



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.803

(03/2000)

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

Systèmes de transmission numériques – Réseaux
numériques – Généralités

**Architecture des réseaux de transport
à hiérarchie numérique synchrone**

Recommandation UIT-T G.803

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

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

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

Recommandation UIT-T G.803

Architecture des réseaux de transport à hiérarchie numérique synchrone

Résumé

La présente Recommandation UIT-T décrit l'architecture fonctionnelle des réseaux de transport ainsi que les principes de synchronisation des réseaux à hiérarchie numérique synchrone (SDH, *synchronous digital hierarchy*). La présente Recommandation UIT-T utilise la description architecturale définie dans la Recommandation UIT-T G.805, architecture fonctionnelle générale des réseaux de transport. Elle traite également de l'application de divers mappages.

Source

La Recommandation G.803 de l'UIT-T, révisée par la Commission d'études 13 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 10 mars 2000 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de la CMNT.

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

NOTE

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2001

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

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	1
3	Termes et définitions	2
4	Abréviations.....	3
5	Application du concept de stratification G.805	4
5.1	Multiplexage de multiples clients.....	6
5.2	Prise en charge du mode ATM dans la hiérarchie SDH	7
5.3	Concaténation	8
	5.3.1 Concaténation contiguë	8
	5.3.2 Concaténation virtuelle.....	8
	5.3.3 Interfonctionnement entre concaténation contiguë et concaténation virtuelle.....	11
6	Surveillance des connexions.....	12
6.1	Contrôle intrinsèque.....	12
6.2	Contrôle sans intrusion	12
6.3	Contrôle de sous-couche.....	12
7	Techniques d'amélioration de la disponibilité du réseau de transport à hiérarchie SDH.....	17
7.1	Protection de section multiplex à hiérarchie SDH.....	17
	7.1.1 Protection 1+1 de la section multiplex en hiérarchie SDH.....	17
	7.1.2 Protection 1:N de la section multiplex en hiérarchie SDH.....	17
	7.1.3 Boucles de protection partagée de section multiplex en hiérarchie SDH.....	17
	7.1.4 Protection par boucle spécialisée de la section multiplex en hiérarchie SDH	18
7.2	Exemples de protection d'une connexion de sous-réseau SDH	18
8	Architecture des réseaux de synchronisation	18
8.1	Introduction.....	18
8.2	Aspects des réseaux de synchronisation	18
	8.2.1 Méthodes de synchronisation	18
	8.2.2 Architecture du réseau de synchronisation	19
	8.2.3 Modes de synchronisation	24
	8.2.4 Chaîne de référence du réseau de synchronisation	25
	8.2.5 Méthode de synchronisation	27
	8.2.6 Évolution du réseau de synchronisation	27
	8.2.7 Efficacité du réseau de synchronisation.....	27

	Page	
8.3	Gigue et dérapage de capacité utile.....	29
8.3.1	Modèle de simulation d'activité du pointeur dans un réseau en hiérarchie SDH	29
8.3.2	Gigue à la limite SDH/PDH	30
8.4	Conséquence pour l'interfonctionnement PDH/SDH.....	31
9	Sélection d'un mappage à débit primaire	32
Appendice I – Associations client serveur des réseaux des couches SDH		32
Appendice II – Introduction de réseaux de transport en hiérarchie SDH.....		34
II.1	Généralités	34
II.2	Types de signaux de couche cliente	35
II.2.1	Cas de la hiérarchie SDH.....	35
II.2.2	Cas de la hiérarchie PDH.....	35
II.3	Première introduction des équipements en hiérarchie SDH	36
II.4	Interfonctionnement de réseaux de transport en hiérarchies PDH et SDH.....	36
II.4.1	Niveaux d'interfonctionnement.....	36
II.4.2	Superposition de la hiérarchie SDH	37
II.4.3	Équipements DXC/ADM en hiérarchie SDH.....	37
II.4.4	Systèmes de ligne en hiérarchie SDH.....	38
II.5	Interfaces pour modules STM-N sur commutateurs (et brasseurs DXC) à 64 kbit/s..	38
Appendice III – Lignes directrices pour l'ingénierie de la synchronisation		40
III.1	Introduction.....	40
III.2	Objet du réseau de synchronisation	40
III.3	Prescriptions concernant les réseaux de synchronisation	41
III.4	Analyse des réseaux de synchronisation	42
III.5	Options du niveau PRC.....	45
III.6	Solutions au niveau SSU.....	46
III.6.1	Vérification de la mise à disposition des références au niveau SSU	47
III.6.2	Protection contre les excursions absolues de fréquence	49
III.7	Solutions au niveau SEC.....	50
III.7.1	Application du protocole SSM au niveau SSU	51
III.7.2	Exemples de sous-réseaux SEC dotés de paramètres SSM.....	51
III.8	Synthèse du réseau de synchronisation	56
III.9	Définitions utilisées dans l'Appendice III	57

Recommandation UIT-T G.803

Architecture des réseaux de transport à hiérarchie numérique synchrone

1 Domaine d'application

La présente Recommandation UIT-T décrit l'architecture fonctionnelle des réseaux de transport ainsi que les principes de synchronisation des réseaux à hiérarchie numérique synchrone (SDH). La présente Recommandation UIT-T utilise la description architecturale définie dans la Recommandation UIT-T G.805, Architecture fonctionnelle générale des réseaux de transport. Elle traite également de l'application de divers mappages.

2 Références normatives

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

- Recommandation CCITT G.702 (1988), *Débits binaires de la hiérarchie numérique.*
- Recommandation CCITT G.703 (1991), *Caractéristiques physiques et électriques des jonctions.*
- Recommandation UIT-T G.704 (1995), *Structures de trame synchrone utilisées aux niveaux hiérarchiques de 1544, 6312, 2048, 8448 et 44 736 kbit/s.*
- Recommandation UIT-T G.707 (1996), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation CCITT G.774 (1992), *Modèle d'information de gestion de la hiérarchie numérique synchrone du point de vue des éléments de réseau.*
- Recommandation UIT-T G.783 (1997), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.805 (1995), *Architecture fonctionnelle générale des réseaux de transport.*
- Recommandation UIT-T G.810 (1996), *Définitions et terminologie des réseaux de synchronisation.*
- Recommandation CCITT G.811 (1988), *Conditions sur le rythme de sortie des horloges de référence primaires destinées à l'exploitation en mode plésiochrone de liaisons numériques internationales.*
- Recommandation CCITT G.812 (1988), *Conditions sur le rythme de sortie des horloges asservies destinées à l'exploitation en mode plésiochrone de liaisons numériques internationales.*
- Recommandation UIT-T G.813 (1996), *Caractéristiques de rythme des horloges asservies utilisées dans les équipements SDH.*
- Recommandation CCITT G.822 (1988), *Objectifs de limitation du taux de glissement commandé dans une communication numérique internationale.*

- Recommandation UIT-T G.823 (1993), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s.*
- Recommandation UIT-T G.824 (1993), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s.*
- Recommandation UIT-T G.832 (1995), *Transport d'éléments de la hiérarchie numérique synchrone sur des réseaux à hiérarchie numérique plésiochrone – Structure des trames et structure de multiplexage.*
- Recommandation UIT-T G.841 (1995), *Types et caractéristiques des architectures de protection pour réseaux en hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.964 (1994), *Interfaces V au commutateur local numérique – Interface V5.1 (fondée sur la hiérarchie à 2048 kbit/s) pour le support d'un réseau d'accès.*
- Recommandation UIT-T G.965 (1995), *Interfaces V au commutateur numérique local – Interface V5.2 (fondée sur la hiérarchie à 2048 kbit/s) pour la prise en charge d'un réseau d'accès.*
- Recommandation UIT-T I.326 (1995), *Architecture fonctionnelle des réseaux de transport fondés sur le mode ATM.*

3 Termes et définitions

La présente Recommandation UIT-T utilise la terminologie définie dans les Recommandations UIT-T G.783, G.805 et G.841; les termes définis ci-après sont spécifiques à la présente Recommandation UIT-T. Les réseaux en couches définis ci-dessous terminent et produisent les surdébits définis dans la Recommandation UIT-T G.707.

3.1 réseau des couches de conduits SDH d'ordre supérieur: réseau des couches dont les informations caractéristiques sont les conteneurs VC-3¹, VC-3-X_v (X = 2 ... 48)² VC-4, VC-4-X_c (X = 4, 16)³ ou VC-4-X_v (X = 2...16)³.

3.2 réseau des couches de conduits SDH d'ordre inférieur: réseau des couches dont les informations caractéristiques sont les conteneurs VC-11, VC-11-X_v (X = 2 ... 84), VC-12, VC-12-X_v (X = 2 ... 63), VC-2, VC-2-X_c (X = 2 ... 7)⁴, VC-2-X_v (X = 2 ... 21)⁵, VC-3¹ ou VC-3-X_v(2 ... 3)⁵.

3.3 couche de conduits SDH: ensemble de transport constitué des réseaux des couches de conduits SDH d'ordre supérieur et inférieur ainsi que des fonctions d'adaptation correspondantes.

3.4 couche de sections SDH: ensemble de transport constitué des réseaux des couches de sections SDH multiplex et de régénération ainsi que des fonctions d'adaptation correspondantes.

¹ Le conteneur virtuel de niveau 3 (VC-3) est considéré comme étant un conduit d'ordre supérieur s'il est directement pris en charge par une unité administrative de niveau 3 (AU-3) dans un réseau des couches de section multiplex; il est considéré comme étant un conduit d'ordre inférieur s'il est pris en charge par une unité d'affluents de niveau 3 (TU-3) dans un réseau des couches de conteneur virtuel VC-4.

² Des valeurs de X supérieures à 48 peuvent être requises.

³ Des valeurs de X supérieures à 16 peuvent être requises.

⁴ Transportées dans un conteneur VC-3 d'ordre supérieur.

⁵ Transportées dans un conteneur VC-4 d'ordre supérieur.

3.5 couche des sections multiplex SDH: réseau des couches dont les informations caractéristiques sont les modules STM-N; c'est-à-dire avec un débit STM-N plus le surdébit de section multiplex défini dans la Recommandation G.707.

3.6 couche des sections de régénération SDH: réseau des couches dont les informations caractéristiques sont les modules STM-N; c'est-à-dire avec un débit STM-N plus le surdébit de section de régénération défini dans la Recommandation G.707.

4 Abréviations

La présente Recommandation UIT-T utilise les abréviations suivantes:

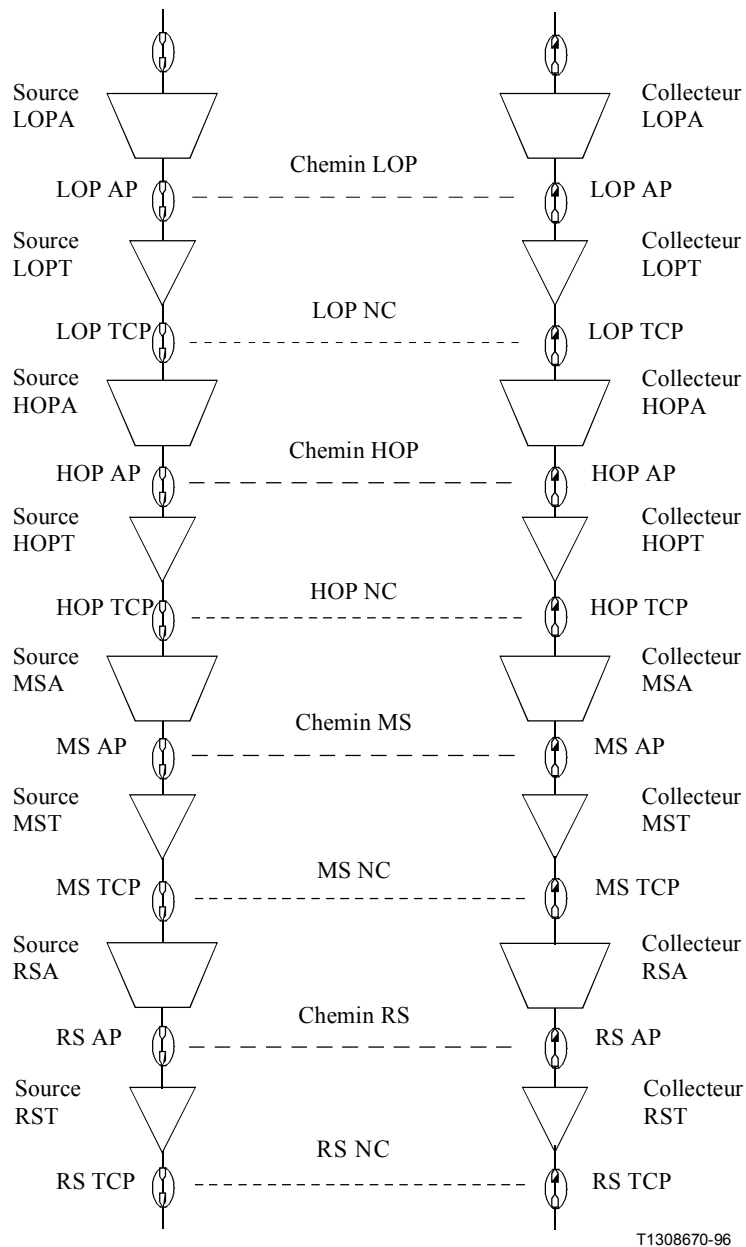
ADM	multiplexeur d'insertion/extraction (<i>add/drop multiplex</i>)
AIS	signal d'indication d'alarme (<i>alarm indication signal</i>)
APS	commutation automatique sur liaison de réserve (<i>automatic protection switching</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
AUG	groupe d'unités administratives (<i>administrative unit group</i>)
AU-n	unité administrative (de niveau) n [<i>administrative unit (level) n</i>]
DXC	brasseur numérique (<i>digital cross-connect</i>)
HOP	conduit d'ordre supérieur (<i>higher-order path</i>)
HOPT	terminaison de conduit d'ordre supérieur (<i>higher-order path termination</i>)
HOTCA	adaptation de connexion en cascade d'ordre supérieur (<i>higher-order tandem connection adaptation</i>)
HOTCT	terminaison de connexion en cascade d'ordre supérieur (<i>higher-order tandem connection termination</i>)
HOPM	matrice de conduit d'ordre supérieur (<i>higher-order path matrix</i>)
LOP	conduit d'ordre inférieur (<i>lower-order path</i>)
MS	section multiplex (<i>multiplex section</i>)
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PRC	horloge de référence primaire (<i>primary reference clock</i>)
RS	section de régénération (<i>regenerator section</i>)
RTPC	réseau téléphonique public 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>]
TUG-n	groupe d'unités d'affluent (de niveau) n [<i>tributary unit group (level) n</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>]
VC-n-X	concaténation de X conteneurs virtuels (de niveau n) [<i>concatenation of X virtual containers (of level n)</i>]
VC-n-Xc	concaténation contiguë de X conteneurs virtuels (de niveau n) [<i>contiguous concatenation of X virtual containers (of level n)</i>]

- VC-n-Xv concaténation virtuelle de X conteneurs virtuels (de niveau n) [*virtual concatenation of X virtual containers (of level n)*]
- VP conduit virtuel ATM (*ATM virtual path*)

5 Application du concept de stratification G.805

L'architecture fonctionnelle des réseaux de transport à hiérarchie SDH est décrite selon les règles génériques définies dans la Recommandation UIT-T G.805. Les aspects spécifiques aux informations caractéristiques, aux associations client/serveur, à la topologie, à la surveillance des connexions et aux commutations sur liaisons de protection des réseaux de transport à hiérarchie SDH sont fournis dans la présente Recommandation UIT-T. La présente Recommandation UIT-T utilise la terminologie, l'architecture fonctionnelle et les conventions relatives aux schémas définies dans la Recommandation UIT-T G.805.

Un réseau de transport à hiérarchie SDH peut être décomposé en un certain nombre de réseaux de couches de transport indépendants avec une association client/serveur entre réseaux stratifiés adjacents. Chaque réseau stratifié peut être subdivisé séparément afin de refléter la structure interne de ce réseau stratifié ou la façon dont il sera géré. La structure des réseaux de couche à hiérarchie SDH ainsi que les fonctions d'adaptation sont représentées dans la Figure 5-1.



T1308670-96

- AP point d'accès
- HOPA adaptation de conduit d'ordre supérieur
- HOPT terminaison du conduit d'ordre supérieur
- LOPA adaptation de conduit d'ordre inférieur
- LOPT terminaison de conduit d'ordre inférieur
- MSA adaptation de section multiplex
- MST terminaison de section multiplex
- NC connexion de réseau
- RSA adaptation de section de régénération
- RST terminaison de section de régénération
- TCP point de connexion de terminaison

Figure 5-1/G.803 – Réseaux des couches SDH et fonctions d'adaptation

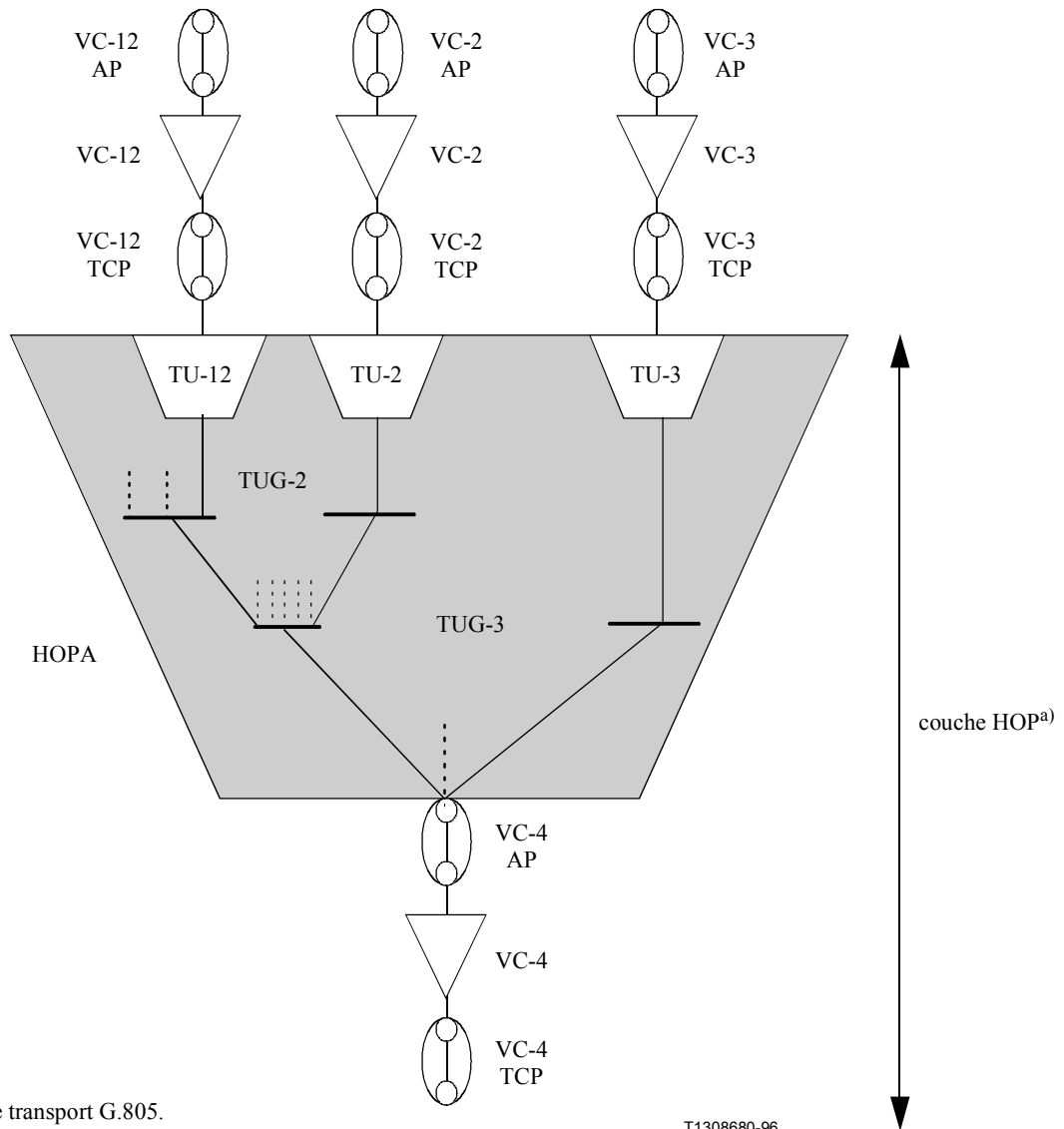
Pour les besoins de la description de la hiérarchie SDH, la fonction d'adaptation intercouche est désignée en fonction du réseau de couches serveuses. Dans la présente Recommandation UIT-T, l'ensemble de transport de la Recommandation UIT-T G.805 est appelé "couche" afin de maintenir la continuité de la terminologie utilisée dans la version de la Recommandation UIT-T G.803 datée de 1992. L'ensemble actuel d'associations client/serveur est énuméré dans l'Appendice I et illustré

sur la Figure I-1 qui identifie les couches (ou ensembles de transport) à hiérarchie SDH correspondantes.

Une description détaillée de chacune de ces fonctions est fournie dans la Recommandation UIT-T G.783.

5.1 Multiplexage de multiples clients

Lorsqu'elle prend en charge de multiples clients, la fonction d'adaptation est groupée avec le réseau de couches serveuses. La Figure 5-2 représente le cas d'une couche serveuse de conduits d'ordre supérieur (HOP, *higher-order path*) d'un conteneur virtuel de niveau 4 prenant en charge des réseaux de couches clientes de conduits d'ordre inférieur (LOP, *lower order path*) de conteneurs virtuels de niveaux 12, 2 et 3. La Figure 5-2 fournit de plus amples détails sur la structure interne de la fonction d'adaptation intercouche HOP pour montrer le groupement de trois unités d'affluents TU-12 dans un groupe TUG-2 et sept groupes TUG-2 dans un groupe TUG-3 pour refléter la structure de multiplexage SDH définie dans la Recommandation UIT-T G.707. On notera que le groupe d'unités d'affluents décrit uniquement le groupement et ne modifie pas le format du signal.

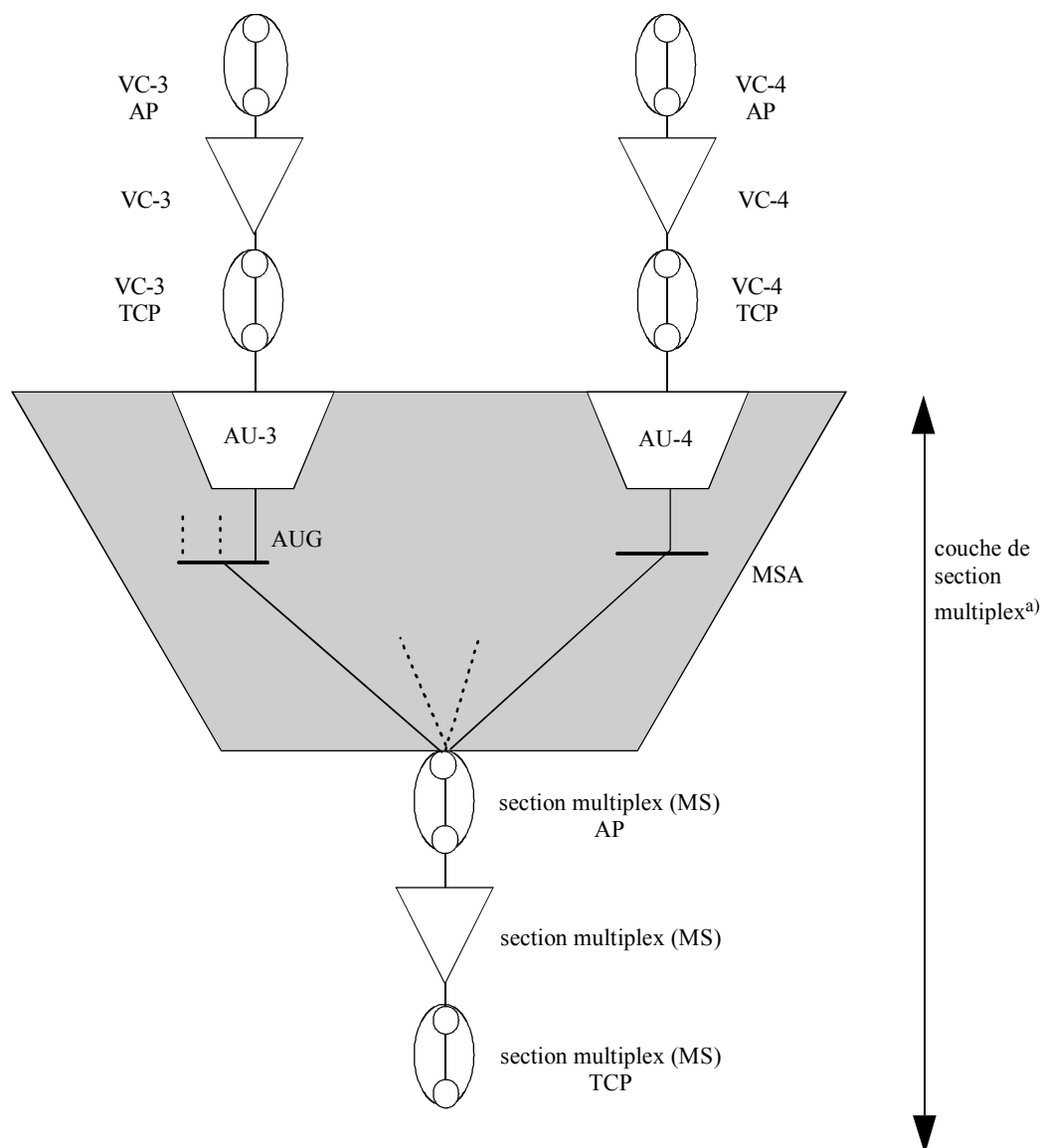


a) Ensemble de transport G.805.

