-réseaux



- SSF Panne du signal de couche serveuse
- TT_p Terminaison du chemin en secours
- A_p Adaptation en secours
- MC Connexion de matrice
- TCP_p Point TCP en secours
- AP_p Point d'accès en secours
- CP_p Point de connexion en secours

FIGURE 5-3/G.803

Modèle générique du secours de connexion en sous-réseau

5.4.3 Boucles de protection partagée de la section de multiplexage en hiérarchie SDH (voir la Figure 5-6)

Les boucles de protection partagée de la section de multiplexage sont caractérisées par une équirépartition de la capacité utile d'une section de multiplexage entre capacité d'exploitation et capacité de secours. Par exemple, pour une boucle à modules STM de niveau N sur deux fibres, on disposera de N/2 groupes d'unités administratives (AUG) pour l'exploitation et de N/2 groupes AUG pour le secours; alors qu'avec une boucle à modules STM de niveau N sur quatre fibres, on disposera de N groupes AUG pour l'exploitation et de N groupes AUG pour le secours. L'indication du partage tient compte du fait que la capacité de secours d'une boucle peut être reçue en partage par toute section de multiplexage d'une boucle à nœuds multiples en cas de condition de panne de cette section ou d'un de ces nœuds. Le partage de la capacité de secours peut permettre d'obtenir une amélioration, par rapport à d'autres types de boucle, de la capacité d'écoulement de trafic en conditions normales.

La protection par boucle de la section de multiplexage est fondée sur la détection des pannes par la fonction de la section de multiplexage de part et d'autre de la partie défaillante de la boucle avec reconfiguration dans la couche cliente qui assure la commutation sur secours.

En conditions normales, cette capacité de secours peut servir à prendre en charge un trafic de moindre priorité.

Le protocole de protection APS par boucles de protection partagée de la section de multiplexage sera fondé sur une amélioration du protocole actuellement défini dans la Recommandation G.783, utilisant l'octet K pour une protection APS 1:N. Le fonctionnement de ce type de boucle est toujours bilatéral.

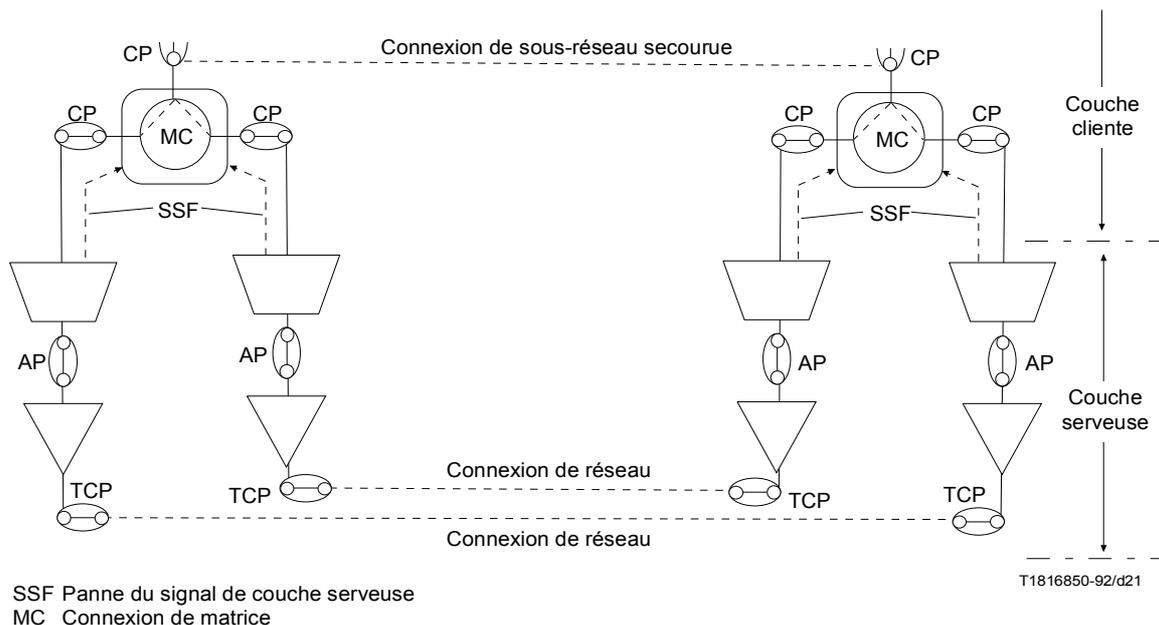


FIGURE 5-4/G.803

Secours automatique d'une connexion de sous-réseau sur panne du signal de couche serveuse

5.4.4 Protection par boucle spécialisée de la section de multiplexage en hiérarchie SDH (voir la Figure 5-7)

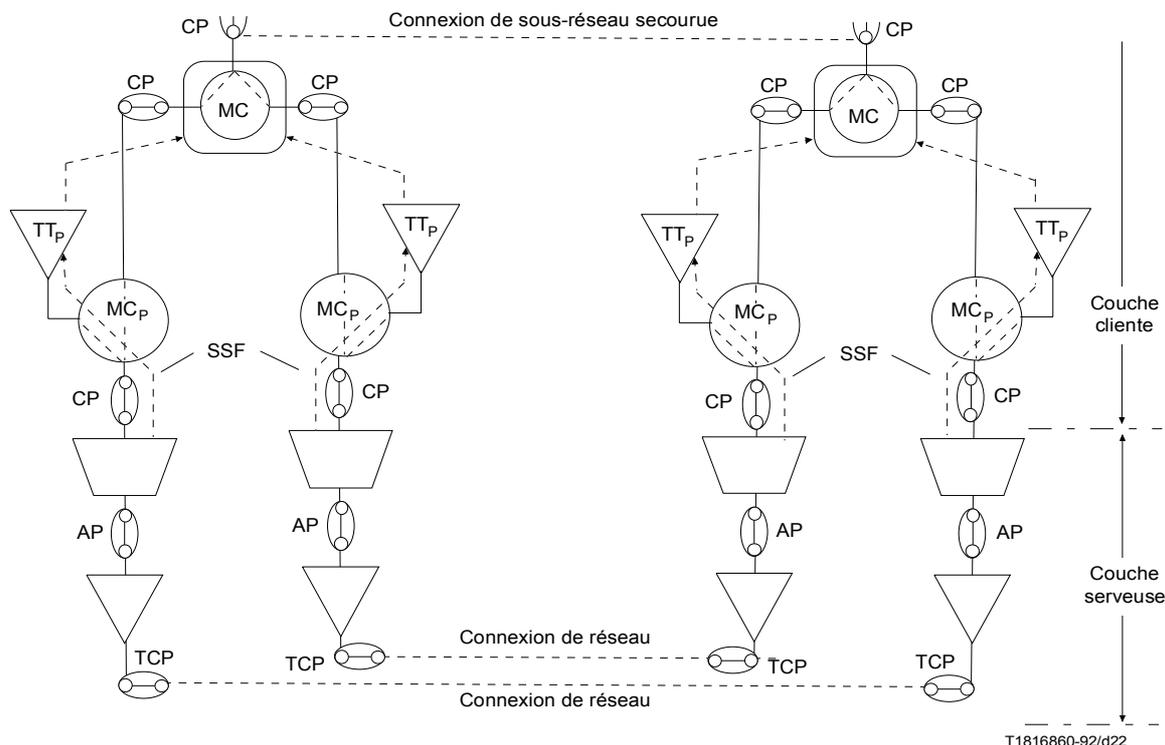
La protection par boucle spécialisée de la section de multiplexage est caractérisée par une sécurisation du type 1:1 fondée sur une intervention unilatérale.

En conditions de panne, l'ensemble du groupe AUG est bouclé sur la voie de secours. La protection par boucle spécialisée de la section de multiplexage est fondée sur la détection des pannes par les fonctions de terminaison MST situées dans les éléments du réseau en hiérarchie SDH. Le fonctionnement de ce type de boucle est toujours bilatéral.

Le protocole de protection APS par boucles spécialisées de la section de multiplexage sera fondé sur une amélioration du protocole actuellement défini dans la Recommandation G.783, utilisant l'octet K pour une protection APS 1:1.

5.5 Exemples de protection d'une connexion de sous-réseau SDH

On trouvera ci-dessous des exemples d'application de boucles de couche conduits de niveau supérieur et de couche conduits de niveau inférieur en hiérarchie SDH.



SSF Panne du signal de couche serveuse
 MC Connexion de matrice
 MC_p Connexion de matrice en secours
 TT_p Terminaison du cheminement en secours

FIGURE 5-5/G.803

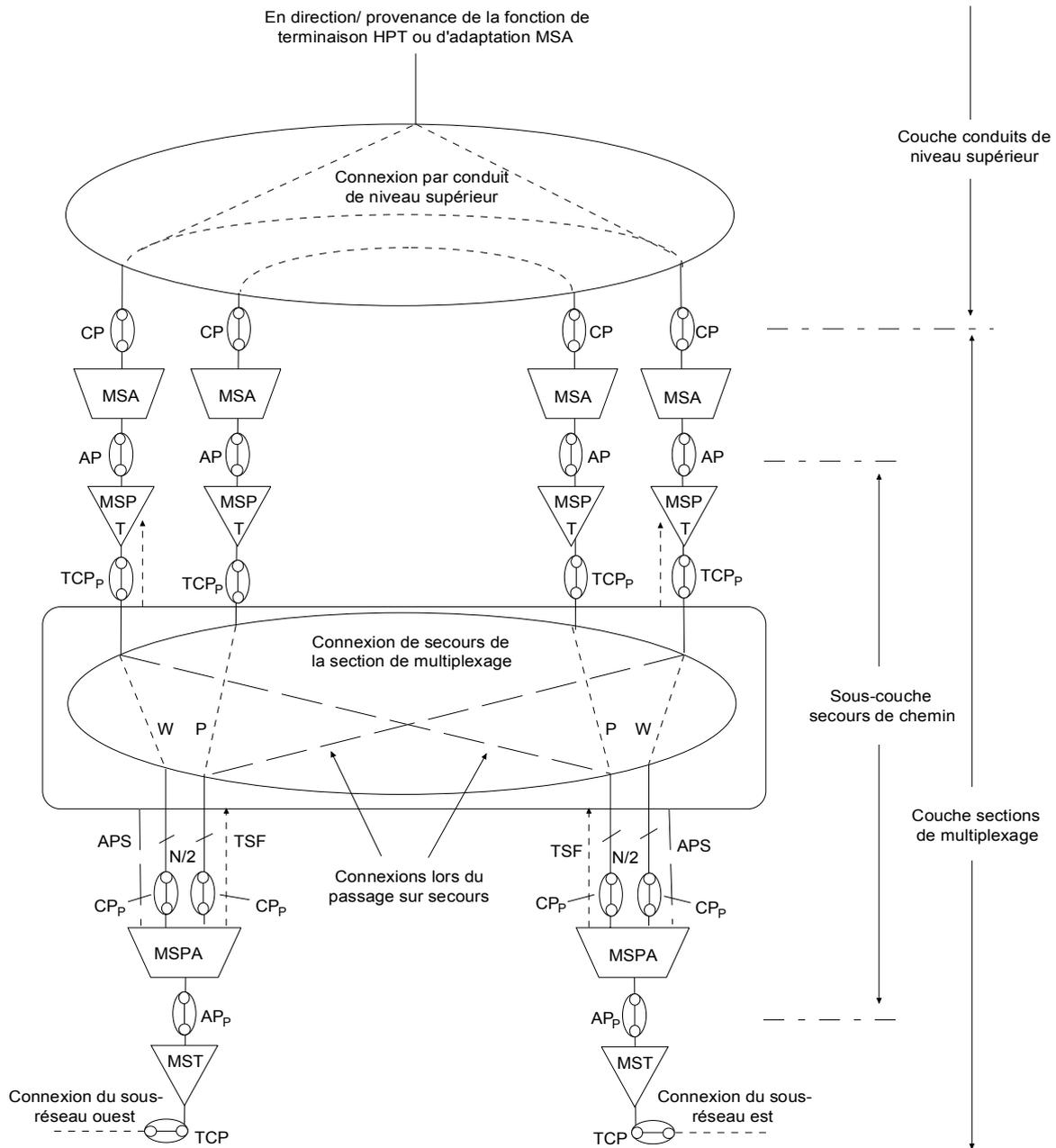
Secours d'une connexion de sous-réseau avec surveillance sans intrusion