T1308680-96

Figure 5-2/G.803 – Conteneur virtuel de niveau 4 (VC-4) avec prise en charge de réseaux de couches clientes multiples

Le cas d'un module STM-4 prenant en charge des clients de VC-3 et VC-4 est représenté sur la Figure 5-3; là encore, la figure donne de plus amples détails de la structure interne de la fonction d'adaptation intercouches de la section multiplex (MS, *multiplex section*) pour illustrer le groupement de trois unités administratives AU-3 en un groupe d'unités administratives AUG afin de refléter la structure de multiplexage de la Recommandation UIT-T G.707. Ce groupement au sein de la structure de multiplexage est reflété dans la Recommandation UIT-T G.774 au moyen de la classe d'objets adaptateur indirect.



a) Ensemble de transport G.805.

T1308690-96

Figure 5-3/G.803 – Section multiplex (MS) avec prise en charge de conteneurs virtuels de niveaux 3 et 4

5.2 Prise en charge du mode ATM dans la hiérarchie SDH

Pour décrire les réseaux de transport en mode ATM, la Recommandation UIT-T I.326 montre l'ensemble de transport ATM qui groupe la fonction d'adaptation de VP en VC-n, VC-n-Xv et VC-n-Xc avec le réseau de couches clientes. Cette différence de groupement de la fonction d'adaptation pour décrire des réseaux de transport en mode ATM et à hiérarchie SDH n'a aucun effet sur les fonctions réellement exécutées par ces réseaux. L'interface entre l'ensemble de transport en mode ATM et un de ces réseaux des couches VC-n, VC-n-Xv et VC-n-Xc est le point d'accès.

On notera que lorsque le client est un réseau de couches conduits virtuels (VP, *virtual path*) de mode ATM, les réseaux de couches serveuses VC-n, VC-n-Xv et Vc-n-Xc ne peuvent prendre en charge qu'un seul réseau de couches clientes.

5.3 Concaténation

Pour le transport des signaux des couches clientes avec des débits de transmission supérieurs au débit de transmission de tout conteneur virtuel SDH pris isolément ou compris entre de tels débits, les capacités utiles des différents conteneurs virtuels peuvent être combinées par concaténation.

Deux types de concaténation sont définis dans la Recommandation UIT-T G.707: la concaténation contiguë (VC-n-Xc) et la concaténation virtuelle (VC-n-Xv). La Recommandation UIT-T G.707 définit une concaténation contiguë et une concaténation virtuelle de telle manière que les capacités de la charge utile d'un conteneur VC-n-Xc et d'un conteneur VC-n-Xv sont identiques. Il en résulte que les fonctions d'adaptation d'un réseau de couches clientes en VC-n-Xc ou VC-n-Xv pour le même indice X sont également identiques. L'ensemble actuel d'associations client/serveur pour les réseaux des couches concaténés est énuméré à l'Appendice I et décrit à la Figure I.1.

5.3.1 Concaténation contiguë

Les informations caractéristiques d'un réseau des couches VC-n-Xc à concaténation contiguë sont transportées sur une connexion de réseau VC-n-Xc.

La Figure 5-4 représentant l'architecture fonctionnelle relative à la concaténation contiguë.

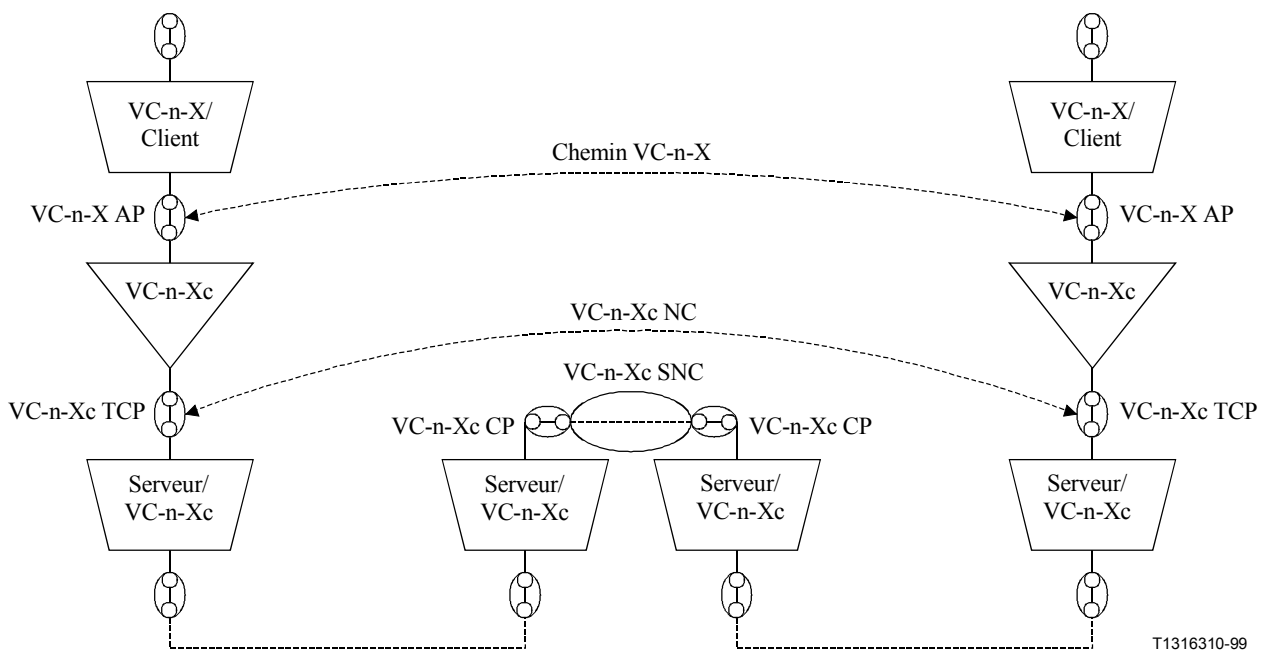


Figure 5-4/G.803 – Architecture fonctionnelle relative à la concaténation contiguë

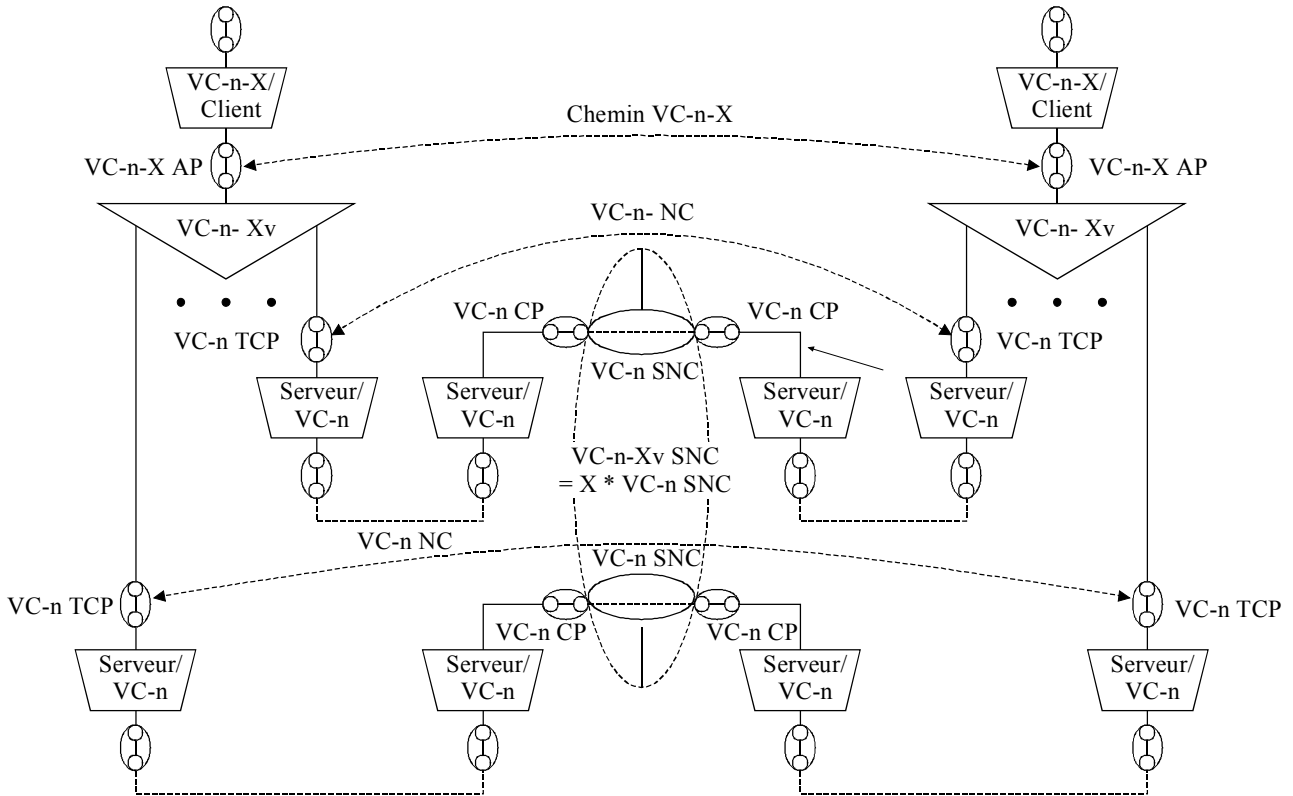
5.3.2 Concaténation virtuelle

La concaténation virtuelle est l'implémentation en hiérarchie SDH du multiplexage inverse décrit dans la Recommandation UIT-T G.805. Les informations caractéristiques d'un réseau de couches VC-n-Xv à concaténation virtuelle sont transportées à travers un faisceau de X connexions de réseau VC-n. La fonction collecteur de terminaison de chemin VC-n-Xv doit compenser la différence de temps de transmission pour fournir une capacité utile contiguë à sa sortie.

La différence de temps de transmission à compenser pour le réseau VC-n à concaténation virtuelle est d'au moins 125 µs.

Les techniques de surveillance de connexions définies au paragraphe 7 sont applicables par flux de données sur les informations caractéristiques VC-n.

La Figure 5-5a représente l'architecture fonctionnelle relative à la concaténation virtuelle.



T1316320-99

Figure 5-5a/G.803 – Architecture fonctionnelle relative à la concaténation virtuelle

La fonction composite VC-n-Xv indiquée sur la Figure 5-5a est à nouveau combinée aux fonctions atomiques de base comme représenté sur la Figure 5-5b.

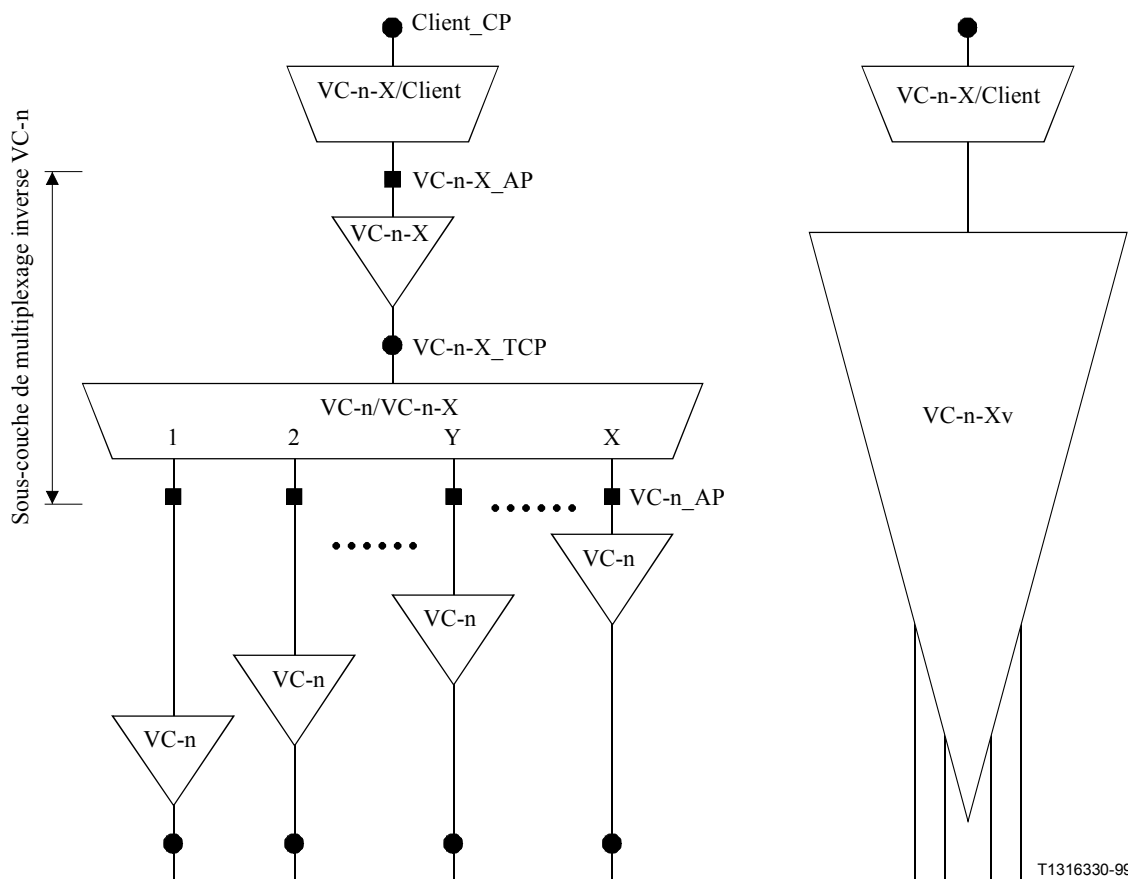


Figure 5-5b/G.803 – Modèle de multiplexage inverse/de concaténation virtuelle

La fonction VC-n/VC-n-Xv_A_So assure le traitement suivant entre son entrée et sa sortie:

- déterminer si la taille de groupe variable peut être gérée par le signal client;
- déterminer la taille maximale du groupe (X);
- déterminer la taille réelle du groupe (Y);
- déterminer temporairement les signaux défaillants dans le groupe effectif;
- réduire temporairement la taille du groupe et assurer l'adjonction harmonieuse d'un signal précédemment défaillant en coordination avec l'extrémité distante;
- assurer l'accroissement et la diminution harmonieux de la taille réelle Y du groupe en coordination avec l'extrémité distante;
- effectuer le désentrelacement sur 8 bits ou un octet du signal entrant; mapper les 8 bits ou l'octet dans la capacité utile du signal T_i , les 8 bits ou octet suivants dans le signal T_{i+1} , etc. qui appartiennent au groupe effectif et ne sont pas temporairement supprimés;
- insérer dans chacun des signaux un indicateur multitrames détectant les différences de temps de transmission;
- insérer dans chacun des signaux le numéro de séquence (à confirmer dans la hiérarchie SDH);
- insérer dans l'étiquette de signal de chacun des signaux l'identification du type de capacité utile.

La fonction VC-n/VC-n-X_A_Sk assure le traitement suivant entre son entrée et sa sortie:

- comparer par rapport à la valeur prévue l'identification du type de capacité utile figurant dans l'étiquette de signal de chacun des signaux, détecter les disparités de capacités utiles, signaler les valeurs reçues;
- déterminer si la taille de groupe variable peut être traitée par le signal client;
- déterminer la taille maximale du groupe (X);
- déterminer la taille réelle du groupe (Y);
- déterminer temporairement les signaux défaillants dans le groupe effectif;
- réduire temporairement la taille du groupe et assurer l'adjonction harmonieuse d'un signal précédemment défaillant en coordination avec l'extrémité distante;
- assurer l'accroissement et la diminution harmonieux de la taille réelle Y du groupe en coordination avec l'extrémité distante;
- récupérer la phase de départ multitrames de chacun des différents signaux;
- comparer par rapport au numéro prévu le numéro de séquence dans chacun des signaux (à confirmer dans la hiérarchie SDH), détecter les défauts et signaler les valeurs reçues;
- réaligner tous les signaux individuels qui appartiennent au groupe effectif et ne sont pas temporairement supprimés par compensation de la différence de temps de transmission;
- assurer l'entrelacement des signaux entrants qui appartiennent au groupe effectif et ne sont pas temporairement supprimés;
- déterminer l'état de défaillance des signaux et, en cas de défaillance, insérer le signal AIS.

La fonction VC-n-X_TT_So assure le traitement suivant entre son entrée et sa sortie:

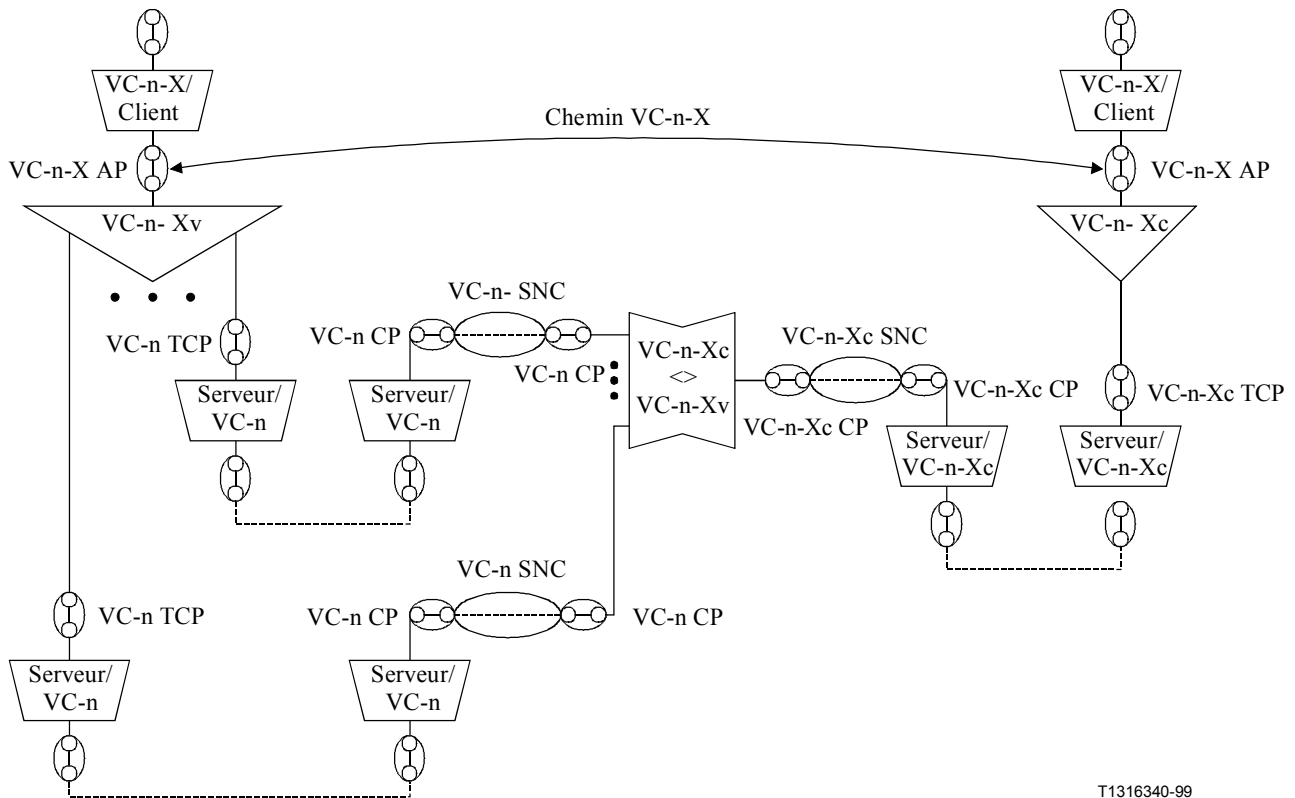
- signaler l'état de défaillance des signaux;
- en cas d'interfonctionnement avec l'extrémité distante à concaténation contiguë, signaler l'état composite et la qualité approximativement évalués.

La fonction VC-n-X_TT_So assure le traitement suivant entre son entrée et sa sortie:

- aucun traitement particulier n'est prévu pour le moment.

5.3.3 Interfonctionnement entre concaténation contiguë et concaténation virtuelle

La concaténation contiguë et la concaténation virtuelle pour le même indice X permettent de transporter les mêmes informations adaptées et ont des informations caractéristiques similaires. Cela permet l'interfonctionnement des réseaux de couches, tel que défini dans la Recommandation UIT-T G.805, entre un réseau VC-n-Xc et un réseau VC-n-Xv avec le même indice. L'architecture fonctionnelle est représentée sur la Figure 5-6. La fonction de traitement de l'interfonctionnement assure une conversion "transparente" du point de vue sémantique de l'en-tête de chemin de concaténation virtuelle en en-tête de chemin de concaténation contiguë et vice-versa. Un chemin VC-n-X peut contenir une ou plusieurs fonctions de traitement de l'interfonctionnement.



T1316340-99

Figure 5-6/G.803 – Interfonctionnement entre concaténation contiguë et concaténation virtuelle

6 Surveillance des connexions

6.1 Contrôle intrinsèque

Les connexions de couches conduits peuvent être indirectement contrôlées au moyen des données internes disponibles auprès des couches serveuses de section multiplex ou de conduits d'ordre supérieur et par calcul de l'état approximatif de la connexion de conduits clients à partir des données disponibles. Par exemple, pour un conduit d'ordre supérieur, des dégradations détectées au niveau de l'adaptation de la section multiplex telles que le signal d'indication d'alarme (AIS, *alarm indication signal*) et perte de pointeur (LOP, *loss of pointer*) d'unités administratives constituent une indication de dégradations dans les réseaux de couches serveuses sous-jacents qui affectent la connexion couche cliente contrôlée.

6.2 Contrôle sans intrusion

Les connexions peuvent être directement contrôlées par les informations de surdébit correspondantes dans la section de régénération, la section multiplex, le conduit d'ordre supérieur ou le conduit d'ordre inférieur puis par calcul de l'état approximatif de la connexion à partir de la différence entre les états contrôlés à chaque extrémité de la connexion.

6.3 Contrôle de sous-couche

Les connexions peuvent être directement contrôlées à l'une de leurs extrémités en écrasant une partie de la capacité de surdébit des chemins initiaux au début de la connexion. Pour la hiérarchie numérique synchrone, le surdébit a été, à cet égard, défini au niveau des couches de conduits d'ordre

supérieur et inférieur. Lorsqu'elle est appliquée à une connexion en cascade à hiérarchie SDH, cette méthode de contrôle est appelée surveillance des connexions en cascade.

La Figure 6-1 illustre un exemple général d'une connexion en cascade contrôlée au moyen d'un chemin de sous-couche comme indiqué dans la Recommandation UIT-T G.805.

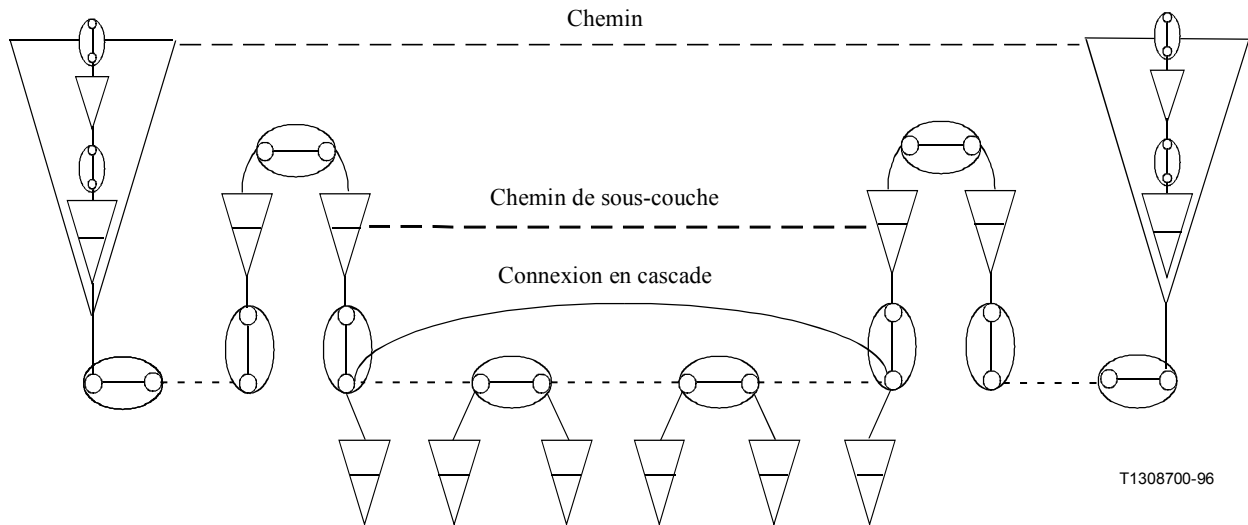
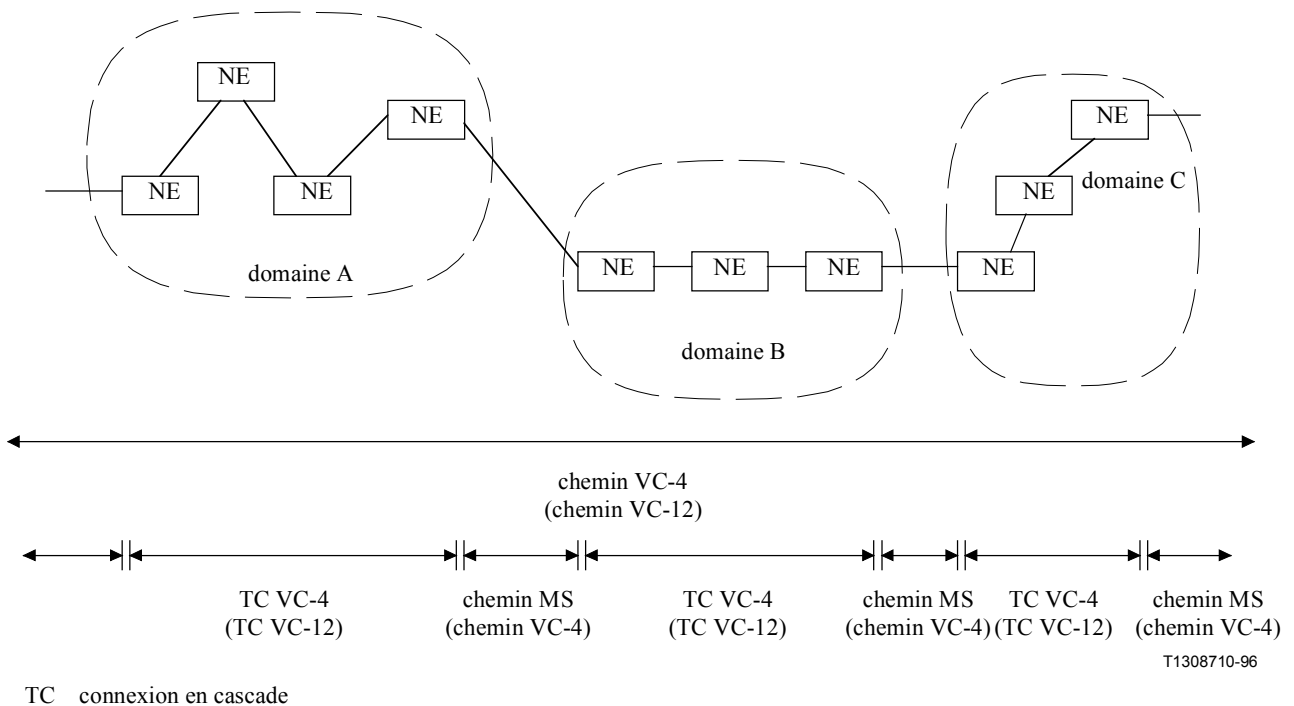


Figure 6-1/G.803 – Contrôle d'une connexion en cascade au moyen d'un chemin de sous-couche

La Figure 6-2 représente une application du contrôle de connexion en cascade à un réseau à hiérarchie SDH dans le domaine administratif d'un exploitant de réseau. Toutefois, une connexion en cascade peut aussi s'étendre sur de multiples domaines administratifs avec la coopération des exploitants concernés. Dans le dernier cas également, il n'est généralement pas nécessaire d'assurer des connexions en cascade consécutives dans un seul élément de réseau.



TC connexion en cascade

Figure 6-2/G.803 – Chemin d'un conteneur virtuel de niveau n de domaines d'exploitants multiples contrôlé par des connexions en cascade

Les Figures 6-3 et 6-4 représentent des exemples de dispositifs de connexions en cascade fondés sur un chemin de conteneur virtuel de niveau 4. Ce chemin de conteneur virtuel de niveau 4 (VC-4) est constitué de deux terminaisons de chemin du VC-4 (HOPT) et de la connexion de réseau du VC-4.

La connexion en cascade (TC, *tandem connection*) peut inclure ou exclure la matrice (fonction de connexion) dans un équipement donné. Lorsque cela est possible, il est préférable d'inclure les fonctions de connexion au niveau des équipements d'entrée et de sortie dans une connexion en cascade et c'est pour cela que cette possibilité est illustrée dans les deux exemples.

Dans la Figure 6-3, la connexion de réseau VC-4 est subdivisée en deux connexions de sous-réseau, une dans le domaine A de l'exploitant de télécommunications (TO, *telecom operator*) et l'autre dans le domaine B de TO. Les deux sous-réseaux sont interconnectés par une connexion de liaison prise en charge par une section multiplex.

Les deux sous-réseaux TO sont implémentés comme des sous-couches de TC (sous-réseaux contrôlés). On ajoute ainsi aux sous-réseaux de TO des fonctions d'adaptation de VC-4 (HOTCA) et de terminaison de chemin (HOTCT) de connexions en cascade.

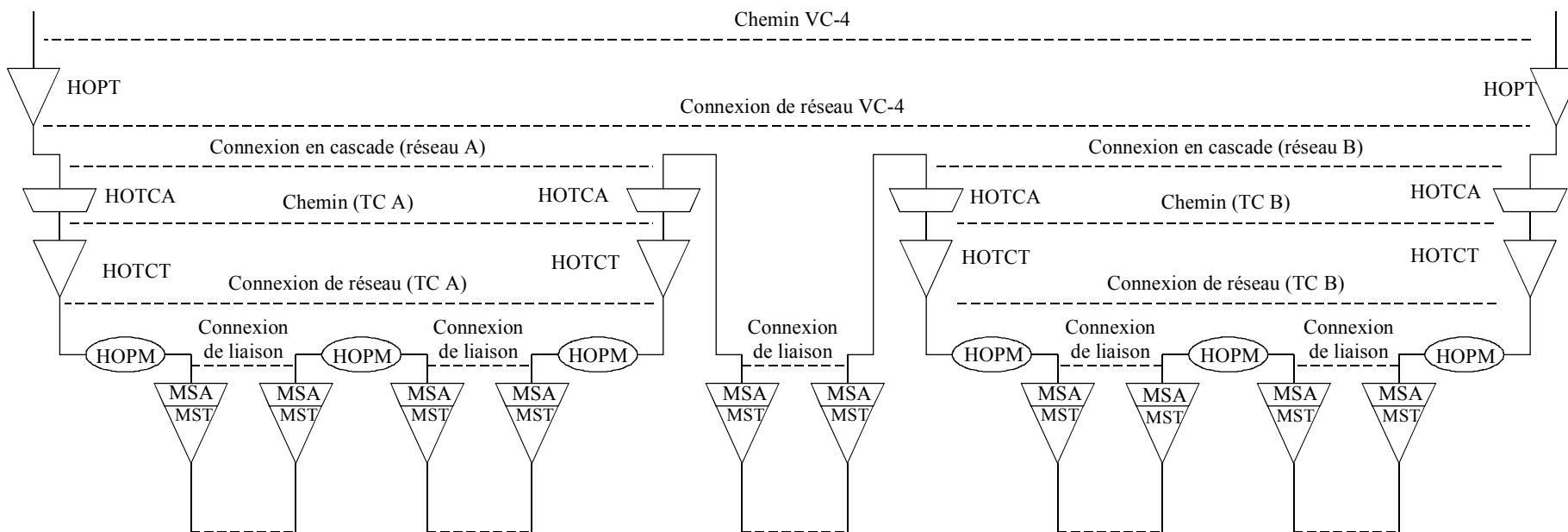
Les sous-réseaux TO sont, en outre, subdivisés en une série de sous-réseaux, représentée par les matrices de VC-4 (HOPM) et les connexions de liaison intermédiaires.

La Figure 6-4 illustre une subdivision de la connexion de réseau VC-4 en trois connexions de sous-réseau, interconnectées par des connexions de lien prises en charge par des sections multiplex.

L'un des trois sous-réseaux est implémenté comme une sous-couche de TC (sous-réseaux contrôlés). On ajoute ainsi au sous-réseau de TO des fonctions d'adaptation de VC-4 (HOTCA) et de terminaison de chemin (HOTCT) de connexions en cascade.

Le sous-réseau TO est, en outre, subdivisé en une série de sous-réseaux, représentée par les matrices de VC-4 (HOPM) et les connexions de liaison intermédiaires.

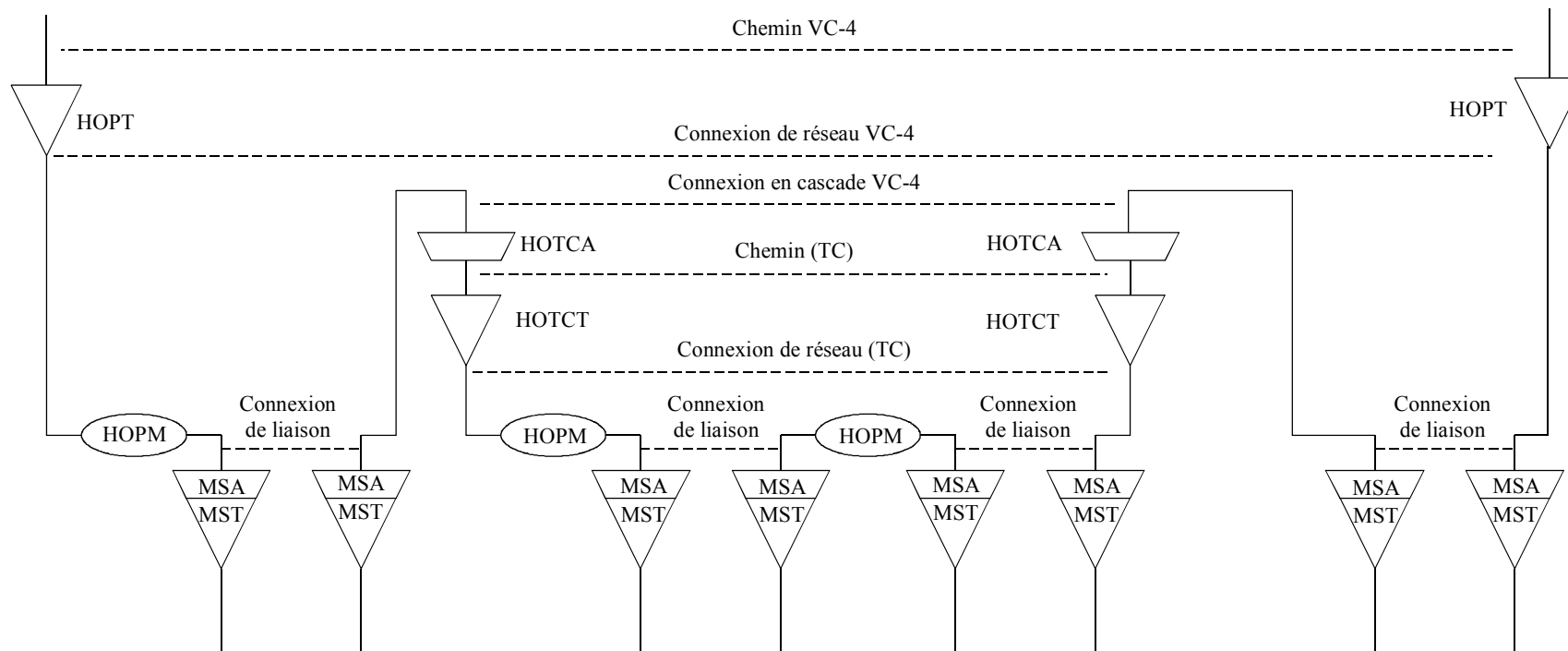
Dans l'élément de réseau d'où part la connexion en cascade, le surdébit de la connexion en cascade est inséré dans le signal avant que ce dernier ne soit appliqué à la fonction de connexion de la couche (le cas échéant). De la même manière, le surdébit de la connexion en cascade est retiré du signal après son passage dans la fonction de connexion de la couche (le cas échéant) au sein de l'élément de réseau où se termine la connexion en cascade.



T1308720-96

- | | | | |
|-------|---|-----|----------------------------------|
| HOPM | matrice de conduit d'ordre supérieur | MSA | adaptation de section multiplex |
| HOPT | termination de conduit d'ordre supérieur | MST | termination de section multiplex |
| HOTCA | adaptation de connexion en cascade d'ordre supérieur | | |
| HOTCT | termination de connexion en cascade d'ordre supérieur | | |

Figure 6-3/G.803 – Exemple d'un chemin VC-4 passant par deux domaines exploitant



HOPM matrice de conduit d'ordre supérieur
 HOPT terminaison de conduit d'ordre supérieur
 HOTCA adaptation de connexion en cascade d'ordre supérieur
 HOTCT terminaison de connexion en cascade d'ordre supérieur

MSA adaptation de section multiplex
 MST terminaison de section multiplex

T1308730-96

Figure 6-4/G.803 – Exemple d'un chemin VC-4 avec une connexion en cascade

7 Techniques d'amélioration de la disponibilité du réseau de transport à hiérarchie SDH

Une description des types généraux de protection est fournie dans la Recommandation UIT-T G.805. La présente Recommandation UIT-T précise la manière dont ces types généraux sont appliqués dans le cas de la hiérarchie SDH. Les Recommandations UIT-T G.783 et G.841 comportent une description détaillée de la manière dont ces systèmes sont implémentés.

7.1 Protection de section multiplex à hiérarchie SDH

La protection de section multiplex à hiérarchie SDH est du type protection de chemin comme décrit dans la Recommandation UIT-T G.805. Les défaillances sont détectées par la fonction terminaison de section multiplex (MST, *multiplex section termination*) et la reconfiguration utilise les fonctions de commutation de protection présentes dans la sous-couche de protection de la section multiplex. La configuration résultante peut impliquer une commutation de protection dans plusieurs éléments de réseau en hiérarchie SDH, coordonnée par un protocole de protection par commutation automatique (APS, *automatic protection switching*).

7.1.1 Protection 1+1 de la section multiplex en hiérarchie SDH

Dans un système de protection 1+1 de section multiplex à hiérarchie SDH, il est prévu deux sections multiplex: l'une assurant le trafic et l'autre restant en réserve. Une description de la protection 1+1 d'une section multiplex est fournie dans la Recommandation UIT-T G.783.

7.1.2 Protection 1:N de la section multiplex en hiérarchie SDH

Un système de protection 1:N de section multiplex à hiérarchie SDH est constitué de N sections multiplex d'écoulement de trafic à protéger, ainsi que d'une section multiplex supplémentaire chargée d'assurer cette protection. Lorsqu'elle n'est pas appelée à prendre en charge la protection, cette capacité de la section multiplex additionnelle peut servir à écouler un "trafic supplémentaire" de moindre priorité. On notera que ce trafic supplémentaire ne sera pas protégé. La Recommandation UIT-T G.783 fournit une description de la protection 1:N de la section multiplex ainsi que le protocole APS.

7.1.3 Boucles de protection partagée de section multiplex en hiérarchie SDH

Les boucles de protection partagée de la section multiplex sont caractérisées par une équirépartition de la capacité utile d'une section multiplex entre capacité d'exploitation et capacité de protection. Par exemple, pour une boucle à modules STM de niveau N sur deux fibres, on disposera de N/2 groupes d'unités administratives (AUG, *administrative unit group*) 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 la protection. On peut accéder à la capacité de protection par boucle à partir de toute section multiplex d'une boucle à nœuds multiples en cas de panne de cette section ou d'un de ces nœuds. Ainsi, la capacité de protection est partagée entre plusieurs sections multiplex. Il est admis que ce partage de la capacité de protection permette à une boucle de protection partagée de section multiplex d'écouler davantage de trafic que les autres types de boucles dans des conditions normales d'exploitation. En conditions normales, cette capacité de protection peut servir à prendre en charge un trafic supplémentaire de moindre priorité. On notera que ce trafic supplémentaire ne sera pas protégé. La Recommandation UIT-T G.841 fournit une description des boucles de protection partagée de section multiplex, y compris la définition du protocole APS.

7.1.4 Protection par boucle spécialisée de la section multiplex en hiérarchie SDH

Une boucle de protection spécialisée de section multiplex est un système de protection 1:N où $N = 1$. Un système comprend deux anneaux fonctionnant en sens opposé (chacun transmettant en sens contraire par rapport à l'autre). En conditions de panne, l'ensemble de la voie en service normal est bouclé sur la voie de secours. Le protocole APS requis pour ce système n'est pas indiqué dans la Recommandation UIT-T G.841 car la capacité maximale de ce type de boucle est la somme de la capacité de chaque arc et, par conséquent, les applications pour ce type de système de protection sont limitées.

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

La protection des connexions de sous-réseaux est décrite dans la Recommandation UIT-T G.805. Il est admis de l'appliquer à un conduit d'ordre supérieur ou inférieur en hiérarchie SDH. Pour la prise en charge de la protection de sous-réseaux, il est prévu deux connexions de sous-réseau spécialisées: l'un assurant le trafic et l'autre restant en réserve. Il s'agit d'un mécanisme de protection spécialisée qui peut être utilisé sur toute structure physique de transport (réseaux maillés, annulaires, ou hybrides). Ce procédé peut être utilisé pour protéger une connexion ou une portion de connexion de réseau de bout en bout. La Recommandation UIT-T G.841 comporte une description plus détaillée de la manière dont ce système s'applique à la hiérarchie SDH.

8 Architecture des réseaux de synchronisation

8.1 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 la nécessité de traçabilité des horloges SDH par rapport à une horloge de référence primaire (PRC, *primary reference clock*) et de bonnes performances de stabilité à court terme afin de satisfaire aux objectifs généraux de limitation du taux de glissement indiqués dans la Recommandation UIT-T G.822.

Il est par ailleurs expliqué que, dans la mesure où l'horloge SDH respecte le gabarit de stabilité à court terme, il n'y a pratiquement aucune limite au nombre d'éléments de traitement du pointeur qui peuvent être combinés en cascade dans un réseau SDH lorsqu'il s'agit de respecter les prescriptions de gigue en sortie de charge utile à la limite entre hiérarchies SDH/PDH.

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

L'Appendice III donne des indications additionnelles sur la synchronisation des réseaux portant principalement sur les aspects d'ingénierie d'ordre pratique.

8.2 Aspects des réseaux de synchronisation

8.2.1 Méthodes de synchronisation

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

- synchronisation de type maître-esclave;
- synchronisation mutuelle.

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

La synchronisation de type 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 ressources du réseau de transport. Les niveaux hiérarchiques sont les suivants:

- PRC G.811.
- horloge asservie (nœud de transit) G.812.
- horloge asservie (nœud local) G.812.
- horloge d'élément de réseau à hiérarchie SDH G.813.

La répartition du rythme 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 du rythme 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 du rythme 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.

8.2.2 Architecture du réseau de synchronisation

L'architecture utilisée en hiérarchie SDH exige une traçabilité du rythme de toutes les horloges d'éléments de réseau à une horloge PRC conforme à la Recommandation UIT-T G.811. L'exposé qui suit définit de façon détaillée l'architecture cible de synchronisation d'un réseau SDH. Le 8.2.6 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) à 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 d'ordre 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 8-1;
- 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 représentée à la Figure 8-2. 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 distribution doit être conçu de telle sorte que, même en cas de défaillance du système, seules des références valides d'ordre 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.