5.5.1 Protection par boucle de niveau supérieur en hiérarchie SDH

La protection par boucle de niveau supérieur, parfois appelée «protection du conduit de niveau supérieur par commutation de boucle», est caractérisée par la transmission des informations caractéristiques du conduit de niveau supérieur dans les deux sens de la boucle (au moyen d'une fonction de commutation sur secours du conduit de niveau supérieur qui est située dans l'élément de réseau au niveau duquel le conduit de niveau supérieur pénètre dans la boucle). Un des signaux est choisi dans l'élément de réseau au niveau duquel le conduit de niveau supérieur sort de la boucle. Les conduits de niveau supérieur sont commutés individuellement et dans un seul sens, sur la base d'informations purement locales se trouvant dans l'élément de réseau au niveau duquel le conduit de niveau supérieur sort de la boucle. Il est donc possible de mettre en œuvre une protection par boucle de niveau supérieur sans aucun protocole de protection APS.

Dans le cas d'une surveillance intrinsèque – la reconfiguration des fonctions de commutation sur protection du conduit de niveau supérieur résulte de la détection des événements de panne «perte de pointeurs d'unité administrative» ou «AIS d'unité administrative» (ou de pannes détectées à la terminaison MST locale qui déclenchent un AIS dans toutes les unités administratives) dans l'élément de réseau au niveau duquel le conduit sort de la boucle. Ce procédé ne détecte pas (ni ne secourt) les dégradations qui n'ont d'incidence que sur les conduits de niveau supérieur secourus et non pas sur la section de multiplexage qui aboutit à ce point (comme les erreurs introduites dans une section de multiplexage précédente).

Dans le cas d'une surveillance sans intrusion – le secours consiste à ajouter une fonction de terminaison en protection du conduit de niveau supérieur, comme indiqué sur la Figure 5-5. Cela permet de détecter des pannes ou des dégradations sur des conduits individuels.

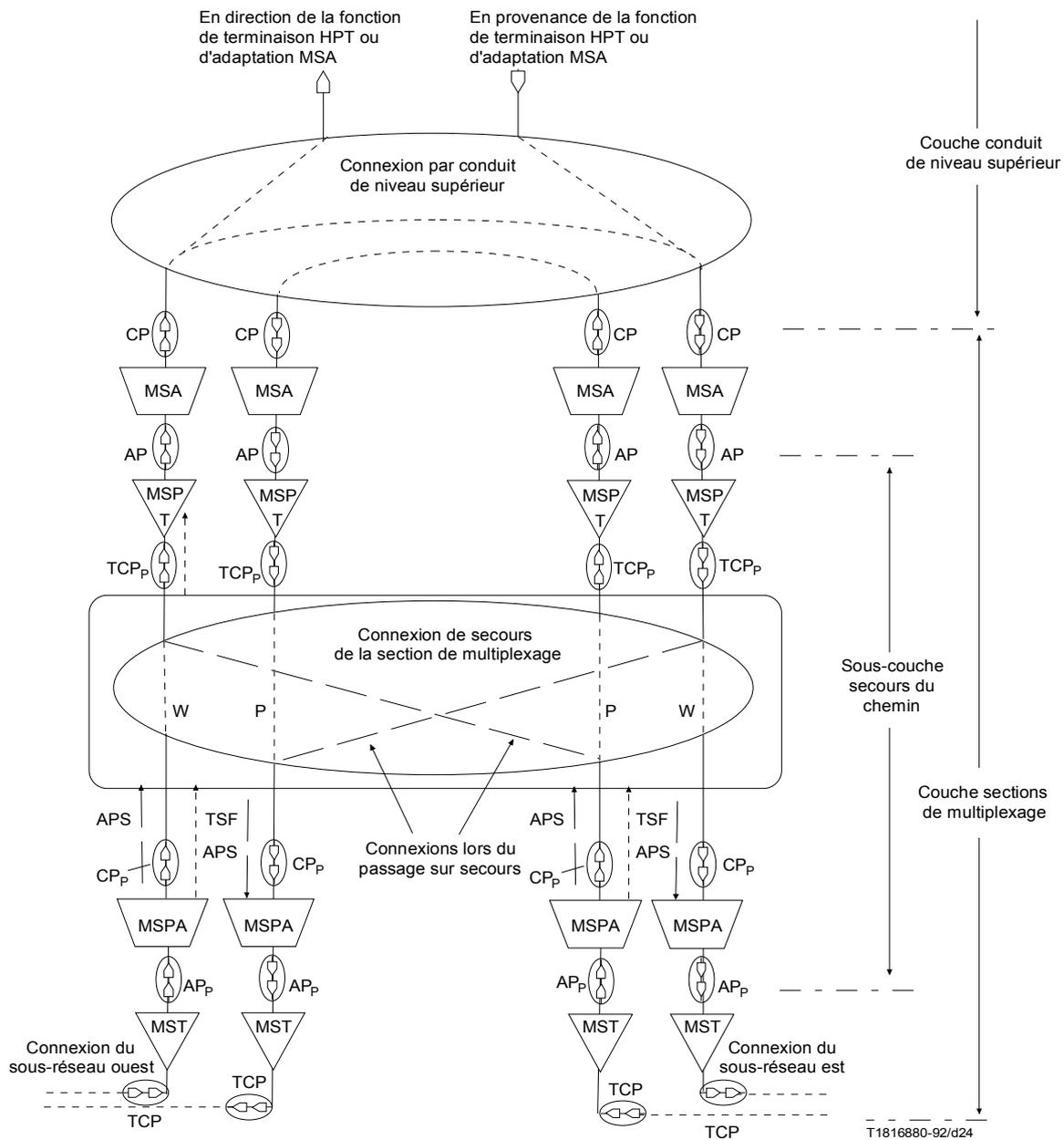


T1816870-92/d23

- TSF Panne du signal de conduit
- APS Canal de secours par commutation automatique
- HPT Terminaison de conduit de niveau supérieur
- MSPT Terminaison du secours de la section de multiplexage
- MSPA Adaptation du secours de la section de multiplexage
- MSA Adaptation de la section de multiplexage
- MST Terminaison de la section de multiplexage
- TCP_p Point TCP en secours
- AP_p Point d'accès en secours
- CP_p Point de connexion en secours

FIGURE 5-6/G.803

Boucle de la section de multiplexage en secours partagé



- TSF Panne du signal de conduit
- APS Canal de secours par commutation automatique
- HPT Terminaison de conduit de niveau supérieur
- MSPT Terminaison du secours de la section de multiplexage
- MSPA Adaptation du secours de la section de multiplexage
- MSA Adaptation de la section de multiplexage
- MST Terminaison de la section de multiplexage
- TCP_p Point TCP en secours
- AP_p Point d'accès en secours
- CP_p Point de connexion en secours

FIGURE 5-7/G.803

Boucle de la section de multiplexage en secours spécialisé

5.5.2 Protection par boucle de niveau inférieur en hiérarchie SDH

La protection par boucle de niveau inférieur en hiérarchie SDH est analogue dans son principe à la protection par boucle de niveau supérieur décrite de façon générale dans la Figure 5-3.

La protection par boucle de niveau inférieur est caractérisée par la transmission des informations caractéristiques du conduit de niveau inférieur dans les deux sens de la boucle (au moyen d'une fonction de commutation sur protection du conduit de niveau inférieur qui est située dans l'élément de réseau au niveau duquel le conduit de niveau inférieur pénètre dans la boucle). Un des signaux est choisi dans l'élément de réseau au niveau duquel le conduit de niveau inférieur sort de la boucle. Les conduits de niveau inférieur sont commutés individuellement et dans un seul sens, sur la base d'informations purement locales se trouvant dans l'élément de réseau au niveau duquel le conduit de niveau inférieur sort de la boucle. Il est donc possible de mettre en œuvre une protection par boucle de niveau inférieur sans aucun protocole de protection APS.

Dans le cas d'une surveillance intrinsèque – la reconfiguration des fonctions de commutation sur protection du conduit de niveau inférieur résulte de la détection des événements de panne «perte de pointeurs d'unité d'affluent» ou «AIS d'unité d'affluent» (ou de pannes détectées à la terminaison MST locale ou à la terminaison d'un conduit de niveau supérieur, qui déclenchent un AIS dans toutes les unités d'affluent) dans l'élément de réseau au niveau duquel le conduit sort de la boucle. Ce procédé ne détecte pas (ni ne secourt) les dégradations qui n'ont d'incidence que sur les conduits de niveau inférieur secourus et non pas sur le conduit de niveau supérieur qui aboutit à ce point (comme les erreurs introduites dans un conduit de niveau supérieur précédent).

Dans le cas d'une surveillance sans intrusion – la protection consiste à ajouter une fonction de terminaison en protection du conduit de niveau inférieur, comme indiqué sur la Figure 5-5. Cela permet de détecter des pannes ou des dégradations sur des conduits individuels.

6 Architecture des réseaux de synchronisation

6.1 Introduction

Le présent paragraphe décrit les aspects «architecture» de la répartition de l'information de synchronisation dans un réseau en hiérarchie SDH. Il met l'accent sur le fait que les horloges SDH doivent être asservies à une horloge de référence primaire (PRC) et présenter une bonne caractéristique de stabilité à court terme.