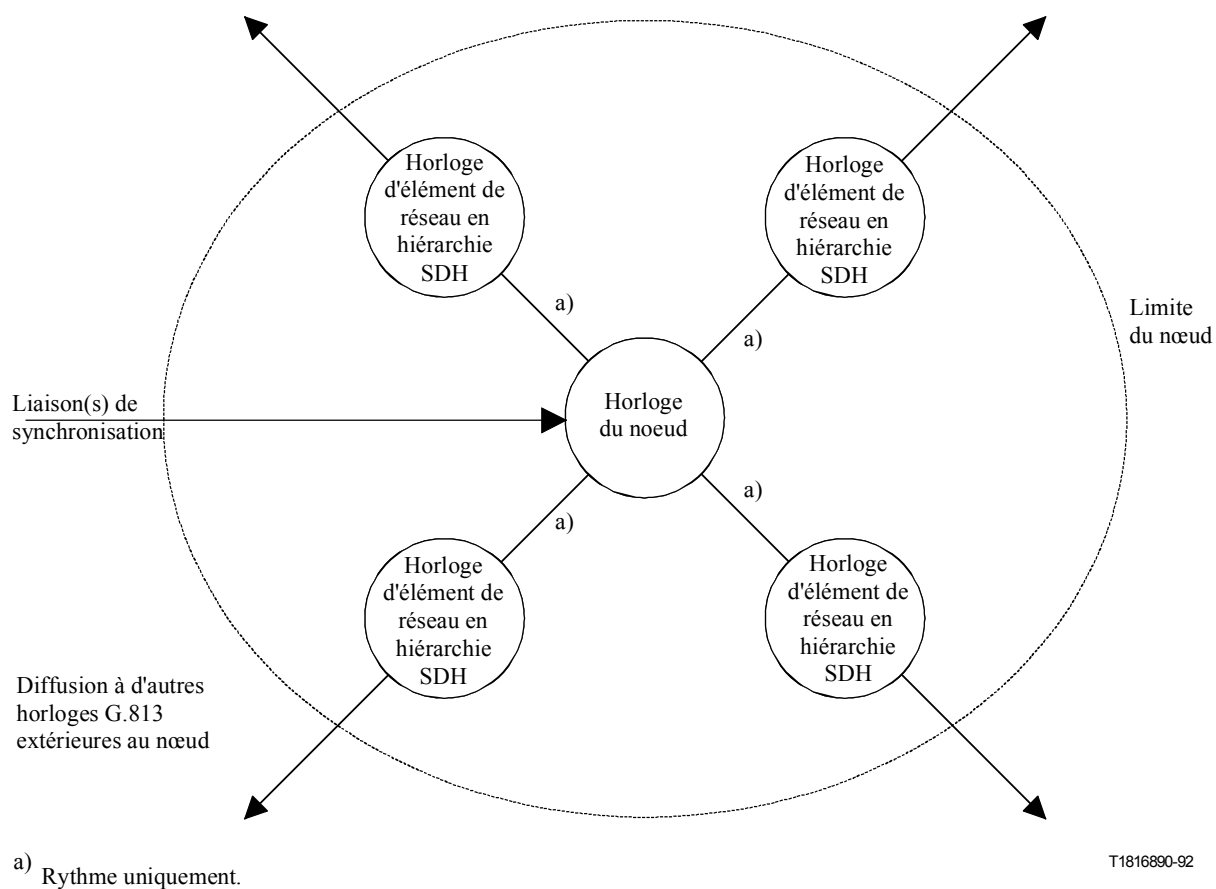
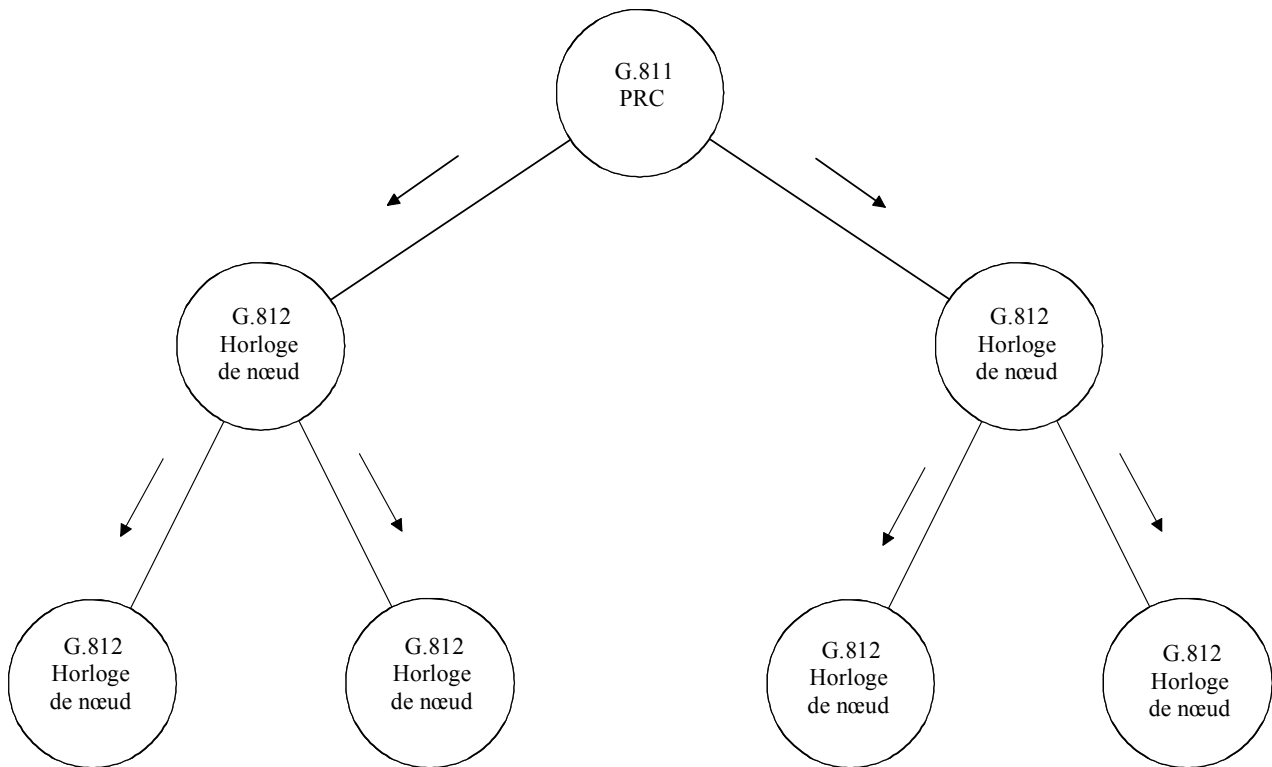


Figure 8-1/G.803 – Répartition à l'intérieur des nœuds de l'architecture du réseau de synchronisation



T1816900-92

PRC horloge de référence primaire

Figure 8-2/G.803 – Répartition entre les nœuds de l'architecture du réseau de synchronisation

L'architecture fonctionnelle des réseaux de synchronisation traite de la modélisation du transfert des informations de rythme entre horloges de synchronisation hiérarchisées. Un exemple est fourni à la Figure 8-3. Les trois horloges définies dans les Recommandations UIT-T G.811, G.812 et G.813 sont représentées comme des fonctions d'adaptation qui modifient la qualité des informations de rythme en fonction de leur niveau de qualité.

Toutes les horloges de synchronisation sont placées dans une couche unique: la couche de distribution de la synchronisation (SD, *synchronization distribution*). Le réseau des couches SD fournit des chemins pour le transfert des informations de rythme d'une horloge à l'autre. Le réseau des couches SD est chargé du transfert unilatéral d'informations, par conséquent, tous les points d'accès du réseau des couches SD sont unilatéraux.

La couche SD peut être prise en charge par toute section multiplex ou couche conduits à condition que ces couches serveuses soient transparentes pour des informations de rythme. Des couches de conteneur virtuel *n* à hiérarchie SDH et des couches conduits à hiérarchie numérique plésiochrone qui sont prises en charge par des couches conduits à hiérarchie SDH ne se qualifient pas comme telles, car les traitements de pointeur se répercutent sur les informations de rythme.

La Figure 8-3 présente également le client de la couche SD comme la couche de synchronisation du réseau (NS, *network synchronization*). La couche NS est uniquement responsable de la fourniture de point à multipoint par l'intermédiaire des connexions de l'horloge de référence primaire vers les autres horloges dans le réseau. A chaque point de connexion dans la couche NS, il y a une estimation du temps universel coordonné (UTC, *universal time coordinated*) disponible. La qualité de l'estimation de l'UTC dépend de la configuration du réseau des couches NS et de la qualité de rythme des chemins SD fournis par le réseau des couches SD.

On notera que les horloges de régénération de système de ligne ne figurent pas sur la couche SD. Elles sont contenues dans la couche section qui prend en charge la couche SD. La différence entre ces horloges de régénération et les horloges dans la couche SD est que le support est "transparent". Les horloges de régénération transfèrent le rythme ou écrasent les informations de rythme. Réciproquement, les horloges SD établissent le rythme même en cas de panne du chemin SD qui transfère le rythme de l'horloge précédente dans la connexion NS.

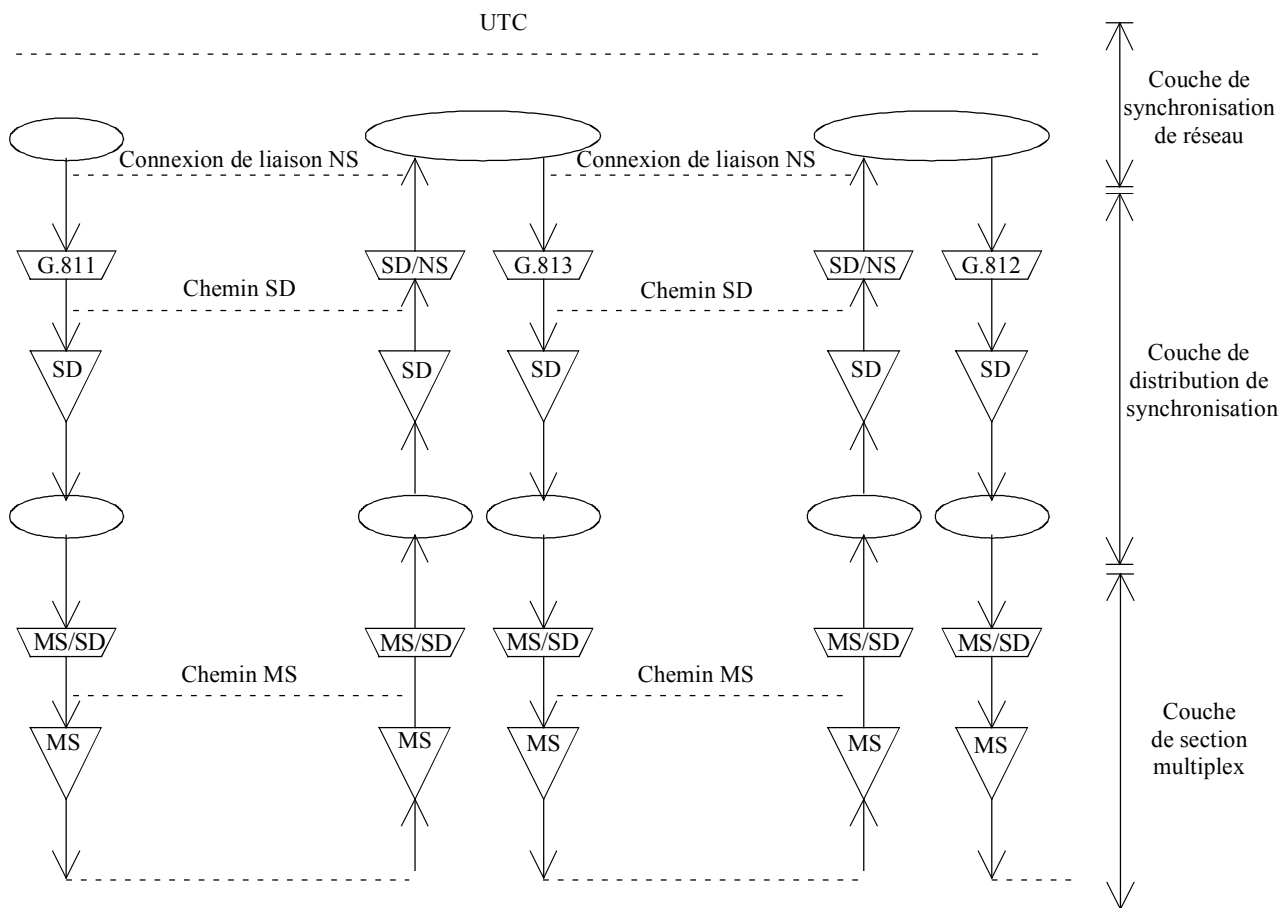
Les matrices de connexion présentes dans la couche NS établissent la configuration du réseau de synchronisation. Les connexions de lien entre les matrices sont prises en charge par des chemins dans la couche SD. Une reconfiguration autonome du réseau de synchronisation, y compris la commutation de protection, est également effectuée par ces matrices.

Les matrices de connexion dans la couche SD assurent la mise en œuvre des chemins SD. Elles sont utilisées pour sélectionner les sections multiplex ou les conduits qui prennent en charge les chemins SD.

La messagerie descriptive de l'état de synchronisation peut être utilisée pour transmettre des informations de qualité de rythme (voir 8.2.7). Ces informations sont insérées à la source de terminaison du chemin SD et sont extraites du collecteur de terminaison du chemin SD. En outre, la défaillance d'un chemin SD est indiquée par la terminaison du chemin SD.

La Figure 8-4 montre un exemple spécifique de la répartition de synchronisation du réseau public par le biais d'une interface de réseau utilisateur de débit primaire à hiérarchie numérique plésiochrone avec l'horloge G.812 dans un réseau privé. Dans cet exemple, le signal de débit primaire est resynchronisé à partir de l'horloge d'élément de réseau à hiérarchie SDH.

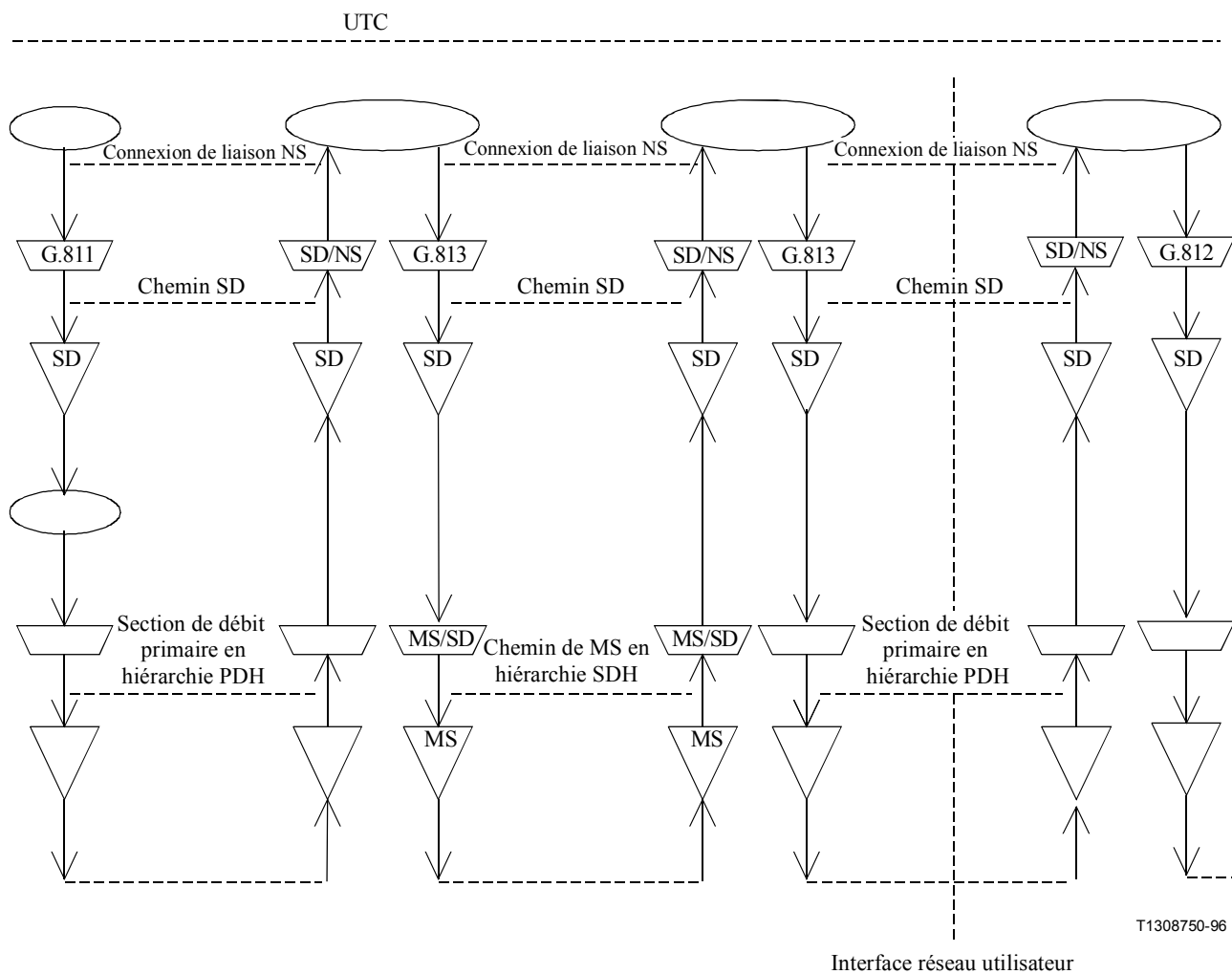
D'autres méthodes de passage de la synchronisation par l'interface réseau utilisateur feront l'objet d'un complément d'étude.



T1308740-96

MS/SD	adaptation de MS en SD	SD	distribution de la synchronisation
MST	terminaison de la section multiplex	SD/NS	adaptation de SD en NS
NS	synchronisation du réseau	UTC	temps universel coordonné

Figure 8-3/G.803 – Exemple de répartition de la synchronisation illustrant les couches de synchronisation



MS/SD	adaptation de MS en SD	SD	distribution de la synchronisation
MST	terminaison de la section multiplex	SD/NS	adaptation de SD en NS
NS	synchronisation du réseau	UTC	temps universel coordonné

Figure 8-4/G.803 – Exemple de répartition de la synchronisation à travers une interface réseau utilisateur (UNI) à hiérarchie numérique plésiochrone

8.2.3 Modes de synchronisation

On distingue quatre modes de synchronisation, à savoir:

- synchrone;
- pseudo-synchrone;
- plésiochrone;
- asynchrone.

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 UIT-T 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 circuits de renvoi sur horloges 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 procédant à un mappage 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 aucun réglage global d'état du pointeur au niveau de l'élément de réseau de sortie finale dans la mesure où l'élément de réseau entrant 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 est spécifiée dans la Recommandation UIT-T G.813. 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).

8.2.4 Chaîne de référence du réseau de synchronisation

La chaîne de référence du réseau de synchronisation est représentée à la Figure 8-5. Les horloges de nœud sont interconnectées par les éléments de réseau N , chacun ayant des horloges conformes à la Recommandation UIT-T G.813.

La chaîne la plus longue ne doit pas dépasser K horloges asservies, conformes à la Recommandation UIT-T 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. Ceci contraste avec la situation dans l'environnement du réseau téléphonique public commuté qui est sensible à l'instabilité 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 les exigences de stabilité à court terme, définies dans l'Appendice I/G.813.

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: $K = 10$, $N = 20$, le nombre total d'horloges d'élément de réseau SDH étant limité à 60. Ces valeurs sont uniquement applicables à des horloges de "d'option 1", comme défini dans la Recommandation UIT-T G.813; les valeurs pour les horloges "d'option 2" feront l'objet d'un complément d'étude. Les valeurs de "l'option 1" 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.

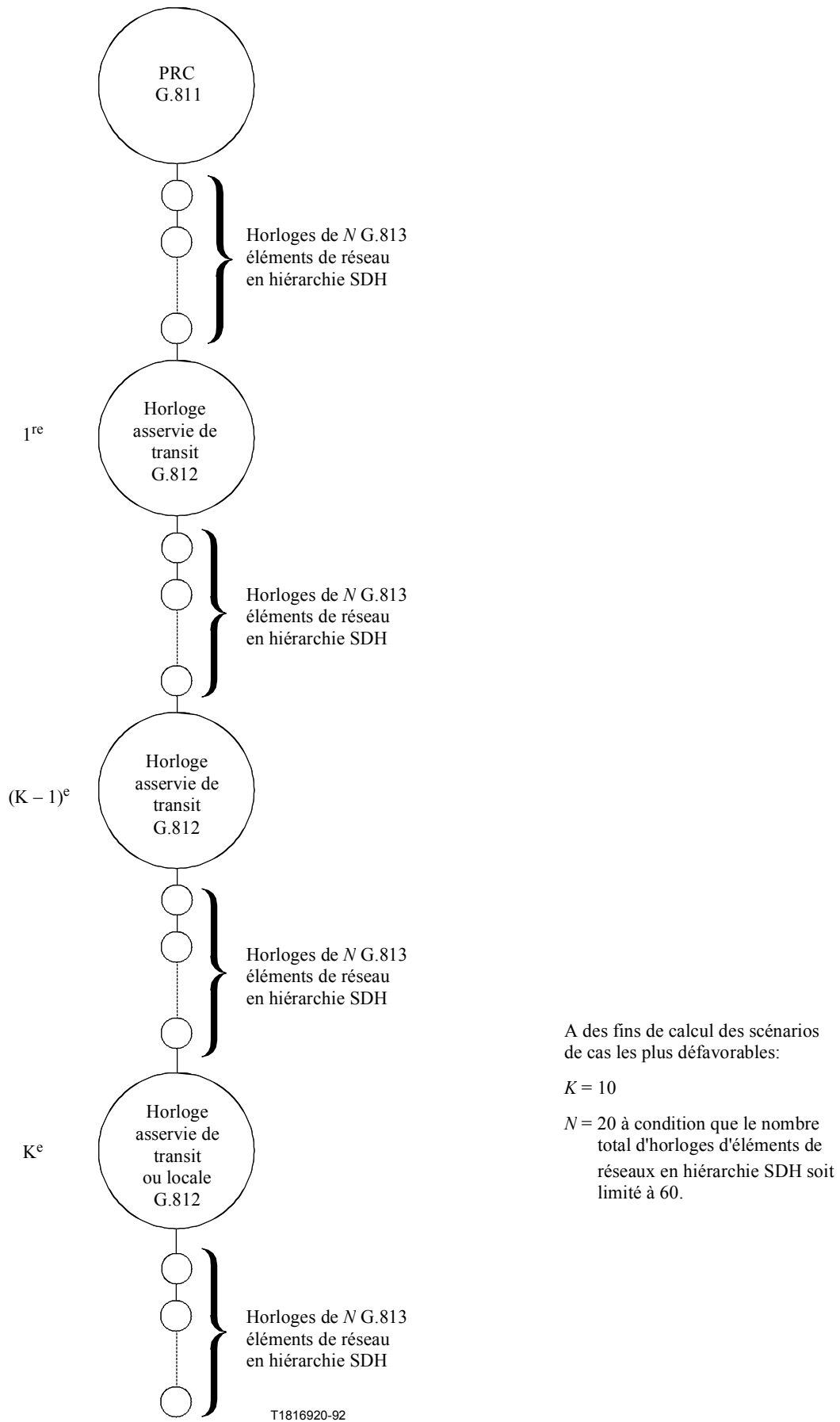


Figure 8-5/G.803 – Chaîne de référence du réseau de synchronisation

8.2.5 Méthode de synchronisation

La méthode de synchronisation consiste à intégrer la synchronisation du réseau SDH avec l'architecture de synchronisation du réseau RTPC existant avec un minimum de perturbations et de reconfigurations. Les horloges nodales 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; dans ce cas, l'horloge de l'élément de réseau G.813 est remplacée par une horloge de qualité G.811 ou G.812.

8.2.6 Évolution 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 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 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 les chemins de la section multiplex 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.

8.2.7 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 répartition 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. À cette fin, les horloges G.812 et G.813 peuvent avoir à procéder à une reconfiguration pour récupérer le synchronisme à partir de l'un de leurs chemins de répartition 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 synchronisation est nécessaire pour sélectionner et confirmer

le chemin de synchronisation ,lorsqu'un choix est possible, avec le niveau de qualité de la source de référence de hiérarchie la plus élevée (même en cas de perte de synchronisme).

Ce système de repérage donne une indication du niveau de qualité de la source de synchronisation au moyen d'un procédé de messagerie descriptive des états. Le message d'état est transmis dans le surdébit de section multiplex, comme décrit dans la Recommandation UIT-T G.707. Lorsqu'une sortie est utilisée pour prendre en charge un chemin de synchronisation avec une messagerie descriptive de l'état de la synchronisation, alors le message d'état indiquera le niveau de qualité de la source qui a initialement généré le signal de synchronisation. On notera qu'il ne reflète aucune dégradation causée par l'accumulation de gigue ou de dérapage comme un résultat de transmission à travers un réseau de transport.

Dans les sous-réseaux à hiérarchie SDH, le message d'état est transmis dans le surdébit de section multiplex comme décrit dans la Recommandation UIT-T G.707. Dans les chemins de répartition à hiérarchie numérique plésiochrone, il est possible de transmettre le message d'état comme décrit dans la Recommandation UIT-T G.704. Pour les chemins de distribution en hiérarchie PDM transportant des cellules ATM, le message d'état est décrit dans la Recommandation UIT-T G.832.

Les messages d'état de synchronisation contiennent des informations concernant le niveau de qualité de la source qui peuvent aider les horloges à sélectionner la référence de synchronisation la plus appropriée depuis l'ensemble des références disponibles. Le but de ces messages est de permettre aux horloges de reconfigurer leurs références de synchronisation de façon autonome tout en évitant la création de boucles de synchronisation. L'utilisation de message d'état de synchronisation peut réduire la longueur de temps d'une horloge dans un régime libre. Cependant, il est critique de réaliser que l'utilisation de messages d'état de synchronisation n'évitera pas à elle seule la création de boucles de synchronisation. La planification et l'ingénierie de la synchronisation est encore requise.

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 8-6.

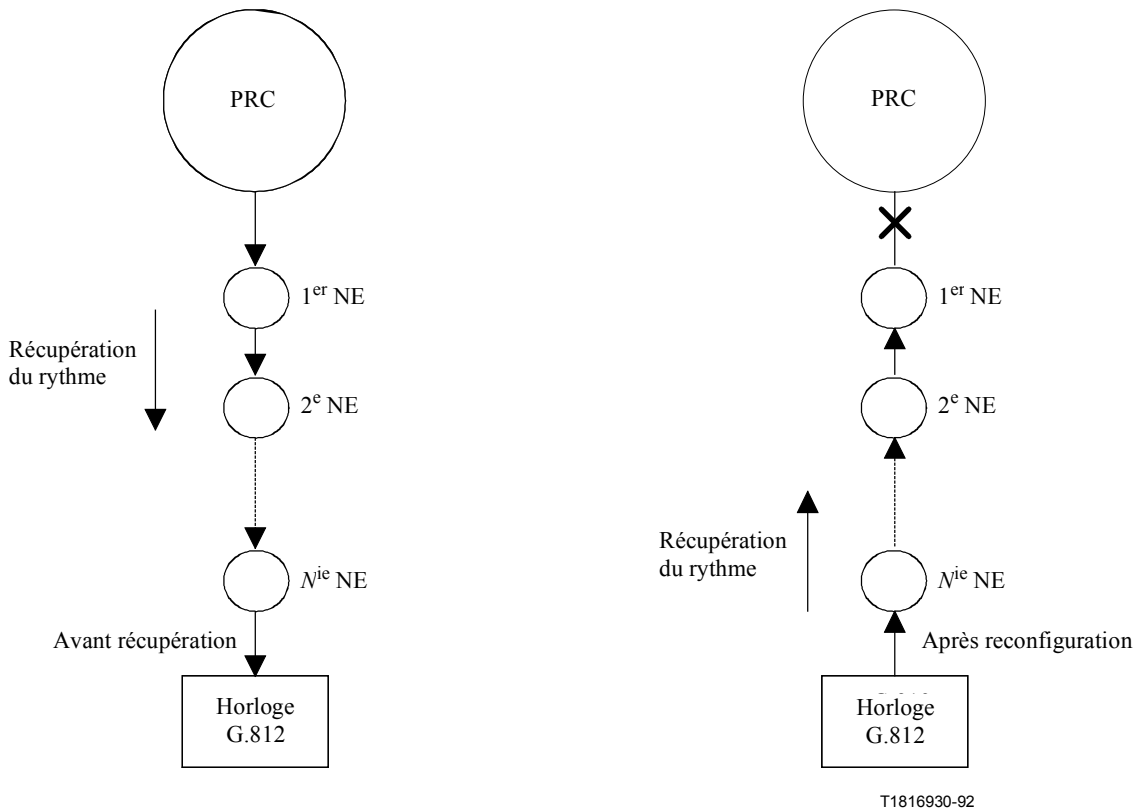


Figure 8-6/G.803 – Exemple de reconfiguration

8.3 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 mappage de la capacité utile.

Le sous-paragraphe 8.2 définit une chaîne de référence de synchronisation qui permet de calculer l'accumulation de gigue et de dérapage dans le réseau de synchronisation. Les exigences de stabilité à court terme qui en résultent, spécifiées dans l'Appendice I/G.813, représentent une limite réseau de la stabilité d'horloge source de synchronisation contenue dans un élément du réseau. La stabilité de l'horloge détermine les statistiques des ajustements du pointeur résultant du mécanisme de traitement du pointeur.

Le but de ce sous-paragraphe est de définir les topologies du réseau qui ont été prises en charge par un réseau en hiérarchie SDH prenant en compte les limites du réseau pour gigue et dérapage de capacité utile définies dans les Recommandations UIT-T G.823 et G.824. De plus, des configurations de référence sont spécifiées qui peuvent survenir lorsque la hiérarchie SDH est introduite dans l'environnement de la hiérarchie numérique plésiochrone existante.

8.3.1 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 8-7 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 UIT-T G.813. 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 UIT-T 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.

8.3.2 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 désynchroniseur 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. Une gigue de structuration est générée au nœud de départ à la limite de la hiérarchie SDH et de la hiérarchie numérique plésiochrone mais ne s'accumule pas à travers un réseau à hiérarchie 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 UIT-T 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.

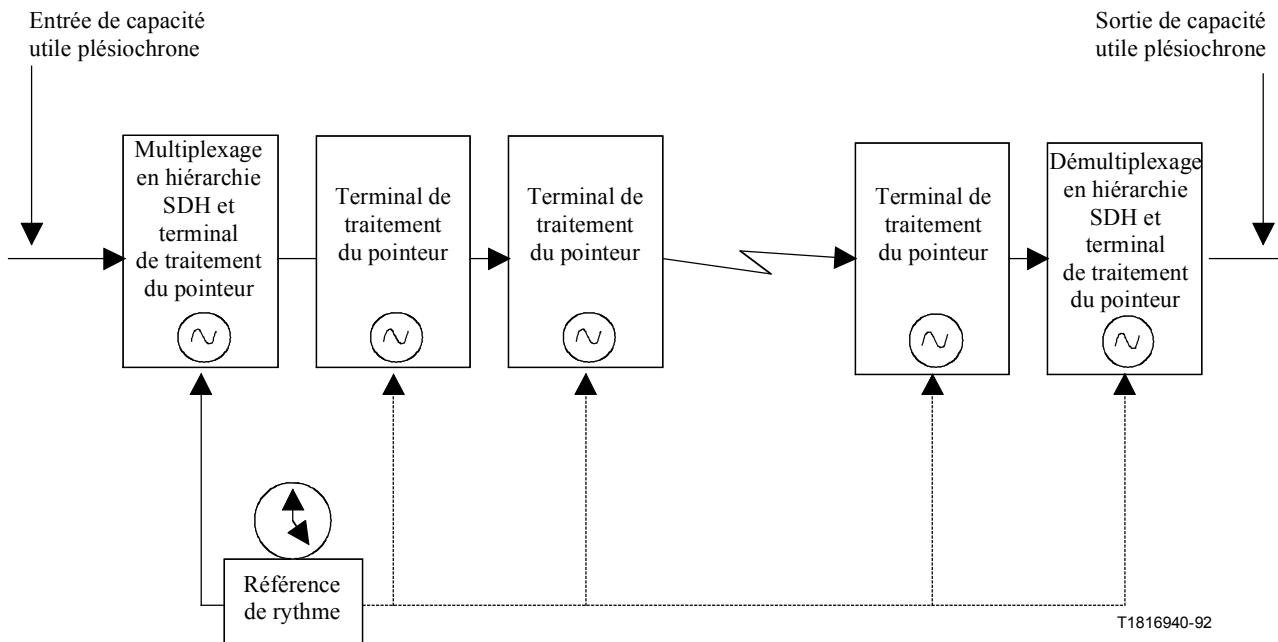


Figure 8-7/G.803 – Modèle de simulation d'activité du pointeur dans un réseau en hiérarchie SDH

8.4 Conséquence pour l'interfonctionnement PDH/SDH

Dans plusieurs scénarios évolutifs, on relève qu'il est nécessaire de transporter un signal utile en hiérarchie PDH par un grand nombre d'îlots SDH, comme représenté à la Figure 8-8. Les caractéristiques de gigue et de dérapage de la capacité utile, exposées dans la Recommandation UIT-T 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, causés 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 34 368, 44 736 et 139 264 kbit/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.

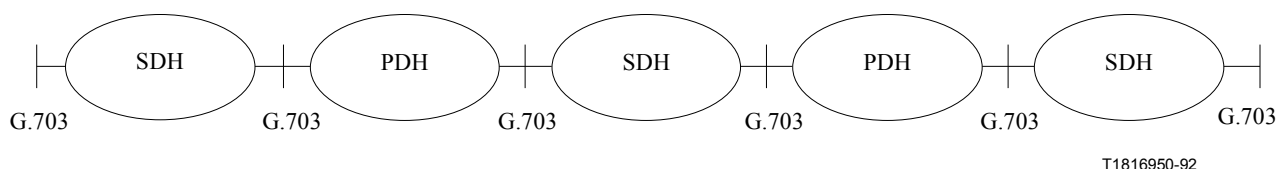


Figure 8-8/G.803 – Interfonctionnement PDH/SDH

9 Sélection d'un mappage à débit primaire

Il y a trois manières d'effectuer le mappage des signaux à débit primaire de 1544 et 2048 kbit/s dans des conteneurs virtuels VC-11 et VC-12, respectivement, comme défini dans la Recommandation UIT-T G.707: asynchrone, mappage par synchronisation au niveau des bits et mappage par synchronisation au niveau des octets. Ces mappages diffèrent par leurs caractéristiques et par leurs aspects réseau. Le choix dépendra de l'application.

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

- a) le mappage asynchrone ne doit être utilisé 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 transportés par mappage asynchrone);
- b) le mappage synchrone de bit ne doit pas être utilisé dans des interconnexions internationales;
- c) le mappage synchrone d'octet en mode flottant doit normalement être utilisé pour des signaux à débit primaire selon la définition de la Recommandation UIT-T G.704; à condition que le débit du signal puisse, en conditions d'exploitation normale, être tracé à une horloge de référence primaire. Cela s'applique, par exemple, à l'utilisation d'une interface V5.1 ou V5.2 comme défini respectivement dans les Recommandations UIT-T G.964 et G.965. Dans le cas où un exploitant de réseau choisit d'utiliser le mappage asynchrone pour un tel signal synchrone destiné à être interconnecté par un conduit d'ordre inférieur de hiérarchie SDH à un autre exploitant de réseau qui utilise le mappage recommandé par synchronisation au niveau des octets, la mise en œuvre des fonctions d'interfonctionnement sera alors du ressort de l'exploitant utilisant le mappage asynchrone, sauf accord bilatéral contraire.

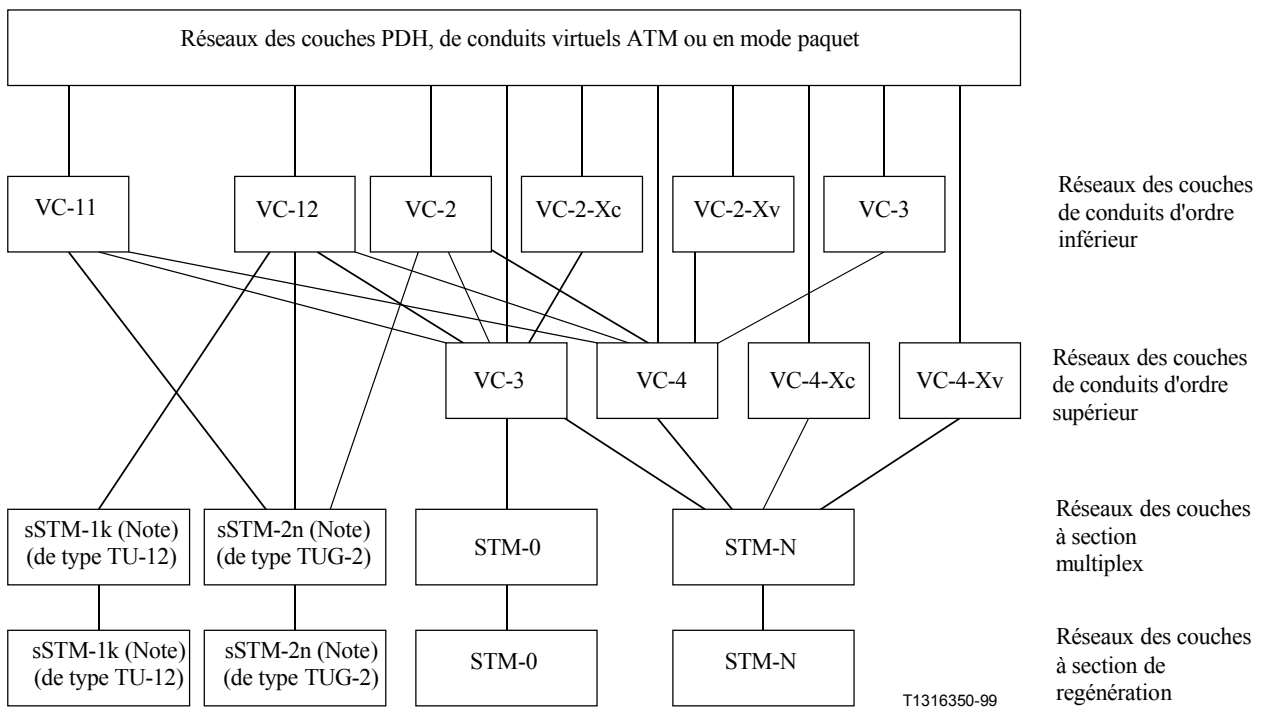
L'Appendice II rassemble des informations complémentaires sur l'interfonctionnement de signaux à 64 et à $N \times 64$ kbit/s entre réseaux de transport en hiérarchie PDH et réseaux de transport en hiérarchie SDH.

APPENDICE I

Associations client serveur des réseaux des couches SDH

Couche cliente	Couche serveuse	Informations caractéristiques du client
1544 kbit/s asynchrones	Conduit d'ordre inférieur VC-11	1544 kbit/s \pm 50 ppm
Octet synchrone 1544 kbit/s	Conduit d'ordre inférieur VC-11	Octet structuré G.704 nominal de 1544 kbit/s
2048 kbit/s asynchrones	Conduit d'ordre inférieur VC-12	2048 kbit/s \pm 50 ppm
Octet synchrone 2048 kbit/s	Conduit d'ordre inférieur VC-12	Octet structuré G.704 nominal de 2048 kbit/s
6312 kbit/s asynchrones	Conduit d'ordre inférieur VC-2	6312 kbit/s \pm 30 ppm
34 368 kbit/s asynchrones	Conduit d'ordre inférieur ou supérieur VC-3	34 368 kbit/s \pm 20 ppm
44 736 kbit/s asynchrones	Conduit d'ordre inférieur ou supérieur VC-3	44 736 kbit/s \pm 20 ppm
139 264 kbit/s asynchrones	Conduit d'ordre supérieur VC-4	139 264 kbit/s \pm 15 ppm

Couche cliente	Couche serveuse	Informations caractéristiques du client
Conduits virtuels en ATM	Conduits d'ordre inférieur VC-11, VC-12, VC-2, VC-2-Xc, VC-2-Xv ou VC-3 ou: conduits d'ordre supérieur VC-3, VC-4, VC-4-Xc ou VC-4-Xv	Cellules à 53 octets
Signaux tramés HDLC	Conduits d'ordre inférieur VC-11, VC-12, VC-2, VC-2-Xc, VC-2-Xv ou VC-3 ou: conduits d'ordre supérieur VC-3, VC-4, VC-4-Xc or VC-4-Xv	Trames de longueur variable
Conduit d'ordre inférieur VC-11	Conduits d'ordre supérieur VC-3 ou VC-4 ou section multiplex sSTM 2n (de type TUG-2)	VC-11 + décalage de trame
Conduit d'ordre inférieur VC-12	Conduits d'ordre supérieur VC-3 ou VC-4 ou section multiplex sSTM-1k (de type TU-12) ou section multiplex sSTM-2n (de type TUG-2)	VC-12 + décalage de trame
Conduit d'ordre inférieur VC-2	Conduits d'ordre supérieur VC-3 ou VC-4 ou section multiplex sSTM-2n (de type TUG-2)	VC-2 + décalage de trame
VC-2-Xc LOP	Conduit d'ordre supérieur VC-3	VC-2-Xc + décalage de trame, X = 2 ... 7
VC-2-Xv LOP	Conduit d'ordre supérieur VC-4	VC-2-Xv + décalage de trame, X = 2 ... 21
Conduit d'ordre inférieur VC-3	Conduit d'ordre supérieur VC-4	VC-3 + décalage de trame
VC-3 HOP	Section multiplex STM-0 ou STM-N	VC-3 + décalage de trame
Conduit d'ordre supérieur VC-4	Section multiplex STM-N	VC-4 + décalage de trame
VC-4-Xc HOP	Section multiplex STM-N	VC-4-Xc + décalage de trame, X = 4, 16 (>16 tbd)
VC-4-Xv HOP	Section multiplex STM-N	VC-4-Xv + décalage de trame, X = 2 ... 16 (>16 tbd)
Section multiplex sSTM-1k (de type TU-12)	Section de régénération sSTM-1k (de type TU-12)	Débit sSTM-1k, k = 1, 2, 8 ou 16 TU-12s
Section multiplex sSTM-2n (de type TUG-2)	Section de régénération sSTM-2n (de type TUG-2)	Débit sSTM-2n, n = 1, 2 ou 4 TUG-2s
Section multiplex STM-0	Section de régénération STM-0	Débit STM-0
Section multiplex STM-N	Section de régénération STM-N	Débit STM-N, N = 1, 4, 16, 64



NOTE – Désignés collectivement par l'expression réseaux des couches sous-STM-0.

Figure I.1/G.803 – Associations client/serveur et réseaux des couches SDH correspondants

APPENDICE II

Introduction de réseaux de transport en hiérarchie SDH

II.1 Généralités

Le présent appendice 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 mappages 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. Le présent appendice 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.

Le présent appendice définit tout d'abord les types de signaux de couche cliente qui peuvent être acheminés sur des conduits SDH et ceux qui peuvent être transmis sur des conduits PDH. Il décrit ensuite les trois principaux scénarios de mise en service des équipements SDH. Pour chaque type de signal de couche cliente de hiérarchie SDH et pour chaque scénario, le présent appendice 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 II.1 représente les chemins d'introduction envisageables ainsi que les principaux choix et servira de référence pour la discussion qui suit.

II.2 Types de signaux de couche cliente

II.2.1 Cas de la hiérarchie SDH

Les couches conduits à hiérarchie SDH prennent en charge les signaux de couches clientes suivants conformément aux mappages définis dans la Recommandation UIT-T G.707. En vue d'un interfonctionnement, deux cas doivent être considérés:

- a) signaux de couche cliente, tels que:
 - i) signaux de base à 64 kbit/s (adaptés aux couches conduits SDH par mappage synchrone octet);
 - ii) signaux de liaison spécialisée aux débits G.702 égaux ou supérieurs au débit primaire;
 - iii) autres signaux (par exemple cellules en mode VP ATM), à débit optimisé en fonction de la capacité utile acheminée par les couches conduits SDH;
- b) signaux de couche conduits en hiérarchie PDH (aux débits G.702 égaux ou supérieurs au débit primaire) acheminant à leur tour soit:
 - i) les signaux de couche cliente, définis en II.2.1 a);
 - ii) les signaux de couche conduits en PDH d'ordre inférieur.

Les équipements du réseau de transport en hiérarchie SDH gèrent la connectivité des conduits SDH et non pas celle de la couche cliente. 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 d'ordre 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.

II.2.2 Cas de la hiérarchie PDH

Dans le cas d'une hiérarchie numérique plésiochrone, les signaux de couches conduits prennent en charge les deux types de signaux de couches clientes suivants qui doivent être considérés pour l'interfonctionnement:

- a) signaux de couche cliente, tels que:
 - i) signaux de base à 64 kbit/s (adaptés aux couches conduits PDH conformément à la Recommandation UIT-T G.704);
 - ii) signaux de liaison spécialisée à des débits G.702 égaux ou supérieurs au débit primaire;
 - iii) autres signaux (par exemple cellules en mode VP ATM), à débit optimisé en fonction de la capacité utile acheminée par les couches PDH;
- b) signaux de couche conduits SDH qui, à leur tour, acheminent les signaux de couche cliente définis en II.2.1 (voir Note ci-dessous).

NOTE – Les structurations des signaux de couches conduits SDH en signaux de couches conduits PDH sont définies dans la Recommandation UIT-T G.832. La mention de cette possibilité dans le présent appendice 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 des couches conduits PDH.

II.3 Première introduction des équipements en hiérarchie SDH

Il y a trois manières de réaliser la première introduction des équipements en hiérarchie SDH:

- 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 Note). Par ailleurs, pour accroître la portée géographique d'un tel réseau superposé, on pourra adapter les connexions de liaison de la couche de conduits SDH aux conduits PDH au moyen des fonctions "de modem" mentionnées en II.2.2 b). Au départ, un tel réseau superposé sera vraisemblablement "léger" et pourra être réservé à des types de couches clientes particulières (par exemple des services de liaisons spécialisées) mais il pourra par la suite être "étouffé" pour offrir d'autres services.

NOTE – Les fonctions de brassage de conteneurs virtuels VC- n sont assurées par des brasseurs numériques en SDH (DXC) et 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 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 virtuels VC- n passant par les équipements DXC/ADM assurent 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 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 G.702. Fonctionnellement, ces systèmes s'apparentent aux systèmes de ligne en PDH puisqu'ils assurent les connexions de liaison dans la couche conduits en hiérarchie PDH. En ce qui concerne l'architecture fonctionnelle du réseau, les conduits de conteneurs virtuels VC- n des systèmes de ligne en SDH assurent les connexions de liaison dans la couche conduits en 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.

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

II.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 de la couche cliente pour les signaux identifiés en II.2.1 a) et II.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 cliente. 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 cliente à 64 kbit/s, les mappages synchrones d'octet définis dans la Recommandation UIT-T G.707, permettent un interfonctionnement des couches clientes sans terminaison obligatoire du conduit PDH. Dans le cas spécifique des signaux de liaisons spécialisées à des débits G.702 supérieurs ou égaux au débit primaire, les mappages asynchrones définis dans la Recommandation UIT T G.707 autorisent un interfonctionnement des couches clientes.

Lorsque les signaux de couche cliente en PDH et en SDH présentent le même débit, l'interfonctionnement au niveau des clients n'implique pas nécessairement un traitement des signaux de la couche cliente;

- b) au niveau du conduit de la hiérarchie numérique plésiochrone pour les signaux identifiés en II.2.1 b): cet interfonctionnement exige une adaptation des signaux de la couche conduits PDH pour les insérer dans les couches conduits SDH appropriées, à l'aide des mappages asynchrones définis dans la Recommandation UIT-T G.707 pour les débits G.702;
- c) au niveau du conduit SDH, où les signaux de la couche conduits SDH, définis en II.2.2 b), sont adaptés pour insertion dans des conduits en hiérarchie PDH au moyen des fonctions de modem. Ce cas est décrit dans la Recommandation UIT-T G.832.

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.

II.4.2 Superposition de la hiérarchie SDH

On considère deux niveaux d'interfonctionnement:

- a) les conditions d'interfonctionnement au niveau client sont définies en II.4.1 a)

Lorsque des conduits en hiérarchie PDH sont utilisés pour assurer la connectivité des conteneurs virtuels 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 clients identifiés au II.2.1 a) (par exemple, un commutateur 64 kbit/s), on ne relève aucun impératif d'interfonctionnement entre ces éléments de réseau et le réseau de transport en SDH.

- b) Les conditions d'interfonctionnement au niveau du conduit PDH sont indiquées en II.4.1 b) Des fonctions de multiplexage en PDH à débit primaire et d'ordre 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 virtuels 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 cliente identifiés au II.2.1 a), les fonctions de multiplexage PDH à débit primaire et d'ordre supérieur et les mappages asynchrones G.707 des débits 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 couches clients, il faudrait interrompre les conduits SDH acceptant les couches conduits PDH et prévoir de nouveaux conduits SDH acceptant directement la couche clients. Aucune fonction de multiplexage en PDH à débit primaire et d'ordre supérieur ne sera alors requise.

II.4.3 Equipements DXC/ADM en hiérarchie SDH

On considère deux niveaux d'interfonctionnement:

- a) les conditions d'interfonctionnement au niveau client sont définies en II.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 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 II.4.2 a) s'appliquent également.

- b) Les conditions d'interfonctionnement au niveau du conduit PDH sont indiquées en II.4.1 b)
Lorsque 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 II.4.2 b) s'appliquent également.

II.4.4 Systèmes de ligne en hiérarchie SDH

On considère deux niveaux d'interfonctionnement:

- a) les conditions d'interfonctionnement au niveau client sont définies en II.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 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 II.4.2 a) s'appliquent également.
- b) Les conditions d'interfonctionnement au niveau du conduit PDH sont indiquées en II.4.1 b)
Lorsque 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 II.4.2 b) s'appliquent également.

II.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 UIT-T G.704. En ce qui concerne l'architecture fonctionnelle, les connexions de liaison entre sous-réseaux dans le réseau de couche à 64 kbit/s sont assurées par des conduits relevant du réseau de la couche conduits en hiérarchie PDH. L'apport d'interfaces STM-N sur l'un des deux commutateurs à 64 kbit/s interconnectés implique un interfonctionnement PDH/SDH.