Il est par ailleurs expliqué que, dans la mesure où l'horloge SDH respecte le gabarit de stabilité à court terme, rien ne vient dans la pratique limiter le nombre d'éléments de traitement du pointeur qui peuvent être combinés en cascade dans un réseau SDH lorsqu'il s'agit de respecter les caractéristiques de gigue en sortie de charge utile au niveau d'une limite entre hiérarchies SDH/PDH.

Les scénarios évolutifs proposés montrent comment la synchronisation d'un réseau SDH peut être intégrée avec le réseau de synchronisation existant.

6.2 Synchronisation des réseaux

6.2.1 Méthodes de synchronisation

On dispose de deux méthodes principales pour synchroniser les horloges nodales; ces méthodes sont exposées dans la Recommandation G.810:

- synchronisation maître-esclave;
- synchronisation mutuelle.

La synchronisation maître-esclave convient pour synchroniser des réseaux en hiérarchie SDH et les lignes qui suivent proposent quelques directives d'application de cette méthode. Les possibilités d'utilisation d'une synchronisation mutuelle seront étudiées ultérieurement.

La synchronisation maître-esclave repose sur une hiérarchisation des horloges dans laquelle chaque niveau de la hiérarchie est synchronisé par référence à un niveau supérieur, le niveau le plus élevé étant l'horloge PRC. Les signaux de référence d'horloge sont répartis entre les divers niveaux de la hiérarchie par l'intermédiaire d'un réseau de distribution qui peut utiliser les installations du réseau de transport. Les niveaux hiérarchiques sont les suivants:

- | | |
|--------------------------------------|--------------|
| – Horloge PRC | G.811 |
| – Horloge asservie (nœud de transit) | G.812 |
| – Horloge asservie (nœud local) | G.812 |
| – Horloge d'élément du réseau SDH | Voir la Note |

NOTE – Une nouvelle Recommandation, qui est en préparation, spécifiera le niveau de qualité des horloges aptes à fonctionner dans les équipements en hiérarchie SDH.

La répartition de la synchronisation entre horloges nodales hiérarchisées doit se faire par une méthode évitant tout traitement intermédiaire du pointeur. Les deux méthodes envisagées sont les suivantes:

- 1) Récupération de synchronisation à partir d'un signal de module STM-N reçu (ce qui évite l'effet imprévisible d'un ajustement du pointeur sur l'horloge asservie en aval. Un complément d'étude permettra de déterminer la méthode exacte à adopter).
- 2) Obtention de la synchronisation à partir d'un chemin de synchronisation indépendant du réseau SDH.

La méthode maître-esclave repose sur une technique de synchronisation locale, l'horloge asservie déterminant le chemin de synchronisation à utiliser comme référence et adoptant un autre signal lorsque le chemin initial est défectueux. Il s'agit d'un système de transmission de commande unilatéral.

6.2.2 Architecture du réseau de synchronisation

Compte tenu de l'architecture utilisée dans les réseaux SDH, la synchronisation de toutes les horloges d'élément du réseau doit pouvoir être ramenée à une horloge PRC conforme à la Recommandation G.811. L'exposé qui suit définit de façon détaillée l'architecture cible de synchronisation d'un réseau SDH. Le paragraphe 6.2.6 traite de l'évolution de la technique.

On distinguera ci-dessous deux catégories de répartition de la synchronisation, selon qu'elle s'effectue à l'intérieur des nœuds contenant une horloge de niveau G.812 ou entre les nœuds.

- a) A l'intérieur des nœuds contenant une horloge de niveau G.812, la répartition de la synchronisation se fait selon une topologie logique en étoile. Toutes les horloges d'élément du réseau relevant d'une limite de nœud de niveau inférieur obtiennent leur synchronisation à partir des horloges du niveau hiérarchique le plus élevé du nœud en question. Seule l'horloge de ce niveau le plus élevé prend sa synchronisation sur les liaisons de synchronisation issues d'autres nœuds. La synchronisation est répartie à partir des éléments de réseau situés à l'intérieur de la limite considérée vers les éléments de réseau situés au-delà de cette limite, par l'intermédiaire du support de transmission SDH. La relation qui existe entre les horloges d'un nœud est illustrée à la Figure 6-1.
- b) Entre les nœuds, la répartition présente une topologie arborescente et permet de synchroniser tous les nœuds du réseau SDH. La relation hiérarchique entre les horloges est illustrée à la Figure 6-2. Avec cette architecture, il est important, pour le bon fonctionnement du réseau de synchronisation, que les horloges de niveau hiérarchique inférieur n'acceptent que les signaux de synchronisation provenant des horloges du même niveau ou du niveau immédiatement supérieur; il faut également éviter les boucles de synchronisation. Pour préserver cette relation, le réseau de répartition doit être conçu de telle sorte que, même en cas de défaillance du système, seules des références valides de niveau supérieur soient présentées aux horloges hiérarchisées.

Les horloges de niveau hiérarchique inférieur doivent présenter une fourchette de captage suffisamment large pour une acquisition et un verrouillage automatiques du signal de synchronisation produit par l'horloge de même niveau ou de niveau immédiatement supérieur qu'elles utilisent comme référence.

La structure du réseau de répartition est illustrée à la Figure 6-3, selon les conventions schématiques de l'article 3. Les informations de référence de phase sont transférées entre les nœuds de synchronisation par un chemin de synchronisation. Lorsqu'un chemin n'est plus en service, le contrôleur de nœud doit sélectionner une autre référence dans l'ensemble des possibilités valables. Lorsque aucune possibilité n'est identifiée, l'horloge passe en régime libre.

Le chemin de répartition est assuré par une ou plusieurs connexions de liaison de synchronisation assorties chacune d'un chemin PDH à débit primaire ou secondaire synchronisé ou d'un chemin de la section de multiplexage SDH. Lorsque le réseau de répartition est en hiérarchie SDH, il convient de prévoir une ou plusieurs connexions de liaison, chacune assortie d'un chemin de la section de multiplexage, afin de respecter les impératifs définis en 6.2.1 ci-dessus. Les connexions (commutateurs) de sous-réseau du chemin de synchronisation doivent être configurées de telle sorte que seules les relations hiérarchiques valables soient maintenues entre les horloges. Les algorithmes permettant de parvenir à ce résultat dans les réseaux de répartition de référence SDH sont à l'étude.

La Figure 6-3 indique une synchronisation par l'horloge de l'élément de réseau SDH pour la liaison de synchronisation qui répartit la base de temps issue du réseau public par l'intermédiaire d'une interface usager/réseau. Les caractéristiques de qualité autorisées par cette méthode et par d'autres techniques, comme le recours à la base de temps des unités TU-1x transportant le signal de données, sont à l'étude.