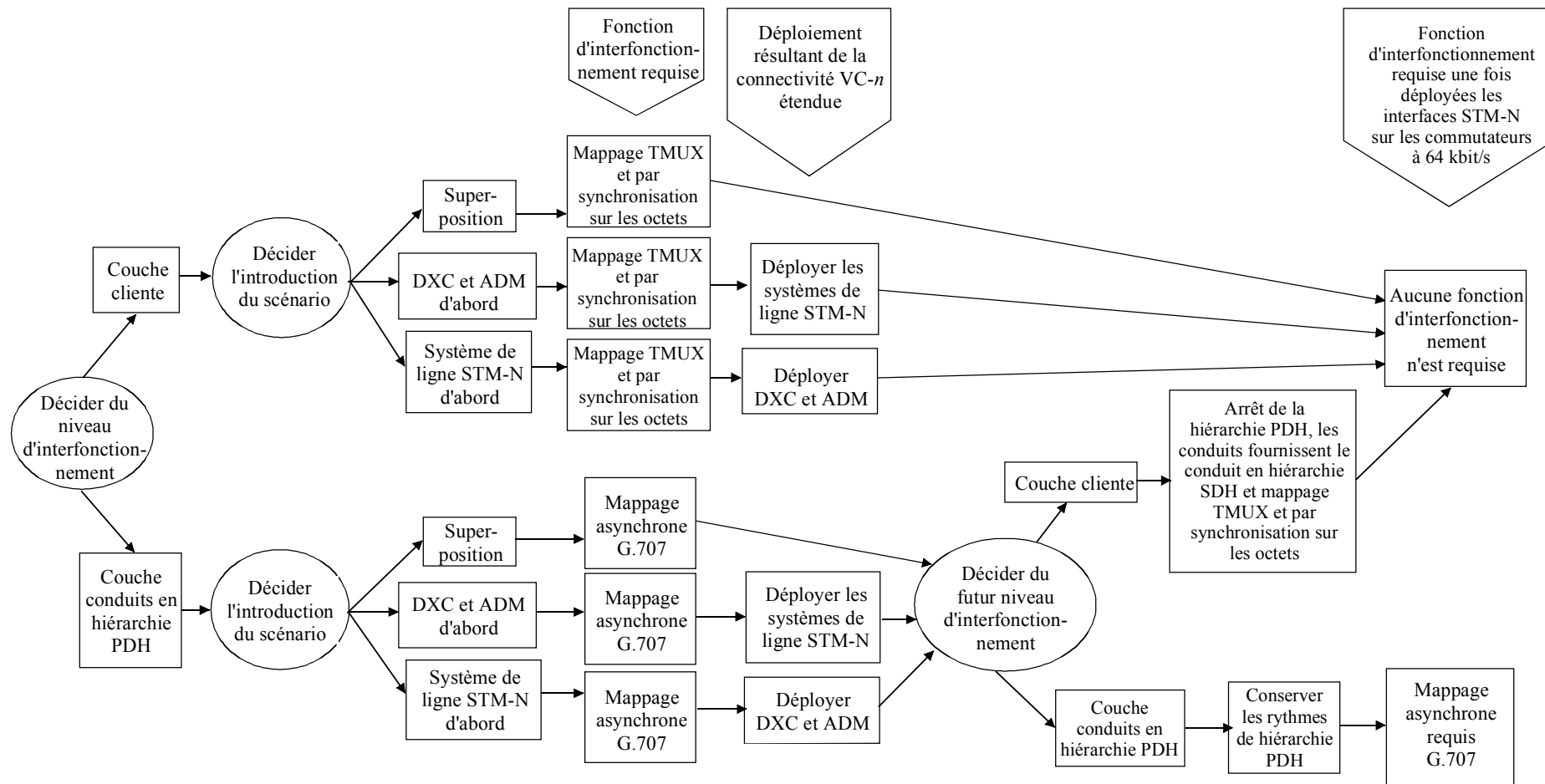
L'interfonctionnement peut intervenir soit au niveau des 64 kbit/s soit au niveau des conduits en PDH. On considère deux cas:

- a) l'interfonctionnement au niveau des 64 kbit/s implique le recours à des mappages synchrones octet qui permettent d'insérer les signaux de la couche à 64 kbit/s dans la couche conduits de la hiérarchie SDH (voir Note).

NOTE – La Recommandation UIT-T G.707 définit les mappages synchrones octet pour insertion uniquement dans des conteneurs virtuels VC-11 et VC-12. Les Recommandations actuellement en vigueur de l'UIT-T ne définissent pas de mappages synchrones octet pour insertion dans des conteneurs virtuels de niveau n à débit plus élevé.

- b) L'interfonctionnement au niveau des conduits PDH implique le recours à des mappages 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 un mappage synchrone octet alors que l'autre commutateur utilisera un mappage asynchrone. Si les deux commutateurs relèvent de réseaux gérés par des exploitant des différents, la mise à disposition des fonctions d'interfonctionnement (éventuellement requises) sera du ressort de l'exploitant du commutateur utilisant le mappage asynchrone, sauf accord bilatéral contraire.



T1308770-96

Figure II.1/G.803 – Introduction des conduits pour des réseaux de transport à hiérarchie SDH

APPENDICE III

Lignes directrices pour l'ingénierie de la synchronisation des réseaux

III.1 Introduction

Le présent appendice présente des indications additionnelles concernant la synchronisation des réseaux, telle qu'elle est définie au paragraphe 8 de la présente Recommandation UIT-T, portant principalement sur des aspects d'ingénierie d'ordre pratique. Il s'inspire des principes décrits dans le corps principal de ce document. En particulier, les principes suivants:

- l'utilisation de la synchronisation de type maître-esclave;
- la chaîne de référence de synchronisation;
- l'utilisation du module STM-N pour synchroniser le transport dans les réseaux SDH;
- les règles de conception de la synchronisation à l'intérieur des nœuds;

servent, aux fins du présent appendice, de point de départ établi et ne sont pas examinés plus en détail.

Les lignes directrices énoncées dans le présent appendice sont applicables tant aux réseaux de l'option I qu'à ceux de l'option II. Toutefois, les exemples donnés ici ne sont tirés que du premier type de réseau. Pour les appliquer aux réseaux de l'option II, il faut remplacer les liaisons de synchronisation à 2048 kbit/s et 2048 kHz entre les niveaux SSU et SEC par les liaisons "DS1 dérivées" à 1544 kbit/s.

III.2 Objet du réseau de synchronisation

Le réseau de synchronisation est le réseau chargé de répartir les informations de synchronisation aux éléments de réseau qui doivent fonctionner en synchronisme pour répondre aux prescriptions énoncées dans la Recommandation UIT-T G.822 en matière de glissement des octets. Ces éléments de réseau sont en principe tous les types d'éléments de réseau qui assurent les fonctions de routage ou de multiplexage sur les signaux à 64 ou à 2048 kbit/s, notamment les commutateurs, les multiplexeurs primaires, les équipements RNIS, les autocommutateurs, les brasseurs numériques PDH, etc.

La "couche Physique" servant au transport des informations de synchronisation est constituée de signaux à 2048 kbit/s acheminés sur les réseaux de transport PDH et de signaux STM-N transportés sur les réseaux de transport SDH, ainsi que de certaines liaisons spécialisées à 2048 kHz ou à 2048 kbit/s destinées au transport interne des données de synchronisation. Enfin, l'horloge, autonome ou intégrée dans les éléments de réseau, fait partie du réseau de synchronisation. On peut y ajouter un système de gestion servant spécialement à des fins de synchronisation ou intégré dans un système général de gestion de réseau.

Le fonctionnement synchrone des types d'éléments de réseau susmentionnés est généralement organisé dans une certaine zone géographique, dans laquelle tous ces éléments de réseau sont synchronisés avec une "horloge maîtresse". Une telle zone dans laquelle tous les éléments de réseau concernés sont (en fonctionnement normal) synchronisés avec une horloge maîtresse est une "zone de synchronisation".

L'horloge maîtresse d'une zone de synchronisation devrait répondre aux prescriptions décrites dans la Recommandation UIT-T G.811. Une connexion de trafic de bout en bout peut traverser plusieurs zones de synchronisation. Le taux de glissement nominal contrôlé des octets entre des zones de synchronisation adjacentes est de 1 glissement par période de 70 jours ou mieux. La

Recommandation UIT-T G.822 présente un modèle et des objectifs de qualité impliquant que le trafic traverse de multiples zones de synchronisation.

III.3 Prescriptions concernant les réseaux de synchronisation

Des dégradations dans le réseau de synchronisation peuvent contraindre les horloges à fonctionner (temporairement) sans référence, d'où en général un accroissement du taux de glissement des octets qui diminue la qualité du service de bout en bout. Il est possible de remédier à ces problèmes de trois façons:

- recours à des horloges dotées d'une très bonne autonomie pour qu'elles puissent fonctionner sans référence pendant la réparation de la liaison de référence;
- duplication (ou triplication, etc.) des références d'entrée, de préférence sur les liaisons géographiquement séparées provenant de sources indépendantes pour minimiser la probabilité de perdre toutes les références;
- une combinaison des deux méthodes précitées.

Les trois méthodes sont utilisées dans la conception des horloges et des réseaux de synchronisation. On préfère généralement la première option pour les parties supérieures de la hiérarchie des réseaux de synchronisation et la deuxième approche pour les parties inférieures. En principe, un équilibre doit être établi entre l'investissement initial, c'est-à-dire les "frais incombant au propriétaire", et la fiabilité.

Dès lors que plusieurs références sont fournies à une horloge, il est nécessaire de doter l'horloge d'un mécanisme de sélection de référence. Plusieurs mécanismes sont possibles:

- rétablissement à commande manuelle à partir d'un système de gestion central;
- rétablissement automatique à partir d'un système de gestion central;
- rétablissement automatique fondé sur des décisions locales prises au niveau de l'horloge en fonction de priorités programmées à l'avance;
- rétablissement automatique fondé sur des décisions locales prises au niveau de l'horloge selon le protocole SSM.

L'objectif du concepteur d'un réseau de synchronisation est de construire, en combinant différents types d'horloge et de mécanismes de rétablissement, un réseau qui répartit de manière fiable les informations de synchronisation selon les principes suivants:

- 1) dans chaque zone de synchronisation, le réseau de synchronisation forme une topologie arborescente au sommet de laquelle est située l'horloge maîtresse. Aucune partie du réseau de synchronisation ne fonctionne séparément de l'horloge maîtresse et il n'existe aucune boucle interne;
- 2) les branches de la structure arborescente de synchronisation doivent être maintenues aussi courtes que possible. Plus un chemin de synchronisation s'allonge, plus les risques de dégradations et d'accumulation de dérapages augmentent. La chaîne de référence de synchronisation présentée au paragraphe 8 est un modèle de liaison de synchronisation pour le "cas le plus défavorable raisonnable";
- 3) une horloge ne devrait jamais se verrouiller sur une référence qui provient, à ce moment-là, d'une horloge de qualité inférieure. Dans ce cas, elle devrait revenir à un fonctionnement autonome.

En règle générale, il est impossible d'atteindre les objectifs susvisés dans toutes les (combinaisons de) conditions de panne. Les lignes directrices suivantes peuvent être appliquées:

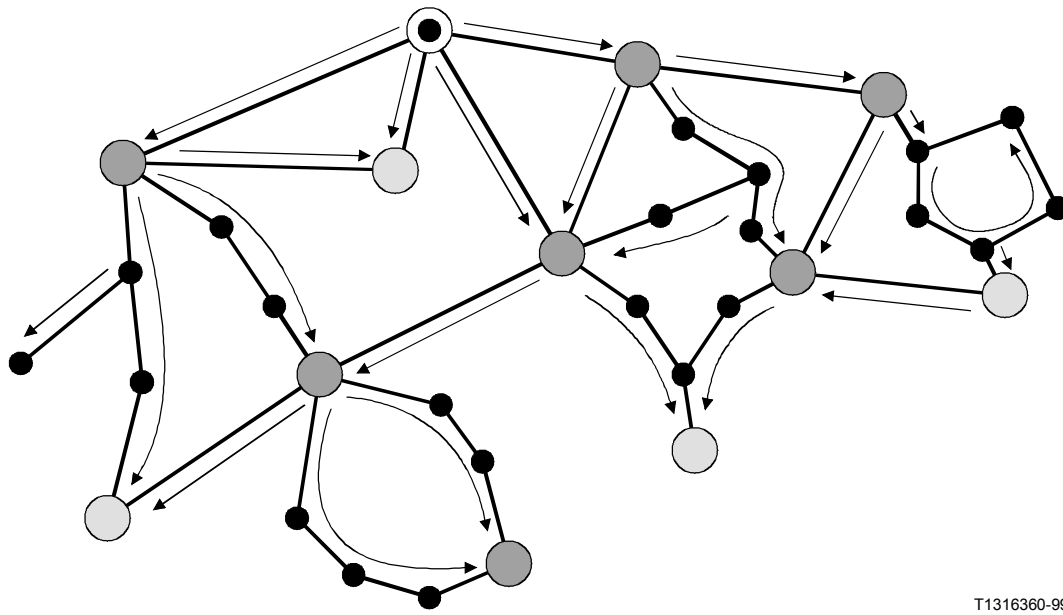
- pendant tous les cas de pannes uniques, toutes les horloges de la zone de synchronisation devraient rester synchronisées avec l'horloge maîtresse;
- dans la plupart des cas de pannes doubles, la majorité des horloges devraient rester synchronisées avec l'horloge maîtresse;
- aucune combinaison de deux pannes simultanées ne devrait aboutir à la formation de boucles de synchronisation ou à l'asservissement d'une horloge à une horloge de moins bonne traçabilité ou à un comportement fluctuant ou instable des sélecteurs de références.

III.4 Analyse des réseaux de synchronisation

Pour simplifier la conception du réseau de synchronisation dans une zone de synchronisation déterminée, il est proposé de définir plusieurs étapes qui peuvent être traitées dans l'ordre, une par une:

- 1) concevoir le réseau de synchronisation en ne tenant compte que des horloges PRC et SSU (le "niveau SSU") dans une zone de synchronisation;
- 2) concevoir le réseau de synchronisation en ne tenant compte que des horloges SEC (le "niveau SEC") dans une zone de synchronisation;
- 3) concevoir la synchronisation interne de chaque bureau. Cette étape n'est pas approfondie dans le présent appendice. Pour de plus amples informations, voir le paragraphe 8.

La première étape consiste en l'étude du "niveau SSU". Le niveau SSU du réseau de synchronisation comprend les horloges PRC et SSU d'une zone de synchronisation, plus tous les systèmes de transport qui sont actifs ou d'autres systèmes de secours destinés à acheminer les informations de synchronisation entre ces horloges. Les systèmes de transport entre les horloges PRC et SSU sont réputés être transparents pour les informations de synchronisation du point de vue du niveau SSU. Le réseau qui en résulte ne contient que les horloges SSU et PRC de la zone de synchronisation. Les Figures III.1a et III.1b donnent un exemple dans lequel le niveau SSU est constitué à partir du réseau de synchronisation complet.



T1316360-99

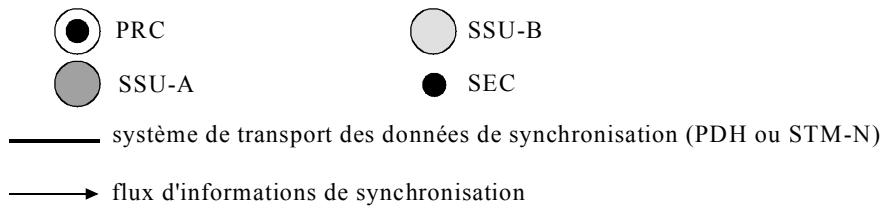


Figure III.1a/G.803 – Mappage d'un réseau de synchronisation dans une zone de synchronisation (exemple)

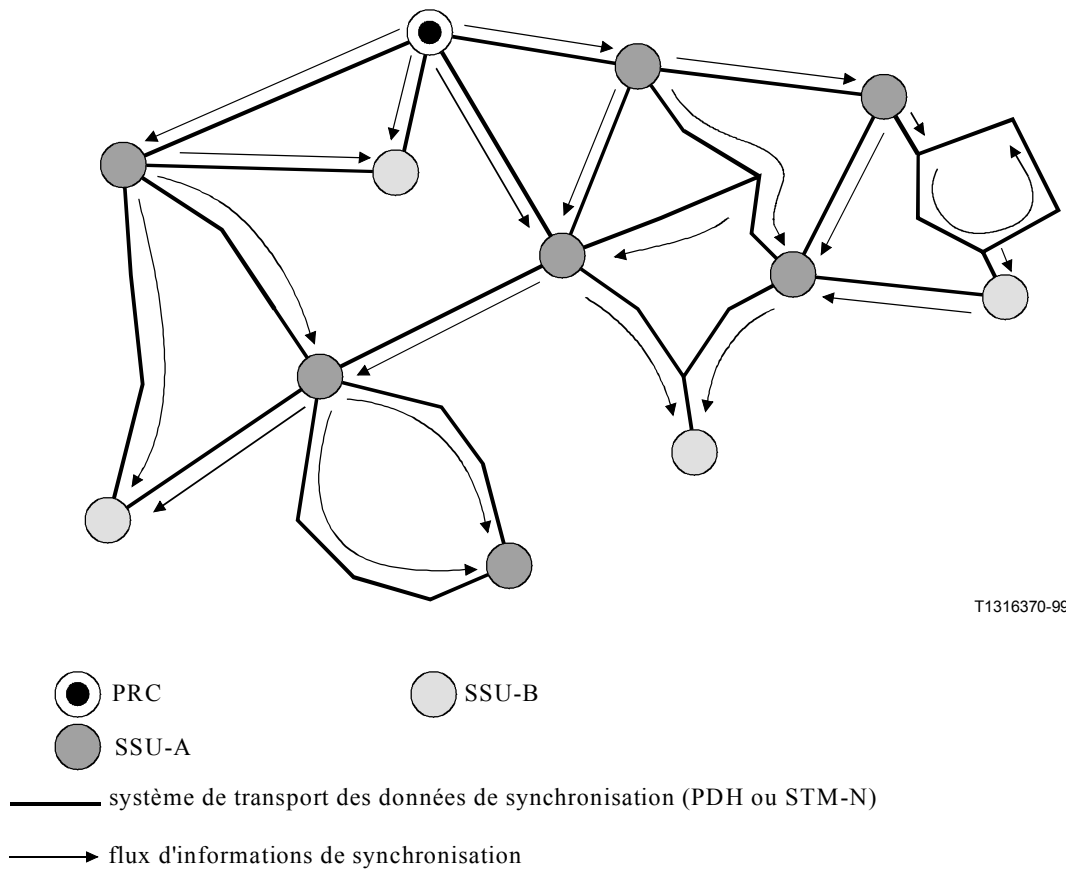


Figure III.1b/G.803 – Niveau SSU constitué à partir de la Figure III.1a/G.803

Dans la deuxième étape, c'est le "niveau SEC" qui est étudié. Il est possible de constituer le niveau SEC du réseau de synchronisation en considérant toutes les horloges SSU (et PRC) comme des filtres empêchant le passage des informations de synchronisation. De ce fait, le niveau SEC comprend un certain nombre de "sous-réseaux SEC" non connectés comprenant chacun des horloges SEC reliées par des connexions STM-N. Ces sous-réseaux SEC peuvent être conçus séparément. A titre d'exemple, voir la Figure III.1c.

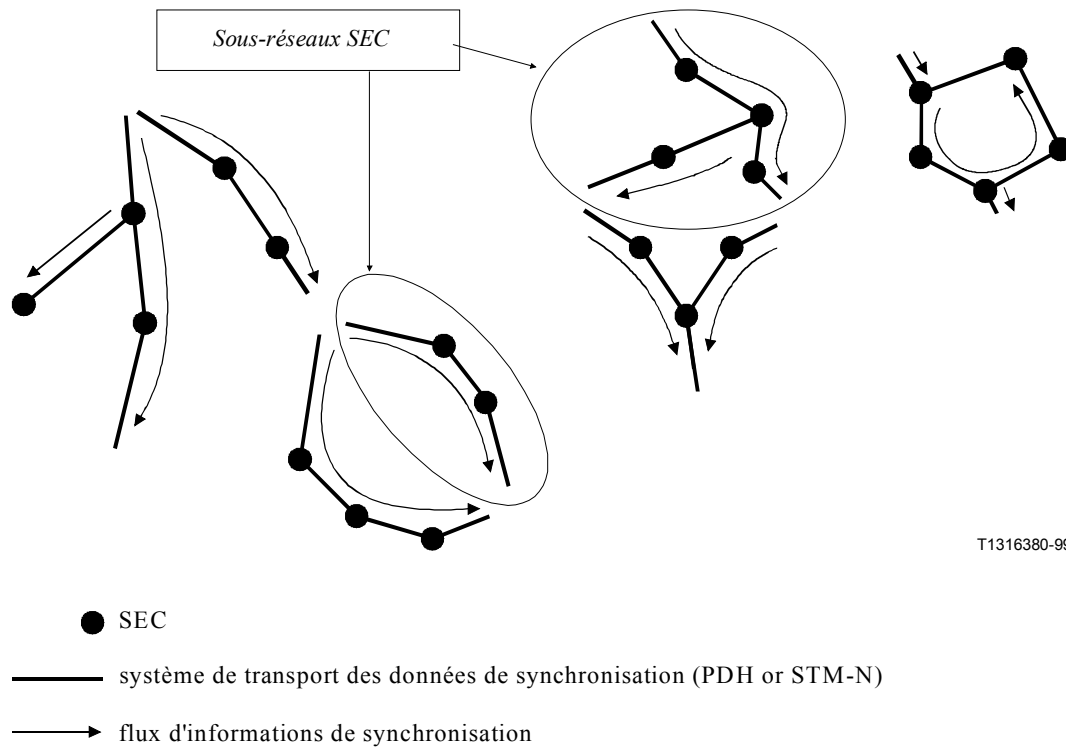


Figure III.1c/G.803 – Niveau SEC avec les sous-réseaux SEC constitués à partir de la Figure III.1a/G.803

III.5 Options du niveau PRC

Avant d'aborder la première étape de la conception du réseau de synchronisation, il est nécessaire de connaître les différents îlots de synchronisation. Ils définissent le niveau PRC.

Le niveau PRC détermine la manière dont un domaine d'exploitant donné est divisé en zones de synchronisation. Dans chacune de ces zones, une horloge PRC au maximum est active à tout moment (mais des horloges PRC de secours additionnelles peuvent faire partie de la zone de synchronisation). Deux stratégies permettent de déterminer la taille de chaque zone de synchronisation. La stratégie I consiste à définir une grande zone de synchronisation et la stratégie II à faire de chaque bureau une zone de synchronisation distincte. De fait, les deux stratégies peuvent être considérées comme "extrêmes" sur une échelle continue. La taille réelle des zones de synchronisation peut être toute taille comprise entre ces positions "extrêmes".

La stratégie I (c'est-à-dire une grande zone de synchronisation couvrant l'ensemble du domaine d'exploitant) est avantageuse en ce sens que le nombre de zones de synchronisation à traverser par une connexion de trafic de bout en bout est réduit au strict minimum tout comme l'est, par conséquent, l'incidence sur le taux de glissement contrôlé des octets (comme le définit la Recommandation UIT-T G.822) dans des conditions normales d'exploitation. Toutefois, le réseau de synchronisation est plus complexe, donc plus difficile à concevoir, et les chemins de synchronisation s'allongent, d'où un risque accru de dégradations et d'accumulation de dérapages (qui peuvent à terme produire un effet négatif sur le taux de glissement des octets).

La stratégie II (chaque bureau de télécommunication constituant une zone de synchronisation) rend la conception de chaque zone presque banale. Le réseau de synchronisation sera très fiable vu que la longueur du chemin de synchronisation est réduite à celle des câbles (spécialisés) internes.

Pour un réseau de synchronisation réel, on choisit généralement une stratégie intermédiaire entre les stratégies I et II; autrement dit, certains nœuds (principaux) sont équipés d'une horloge PRC qui assure la synchronisation d'un sous-domaine particulier du domaine d'exploitant. Les réseaux dont

l'implémentation se rapproche plus de celle de la stratégie II ont des chemins de synchronisation plus courts, donc plus fiables, ainsi que des zones de synchronisations plus petites, donc plus faciles à mettre au point. Les réseaux dont l'implémentation se rapproche plus de celle de la stratégie I ont moins de zones de synchronisation et, en conséquence, moins de limites de zones plésiochrones à traverser pour les connexions de bout en bout et moins d'horloges PRC installées.

III.6 Solutions au niveau SSU

Le réseau de synchronisation obtenu compte tenu de l'ensemble des horloges SSU et PRC et de tous les systèmes de transport potentiels des données de synchronisation (considérés comme étant des connexions transparentes) est ce que l'on appelle le niveau SSU. Les horloges SSU de ce réseau peuvent être classées selon leur capacité à maintenir leur phase/fréquence de sortie, dans le cas où toutes les références d'entrée sont disqualifiées, compte tenu des limites en matière de réseaux qui peuvent être définies d'après la Recommandation UIT-T G.825 pour les connexions de synchronisation STM-N⁶. Le laps de temps pendant lequel ces limites peuvent être maintenues constitue la "période d'autonomie PRC" d'une horloge. En général, plus les oscillateurs internes sont stables, plus la période d'autonomie PRC est longue. Voir la Figure III.2.

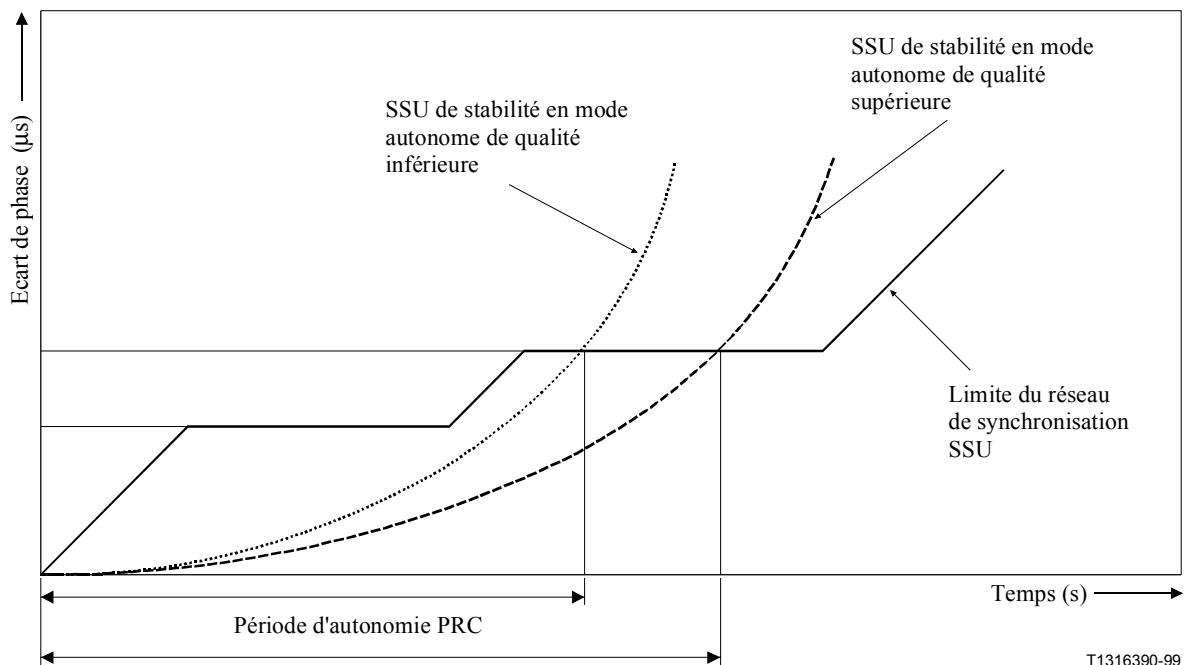


Figure III.2/G.803 – Détermination de la période d'autonomie PRC d'une unité SSU

La notion de "période d'autonomie PRC" définit un paramètre de qualité pour une horloge. Si l'on connaît la période d'autonomie PRC d'une horloge, on peut déterminer ce qui suit:

- plusieurs références sont-elles nécessaires? Si la période d'autonomie PRC est plus longue que le temps qu'il faut pour remédier à la défaillance d'une référence unique, le système peut fonctionner avec une seule référence;

⁶ A strictement parler, la Recommandation UIT-T G.825 ne définit que les limites de gigue et de dérapage des réseaux SDH. Dans la pratique, les mêmes limites s'appliquent souvent aux autres réseaux de transport tels que réseaux GSM, ATM, etc. comme il n'existe actuellement aucune autre Recommandation UIT-T pour ces réseaux.

- de combien de temps le système dispose-t-il pour changer de référence? Si la période d'autonomie PRC est très longue, il est possible de procéder à une commutation manuelle de références après avoir évalué les dégradations et leurs conséquences. Par contre, des périodes d'autonomie PRC plus courtes exigent un type quelconque de processus automatique de commutation de références, qui peut provenir d'un gestionnaire central (en général un processus plus lent) ou qui peut être activé localement par l'horloge même (processus généralement plus rapide);
- quel niveau d'occupation du personnel est nécessaire pour la maintenance du réseau de synchronisation? Le personnel doit-il, par exemple, être disponible 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 ou une présence de 8 heures par jour et de 5 jours par semaine est-elle suffisante?

La période d'autonomie PRC peut servir à classer toutes les horloges SSU d'une zone de synchronisation. L'objet d'une telle classification est de permettre d'établir une hiérarchie, en fonction de la période d'autonomie PRC susmentionnée, entre les horloges SSU du réseau de synchronisation. La répartition des horloges SSU selon leur période d'autonomie PRC, le nombre de classes et leurs limites seront en général différents pour les divers exploitants selon la taille des zones de synchronisation, le nombre d'horloges SSU par zone et leur qualité. Dans la plupart des cas, deux classes seront suffisantes, mais un nombre plus grand (ou plus petit) de classes est possible.

En règle générale, une horloge SSU d'une "classe d'autonomie PRC inférieure" ne devrait pas fournir la référence active à une horloge SSU d'une "classe d'autonomie PRC supérieure". En d'autres termes, les horloges PRC se trouvent au sommet de la structure arborescente du réseau et, dans le sens allant vers le bas, les horloges SSU sont ordonnées selon leur autonomie PRC; celles qui sont dotées des meilleures autonomies sont proches du sommet et celles dont l'autonomie est plus faible se trouvent en bas de l'arborescence.

Pour la plupart des horloges SSU, le mécanisme de rétablissement sera généralement automatique et reposera sur les décisions locales prises par les horloges SSU mêmes. Toutes les horloges SSU assurent un mécanisme de sélection de références commandé localement selon des priorités programmées à l'avance (en outre, elles peuvent également assurer d'autres mécanismes de sélection). La méthode décrite ici pour la conception du réseau de synchronisation de niveau SSU repose sur la présence de ce mécanisme de sélection dans toutes les horloges SSU. D'autres méthodes, notamment des méthodes fondées sur une gestion centralisée, peuvent également être appliquées, mais elle ne sont pas étudiées dans ce contexte.

III.6.1 Vérification de la mise à disposition des références au niveau SSU

Les horloges SSU d'une classe inférieure à une classe d'autonomie PRC déterminée doivent disposer d'au moins deux références indépendantes. Il est primordial de vérifier qu'aucune boucle de synchronisation ne se crée ou ne puisse se créer, en particulier pendant et après des réorganisations de références au niveau SSU. Au cours de la conception, il est possible d'utiliser un moyen simple, le système d'étiquetage, pour vérifier si cette condition est remplie par un système proposé pour la fourniture des références de service et de secours (c'est-à-dire les références de priorité 1 et 2) au niveau SSU. Ce système d'étiquetage est décrit ci-après. Plusieurs méthodes permettent de procéder à ce type de vérification.

L'idée est d'attribuer à chaque horloge SSU une étiquette de format N(m), N représentant la classe d'autonomie PRC à laquelle l'horloge SSU appartient et m étant un sous-nombre de cette classe. Une valeur *inférieure* de N ou de m représente une horloge SSU située *plus haut* dans la hiérarchie. A l'horloge PRC est affectée la valeur N = 1. Les horloges SSU sont étiquetées selon les règles suivantes:

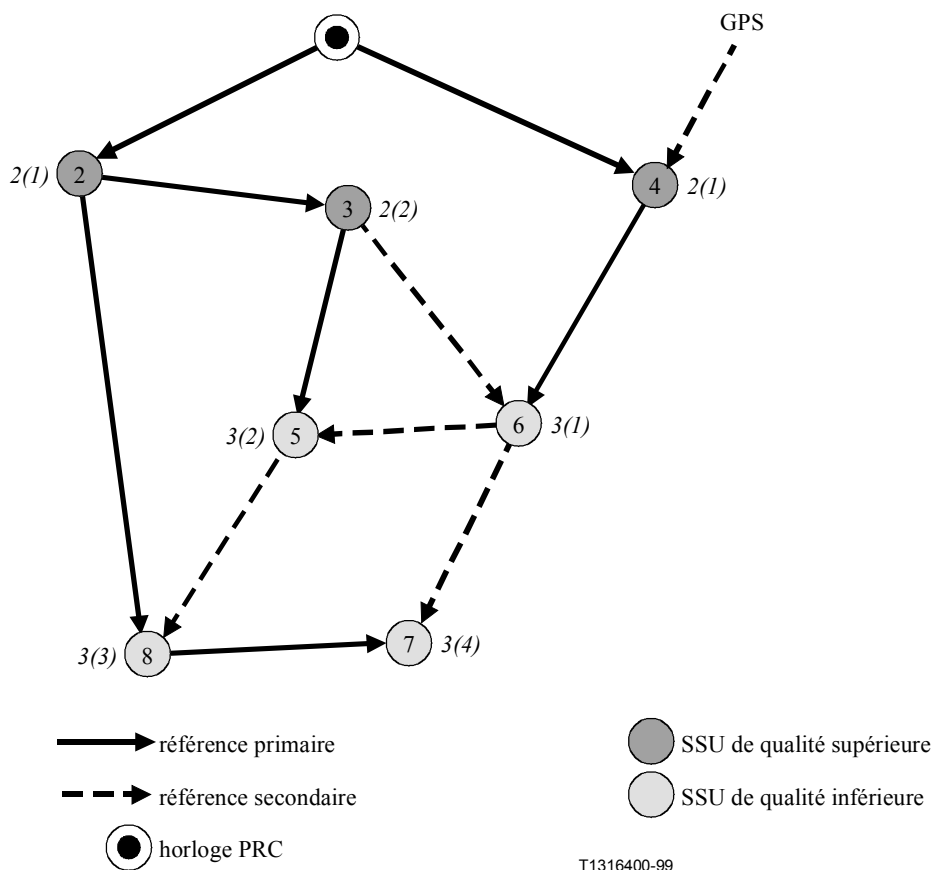
- règle A: toute horloge SSU de la classe N qui reçoit toutes ses références (y compris les références de secours) d'horloges de la class N-1 ou mieux reçoit l'étiquette N(1);

- règle B: si une horloge SSU de classe N obtient une ou plusieurs références d'autres horloges de la même classe N étiquetées N(k1), N(k2), etc., elle reçoit l'étiquette N(m), dans laquelle $m = 1 + \text{MAX}\{k1, k2, \dots\}$;
- règle C: une horloge SSU de classe N ne devrait jamais être autorisée à utiliser une référence d'une horloge SSU de classe N + 1 ou pire.

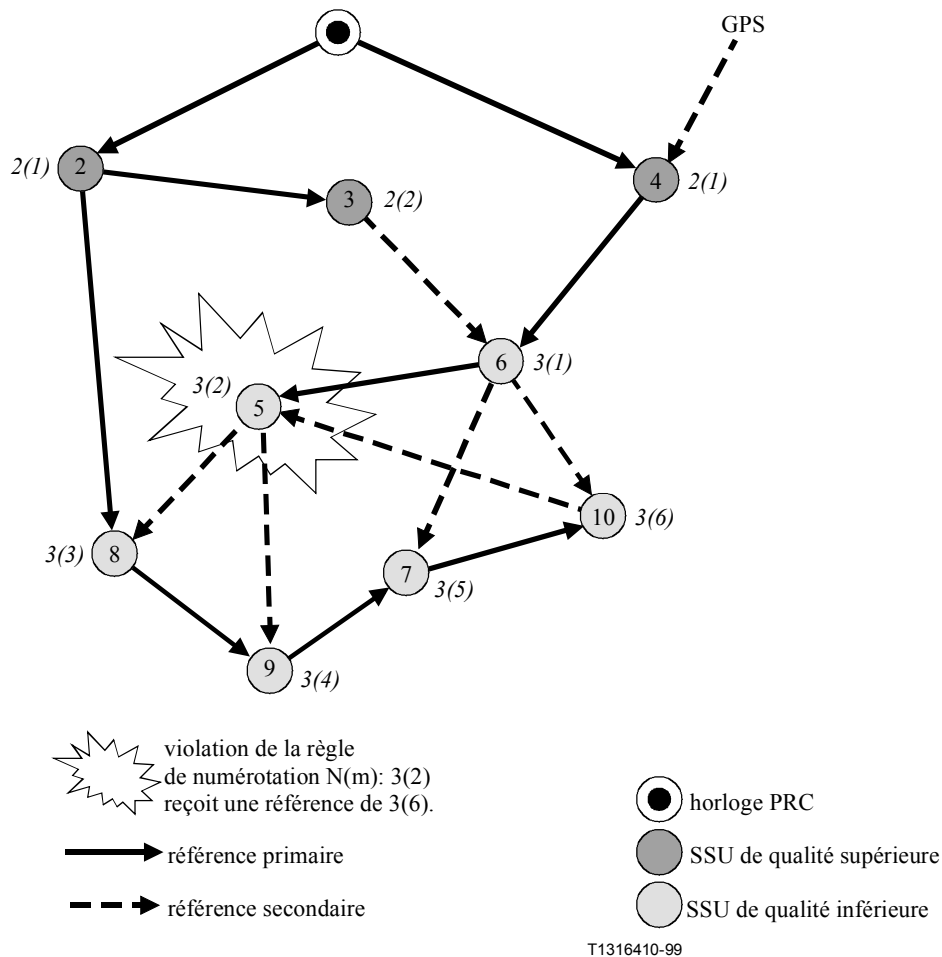
S'il est possible d'étiqueter toutes les horloges SSU dans une zone de synchronisation donnée selon les règles précitées, aucune boucle de synchronisation ne peut se former au niveau SSU pendant ou après la commutation de références de synchronisation avec le système proposé pour l'affectation des références de service et de secours. Pour réussir un étiquetage N(m) et pour donner à chaque horloge SSU au moins deux références indépendantes, un nombre suffisant d'interconnexions entre les horloges SSU au niveau SSU doivent être présentes (autrement dit, le réseau de niveau SSU doit être suffisamment maillé).

Chaque fois que de nouvelles horloges SSU sont ajoutées au niveau SSU ou que de nouvelles interconnexions sont affectées comme références (de service ou de secours), la totalité du niveau SSU doit être vérifiée pour la recherche d'éventuelles boucles de synchronisation.

A titre d'exemple, les Figures III.3a et III.3b montrent un réseau où l'étiquetage N(m) peut être appliqué avec succès et un réseau où cela n'est pas possible.



**Figure III.3a/G.803 – Etiquetage N(m) réussi des horloges SSU:
pas de boucle de synchronisation potentielle!**



**Figure III.3b/G.803 – Etiquetage N(m) impossible:
possibilité de boucle(s) de synchronisation!**

Le système décrit ci-dessus suppose que les affectations et priorités de références sont statiques. Si les informations concernant les chemins de synchronisation actifs et de secours et leur état sont connues en un certain emplacement central, les priorités et les affectations peuvent en principe être dynamiquement fournies à nouveau pour remédier aux situations de panne. Chaque remise à disposition devrait être vérifiée pour la recherche d'éventuelles boucles de synchronisation. Le processus entier pourrait être implémentés manuellement ou automatiquement.

III.6.2 Protection contre les excursions absolues de fréquence

Les boucles de synchronisation devraient toujours être évitées grâce à une conception rationnelle du réseau de synchronisation, mais l'insertion d'horloges SSU dotées d'un système de détection des excursions absolues de fréquence à des endroits stratégiques du réseau peut offrir une protection supplémentaire. Chaque fois qu'une boucle de synchronisation se crée, les horloges de la boucle, en tant que groupe, commenceront à dériver en fréquence de manière non contrôlée. Cela peut élever à des niveaux inacceptables le taux de glissement du trafic entre les équipements synchronisés par les horloges à l'intérieur de la boucle et les équipements situés à l'extérieur de la boucle. A terme, le réseau peut cesser totalement de traiter le trafic par suite d'importantes excursions de fréquence.

Néanmoins, si une des horloges de la boucle peut rapidement détecter des excursions absolues de fréquence (soutenues pendant un certain laps de temps), elle peut disqualifier sa référence en cours et de ce fait rompre la boucle. Plus la détection des excursions de fréquence sera performante, plus le taux de glissement maximal susceptible d'affecter le trafic en provenance, à destination ou passant par le biais des équipements se trouvant dans la boucle sera faible. Ainsi, une protection contre les

excursions absolues de fréquence à 1×10^{-8} limitera le taux de glissement à 6,9 glissements par jour, ce qui s'inscrit presque dans les limites d'une qualité acceptable (5 glissements par jour) conformément à la Recommandation UIT-T G.822.

Plus il y a sur le réseau d'horloges qui assurent une protection en matière de fréquence, plus il y a de probabilités pour que l'une de ces horloges fasse effectivement partie d'une boucle de synchronisation, si elle est accidentellement créée. Par ailleurs, la taille de la zone affectée sera généralement plus petite lorsque les boucles de synchronisation se forment sans contenir une horloge assurant la protection contre les excursions de fréquence.

La méthode de protection en matière de fréquence ne peut pas prévoir la création de boucles de synchronisation, mais peut seulement en mesurer les effets alors que ceux-ci sont peut-être déjà importants au niveau de la qualité du réseau.

A noter que la présence d'une fonction de protection contre les excursions absolues de fréquence n'est pas définie dans la Recommandation UIT-T G.812.

III.7 Solutions au niveau SEC

Le niveau SEC comprend de nombreux îlots d'équipements SDH dans lesquels sont intégrées des horloges SEC (voir la Figure III.1c). Chaque îlot constitue un "sous-réseau SEC", à l'intérieur duquel le rétablissement automatique est obligatoire vu que la période d'autonomie PRC d'une horloge SEC est en général largement inférieure à une minute. La méthode la plus rapide est le rétablissement fondé sur des décisions locales de l'horloge SEC. Dans la majorité des cas, il n'est pas pratique d'appliquer également le système de numérotation N(m) du niveau SSU au niveau SEC. Le nombre de références indépendantes disponibles n'est généralement pas assez élevé pour appliquer avec succès la numérotation N(m) (autrement dit, le réseau SEC n'est en général pas suffisamment "maillé"). Dans des réseaux linéaires ou en anneau, par exemple, les références ne peuvent provenir que des deux unités voisines, mais seule l'unité en amont peut avoir un numéro N(m) "inférieur" et constituer ainsi une référence adéquate. Une référence de secours n'est donc pas disponible.

Il est possible de venir à bout de ce problème en améliorant le choix de la priorité avec des données de traçabilité. Ce mécanisme est décrit dans le protocole de message d'état de synchronisation (SSM, *synchronization status message*) spécifié dans la Recommandation UIT-T G.781. Il est proposé de recourir à ce protocole comme mécanisme de commande de rétablissement de références au niveau SEC.

Lors de la conception d'un réseau de synchronisation destiné à un sous-réseau SEC, les horloges SSU en interface directe avec ce sous-réseau doivent également être prises en considération. Une telle horloge SSU:

- 1) fournit des signaux de référence de synchronisation au sous-réseau SEC;
- 2) reçoit une référence du sous-réseau;
- 3) filtre un signal de synchronisation en recevant une référence d'un élément de réseau SDH et en renvoyant le signal filtré à son sous-réseau SEC. Dans ce rôle, les horloges SSU doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Le concepteur chargé de la synchronisation a pour tâche de déterminer les paramètres définissables de l'algorithme SSM dans chaque sous-réseau SEC, de telle manière que, dans des conditions normales d'exploitation, le flux d'informations de synchronisation entre les horloges SSU soit conforme au plan conçu pour le niveau SSU et que, dans des situations de panne, la synchronisation se rétablisse aussi bien que possible sans créer de boucles de synchronisation et sans entraîner de violations de hiérarchie (lorsque des références dont la traçabilité est insuffisante deviennent actives) ou d'instabilité. Quant aux variables dont le concepteur dispose, la tâche de celui-ci consiste à choisir les références possibles (affectations/annulations d'affectations), à définir les priorités des références attribuées en utilisant des valeurs SSM fixes pour certains signaux de référence entrants et à définir

des seuils d'inhibition pour les signaux de synchronisation sortants. L'affectation et la définition des priorités doivent généralement être prévues tant pour l'oscillateur interne (désigné par "T0" dans la Recommandation UIT-T G.783) que pour le signal sortant de l'horloge externe (désigné par "T4" dans la Recommandation UIT-T G.783) d'un élément de réseau SDH. L'interface entre les horloges SSU autonomes et les horloges SEC est supposée être une interface à 2048 kHz selon le paragraphe 13/G.703 ou une liaison de transport spécialisée non SSM à 2048 kbit/s selon le paragraphe 9/G.703.

Le nombre de topologies possibles pour le sous-réseau SEC est très élevé, mais la taille de ce sous-réseau sera limitée puisque, dans la plupart des cas, il sera tenu compte de la recommandation de limiter à 20 horloges au maximum le nombre de sous-réseaux SEC entre les horloges SSU adjacentes au niveau SSU. Le nombre de sous-réseaux SEC possibles est certes très élevé, mais il n'y a généralement pas beaucoup de différences entre la plupart de ces réseaux, d'où la possibilité de présenter un nombre limité d'exemples de sous-réseaux SEC, d'en définir les paramètres SSM et d'adapter ces exemples pour application à de vrais sous-réseaux SEC.

III.7.1 Application du protocole SSM au niveau SSU

La Recommandation UIT-T G.704 définit l'ensemble de messages et le format de transmission pour le transport des messages d'état de synchronisation (SSM) sur l'interface à 2048 kbit/s entre un élément de réseau (équipé d'une horloge SEC) et une horloge SSU.

Grâce à une telle interface, il est en principe possible d'inclure le niveau SSU dans l'application de l'algorithme SSM. Toutefois, cette question appelle un complément d'étude. Dans la base installée actuelle, l'interface entre l'horloge SSU et l'élément de réseau SDH n'assure généralement pas le transport des messages SSM. En outre, il est indispensable d'étudier de manière plus approfondie la conception et la stabilité de l'algorithme SSM lorsqu'il englobe à la fois les horloges SEC et SSU. Il pourrait ressortir d'une telle étude que le protocole SSM devrait être modifié lorsqu'il s'applique aussi au niveau SSU.

Une des caractéristiques du rétablissement de synchronisme commandé par des messages SSM est le fait que le protocole fonctionne de manière autonome une fois qu'il est établi. L'exploitant ne le commande pas directement. Il est donc fortement souhaitable de procéder à une simulation rigoureuse avant de mettre en service un système SSM. Plus le réseau est complexe, plus il est important de procéder ainsi. A l'évidence, l'adjonction d'horloges SSU dans les systèmes de rétablissement de synchronisme commandés par des messages SSM peut accroître grandement la complexité du réseau de synchronisation puisque, dans ce cas, il pourrait couvrir la totalité de la zone de synchronisation, au lieu d'un seul sous-réseau SEC.

Cela explique que le présent appendice établit l'hypothèse que le protocole SSM n'est pris en charge qu'au niveau SEC et que l'interface entre les horloges SSU et SEC n'assure pas la transmission des messages SSM.

III.7.2 Exemples de sous-réseaux SEC dotés de paramètres SSM

Le présent sous-paragraphe décrit les principaux sous-réseaux SEC et leurs paramètres SSM. Les paramètres des autres sous-réseaux SEC peuvent être élaborés par adaptation des systèmes présentés ici. Le nombre des principaux systèmes peut augmenter avec le temps.