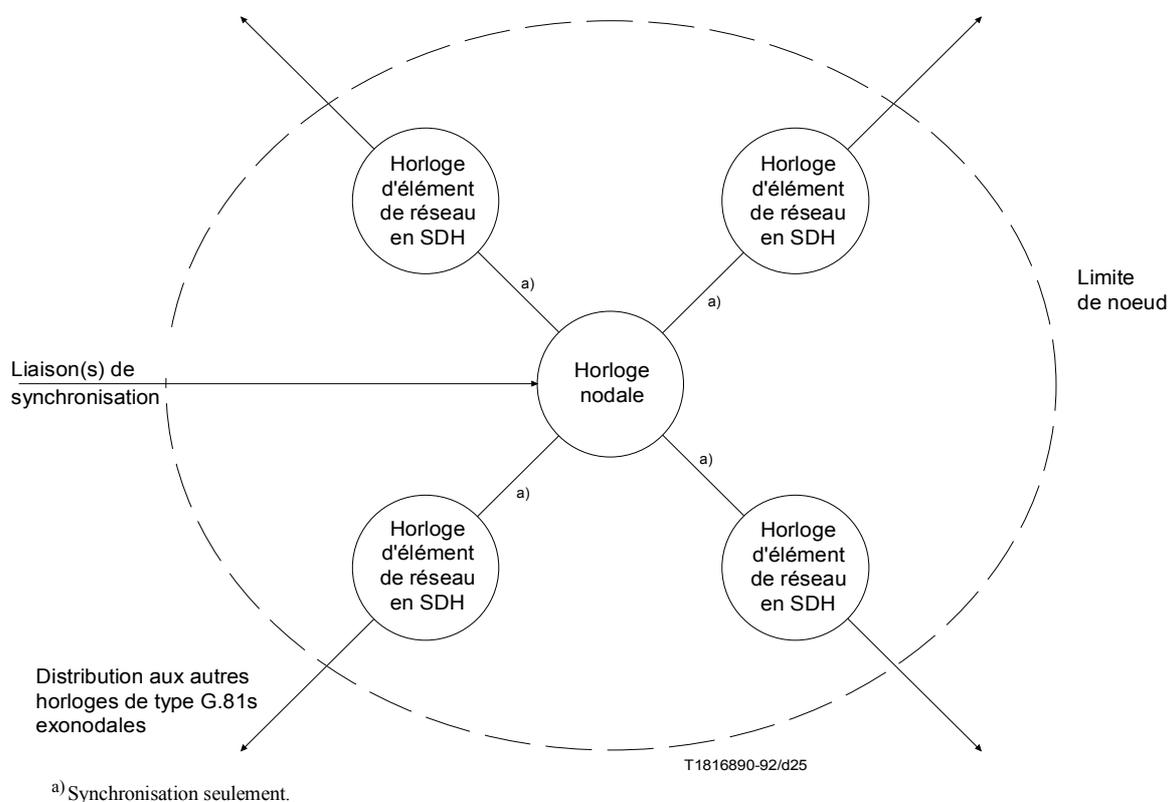


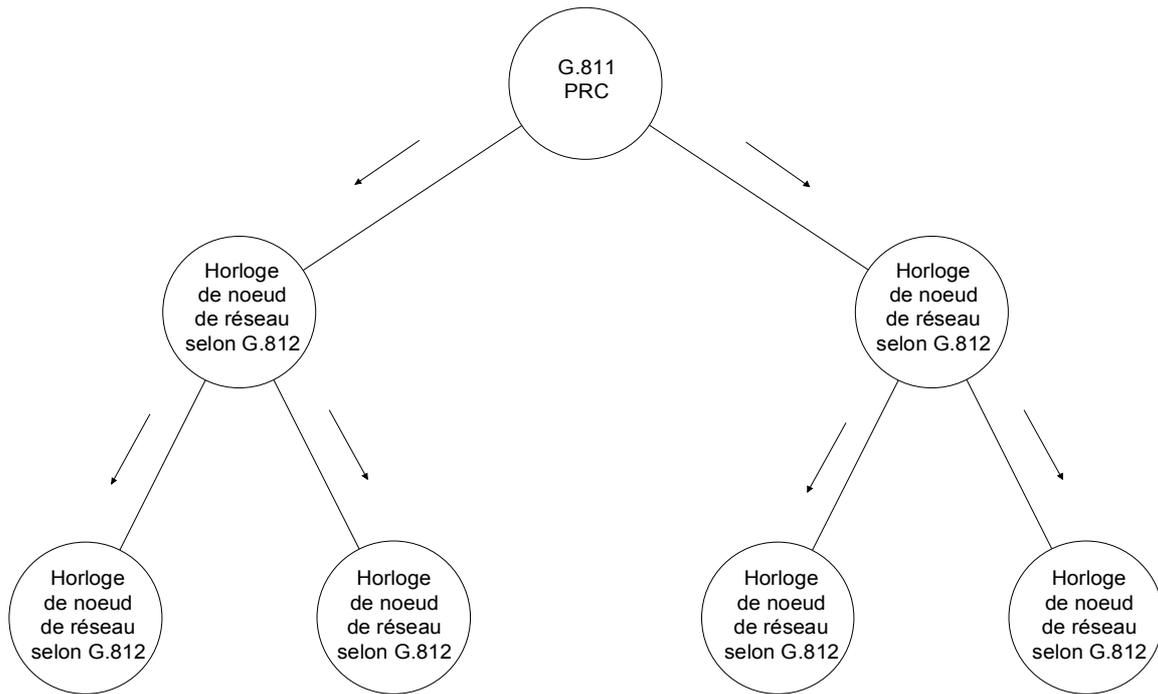
FIGURE 6-1/G.803

Répartition nodale des éléments d'architecture du réseau de synchronisation

6.2.3 Modes de synchronisation

On distingue quatre modes de synchronisation:

- synchrone;
- pseudo-synchrone (décrit ci-dessous);
- plésiochrone;
- asynchrone.



T1816900-92/d26

PRC Horloge de référence primaire

FIGURE 6-2/G.803

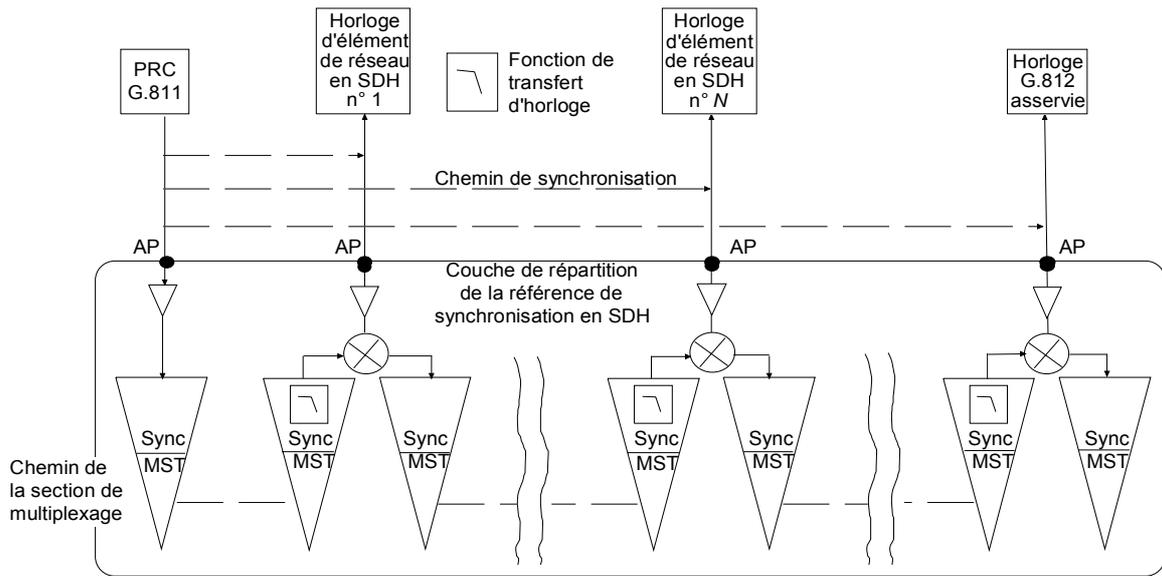
Répartition internodale des éléments d'architecture du réseau de synchronisation

En mode synchrone, toutes les horloges du réseau peuvent être ramenées à la PRC du réseau. Les ajustements du pointeur n'ont lieu que de façon aléatoire. C'est le mode normal de fonctionnement dans le domaine d'un même exploitant.

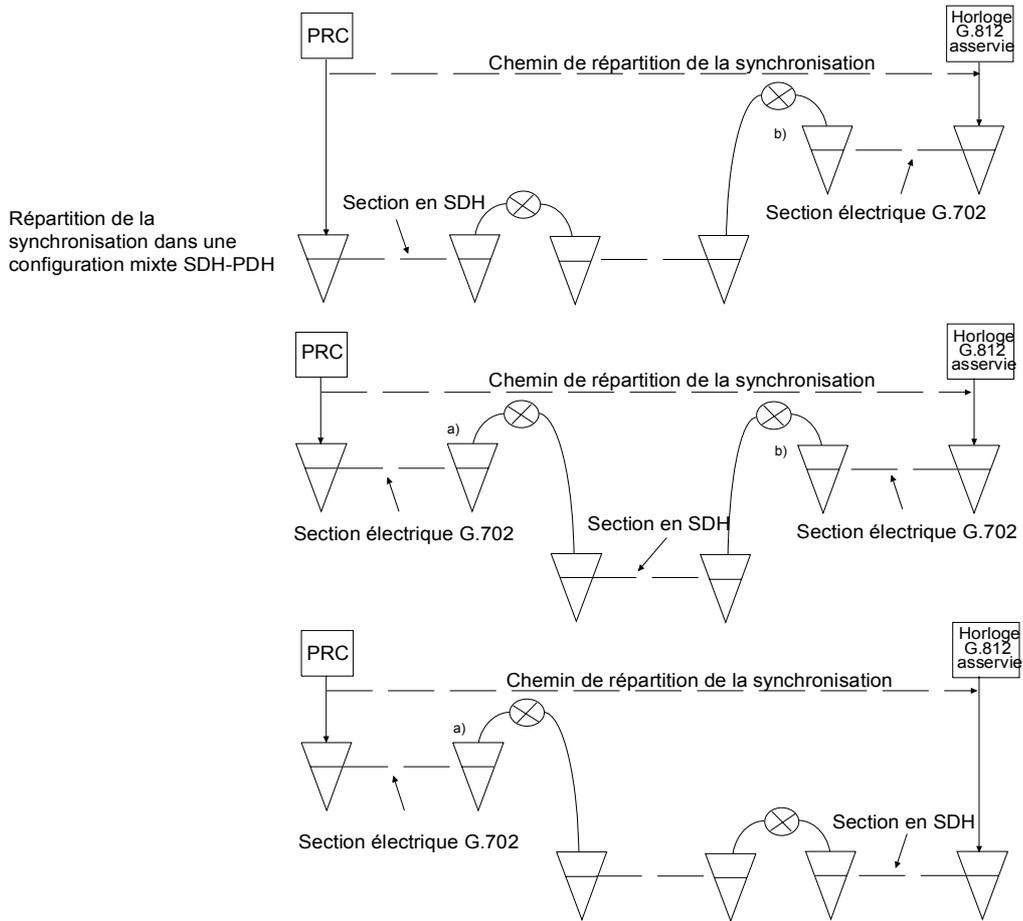
En mode pseudo-synchrone, toutes les synchronisations d'horloge ne peuvent pas être ramenées à la même horloge PRC. Toutefois, chaque horloge PRC sera conforme à la Recommandation G.811, si bien que les ajustements de pointeur auront lieu dans l'élément de réseau situé à la limite de synchronisation. C'est le mode normal de fonctionnement dans un réseau international et entre exploitants.

En mode plésiochrone, le chemin de synchronisation et le ou les circuit(s) de renvoi sur horloge(s) du réseau sont mis hors fonction. L'horloge passe en régime libre ou en fonctionnement autonome. Lorsque la synchronisation est perdue par rapport à un élément de réseau SDH tête de ligne procédant à une mise en correspondance asynchrone, l'excursion de fréquence et la dérive de l'horloge provoquent des ajustements du pointeur pendant toute la période de connexion du réseau SDH. Lorsque la synchronisation est perdue par rapport au dernier élément du réseau de la connexion du réseau SDH (ou à l'avant-dernier élément du réseau si le dernier est asservi, par exemple dans le cas d'un multiplexeur à synchronisation en boucle), le système procède également à ces ajustements du pointeur à la sortie du réseau SDH. Toutefois, lorsque la perte de synchronisation se produit au niveau d'un élément de réseau intermédiaire, on n'observe aucune variation globale d'état du pointeur au niveau de l'élément de réseau tête de ligne de sortie finale dans la mesure où l'élément de réseau tête de ligne entrante demeure synchronisé avec l'horloge PRC. Les modifications du pointeur, au niveau de l'élément de réseau intermédiaire, seront corrigées par le prochain élément de réseau de la connexion encore synchronisé.

Le mode asynchrone correspond à une situation dans laquelle on observe d'importantes excursions de fréquence. Le réseau SDH n'est pas tenu de conserver le trafic dont la précision d'horloge est inférieure à la valeur qui sera spécifiée dans une future Recommandation relative aux horloges d'élément de réseau SDH. Une précision d'horloge de ± 20 millionièmes est requise pour envoyer des signaux AIS (applicable aux régénérateurs et à tous les autres équipements SDH dans lesquels une perte des signaux de synchronisation entrants se traduit par une perte de l'ensemble du trafic).



Répartition de la synchronisation dans un réseau en hiérarchie SDH



- a) Élément de réseau en SDH synchronisé sur une entrée d'affluents G.702.
- b) Sortie d'affluents G.702 resynchronisée à partir d'un élément de réseau en SDH.

T1816910-92/d27

FIGURE 6-3/G.803
Répartition de la synchronisation

6.2.4 Chaîne de référence du réseau de synchronisation

La chaîne de référence du réseau de synchronisation est illustrée à la Figure 6-4. Les horloges nodales sont interconnectées par l'intermédiaire de N éléments de réseau dotés chacun d'horloges conformes à une future Recommandation relative aux horloges d'élément de réseau SDH.

La chaîne la plus longue ne doit pas dépasser K horloges asservies, conformes à la Recommandation G.812. Un seul type d'horloge asservie G.812 est illustré puisque la différence de caractéristique de transfert entre l'horloge de transit et l'horloge locale n'a pas de signification pour la synchronisation d'un réseau SDH, contrairement à un réseau PDH sensible aux instabilités à long terme.

La qualité de la synchronisation est inversement proportionnelle au nombre de liaisons de synchronisation.

La valeur de N est limitée par la qualité de synchronisation requise par le dernier élément de réseau de la chaîne, ce qui permet de respecter le gabarit de stabilité à court terme de la Recommandation G.783.

Pour déterminer les spécifications de l'horloge de synchronisation, les valeurs pour la chaîne de référence lors du pire cas de synchronisation sont les suivantes: $K = 10$ et $N = 20$, le nombre total d'horloges d'élément de réseau SDH étant limité à 60. Ces valeurs ont été déduites de calculs théoriques; des mesurages sur le terrain sont nécessaires afin de les vérifier. Il convient cependant de remarquer que, lors d'une étude de conception d'un réseau de synchronisation, il y aura lieu de minimiser le nombre d'éléments de réseau en cascade, pour des raisons relevant de la fiabilité.

6.2.5 Méthode de synchronisation

La méthode de synchronisation consiste à intégrer la synchronisation du réseau SDH avec l'architecture de synchronisation du réseau PDH existant avec un minimum de perturbations et de reconfigurations. Les horloges de réseau existantes sont distinctes ou intégrées dans les centraux. La hiérarchie SDH permet également d'intégrer l'horloge nodale dans certains types d'équipement SDH, notamment dans les grands systèmes de brassage: en ce cas, il peut ne pas y avoir d'horloge d'élément de réseau SDH identifiable.

6.2.6 Evolution du réseau de synchronisation

La hiérarchie SDH est prévue pour des applications en mode pseudo-synchrone. Les éléments de réseau peuvent être intégrés dans les hiérarchies de synchronisation existantes.

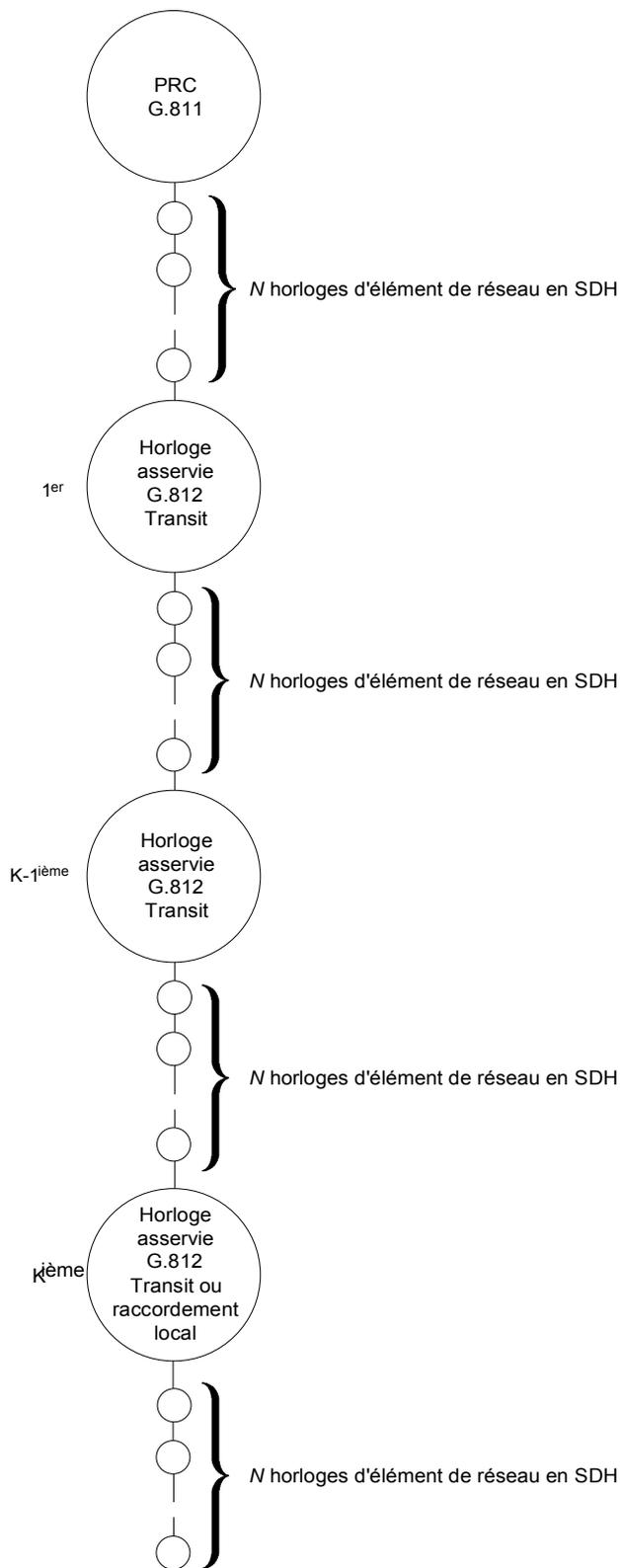
A la première mise en service de l'équipement SDH, l'élément de réseau tête de ligne doit être synchronisé à partir de l'horloge PRC ou de l'une des horloges asservies. La synchronisation est répartie dans l'ensemble du réseau SDH selon la technique maître-esclave. Dans certains cas, il faut prévoir de nouvelles interfaces, au niveau de l'horloge asservie, pour assurer la synchronisation de l'élément de réseau tête de ligne SDH.

Si l'introduction du réseau SDH se traduit par des îlots isolés en hiérarchie PDH, il y a lieu de faire en sorte que les liaisons de synchronisation assurées par les chemins PDH à débit primaire ne transitent pas par le réseau SDH. A cette fin, il faut reconfigurer l'architecture de synchronisation puisque toutes les liaisons de synchronisation transitant par le réseau SDH doivent être assurées par des chemins de la section de multiplexage SDH. Dans ce cas, il faut parfois prévoir de nouvelles interfaces au niveau des horloges asservies et de l'horloge PRC.

Lorsque le réseau considéré est intégralement en hiérarchie SDH, la répartition de la synchronisation est déterminée exclusivement par la chaîne de référence du réseau de synchronisation.

Pendant la transition du réseau vers la hiérarchie SDH, le plan de synchronisation du réseau devra être modifié compte tenu des éléments de réseau SDH. La planification devra en l'occurrence être effectuée avec le plus grand soin, de telle sorte que la synchronisation du réseau ne soit pas perturbée.

Les scénarios évolutifs comportant de multiples îlots SDH assurant le transport d'une charge PDH nécessitent un complément d'étude.



Pour les calculs correspondant
au scénario le moins favorable:

$K = 10$

$N = 20$, sous réserve
que le nombre total
d'horloges d'élément de réseau
en SDH ne dépasse pas 60

T1816920-92/d28

FIGURE 6-4/G.803

Chaîne de référence du réseau de synchronisation

6.2.7 Efficacité du réseau de synchronisation

Il conviendrait que toutes les horloges nodales et toutes les horloges d'élément de réseau puissent récupérer la synchronisation à partir d'au moins deux chemins de synchronisation. L'horloge asservie doit pouvoir, par reconfiguration, récupérer le synchronisme à partir d'un chemin de secours lorsque le chemin initial est défectueux. Dans la mesure du possible, les chemins de synchronisation doivent être établis sur des trajets de conduit différents.

En cas de panne de répartition de synchronisation, tous les éléments du réseau cherchent à récupérer le synchronisme à partir de la source de référence du plus haut niveau hiérarchique disponible. A cette fin, les horloges G.812 et d'élément de réseau SDH peuvent avoir à procéder à une reconfiguration pour récupérer le synchronisme à partir de l'un de leurs chemins de synchronisation de secours. Ainsi, il sera rare qu'un élément du réseau à synchronisation par horloge d'élément de réseau SDH passe en régime libre ou en fonctionnement autonome. Toutefois, un élément doit parfois récupérer le synchronisme à partir d'une horloge G.812 elle-même en régime libre, lorsque ladite horloge est la source du plus haut niveau hiérarchique dont cet élément puisse disposer.

Dans les sous-réseaux SDH, la synchronisation est répartie entre les nœuds du réseau par l'intermédiaire d'un certain nombre d'éléments de réseau dotés d'horloges de niveau hiérarchique inférieur. Un système de repérage de la qualité de synchronisation est nécessaire pour sélectionner et confirmer le chemin de synchronisation présentant la qualité la plus élevée (même en cas de perte de synchronisme).

Ce système de repérage donne une indication de la qualité de la synchronisation au moyen d'un procédé de messagerie descriptive des états. Chaque message descripteur d'état est acheminé dans le surdébit de section qui est décrit dans la Recommandation G.708.

A titre d'exemple de reconfiguration, si le premier élément de réseau à partir de l'horloge PRC perd son chemin de synchronisation issu de cette horloge, cet élément doit se reconfigurer et accepter la base de temps issue de l'horloge asservie de niveau G.812. C'est ce qui est illustré à la Figure 6-5.

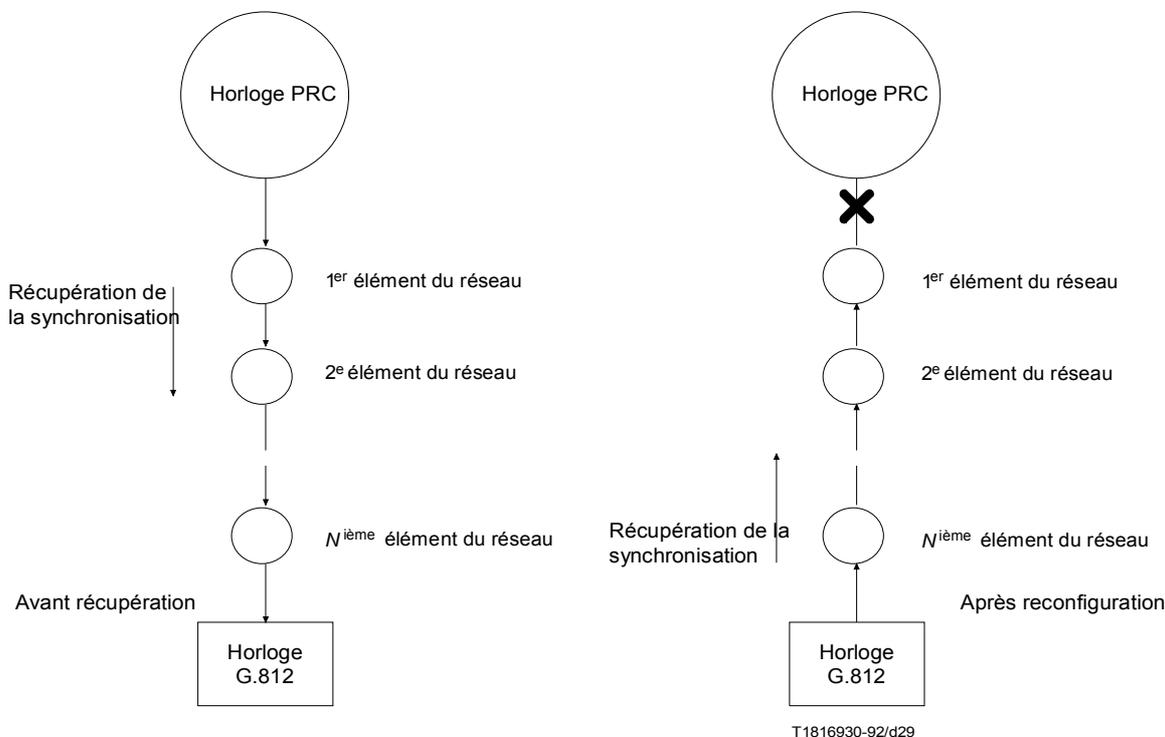


FIGURE 6-5/G.803
Exemple de reconfiguration

6.3 Gigue et dérapage de capacité utile

Dans un réseau en hiérarchie SDH, la qualité de l'information de synchronisation d'un signal de capacité utile dépend de plusieurs éléments:

- réseau de synchronisation;
- mécanisme de traitement de pointeur;
- mécanismes de mise en correspondance de la capacité utile.

Le paragraphe 6.2 définit une chaîne de référence de synchronisation qui permet de calculer l'accumulation de gigue et de dérapage dans le réseau de synchronisation. Le gabarit de stabilité à court terme qui en résulte, spécifié dans la Recommandation G.783, représente une limite réseau de la stabilité d'horloge source de synchronisation contenue dans un élément du réseau. Cette stabilité d'horloge détermine les statistiques d'ajustement du pointeur résultant du mécanisme de traitement du pointeur.

Le présent paragraphe a pour objet de définir les topologies de réseau devant être acceptées par un réseau SDH compte tenu des limites réseau de gigue et de dérapage du signal utile définies dans les Recommandations G.823 et G.824. Par ailleurs, des configurations de référence sont définies, qui peuvent intervenir lorsque la hiérarchie SDH est greffée sur le système PDH préexistant.

6.3.1 Modèle de simulation d'activité du pointeur dans un réseau en hiérarchie SDH

Considérons le transport de signaux PDH dans un réseau SDH. On utilise le modèle illustré à la Figure 6-6 pour simuler l'accumulation de gigue et de dérapage sur une connexion de référence, résultant de l'activité du pointeur. L'horloge active à chaque nœud de traitement du pointeur présente par hypothèse une caractéristique de stabilité conforme à la Recommandation G.783. Du fait que cette spécification reflète la limite du réseau, il s'agit du scénario le moins favorable.

Les simulations font apparaître que les statistiques du pointeur sont liées lorsque le nombre de nœuds de traitement augmente. Avec les valeurs d'espacement du seuil de la mémoire tampon du mécanisme de traitement du pointeur définies dans la Recommandation G.783, les ajustements du pointeur au niveau des unités TU-1 sont extrêmement rares, même lorsque l'on tient compte d'un traitement intermédiaire du pointeur au niveau des unités administratives. Il en résulte que ce mécanisme de traitement n'impose dans la pratique aucune limite supérieure au nombre de nœuds de traitement d'unités administratives qui peuvent être mis en cascade. Au niveau des unités administratives, les ajustements du pointeur (doubles dans certains cas) présentent bel et bien une saturation statistique qui apparaît à partir d'environ 10 nœuds. En conséquence, il n'y a encore aucune limitation pratique du nombre de nœuds de traitement du pointeur d'unités administratives qui peuvent être mis en cascade, dans la mesure où le gabarit de stabilité à court terme est respecté par chaque horloge nodale.

6.3.2 Gigue à la limite SDH/PDH

La gigue que l'on peut observer aux limites SDH/PDH se compose d'une gigue d'ajustement du pointeur et d'une gigue de structuration du signal utile. Comme les ajustements du pointeur se produisent par pas de 8 intervalles unitaires (24 intervalles au niveau des AU-4), des contraintes strictes visent le désynchroniser à la limite SDH/PDH, de même qu'au niveau des unités TU-1, puisque des ajustements du pointeur, encore que relativement rares dans des conditions de fonctionnement normales (c'est-à-dire lorsque tous les nœuds sont synchronisés) peuvent être effectivement observés en cas de dégradation (mode pseudo-synchrone ou plésiochrone) lorsque le nœud de départ ou d'arrivée perd son synchronisme. Il faut donc prévoir des désynchroniseurs présentant une largeur de bande équivalente relativement étroite. Il y a lieu de noter que, même avec des désynchroniseurs à bande étroite, l'effet des justifications du pointeur sur les signaux utilisés pour acheminer la base de temps d'une tierce partie peut être plus important que prévu lors de la conception des dispositifs de synchronisation contenus dans l'équipement des locaux d'abonné, qui ne pourront peut-être pas suivre assez précisément les variations de phase. Le désynchroniseur filtrera également la gigue de ligne qui peut s'accumuler le long de la chaîne de régénérateurs lorsque les caractéristiques de l'horloge d'élément de réseau SDH n'ont pas déjà assuré ce filtrage. La gigue de structuration est produite au nœud d'origine à la limite SDH/PDH mais ne s'accumule pas dans un réseau SDH. Sa contribution relative à la gigue de sortie à la limite SDH/PDH dépend des caractéristiques du désynchroniseur et sa valeur maximale est spécifiée dans la Recommandation G.783.

Il en résulte que la limite de gigue de sortie observée à la limite SDH/PDH est déterminée essentiellement par la gigue d'ajustement de pointeur qui, à son tour, est régie par la stabilité à court terme des horloges de chaque nœud.

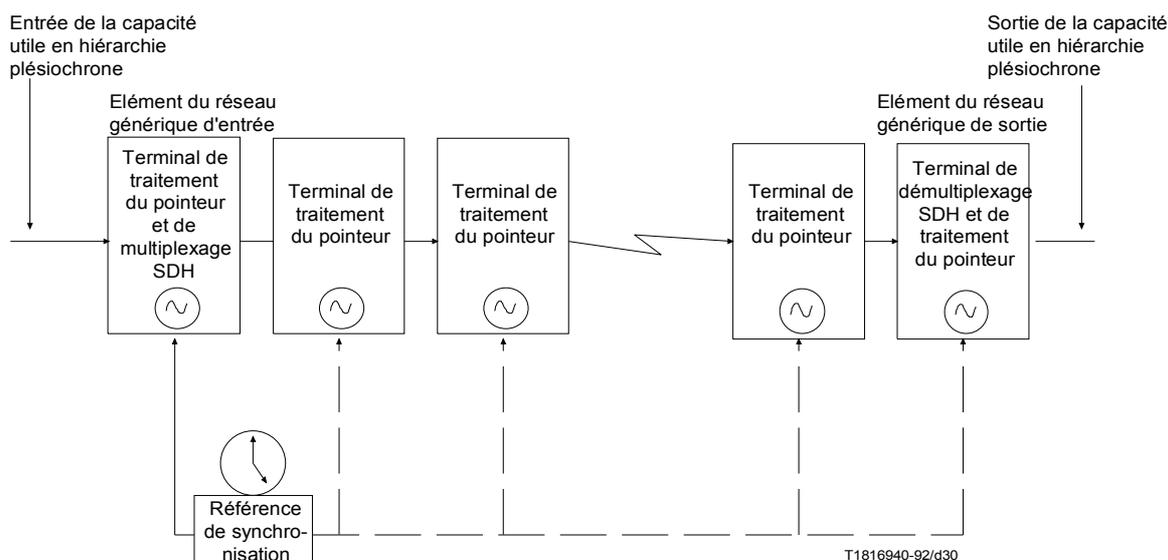


FIGURE 6-6/G.803

Modèle de réseau en SDH pour la simulation de l'activité relative au pointeur

6.4 Conséquence pour l'interfonctionnement PDH/SDH

Dans plusieurs scénarios évolutifs, on relève qu'il est nécessaire d'acheminer un signal utile en hiérarchie PDH par un grand nombre d'îlots SDH (voir la Figure 6-7). Les caractéristiques de gigue et de dérapage du signal utile exposées dans la Recommandation G.783 ont certes été établies compte tenu d'une telle application, mais rien ne garantit que chaque chaîne de multiplexage en hiérarchie PDH acceptera la gigue de sortie apparaissant à la limite SDH/PDH: en effet, la fréquence charnière de la courbe de transfert du démultiplexeur PDH ne fait l'objet d'aucune limite inférieure.

Dans le cas d'une mise en cascade de plusieurs îlots synchrones, une certaine accumulation de transitoires de phase, causées par des ajustements du pointeur plus ou moins simultanés, se produit. Compte tenu de la statistique du pointeur, il en résulte une limitation du nombre maximal des îlots que l'on peut mettre en cascade pour acheminer des signaux à 34, 45 et 140 Mbit/s, à moins que l'on n'améliore la spécification du désynchroniseur de telle sorte qu'il soit possible d'affaiblir convenablement la gigue et le dérapage qui apparaissent à l'entrée d'un îlot SDH. Un complément d'étude permettra d'établir un compromis entre le nombre maximal d'îlots, la stabilité des horloges à court terme et la spécification du désynchroniseur.

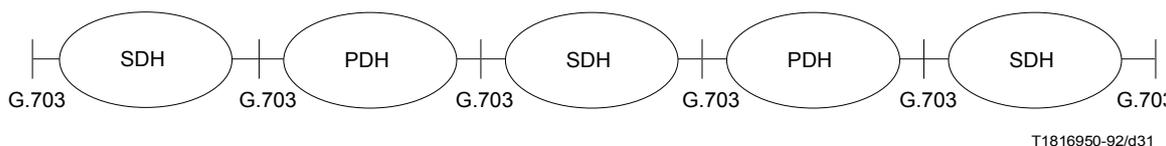


FIGURE 6-7/G.803

Interfonctionnement PDH/SDH

7 Options de mise en correspondance de signaux aux débits primaires

7.1 Caractéristiques des mises en correspondance de signaux aux débits primaires

On dénombre trois modes de mise en correspondance de signaux aux débits primaires de 1544 et de 2048 kbit/s, respectivement dans un conteneur de type VC-11 et dans un conteneur de type VC-12, selon les définitions données dans la Recommandation G.709, à savoir: asynchrone, synchrone bit et synchrone octet. Ces mises en correspondance diffèrent par leurs caractéristiques et par leurs aspects «réseau». Le choix dépendra de l'application. Les caractéristiques de ces trois types de mise en correspondance sont exposées ci-après.

7.1.1 Mise en correspondance asynchrone

Cette mise en correspondance présente les caractéristiques suivantes:

- a) elle assure l'acheminement de signaux à débit primaire en toute indépendance de la séquence de bits, sans hypothèse de structure (le signal peut être mis en trame selon la définition de la Recommandation G.704 ou être non structuré);
- b) elle ne permet pas la visibilité directe dans les conteneurs virtuels de niveau n des signaux à 64 ou à $N \times 64$ kbit/s qui pourraient être incorporés dans le signal à débit primaire; pour accéder, le cas échéant, aux signaux à 64 ou à $N \times 64$ kbit/s, il faut reconstruire le signal à débit primaire;
- c) elle comprend un processus de justification qui permet d'admettre un signal à débit primaire avec une tolérance de synchronisation de ± 50 millionièmes;
- d) elle offre une capacité d'application pratiquement universelle encore que, lorsque les commutateurs à 64 kbit/s ou les brasseurs numériques sont équipés d'interfaces pour modules STM-N, le manque de visibilité directe des signaux constitutifs à 64 ou à $N \times 64$ kbit/s puisse constituer un sérieux inconvénient (voir également l'Annexe A).

7.1.2 Mise en correspondance par synchronisation au niveau des bits

Cette mise en correspondance présente les caractéristiques suivantes:

- a) elle assure l'acheminement du signal à débit primaire en toute indépendance de la séquence de bits sans aucune hypothèse de structure (le signal peut être mis en trame comme défini dans la Recommandation G.704, ou non structuré);
- b) elle ne permet pas la visibilité directe dans les conteneurs virtuels de niveau n des signaux à 64 ou à $N \times 64$ kbit/s éventuellement contenus dans le signal à débit primaire; pour accéder, le cas échéant, à ces signaux, il faut reconstituer le signal à débit primaire;
- c) elle ne comprend aucun processus de justification, si bien que le signal à débit primaire doit être synchronisé avec les conteneurs virtuels de niveau n ;
- d) il n'est pas prévu de l'utiliser pour les interconnexions internationales.

7.1.3 Mise en correspondance par synchronisation au niveau des octets

Cette mise en correspondance présente les caractéristiques suivantes:

- a) le signal à débit primaire doit être mis en trame selon la Recommandation G.704;
- b) elle permet la visibilité directe dans les conteneurs virtuels de niveau n des signaux à 64 ou à $N \times 64$ kbit/s lorsque la capacité utile du signal à débit primaire est structurée en octets. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de reconstruire le signal à débit primaire pour accéder aux signaux à 64 ou à $N \times 64$ kbit/s puisque les octets du signal à débit primaire (et notamment les informations de mise en trame de ce signal) sont mis en correspondance avec des positions définies dans les conteneurs virtuels de niveau n ;
- c) elle ne comprend aucun processus de justification, si bien que le signal à débit primaire doit être synchrone avec les conteneurs virtuels de niveau n ;
- d) elle existe en deux versions:
 - i) *mode flottant* – dans ce mode, les conteneurs VC-1x peuvent «flotter» en fréquence et en phase les uns par rapport aux autres, dans le conteneur virtuel de niveau n supérieur. Leur localisation dans ces conteneurs est identifiée par le mécanisme de pointeur qui permet aussi de commuter les conteneurs VC-1x indépendamment dans un brasseur DXC ou dans un multiplexeur ADM avec un retard minimal;

- ii) *mode verrouillé* – dans ce mode, les conteneurs VC-1x sont verrouillés en fréquence et en phase les uns par rapport aux autres et par rapport au conteneur virtuel de niveau n supérieur. Les conteneurs VC-1x n'ont pas de pointeur et ne peuvent donc pas être commutés indépendamment dans un brasseur DXC ou un multiplexeur ADM sans retard significatif. Le mode verrouillé est essentiellement une mise en correspondance directe de signaux à 64 ou à $N \times 64$ kbit/s dans le conteneur virtuel de niveau supérieur;
- e) lorsque la trame est structurée en octets, la mise en correspondance peut être effectuée au niveau des commutateurs à 64 kbit/s et des brasseurs DXC à 64 kbit/s avec interfaces pour modules STM-N.

7.2 Choix des options de mise en correspondance

Compte tenu des caractéristiques des modes de mise en correspondance envisageables, les dispositions suivantes sont recommandées pour la construction de réseaux en hiérarchie SDH:

- a) la mise en correspondance asynchrone ne doit être utilisée que pour des signaux de type asynchrone/plésiochrone, notamment dans le cas de structuration de conduits PDH en conduits SDH (c'est-à-dire que les signaux à 64 kbit/s de format PDH peuvent être acheminés par mise en correspondance asynchrone);
- b) la mise en correspondance synchrone bit ne doit pas être utilisée dans des interconnexions internationales;
- c) la mise en correspondance synchrone octet en mode flottant doit normalement être utilisée pour des signaux à débit primaire selon la définition de la Recommandation G.704; le signal doit être mis en trames et la capacité utile peut ou non être structurée en octets (à 64 kbit/s et à $N \times 64$ kbit/s);
- d) la mise en correspondance synchrone octet en mode verrouillé peut être utilisée en remplacement de la solution c) ci-dessus pour des signaux à débit primaire de capacité utile structurée en octets (à 64 et à $N \times 64$ kbit/s) seulement lorsque l'on n'utilise pas ou que l'on n'envisage pas d'utiliser des DXC ou ADM de conteneurs VC-1x.

L'Annexe A rassemble des informations complémentaires sur l'interfonctionnement de signaux à 64 et à $N \times 64$ kbit/s entre réseaux de transport en hiérarchie PDH et réseaux de transport en hiérarchie SDH.

Annexe A

(à la Recommandation G.803)

Introduction de réseaux de transport en hiérarchie SDH

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

A.1 Observations générales

La présente annexe montre comment un réseau de transport pourrait évoluer vers la hiérarchie SDH. La mise en service d'un tel réseau de transport implique de nombreux choix. En effet, la chronologie d'introduction des différents types d'équipements SDH et les types de mises en correspondance utilisés auront une incidence sur les étapes suivantes de l'évolution vers des réseaux de transport en hiérarchie SDH et pourront causer certaines contraintes d'interfonctionnement PDH/SDH. Ces choix et le niveau de déploiement des réseaux de transport SDH par rapport aux réseaux PDH ou à d'autres types de réseaux de transport devront être déterminés par l'exploitant concerné. La présente annexe illustre les problèmes qui se posent en exposant les diverses étapes de la transition vers des réseaux de transport reposant intégralement sur la hiérarchie SDH, mais l'objectif ne consiste pas nécessairement à adopter ce type de réseau.

L'annexe définit tout d'abord les types de signaux de couche circuits qui peuvent être acheminés sur des conduits SDH et ceux qui peuvent être transmis sur des conduits PDH. Elle décrit ensuite les trois principaux scénarios de mise en service des équipements SDH. Pour chaque type de signal de couche circuits et pour chaque scénario, elle précise les conséquences auxquelles il faut s'attendre sur le triple plan de la configuration du réseau, de l'interfonctionnement PDH/SDH et de l'évolution ultérieure des réseaux de transport.

La Figure A.1 illustre les chemins d'introduction envisageables ainsi que les principaux choix et servira de référence pour la discussion qui suit.

A.2 Types de signaux de couche circuits

A.2.1 Cas de la hiérarchie SDH

Dans un réseau en hiérarchie SDH, les couches conduits acheminent les deux types de signaux de couche circuits suivants, selon les mises en correspondance définies dans la Recommandation G.709:

- a) signaux de couche circuits assurant directement des services de télécommunication, soit:
 - i) signaux de base à 64 kbit/s (adaptés aux couches conduits SDH par mise en correspondance synchrone octet);
 - ii) signaux de liaison spécialisée aux débits binaires G.702 égaux ou supérieurs au débit primaire;
 - iii) autres signaux (par exemple cellules en mode ATM), à débit binaire optimisé en fonction de la capacité utile acheminée par les couches conduits SDH;
- b) signaux de couche conduits en hiérarchie PDH (aux débits binaires G.702 égaux ou supérieurs au débit primaire) acheminant à leur tour soit:
 - i) les signaux de couche circuits définis en A.2.1 a);
 - ii) les signaux de couche conduits en PDH de niveau inférieur.

Les équipements du réseau de transport en hiérarchie SDH gèrent la connectivité des conduits SDH et non pas celle de la couche circuits. En conséquence, dans le cas b) ci-dessus, l'équipement SDH ne peut pas être utilisé pour acheminer individuellement, sur les réseaux, les signaux définis aux points b) i) et ii) ci-dessus; il faut disposer d'un équipement de multiplexage en PDH à débit primaire et/ou de niveau supérieur pour faciliter cette connectivité. Cette contrainte pourrait être importante si les réseaux de transport en SDH devaient se généraliser: il faudrait alors limiter autant que possible l'acheminement de ce type de signal dès le départ ou, au fil de l'évolution du réseau de transport, réduire les signaux redondants dans la couche conduits PDH.

A.2.2 Cas de la hiérarchie PDH

Dans un réseau en hiérarchie PDH, les signaux de couche conduits acheminent les deux types de signaux de couche circuits suivants:

- a) signaux de couche circuits assurant directement des services de télécommunication, soit:
 - i) signaux de base à 64 kbit/s (adaptés aux couches conduits PDH conformément à la Recommandation G.704);
 - ii) signaux de liaison spécialisée à des débits binaires G.702 égaux ou supérieurs au débit primaire;
 - iii) autres signaux (par exemple cellules en mode ATM) à débit primaire, optimisés éventuellement en fonction de la capacité utile acheminée par les couches en PDH;
- b) signaux de couche conduits SDH qui, à leur tour, acheminent les signaux de couche circuits définis en A.2.1 (voir la Note).

NOTE – La structuration des signaux de couche conduits SDH en signaux de couche conduits PDH n'est pas actuellement définie dans les Recommandations de l'UIT-T. La mention de cette possibilité dans la présente annexe a pour objet de décrire une éventuelle phase de transition dans l'évolution du réseau de transport. Les fonctions requises pour une telle structuration sont classées ci-après dans la catégorie des fonctions de «modem» par analogie avec la transition des «anciens» réseaux analogiques aux «nouveaux» réseaux numériques, pendant laquelle les modems ont permis d'acheminer dans les premiers nommés les signaux émanant des seconds. Lorsque les fonctions dites «de modem» assurent le multiplexage de plusieurs signaux de couche conduits SDH dans la couche conduits PDH, la gestion de la connectivité des signaux de couche conduits SDH individuels ne peut pas être assurée dans le réseau en couches conduits PDH.

A.3 Première introduction des équipements en hiérarchie SDH

La première introduction des équipements en hiérarchie SDH peut se faire selon trois procédures de base:

- a) Superposition d'un réseau permettant le déploiement simultané de systèmes de lignes en SDH et de fonctions de brassage de conteneurs virtuels de niveau n , assurant donc une large connectivité au niveau des couches conduits (voir la Note). Par ailleurs, pour accroître la portée géographique d'un tel réseau superposé, on pourra adapter les connexions de liaison de couche conduits SDH pour les insérer dans des conduits PDH au moyen des fonctions de modem mentionnées en A.2.2 b). Au départ, un tel réseau superposé sera vraisemblablement «léger» et pourra être réservé à des types de couche circuits particuliers (par exemple couches circuits assurant les services de liaisons spécialisées) mais il pourra par la suite être «étouffé» pour offrir d'autres services.

NOTE – Les fonctions de brassage de conteneurs VC- n sont assurées par des brasseurs numériques en SDH (DXC) et/ou par des équipements de multiplexage d'insertion/extraction (ADM). Ces fonctions seront identifiées ci-après par le sigle DXC/ADM.

- b) Mise en place d'équipements DXC/ADM en hiérarchie SDH seulement, avec interfaces aux débits binaires G.702. En général, il s'agira d'installer des brasseurs DXC sur des sites centralisés où le premier avantage recherché sera la gestion locale de la connectivité des conduits PDH. En ce qui concerne l'architecture fonctionnelle du réseau, les conduits de conteneurs VC- n passant par les équipements DXC/ADM assureront les connexions de sous-réseau dans la couche conduits PDH. Des systèmes de lignes en SDH pourront être installés ultérieurement, pour une connectivité élargie des conteneurs virtuels de niveau n . De même, on pourra utiliser des conduits PDH à fonctions de modem comme indiqué au point a) ci-dessus pour élargir la connectivité des conteneurs virtuels de niveau n .
- c) Mise en place de systèmes de lignes en hiérarchie SDH seulement, avec interfaces internes aux débits binaires G.702. Fonctionnellement, ces systèmes s'apparentent aux systèmes de ligne en PDH puisqu'ils assurent les connexions de liaison dans la couche conduits de la hiérarchie PDH. Au niveau de l'architecture fonctionnelle du réseau, les conduits de conteneurs VC- n des systèmes de ligne en SDH assureront les connexions de liaison dans la couche conduits de la hiérarchie PDH. Des équipements DXC/ADM pourront être mis en hiérarchie SDH ultérieurement, pour une connectivité élargie des conteneurs virtuels de niveau n .

Chaque option est envisageable et le choix de l'une ou de plusieurs d'entre elles dépendra des besoins initiaux de l'exploitant du réseau. Le choix fait par un exploitant n'aura pas nécessairement d'incidence sur le choix effectué par un autre exploitant. Ces trois options peuvent coexister.

A.4 Interfonctionnement de réseaux de transport en hiérarchies PDH et SDH

A.4.1 Niveaux d'interfonctionnement

L'interfonctionnement de réseaux de transport en hiérarchie PDH et de réseaux de transport en hiérarchie SDH peut intervenir à l'un des trois niveaux suivants:

- a) au niveau des circuits pour les signaux définis en A.2.1 a) et A.2.2 a). Cet interfonctionnement implique en général la terminaison des conduits en PDH et en SDH respectifs ainsi que des fonctions d'adaptation entre les couches conduits respectives et la couche circuits. Cette combinaison de fonctions correspond au terme «transmultiplexage» (TMUX) utilisé ci-après. Cette approche n'implique pas nécessairement des interfaces physiques additionnelles. Dans le cas particulier des signaux de couche circuits à 64 kbit/s, les mises en correspondance synchrone octet définies dans la Recommandation G.709, permettent un interfonctionnement au niveau des circuits sans terminaison obligatoire du conduit PDH. Dans le cas spécifique des signaux de liaisons spécialisées à des débits binaires G.702 supérieurs ou égaux au débit primaire, les mises en correspondance asynchrones définies dans la Recommandation G.709 autorisent un interfonctionnement au niveau des circuits. Lorsque les signaux de couche circuits en PDH et en SDH présentent le même débit binaire, l'interfonctionnement au niveau des circuits n'implique pas nécessairement un traitement des signaux de la couche circuits;
- b) au niveau du conduit PDH pour les signaux définis en A.2.1 b). Cet interfonctionnement exige une adaptation des signaux de la couche conduits PDH pour les insérer dans la couche conduits SDH appropriée, à l'aide des mises en correspondance asynchrones définies dans la Recommandation G.709 pour les débits G.702;
- c) au niveau du conduit SDH, lorsque les signaux de la couche conduits SDH, définis en A.2.2 b), sont adaptés pour insertion dans des conduits en hiérarchie PDH au moyen des fonctions de modem. Ce cas appelle un complément d'étude.

Le choix du niveau d'interfonctionnement et du scénario de mise en place des équipements en SDH aura une incidence sur les phases ultérieures de l'évolution du réseau de transport définies ci-après.

A.4.2 Superposition de la hiérarchie SDH

On considère deux niveaux d'interfonctionnement:

- a) Les conditions d'interfonctionnement au niveau des circuits sont indiquées en A.4.1 a).

Lorsque des conduits en hiérarchie PDH sont utilisés pour assurer la connectivité des conteneurs VC-*n*, des fonctions de modem sont requises pour l'adaptation à la couche conduits de la hiérarchie PDH.

Lorsque l'on ajoute ultérieurement des interfaces pour modules STM-N aux éléments de réseau qui assurent le traitement des signaux de la couche circuits (par exemple, des commutateurs en couche circuits), on ne relève aucun impératif d'interfonctionnement entre ces éléments de réseau et le réseau de transport en SDH.

- b) Les caractéristiques d'interfonctionnement au niveau des conduits PDH sont celles du A.4.1 b). Des fonctions de multiplexage en PDH à débit primaire et/ou à niveau supérieur continuent d'être nécessaires dans le réseau de transport en hiérarchie PDH.

Lorsque des conduits en hiérarchie PDH sont utilisés pour assurer la connectivité des conteneurs VC-*n*, des fonctions de modem sont requises pour l'adaptation à la couche conduits de la hiérarchie PDH.

Lorsqu'on ajoute ultérieurement des interfaces pour modules STM-N aux éléments de réseau qui assurent le traitement des signaux de la couche circuits, les fonctions de multiplexage PDH à débit primaire et/ou à un niveau supérieur et les mises en correspondance asynchrones G.709 des débits binaires G.702 continuent d'être requises pour les fonctions d'interfonctionnement de ces éléments de réseau et du réseau de transport en hiérarchie SDH.

Au cas où l'on souhaiterait par la suite assurer l'interfonctionnement au niveau des circuits, il faudrait interrompre les conduits SDH acceptant les couches conduits PDH et prévoir de nouveaux conduits SDH acceptant directement la couche circuits. Aucune fonction de multiplexage en PDH à débit primaire et/ou à un niveau supérieur ne sera alors requise.

A.4.3 Equipements DXC/ADM en hiérarchie SDH

On considère les deux niveaux d'interfonctionnement suivants:

- a) Les impératifs d'interfonctionnement au niveau des circuits sont ceux du A.4.1 a).

Lorsque l'on a besoin par la suite d'un interfonctionnement plus large au niveau de la couche conduits en SDH, on peut mettre en place des systèmes de ligne en SDH; aucune fonction d'interfonctionnement n'est requise entre les équipements DXC/ADM et les systèmes de ligne en SDH. Les considérations exposées en A.4.2 a) s'appliquent également.

- b) Les caractéristiques d'interfonctionnement au niveau des conduits PDH sont indiquées en A.4.1 b).

Si l'on a besoin par la suite d'un interfonctionnement plus large au niveau de la couche conduits en SDH, on pourra mettre en place des systèmes de ligne en SDH; aucune fonction d'interfonctionnement n'est requise entre les équipements DXC/ADM et les systèmes de ligne en SDH. Les considérations exposées en A.4.2 b) s'appliquent également.

A.4.4 Systèmes de ligne en hiérarchie SDH

On considère les deux niveaux d'interfonctionnement suivants:

- a) Les caractéristiques d'interfonctionnement au niveau des circuits sont indiquées en A.4.1 a).

Si l'on a besoin par la suite d'un interfonctionnement plus large au niveau de la couche conduits en SDH, on pourra mettre en service des équipements DXC/ADM en hiérarchie SDH; aucune fonction d'interfonctionnement n'est requise entre les équipements DXC/ADM et les systèmes de ligne en SDH. Les considérations exposées en A.4.2 a) s'appliquent également.

- b) Les caractéristiques d'interfonctionnement au niveau des conduits PDH sont indiquées en A.4.1 b).

Si l'on a besoin par la suite d'un interfonctionnement plus large au niveau de la couche conduits SDH, on pourra mettre en service des équipements DXC/ADM en hiérarchie SDH; aucune fonction d'interfonctionnement n'est requise entre les équipements DXC/ADM et les systèmes de ligne en SDH. Les considérations exposées en A.4.2 b) s'appliquent également.

A.5 Interfaces pour modules STM-N sur commutateurs (et brasseurs DXC) à 64 kbit/s

Dans le cas de réseaux de transport en hiérarchie PDH, les commutateurs à 64 kbit/s sont interconnectés par des conduits synchrones à débit primaire ou secondaire, structurés selon la Recommandation G.704. En ce qui concerne l'architecture fonctionnelle, les connexions de liaison entre sous-réseaux dans la couche circuits à 64 kbit/s sont assurées par des conduits relevant du réseau de la couche conduits du réseau de transport en hiérarchie PDH. L'apport d'interfaces STM-N sur un ou deux commutateurs à 64 kbit/s interconnectés implique un interfonctionnement PDH/SDH.

L'interfonctionnement peut intervenir soit au niveau des circuits à 64 kbit/s soit au niveau des conduits en PDH. On considère deux cas:

- a) L'interfonctionnement au niveau des circuits à 64 kbit/s implique le recours à des mises en correspondance synchrone octet qui permettent d'insérer les signaux de la couche circuits à 64 kbit/s dans la couche conduits de la hiérarchie SDH (voir la Note).

NOTE – La Recommandation G.709 ne définit que les mises en correspondance synchrone octet pour insertion dans des conteneurs VC-11 et VC-12. Les Recommandations de l'UIT-T ne définissent pas de mise en correspondance synchrone octet pour insertion dans des conteneurs virtuels à débit binaire n plus élevé.

- b) L'interfonctionnement au niveau des conduits PDH implique le recours à des mises en correspondance asynchrones pour adapter les conduits PDH à la couche conduits de la hiérarchie SDH.

Si l'on ajoute par la suite des interfaces pour modules STM-N à l'autre commutateur à 64 kbit/s et qu'il existe une possibilité de connectivité au niveau de la couche conduits SDH entre les deux commutateurs, des fonctions d'interfonctionnement seront nécessaires lorsque l'un des commutateurs utilisera une mise en correspondance synchrone octet alors que l'autre commutateur utilisera une mise en correspondance asynchrone. Si les deux commutateurs relèvent de réseaux gérés par des opérateurs différents, la mise à disposition des fonctions d'interfonctionnement (éventuellement requises) sera du ressort de l'exploitant du commutateur utilisant la mise en correspondance asynchrone, à moins d'accord bilatéral à l'effet contraire.

Imprimé en Suisse

Genève, 1993