Sur les Figures III.5 à III.9, on utilise une certaine notation pour indiquer comment les paramètres du protocole SSM sont définis et quels sont les messages de traçabilité qui en découlent au niveau des signaux STM-N sortants, dans des conditions normales (absence de pannes). Les conventions de notation sont indiquées à la Figure III.4. L'élément de réseau (cadre en grisé) comprend deux parties séparées par une ligne en pointillé décrivant les processus de sélection indépendants visant l'horloge SEC interne (T0) et le signal de synchronisation sortant externe (T4). Si T4 est asservi à T0, ce fait est indiqué par une flèche directe entre les deux parties (non représenté sur la Figure III.4). Les flèches aboutissant à l'élément de réseau et partant de cet élément de réseau indiquent les signaux de

synchronisation entrants et sortants (STM-N, 2048 kHz ou 2048 kbit/s non SSM). Les flèches pleines représentent le système de transport actif dans des conditions normales de fonctionnement tandis que les références de secours entrantes sont représentées par des flèches en pointillé. A noter que le fait qu'une référence est active, de secours ou non attribuée est déterminé par l'équipement récepteur. Certaines flèches sont subdivisées pour montrer qu'elles servent d'entrées à la fois pour le processus de sélection de références T0 et pour le processus T4. En cas de défaillance d'un signal d'entrée ainsi subdivisé, les deux entrées sont défaillantes simultanément.

Les nombres figurant dans des cercles blancs indiquent les priorités attribuées (l'absence de nombre signifie qu'une référence n'est pas affectée à un processus de sélection de références). Les étiquettes figurant dans les ellipses indiquent les messages d'état de synchronisation sortants calculés (qui seront les messages reçus par l'élément de réseau en aval). Le signe "≥ SSM" dans le cadre signal de synchronisation sortant externe indique le niveau d'inhibition (tous les signaux dotés de la traçabilité "SSM" ou d'une meilleure traçabilité sont transmis). Enfin, le signe "= SSM" dans un cadre en gris indique la valeur "SSM" fixe affectée à une référence entrante. Dans ces cas, la valeur "SSM" peut être "PRC", "SSU-A", "SSU-B" ou "SEC".

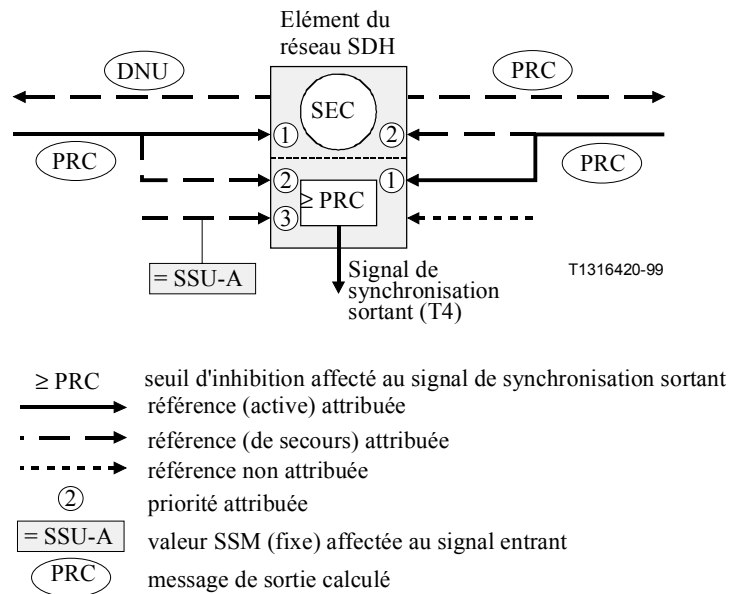


Figure III.4/G.803 – Conventions utilisées dans la représentation des sous-réseaux SEC

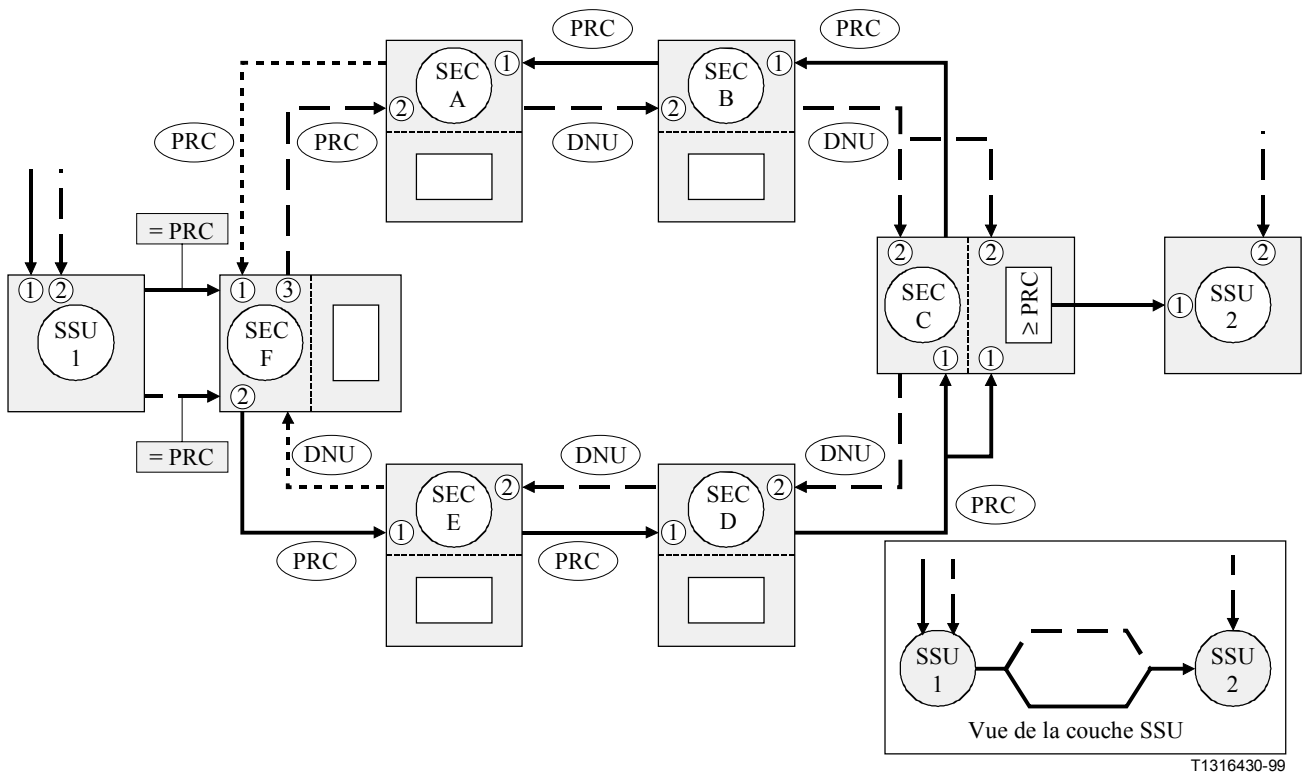


Figure III.5/G.803 – Réseau SDH en anneau doté d'une source SSU et d'un collecteur SSU

Au niveau SSU, le flux de synchronisation va de SSU-1 à SSU-2. SSU-2 nécessite une autre référence d'une autre source, mais cet aspect ne relève pas de ce sous-réseau SEC, ainsi que les références de SSU-1.

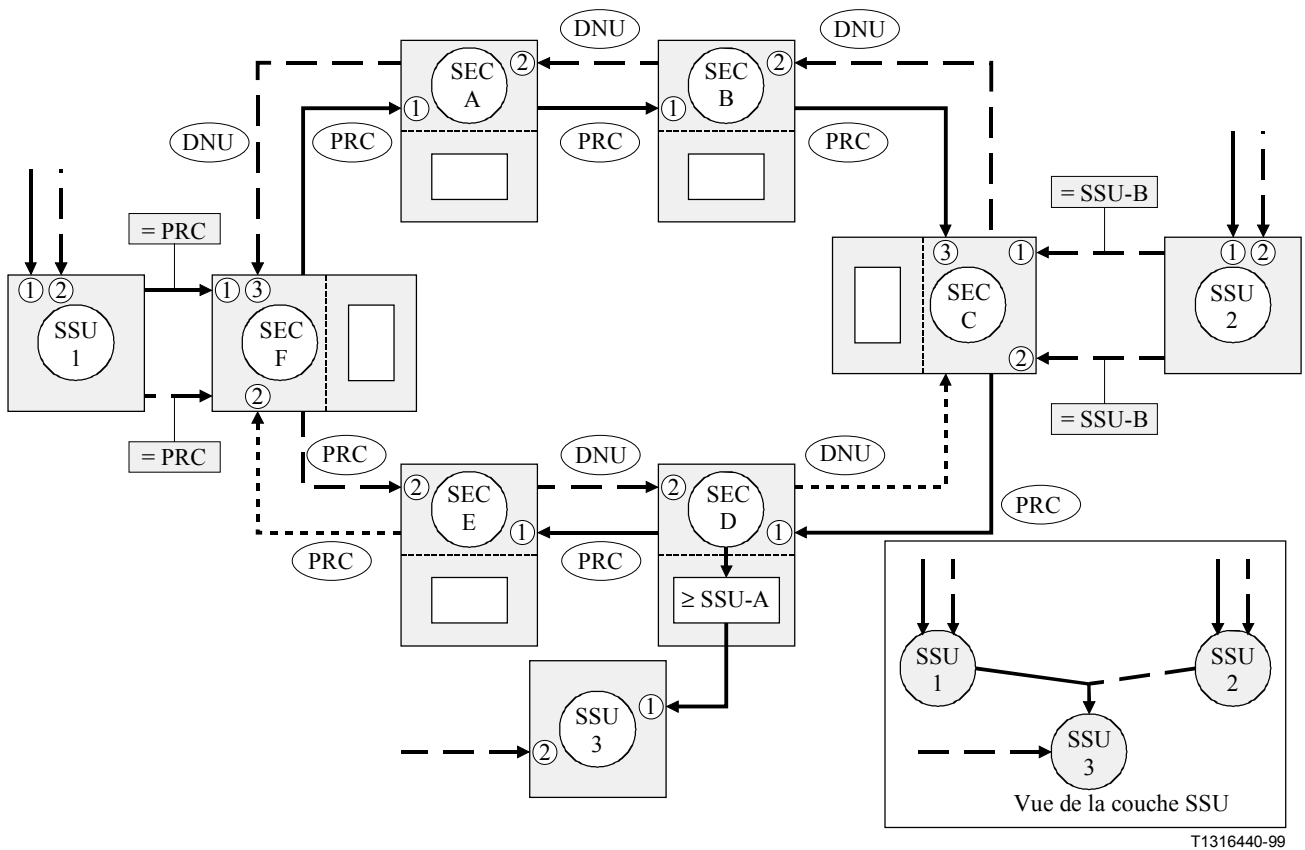
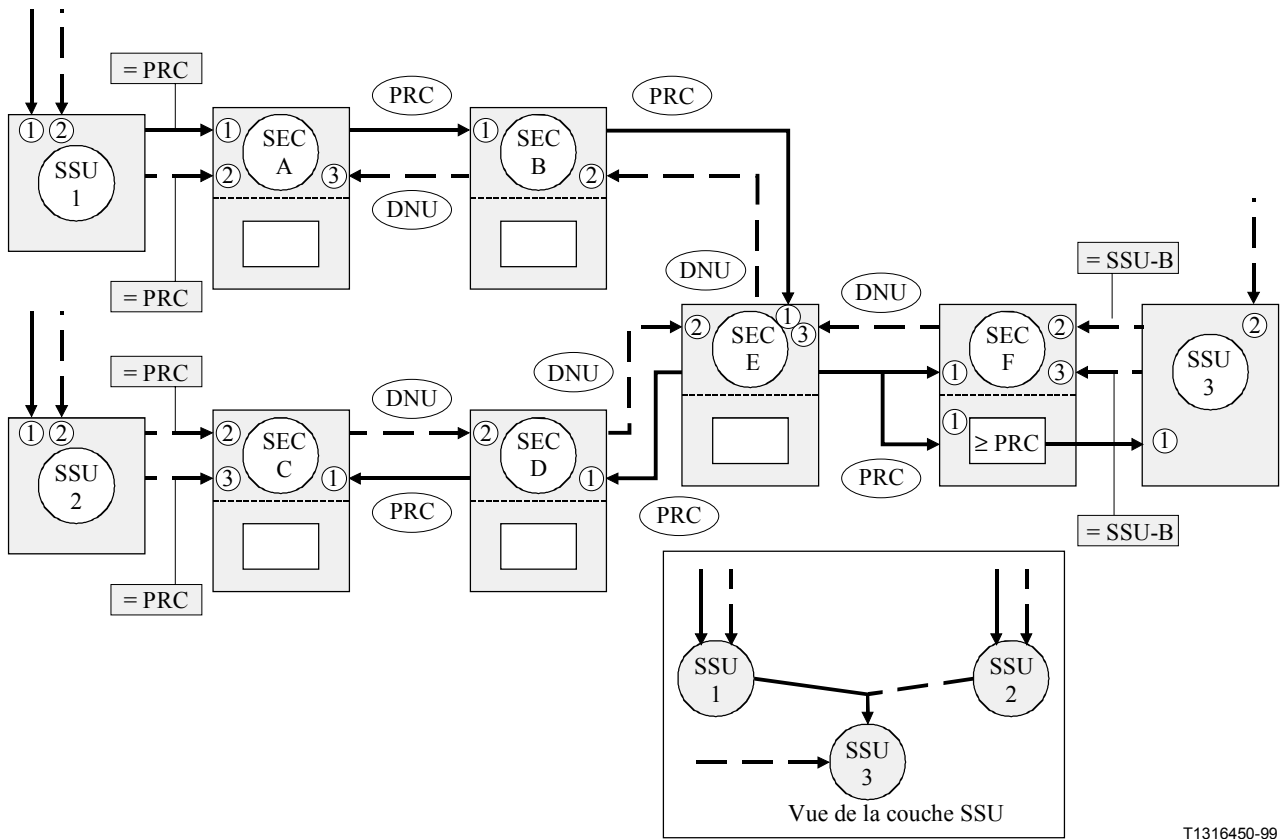


Figure III.6/G.803 – Réseau SDH en anneau doté de deux sources SSU et d'un collecteur SSU

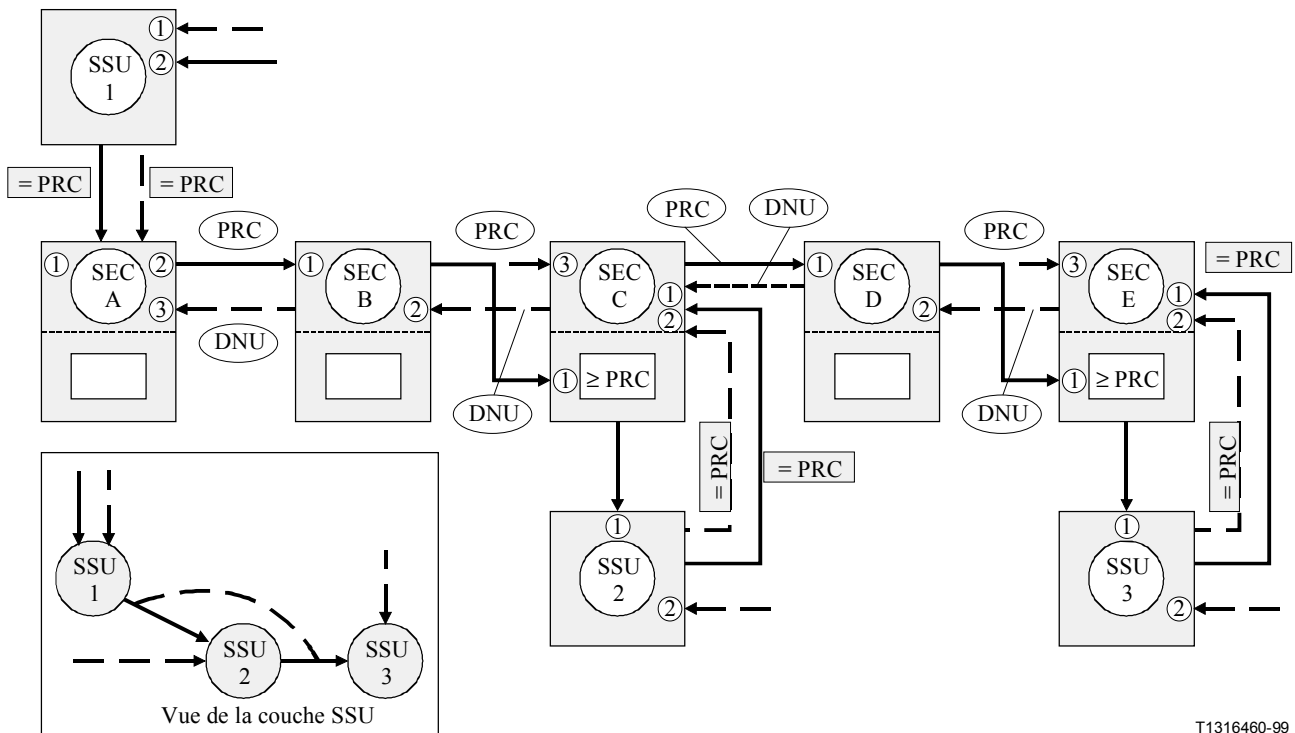
En règle générale, le flux de synchronisation au niveau SSU s'écoule entre SSU-1 et SSU-3, le conduit entre SSU-2 et SSU-3 étant un conduit de secours.



T1316450-99

Figure III.7/G.803 – Réseau SDH en étoile doté de deux sources SSU et d'un collecteur SSU

En règle générale, le flux de synchronisation au niveau SSU s'écoule entre SSU-1 et SSU-3, le conduit entre SSU-2 et SSU-3 étant un conduit de secours.



T1316460-99

Figure III.8/G.803 – Réseau SDH linéaire avec filtrage SSU

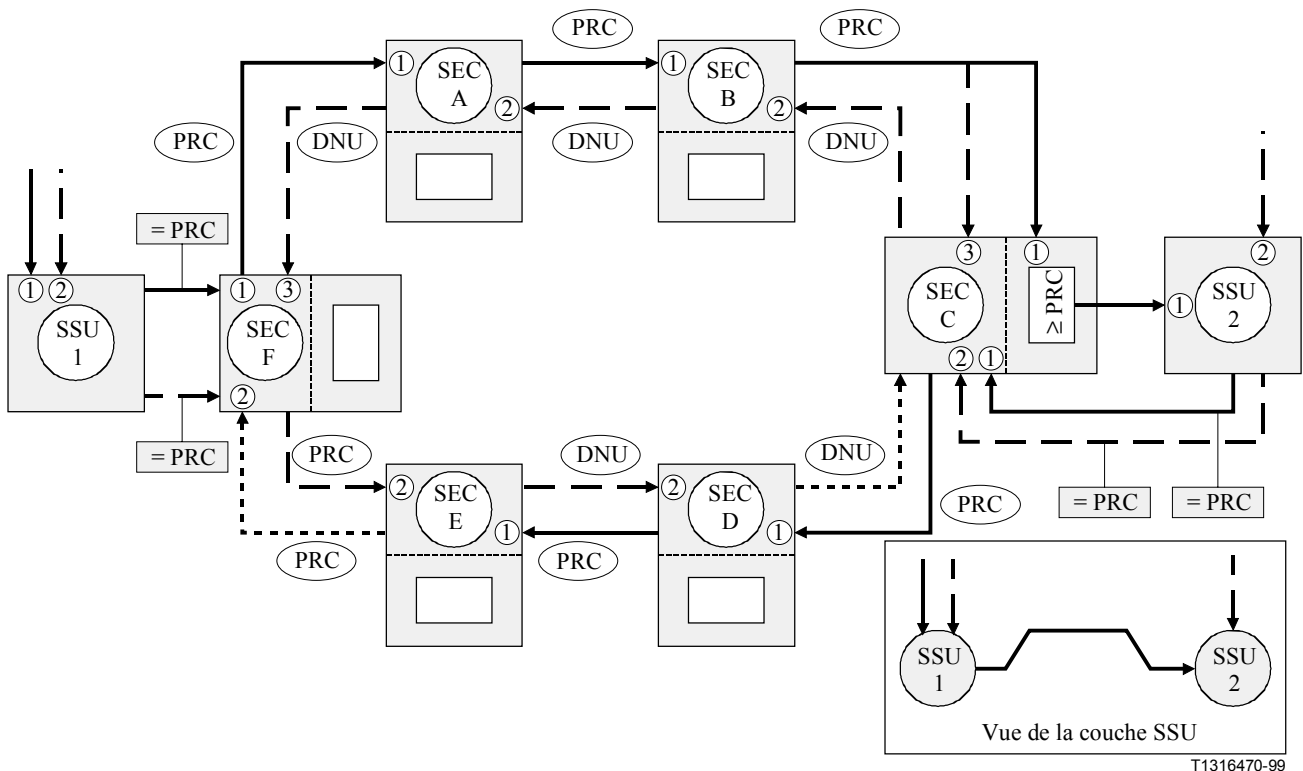


Figure III.9/G.803 – Réseau SDH en anneau avec filtrage SSU

III.8 Synthèse du réseau de synchronisation

La méthode de conception d'un réseau de synchronisation décrite dans le présent appendice comprend plusieurs étapes consistant à :

- subdiviser une zone de synchronisation en un niveau SSU et des sous-réseaux SEC;
- regrouper les horloges SSU, selon leur qualité définie par la période d'autonomie PRC, en un certain nombre classes;
- affecter des références primaires, secondaires, etc. à chaque horloge SSU selon le système d'étiquetage N(m) (ou autre méthode équivalente);
- définir les paramètres du protocole SSM pour chaque sous-réseau SEC d'après les exemples de réseau en tenant compte des horloges SSU directement interconnectées;
- concevoir la synchronisation interne de chaque bureau. Cette dernière étape n'est pas examinée plus en détail dans le présent appendice.

La conception de la zone de synchronisation devrait être transportée avant la mise en service des équipements. Les résultats du processus de conception de la synchronisation du réseau sont souvent décrits dans un plan de synchronisation. Celui-ci peut contenir le plan de la zone et de tous les bureaux avec indication des références normales et des références de secours, indication des valeurs de tous les paramètres définis qui affectent la synchronisation dans le domaine et un registre de toutes les activités de maintenance liées à la synchronisation. Le plan peut également contenir les résultats des mesures et évaluations effectuées sur le réseau de synchronisation. Il devrait être révisé chaque fois que de nouveaux équipements sont installés dans une zone de synchronisation. Un coordinateur de synchronisation est généralement désigné pour tenir à jour le plan de synchronisation et coordonner les activités de synchronisation dans les zones de synchronisation.

III.9 Définitions utilisées dans l'Appendice III

(Période d') autonomie PRC	Laps de temps pendant lequel une horloge, après avoir disqualifié toutes ses références entrantes, peut contenir sa dérive de phase dans les limites imposées par le réseau pour les signaux de synchronisation.
Niveau PRC	Dans un domaine d'exploitant, ensemble d'horloges conformes à la Rec. G.811 qui sont les horloges maîtresses des différentes zones de synchronisation lorsque le réseau de synchronisation n'est pas en panne.
Niveau SEC	Dans une zone de synchronisation, ensemble d'horloges conformes à la Rec. G.813 et leurs interconnexions. Les horloges SSU ne font pas partie du niveau SEC. A noter que certains réseaux peuvent comporter des éléments de réseau SDH équipés d'horloges autres que des horloges G.813. Celles-ci peuvent être considérées comme des horloges SEC à condition que, conformément au présent appendice, leur niveau de qualité soit inférieure à celle des horloges SSU installées dans le réseau.
Sous-réseau SEC	Ensemble d'horloges SEC situés dans des éléments de réseau SDH interconnectés par des systèmes de transport de références STM-N. Lors de la conception de la synchronisation d'un sous-réseau SEC, les horloges SSU directement connectées doivent également être prises en considération.
Niveau SSU	Dans une zone de synchronisation, ensemble d'horloges conformes à la Rec. G.812 et leurs interconnexions. Les horloges SEC ne font pas partie du niveau SSU, mais sont considérées comme transparentes sur les connexions entre les horloges SSU. En l'absence de panne, il n'existe qu'un seul niveau SSU interconnecté dans une zone de synchronisation.
Zone de synchronisation	Zone géographique dans laquelle tous les équipements qui doivent fonctionner de manière synchrone sont synchronisés avec l'unique horloge maîtresse de cette zone.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication