

Remplacée par une version plus récente



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.841

(07/95)

RÉSEAUX NUMÉRIQUES

**TYPES ET CARACTÉRISTIQUES DES
ARCHITECTURES DE PROTECTION
POUR RÉSEAUX EN HIÉRARCHIE
NUMÉRIQUE SYNCHRONES**

Recommandation UIT-T G.841
Remplacée par une version plus récente

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

Remplacée par une version plus récente

AVANT-PROPOS

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

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

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

La Recommandation UIT-T G.841, que l'on doit à la Commission d'études 15 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée le 10 juillet 1995 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

NOTE

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

© UIT 1995

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

Remplacée par une version plus récente

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>	
1	Champ d'application	1
2	Références	1
3	Termes et définitions	1
4	Abréviations	7
5	Catégories de protection	8
6	Considérations relatives aux applications.....	17
6.1	Anneaux à protection partagée de la (ou des) sections(s) de multiplexage.....	17
6.2	Anneaux à protection partagée de la (ou des) sections(s) de multiplexage (application transocéanique)	17
6.3	Anneaux à protection dédiée de la section de multiplexage.....	17
6.4	Commutations unilatérale et bilatérale.....	20
6.5	Protection d'arc d'un chemin de conteneurs virtuels (VC)	20
6.6	Protection d'une connexion de sous-réseau.....	20
6.7	Protection d'arc de section de multiplexage	20
7	Protection d'un chemin SDH	21
7.1	Protection d'arc de section de multiplexage	21
7.2	Anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage	21
7.2.1	Architecture d'application.....	21
7.2.2	Objectifs réseau	21
7.2.3	Architecture d'application.....	25
7.2.4	Critères de déclenchement de la commutation de protection	31
7.2.5	Protocole de commutation de protection	33
7.2.6	Fonctionnement de l'algorithme de protection	35
7.2.7	Exemples	46
7.3	Anneaux à protection dédiée de la section de multiplexage.....	46
7.4	Protection d'arc d'un chemin de conteneurs virtuels (VC)	46
7.4.1	Architecture de réseau	46
7.4.2	Objectifs réseau	46
7.4.3	Architecture d'application.....	47
7.4.4	Critères de déclenchement de la commutation	50
7.4.5	Protocole de commutation de protection	55
7.4.6	Fonctionnement de l'algorithme de protection	55
8	Protection de connexion de sous-réseau SDH.....	56
8.1	Architecture du réseau.....	56
8.2	Objectifs du réseau.....	56
8.3	Architecture d'application	57
8.3.1	Routage	57
8.3.2	Protection de type 1 + 1 unilatérale.....	58
8.3.3	Autres architectures.....	58
8.4	Critères de déclenchement de la commutation.....	58
8.4.1	Protection de type 1 + 1 unilatérale.....	58
8.4.2	Autres architectures.....	62
8.5	Protocole de commutation de protection (ou secours)	63
8.5.1	Protection de type 1 + 1 unilatérale.....	63
8.5.2	Autres architectures.....	63
8.6	Fonctionnement de l'algorithme de protection	63
8.6.1	Algorithme de protection de type 1 + 1 unilatérale	63
8.6.2	Autres architectures.....	63

Remplacée par une version plus récente

Page

Annexe A – Anneaux à protection partagée des sections de multiplexage (application transocéanique)	64
A.1 Application.....	64
A.2 Objectifs réseau.....	64
A.3 Architecture d'application	66
A.4 Critères de commutation	66
A.5 Protocole de commutation de protection.....	67
A.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection	67
Appendice I – Exemples de commutation de protection dans un anneau à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage	69
I.1 Défaut de signal unilatéral (d'arc) dans un anneau à quatre fibres.....	69
I.2 Défaut de signal unilatéral (d'anneau).....	72
I.3 Défaut de signal bilatéral (d'anneau).....	72
I.4 Dégradation de signal unilatérale (d'anneau)	73
I.5 Panne nodale	73
I.6 Prémption par commande SF-R unilatérale d'une commande SD-S unilatérale sur des arcs non adjacents.....	81
I.7 Prémption par commande SF-S unilatérale d'une commande SF-R unilatérale sur des arcs adjacents.....	84
I.8 Prémption par commande SF-R unilatérale d'une commande SD-S unilatérale sur des arcs adjacents.....	86
I.9 Coexistence d'une commande SF-R unilatérale avec une autre commande SF-R unilatérale sur des arcs non adjacents	89

Remplacée par une version plus récente

RÉSUMÉ

La présente Recommandation contient les spécifications de niveau équipement qui sont nécessaires afin de mettre en œuvre différentes options d'architecture de protection pour réseaux en hiérarchie numérique synchrone (SDH). Les entités ainsi protégées peuvent aller d'une unique section de multiplexage en hiérarchie SDH (par exemple pour la protection d'arc de section de multiplexage) jusqu'à une portion de conduit SDH de bout en bout (par exemple pour la protection de connexion de sous-réseau) ou jusqu'à un conduit SDH de bout en bout entier (par exemple pour la protection d'arc d'un chemin de conteneur virtuel de niveau supérieur ou inférieur). Les mises en œuvre physiques de ces architectures de protection peuvent comprendre des anneaux ou des chaînes linéaires de nœuds. Chaque catégorie de protection est assortie de directives concernant les objectifs, l'architecture, les fonctions d'application, les critères de commutation, les protocoles et les algorithmes du réseau.

Remplacée par une version plus récente

Recommandation G.841

TYPES ET CARACTÉRISTIQUES DES ARCHITECTURES DE PROTECTION POUR RÉSEAUX EN HIÉRARCHIE NUMÉRIQUE SYNCHRONE

(Genève, 1995)

1 Champ d'application

La présente Recommandation décrit les divers mécanismes de protection pour réseaux en hiérarchie numérique synchrone (SDH), selon leurs objectifs et leurs applications.

Les procédés de sécurisation sont classés comme suit:

- protection d'un chemin SDH (au niveau de la section ou du conduit);
- protection d'une connexion de sous-réseau SDH (avec surveillance intrinsèque, surveillance non intrusive et surveillance en sous-couche).

L'interfonctionnement des procédés de sécurisation (y compris la hiérarchie de commutation) et les scénarios d'interconnexion sont à l'étude et feront l'objet d'une autre Recommandation.

Les questions de gestion, exploitation, maintenance et mise en œuvre (OAM&P), de qualité de fonctionnement et de liaison satellite/radio feront l'objet d'un complément d'étude. L'architecture de synchronisation et la protection du synchronisme ne sont pas décrites ici. Il n'est pas nécessaire que tous les mécanismes de protection décrits dans la présente Recommandation soient offerts sur le même équipement SDH.

2 Références

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

- Recommandation UIT-T G.707 (1993), *Débits binaires de la hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.708 (1993), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.709 (1993), *Structure de multiplexage synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.774 du CCITT (1992), *Modèle d'information de gestion de la hiérarchie numérique synchrone du point de vue des éléments de réseau*.
- Recommandation G.782 du CCITT (1990), *Types et caractéristiques générales des équipements de multiplexage de la hiérarchie numérique synchrone (SDH)*.
- Recommandation G.783 du CCITT (1990), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de multiplexage pour la hiérarchie numérique synchrone (SDH)*.
- Recommandation UIT-T G.784 (1994), *Gestion de la hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.803 (1993), *Architecture des réseaux de transport à hiérarchie numérique synchrone*.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Recommandation, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 contrôleur APS (commutation de protection): Partie d'un nœud qui est chargée de produire et de récupérer les informations acheminées dans le protocole APS afin de mettre en application l'algorithme de commutation APS.

3.2 multiplex d'insertion/extraction (ADM) (*add-drop multiplex*): Élément de réseau qui donne accès à tous les signaux qui forment un signal STM-N (ou à un sous-ensemble de ces signaux). Les signaux constituants sont insérés (ajoutés) et/ou extraits (retirés) du signal STM-N lorsqu'ils traversent le multiplex ADM. Voir 3.5/G.782.

Remplacée par une version plus récente

- 3.3 trafic ajouté:** Trafic inséré dans un nœud de voies en service normal en anneau.
- 3.4 unité administrative (AU) (*administrative unit*):** Voir la Recommandation G.708.
- 3.5 signal d'indication d'alarme (AIS):** Code envoyé en aval d'un réseau numérique afin d'indiquer qu'un dérangement a été détecté en amont et a fait l'objet d'une alarme. Ce signal est associé à plusieurs couches de transport.
- 3.6 signal d'indication d'alarme pour une unité administrative (AU-AIS):** Voir la Recommandation G.783.
- 3.7 pointeur d'unité administrative:** Voir la Recommandation G.709.
- 3.8 autoconfiguration:** Attribution de valeurs à des paramètres dans un élément de réseau, sans qu'un utilisateur extérieur introduise expressément ces valeurs.
- 3.9 connexion bidirectionnelle (ou bilatérale):** Voir la Recommandation G.803. Une illustration est donnée dans la Figure 3-2.
- 3.10 anneau bidirectionnel:** Dans un anneau bidirectionnel, le routage normal du trafic en service normal est tel que les deux sens d'une connexion bilatérale parcourent l'anneau en passant par les mêmes nœuds mais en sens opposé.
- 3.11 parité d'entrelacement des bits d'ordre N (BIP-N):** Voir la Recommandation G.708.
- 3.12 dérivation:** Action de répartition d'un trafic identique sur la voie en service normal et sur la voie (ou canal) de protection.
- 3.13 demande de dérivation:** Message envoyé par un nœud d'extrémité de destination au nœud d'extrémité d'origine afin de demander que celui-ci effectue une dérivation des voies en service normal vers les voies (ou canaux) de protection.
- 3.14 statut de demande de dérivation:** Message envoyé par un nœud d'extrémité de destination à tous les autres nœuds du système de sécurisation afin d'indiquer que cette extrémité de destination a émis une demande de dérivation.
- 3.15 conteneur:** Voir la Recommandation G.708.
- 3.16 panne de contrôleur:** Etat dans lequel un nœud n'est plus en mesure d'exploiter correctement le protocole de commutation APS tout en continuant à produire des trames SDH de structure correcte.
- 3.17 croisement d'octets K:** Détection, par un nœud, d'octets de demande de dérivation de protection d'anneau avec une priorité égale de part et d'autre de l'interface. (Cela inclut la réception, par un nœud de commutation, d'une demande de dérivation d'anneau issue de l'autre extrémité.)
- 3.18 canal de (communication de) données (DCC) (*data communication channel*):** Voir la Recommandation G.784.
- 3.19 protection dédiée:** Architecture de protection qui fournit la capacité spécialisée nécessaire pour protéger la capacité conductrice du trafic (structure dédiée de type «1 + 1»). Voir la Recommandation G.803.
- 3.20 code de commutation APS par défaut:** Octets de commutation sur voie de réserve qui sont émis avec un identificateur de nœud d'origine égal à l'identificateur du nœud de destination.
- 3.21 diversité de routage:** Transport dans les deux sens (aller et retour) du trafic en service normal au moyen des différents supports physiques, en conditions de bon fonctionnement. Un tel routage peut s'appliquer à des chemins individuels ou à des connexions de sous-réseau individuelles, comme illustré sur la Figure 3-2.
- 3.22 trafic extrait:** Trafic extrait des voies en service normal à un nœud d'anneau.
- 3.23 commutation aux deux extrémités; commutation bilatérale:** Méthode de commutation de protection (ou secours) consistant à effectuer une commutation aux deux extrémités de l'entité protégée (par exemple une connexion, un conduit), même en cas de panne dans un des sens. Voir la Recommandation G.803.
- 3.24 trafic supplémentaire:** Trafic qui est transporté par les voies (ou canaux) de protection lorsque la capacité de celles-ci n'est pas utilisée pour la protection du trafic en service normal. Le trafic supplémentaire n'est pas secouru. Chaque fois que les voies (ou canaux) de protection sont appelées à protéger le trafic en service normal, celui-ci a priorité sur le trafic supplémentaire (par préemption de capacité).
- 3.25 transfert total:** Processus consistant à émettre les mêmes octets K1-K2 et les mêmes identificateurs de voie (ou canal) de protection que ceux qui sont en cours de réception. Le transfert total s'effectue dans les deux sens.
- 3.26 extrémité d'origine:** Nœud répondant à une demande de dérivation. On notera que, pour une commutation de protection dans les deux sens d'un même arc, un nœud fonctionne à la fois comme extrémité d'origine et comme extrémité de destination.

Remplacée par une version plus récente

- 3.27 conteneur virtuel de niveau supérieur:** Voir la Recommandation G.708.
- 3.28 temps d'attente de protection:** Durée qui s'écoule entre la déclaration d'une dégradation ou d'un défaut de signal et le déclenchement de l'algorithme de commutation de protection.
- 3.29 nœud au repos:** Nœud qui n'est pas en cours de production, de détection ou de transfert de demandes de dérivation ou d'informations relatives au statut d'une demande de dérivation.
- 3.30 nœud isolé:** Nœud individuel dont les deux arcs sont isolés – par ses nœuds adjacents – d'une configuration de protection d'anneau du trafic.
- 3.31 transfert des octets K:** Processus consistant à émettre les mêmes octets K que ceux qui sont en cours de réception. Les voies (ou canaux) de protection ne sont pas conduites. Le transfert des octets K s'effectue dans les deux sens.
- 3.32 conduit majeur:** Segment de conduit qui est extérieur à l'arc pour lequel la demande de dérivation est lancée. Normalement, il y a d'autres nœuds intermédiaires sur ce segment de conduit.
- 3.33 perte de trame (LOF) (*loss of frame*):** Voir la Recommandation G.783.
- 3.34 perte de signal (LOS) (*loss of signal*):** Voir la Recommandation G.783 pour les systèmes en hiérarchie SDH et la Recommandation G.775 pour les systèmes en hiérarchie PDH.
- 3.35 conteneur virtuel de niveau inférieur:** Voir la Recommandation G.708.
- 3.36 accès pour conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur:** Terminaison d'un conteneur virtuel de niveau supérieur qui permet d'insérer, d'extraire ou de brasser un quelconque conteneur virtuel ou groupe de conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur.
- 3.37 connexion erronée:** Situation dans laquelle le trafic destiné à un nœud déterminé est fait l'objet d'un routage incorrect vers un autre nœud sans qu'une action corrective soit prise.
- 3.38 bit le plus significatif (MSB):** Position la «plus à gauche» dans un octet ou première position binaire d'un octet qui est émise.
- 3.39 section de multiplexage (MS):** Voir la Recommandation G.803.
- 3.40 signal d'indication d'alarme pour une section de multiplexage (MS-AIS):** Voir la Recommandation G.783.
- 3.41 indication de défaut distant dans une section de multiplexage (MS-RDI):** Ce terme correspond à l'ancienne expression «défaillance de réception distante (FERF)». Voir la Recommandation G.709.
- 3.42 protection de connexion réseau:** Mécanisme qui protège la plus grande connexion de sous-réseau possible d'un chemin.
- 3.43 interface de nœud de réseau (NNI) (*network node interface*):** Voir la Recommandation G.708.
- 3.44 transfert:** Processus consistant à émettre les mêmes informations que celles qui sont en cours de réception, pour un sens donné de transmission.
- 3.45 conduit:** Voir la Recommandation G.803.
- 3.46 surdébit de conduit:** Voir la Recommandation G.708.
- 3.47 voies (ou canaux) de protection:** Voies affectées au transport du trafic en service normal au cours d'un événement de dérivation. Lors d'un tel événement, le trafic exploitant les voies affectées est dérivé sur les voies (ou canaux) de protection.
- 3.48 section de régénération:** Voir la Recommandation G.803.
- 3.49 indication d'erreur distante (RED):** Ce terme remplace l'ancienne expression «erreur de bloc à l'extrémité distante (FEBE)». Voir la Recommandation G.709.
- 3.50 seuil de rétablissement:** Pour des commandes automatiques de déclenchement, on utilise une méthode à seuil d'hystérésis lorsqu'on rebascule des voies (ou canaux) de protection aux voies en service normal. Cette méthode spécifie un seuil en termes de BER pour la section de multiplexage qui transporte les voies de service normal. Ce seuil est communément appelé «seuil de rétablissement». Sa valeur de consigne est fixée à un BER inférieur au seuil de dégradation du signal.
- 3.51 rétablissement:** Voir la Recommandation G.803.

Remplacée par une version plus récente

- 3.52 anneau:** Ensemble de nœuds formant une boucle fermée, tel que chaque nœud soit connecté à deux nœuds adjacents au moyen d'un dispositif de communication dans les deux sens. Un anneau offre un excédent de bande passante ou d'équipement réseau ou des deux ressources, de telle sorte que des services répartis dans l'anneau puissent être automatiquement rétablis en cas de défaut ou de dégradation dans le réseau. Un anneau peut donc s'autorégénérer.
- 3.53 panne d'anneau:** Panne telle que le rétablissement ne puisse être effectué qu'au moyen d'une commutation d'anneau.
- 3.54 interfonctionnement d'anneaux:** Topologie de réseau dans laquelle deux anneaux se croisent en deux points et fonctionnent de telle manière qu'une panne d'anneau en l'un de ces deux points ne provoque aucune perte de trafic, sauf éventuellement les éléments extraits ou insérés au point de panne.
- 3.55 commutation d'anneau:** Mécanisme de protection qui s'applique aussi bien aux anneaux à deux fibres qu'aux anneaux à quatre fibres. Au cours d'une commutation d'anneau, le trafic issu de l'arc affecté est transféré sur les voies (ou canaux) de protection du conduit majeur.
- 3.56 surdébit de section:** Voir la Recommandation G.708.
- 3.57 anneau segmenté:** Anneau qui est découpé en deux ou plus de deux segments, soit par commande extérieure au moyen de commutations forcées de protection d'anneau (FS-R) ou par commande automatique de protection d'anneau sur défaut de signal (SF-R).
- 3.58 protection partagée:** Architecture de protection faisant appel à m entités de protection partagées entre n entités de trafic ($m:n$). Les entités de protection peuvent également servir à transporter du trafic supplémentaire lorsqu'elles ne sont pas utilisées pour la protection. Voir la Recommandation G.803.
- 3.59 conduit mineur:** Segment de conduit correspondant à l'arc pour lequel une demande de dérivation est lancée. Cet arc est toujours celui auquel les extrémités – d'origine comme de destination – sont connectées. La demande de dérivation signalée par conduit mineur est celle qui est envoyée sur l'arc pour lequel la dérivation est demandée.
- 3.60 commutation à une seule extrémité; commutation unilatérale:** Méthode de commutation de protection consistant à n'effectuer une commutation qu'à l'extrémité affectée de l'entité protégée (par exemple un «chemin», une «connexion de sous-réseau»), en cas de panne dans un des sens. Voir la Recommandation G.803.
- 3.61 panne localisée:** Panne détectée en un seul point physique d'un anneau. Cette panne peut affecter une ou plusieurs fibres. Une panne localisée peut être détectée par un nombre quelconque d'éléments de réseau.
- 3.62 arc:** Ensemble des sections de multiplexage qui relie deux nœuds adjacents d'un anneau.
- 3.63 commutation d'arc:** Mécanisme de protection assimilable à la commutation automatique d'arc à structure dédiée (1:1), qui ne s'applique qu'aux anneaux à quatre fibres dont les voies de service normal et de protection sont matérialisées par des fibres séparées et dont les pannes n'affectent que les voies de service normal. Au cours d'une commutation d'arc, le trafic en service normal est transporté par les voies (ou canaux) de protection sur le même arc que la panne.
- 3.64 trafic amorti:** Signal composé seulement d'éléments «1», qui résulte du processus d'amortissement.
- 3.65 amortissement:** Processus consistant à insérer des signaux AU-AIS afin d'empêcher des connexions erronées.
- 3.66 connexion de sous-réseau:** Voir la Recommandation G.803.
- 3.67 protection de connexion de sous-réseau:** Une connexion de sous-réseau en trafic est remplacée par une connexion de sous-réseau en secours si la connexion de sous-réseau en trafic tombe en panne ou si sa qualité tombe au-dessous d'un niveau prescrit.
- 3.68 réseau résistant:** Réseau qui est capable de rétablir le trafic en cas de panne. Le degré d'autoréparabilité est déterminé par la capacité du réseau à résister à des pannes de système sur un ou plusieurs canaux, ainsi qu'à des pannes d'équipement.
- 3.69 commutation de protection (ou secours):** Processus consistant à sélectionner le trafic issu des voies (ou canaux) de protection plutôt que des voies en service normal.
- 3.70 temps de commutation:** Temps s'écoulant entre la décision de commutation de protection et l'achèvement de l'intervention de dérivation et de reconnexion dans un nœud de commutation qui déclenche la demande de dérivation.
- 3.71 nœud de commutation:** Nœud qui remplit la fonction de dérivation ou de reconnexion pour un événement de protection. Dans le cas d'une architecture de réseau annulaire secouru dans les sections de multiplexage, ce nœud effectue également tout amortissement nécessaire du trafic erroné vers des conduits à conteneurs virtuels (VC) de niveaux 3 ou 4 ou à débit plus élevé.

Remplacée par une version plus récente

- 3.72 synchronisme:** Caractéristique essentielle des marqueurs ou signaux temporels, telle que les instants significatifs qu'ils indiquent apparaissent précisément au même débit moyen.
- 3.73 module de transport synchrone de niveau N (STM-N):** Voir la Recommandation G.707.
- 3.74 extrémité de destination:** Nœud qui a émis la demande de dérivation. On notera que, pour un secours dans les deux sens d'un même arc, un nœud fonctionne à la fois comme extrémité d'origine et comme extrémité de destination.
- 3.75 échange des intervalles de temps (TSI):** Dans le cadre de la présente Recommandation, l'intervalle TSI est la capacité de modifier la position des intervalles de temps du trafic connecté en transfert direct (c'est-à-dire le trafic qui n'est ni inséré ni extrait à ce nœud).
- 3.76 chemin (cheminement):** Voir la Recommandation G.803.
- 3.77 protection de chemin (cheminement):** Remplacement d'un chemin de service normal par un chemin de protection si le chemin de service normal tombe en panne ou si sa qualité tombe au-dessous d'un niveau prescrit.
- 3.78 transport:** Ressources associées à l'acheminement de signaux de niveau STM-1 ou supérieur.
- 3.79 panne non détectée:** Défaut d'équipement qui n'est pas détecté par les fonctions de maintenance de cet équipement et qui ne déclenche donc pas de commutation de protection ou qui n'émet pas la notification OA&M appropriée. Les pannes de ce type ne se manifestent pas avant un essai de commutation de protection.
- 3.80 connexion unidirectionnelle (ou unilatérale):** Voir la Recommandation G.803 et l'illustration de la Figure 3-1.
- 3.81 anneau unidirectionnel:** Dans un anneau unidirectionnel (secouru dans la couche des conduits ou des sections de multiplexage), le routage normal du trafic en service normal est tel que les deux sens d'une connexion bilatérale parcourent l'anneau dans le même sens (c'est-à-dire dans le sens horaire). Dans un tel anneau, chaque connexion bilatérale fait usage de la capacité disponible sur toute la circonférence de l'anneau.
- 3.82 routage uniforme:** Routage tel que le trafic bidirectionnel d'exploitation (aller et retour) soit transporté sur les mêmes ressources physiques en conditions d'absence de panne. Ce routage peut s'appliquer à des chemins individuels ou à des connexions de sous-réseau individuelles, comme illustré par la Figure 3-2.
- 3.83 conteneur virtuel (VC):** Voir la Recommandation G.708.

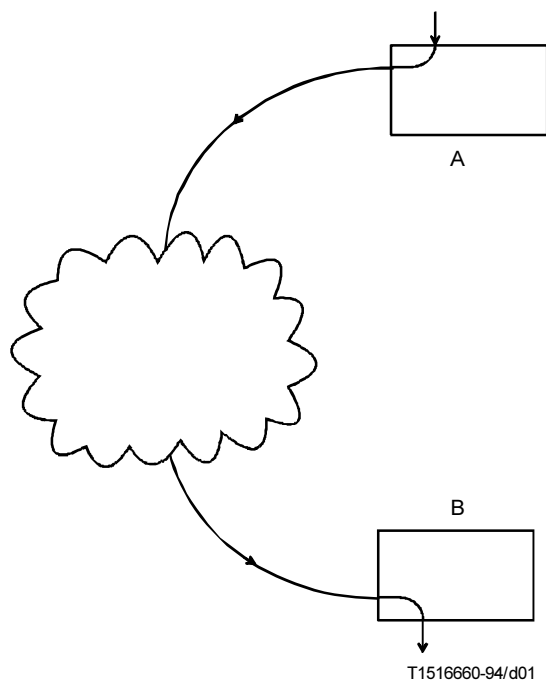


FIGURE 3-1/G.841

Connexion unilatérale (unidirectionnelle)

Remplacée par une version plus récente

3.84 voies en service normal: Canaux sur lesquels le trafic en service normal est transporté lorsqu'il n'y a pas d'événements de protection. Un système de commutation APS n'assure le rétablissement que pour les voies de service normal.

3.85 trafic en service normal: Trafic parcourant normalement un anneau par des voies en service normal, sauf en cas de commutation d'anneau ou d'arc, qui le rétablit sur les voies (ou canaux) de protection.

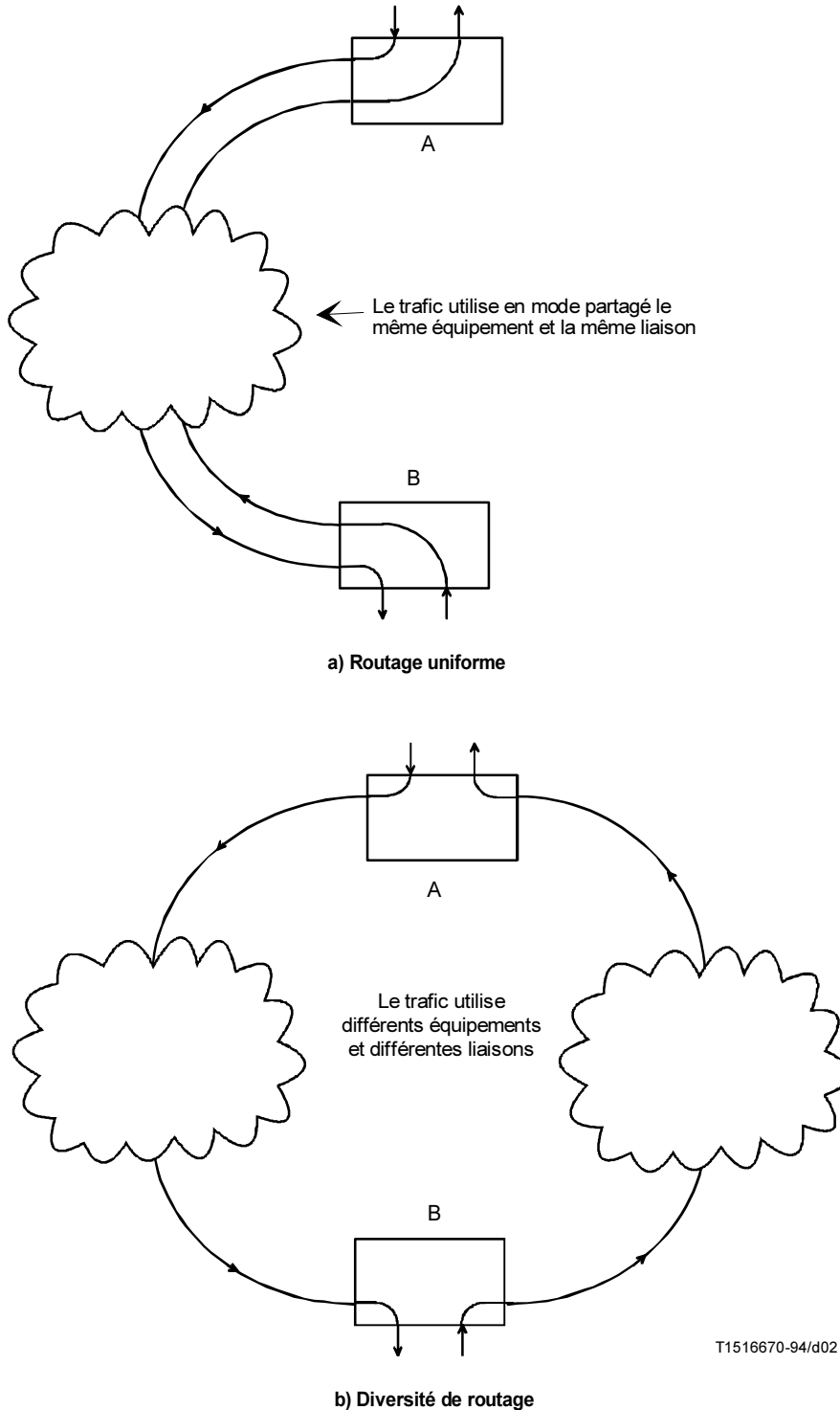


FIGURE 3-2/G.841

Connexion bilatérale (bidirectionnelle) à routage uniforme et à diversité de routage

Remplacée par une version plus récente

4 Abréviations

Pour les besoins de la présente Recommandation, les abréviations suivantes s'appliquent.

ADM	Multiplexeur d'insertion/extraction (<i>add/drop multiplex</i>)
AIS	Signal d'indication d'alarme (<i>alarm indication signal</i>)
AP	Point d'accès (<i>access point</i>)
APS	Commutation automatique de protection (<i>automatic protection switching</i>)
AU	Unité administrative (<i>administrative unit</i>)
AUG	Groupe d'unités administratives (<i>administrative unit group</i>)
AU-AIS	Signal d'indication d'alarme pour une unité administrative (<i>administrative unit alarm indication signal</i>)
AU-LOP	Perte du pointeur pour une unité administrative (<i>administrative unit loss of pointer</i>)
BER	Taux d'erreur sur les bits (<i>bit error ratio</i>)
BIP-N	Parité d'entrelacement des bits (d'ordre N) (<i>bit interleaved parity</i>)
Br	Dérivation (effectuée) [<i>bridge(d)</i>]
CP	Point de connexion (<i>connection point</i>)
DCC	Canal de communication de données (<i>data communications channel</i>)
EXER-R	Testeur dans un anneau (<i>exerciser-ring</i>)
EXER-S	Testeur dans un arc (<i>exerciser-span</i>)
FS-P	Commutation forcée de protection (<i>forced switch to protection</i>)
FS-R	Commutation forcée de protection d'anneau (<i>forced switched working to protection-ring</i>)
FS-S	Commutation forcée de protection d'arc (<i>forced switched working to protection-span</i>)
FS-W	Commutation forcée sur canal normal (<i>forced switched to working</i>)
HO	Niveau supérieur (<i>higher order</i>)
HOVC	Conteneur virtuel de niveau supérieur (<i>higher order virtual container</i>)
HP-DEG	Dégradation dans un conduit de niveau supérieur (<i>higher order path degraded</i>)
HP-EXC	Erreurs excessives dans un conduit de niveau supérieur (<i>higher order path excessive errors</i>)
HP-SSF	Défaut de signal de serveur dans un conduit de niveau supérieur (<i>higher order path server signal fail</i>)
HP-TIM	Discordance entre identificateurs de repérage dans un conduit de niveau supérieur (<i>higher order path trace identifier mismatch</i>)
HP-UNEQ	Conduit de niveau supérieur non équipé (<i>higher order path unequipped</i>)
ID	Identification
LO	Niveau inférieur (<i>lower order</i>)
LOF	Perte de trame (<i>loss of frame</i>)
LOVC	Conteneur virtuel de niveau inférieur (<i>lower order virtual container</i>)
LP	Verrouillage du mécanisme de protection (<i>lockout of protection</i>)
LP-DEG	Dégradation dans un conduit de niveau inférieur (<i>lower order path degraded</i>)
LP-EXC	Erreurs excessives dans un conduit de niveau inférieur (<i>lower order path excessive errors</i>)
LP-S	Verrouillage du mécanisme de protection d'arc (<i>lockout of protection-span</i>)
LP-SSF	Défaut de signal de serveur dans un conduit de niveau inférieur (<i>lower order path server signal fail</i>)
LP-TIM	Discordance entre identificateurs de repérage dans un conduit de niveau inférieur (<i>lower order path trace identifier mismatch</i>)
LP-UNEQ	Conduit de niveau inférieur non équipé (<i>lower order path unequipped</i>)
LOS	Perte de signal (<i>loss of signal</i>)
MS	Section de multiplexage (<i>multiplex section</i>)
MSA	Adaptation de section de multiplexage (<i>multiplex section adaptation</i>)

Remplacée par une version plus récente

MSP	Protection de section de multiplexage (<i>multiplex section protection</i>)
MSPA	Adaptation de section de multiplexage protégée (<i>multiplex section protection adaptation</i>)
MSPT	Terminaison de section de multiplexage protégée (<i>multiplex section protection termination</i>)
MST	Terminaison de section de multiplexage (<i>multiplex section termination</i>)
MS-P	Commutation manuelle de protection (<i>manual switch to protection</i>)
MS-R	Commutation manuelle d'anneau (<i>manual switch-ring</i>)
MS-S	Commutation manuelle d'arc (<i>manual switch-span</i>)
MS-W	Recommutation manuelle sur canal normal (<i>manual switch to working</i>)
NE	Élément de réseau (<i>network element</i>)
NNI	Interface de nœud de réseau (<i>network node interface</i>)
NR	Absence de demande (<i>no request</i>)
OAM&P	Exploitation, administration, maintenance et mise en œuvre (<i>operations, administration, maintenance and provisioning</i>)
OS	Système(s) d'exploitation [<i>operation system(s)</i>]
POH	Surdébit de conduit (<i>path overhead</i>)
RCD	Réseau de communication de données
RGT	Réseau de gestion des télécommunications
RR-R	Demande en mode réversible-d'anneau (<i>reverse request-ring</i>)
RR-S	Demande en mode réversible-d'arc (<i>reverse request-span</i>)
RSOH	Surdébit de section de régénération (<i>regenerator section overhead</i>)
SD	Dégradation du signal (<i>signal degrade</i>)
SDH	Hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SD-P	Dégradation de signal dans les voies (ou canaux) de protection (<i>signal degrade of the protection channels</i>)
SD-R	Dégradation de signal-d'anneau (<i>signal degrade-ring</i>)
SD-S	Dégradation de signal-d'arc (<i>signal degrade-span</i>)
SF	Défaut de signal (<i>signal fail</i>)
SF-R	Défaut de signal-d'anneau (<i>signal fail-ring</i>)
SF-S	Défaut de signal-d'arc (<i>signal fail-span</i>)
SNC	Connexion de sous-réseau (<i>subnetwork connection</i>)
SNC/I	Protection de connexion de sous-réseau avec surveillance intrinsèque (<i>subnetwork connection with inherent monitoring</i>)
SNC/N	Protection de connexion de sous-réseau avec surveillance non intrusive (<i>subnetwork connection protection with non-intrusive monitoring</i>)
SSF	Défaut de signal du serveur (<i>server signal fail</i>)
STM-N	Module de transport synchrone de niveau N (<i>synchronous transport module level N</i>)
Sw	Recommutation (effectuée) [<i>switch(ed)</i>]
TCP	Point de connexion d'une terminaison (<i>termination connection point</i>)
TSI	Echange des intervalles de temps (<i>time slot interchange</i>)
TU	Unité d'affluent (<i>tributary unit</i>)
VC	Conteneur virtuel (<i>virtual container</i>)
WTR	Délai d'attente de rétablissement (<i>wait to restore</i>)

5 Catégories de protection

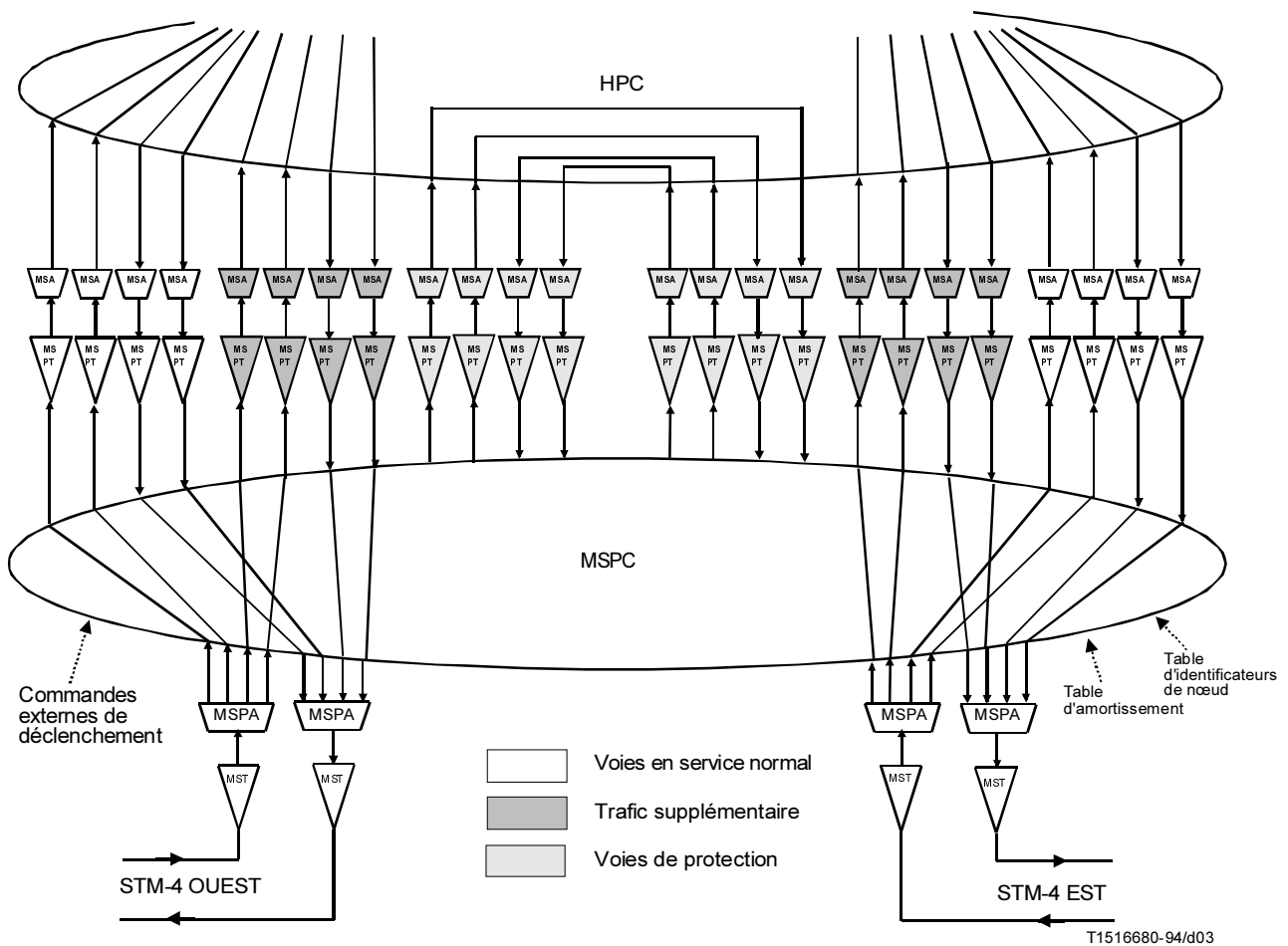
Cet article décrit en termes généraux les types d'architecture de protection faisant l'objet de la présente Recommandation. Il y a principalement deux types de commutation de protection: protection de cheminement SDH et protection de connexion de sous-réseau.

Remplacée par une version plus récente

Les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage utilisent la protection de cheminement SDH. La Figure 5-1 montre le modèle d'un anneau à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage à deux fibres, ayant une capacité de 4 groupes AUG, y compris les connexions de sous-réseau dans les sens d'émission et de réception. La Figure 5-2 montre le même modèle réagissant à un sectionnement total du câble d'un côté. La Figure 5-3 montre le même modèle réagissant comme un nœud conducteur.

La Figure 5-4 montre le modèle fonctionnel générique pour une protection dédiée de type 1 + 1 d'un chemin de conteneurs virtuels (VC). La Figure 5-5 montre le modèle fonctionnel générique pour une protection de type 1:1 d'un chemin de conteneurs virtuels (VC) en mode réversible et la Figure 5-6 montre le modèle fonctionnel générique pour une protection de type 1:1 d'un chemin de conteneurs virtuels (VC) en mode irréversible.

La Figure 5-7 montre le modèle fonctionnel pour une protection de connexion de sous-réseau avec surveillance intrinsèque (SNC/I). La Figure 5-8 montre le modèle fonctionnel pour une connexion de sous-réseau à surveillance non intrusive (SNC/N).

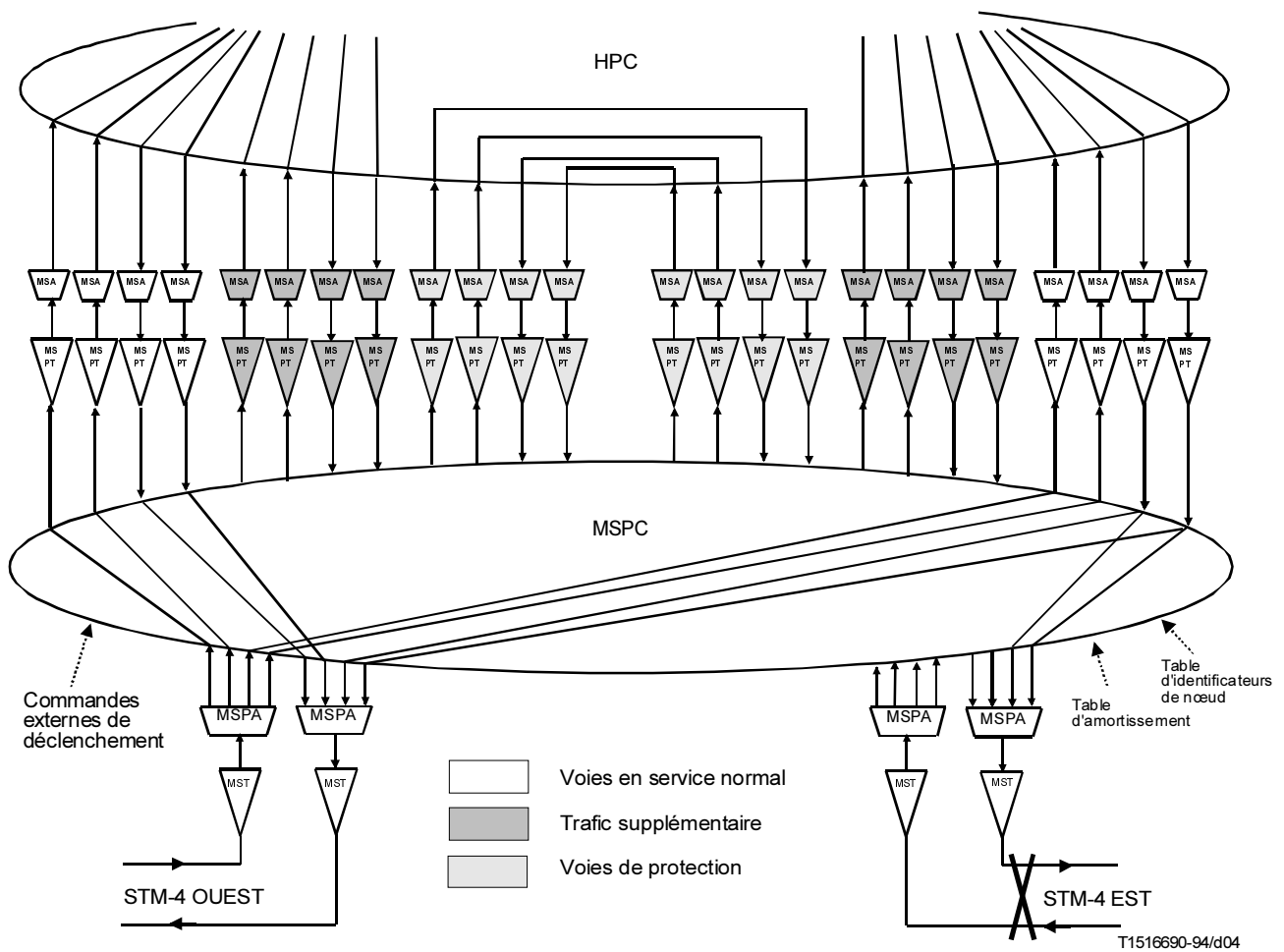


HPC	Connexion par conduit de niveau supérieur
MSA	Adaptation de section de multiplexage
MSPA	Adaptation en protection d'une section de multiplexage
MSPC	Connexion en protection d'une section de multiplexage
MSPT	Terminaison en protection d'une section de multiplexage
MST	Terminaison d'une section de multiplexage

FIGURE 5-1/G.841

Modèle fonctionnel d'un anneau à deux fibres à protection partagée de la (ou des) sections de multiplexage – Etat normal avec trafic supplémentaire

Remplacée par une version plus récente

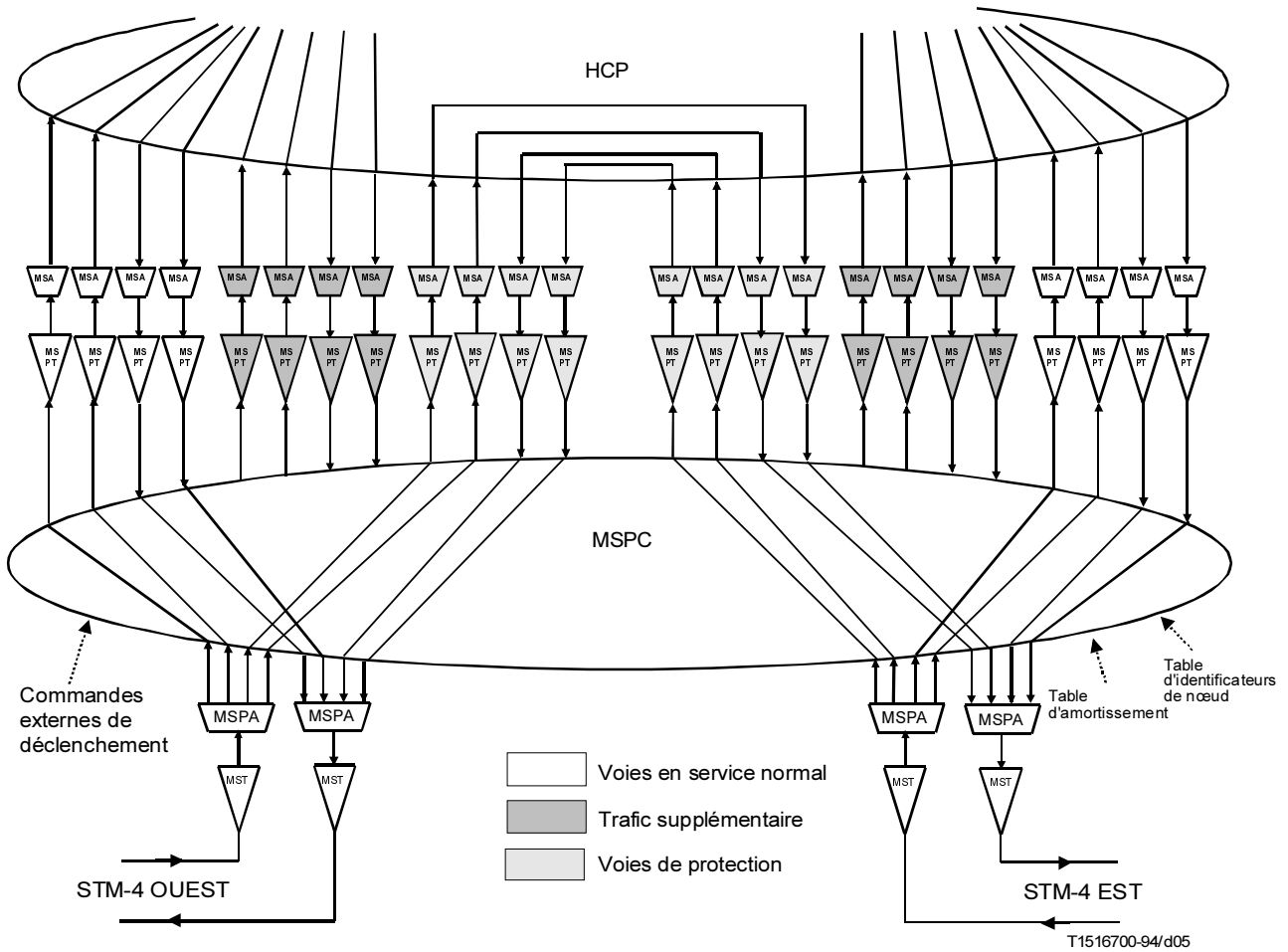


- HPC Connexion par conduit de niveau supérieur
- MSA Adaptation de section de multiplexage
- MSPA Adaptation en protection d'une section de multiplexage
- MSPC Connexion en protection d'une section de multiplexage
- MSPT Terminaison en protection d'une section de multiplexage
- MST Terminaison d'une section de multiplexage

FIGURE 5-2/G.841

Modèle fonctionnel d'un anneau à deux fibres à protection partagée de la (ou des) sections de multiplexage – Panne du côté est

Remplacée par une version plus récente

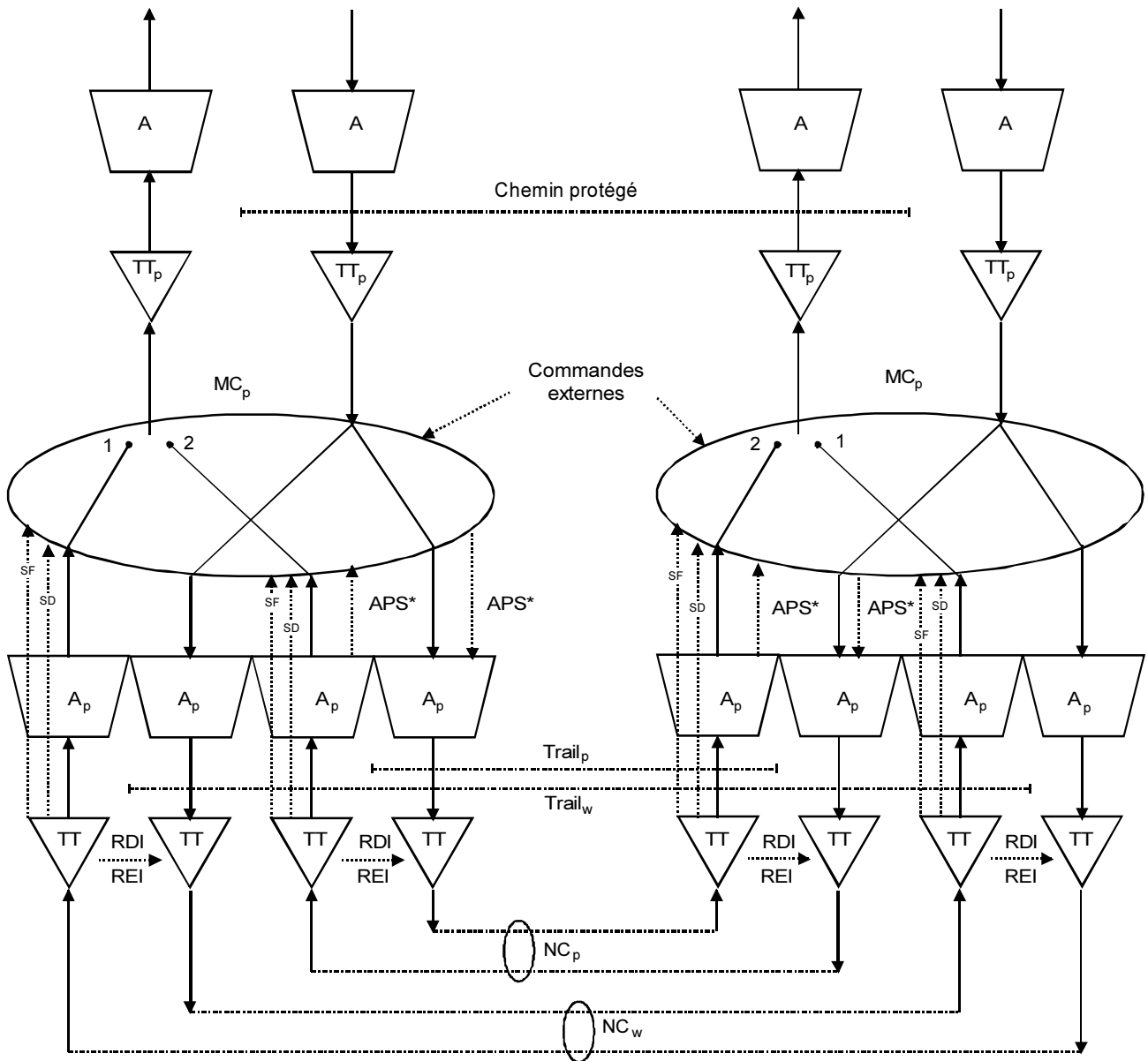


- HCP Connexion par conduit de niveau supérieur
- MSA Adaptation de section de multiplexage
- MSPA Adaptation en protection d'une section de multiplexage
- MSPC Connexion en protection d'une section de multiplexage
- MSPT Terminaison en protection d'une section de multiplexage
- MST Terminaison d'une section de multiplexage

FIGURE 5-3/G.841

Modèle fonctionnel d'un anneau à deux fibres à protection partagée de la (ou des) sections de multiplexage – état de transfert

Remplacée par une version plus récente



T1516710-94/d06

* Nécessaire pour la commutation bilatérale.
Pas nécessaire pour la commutation unilatérale.

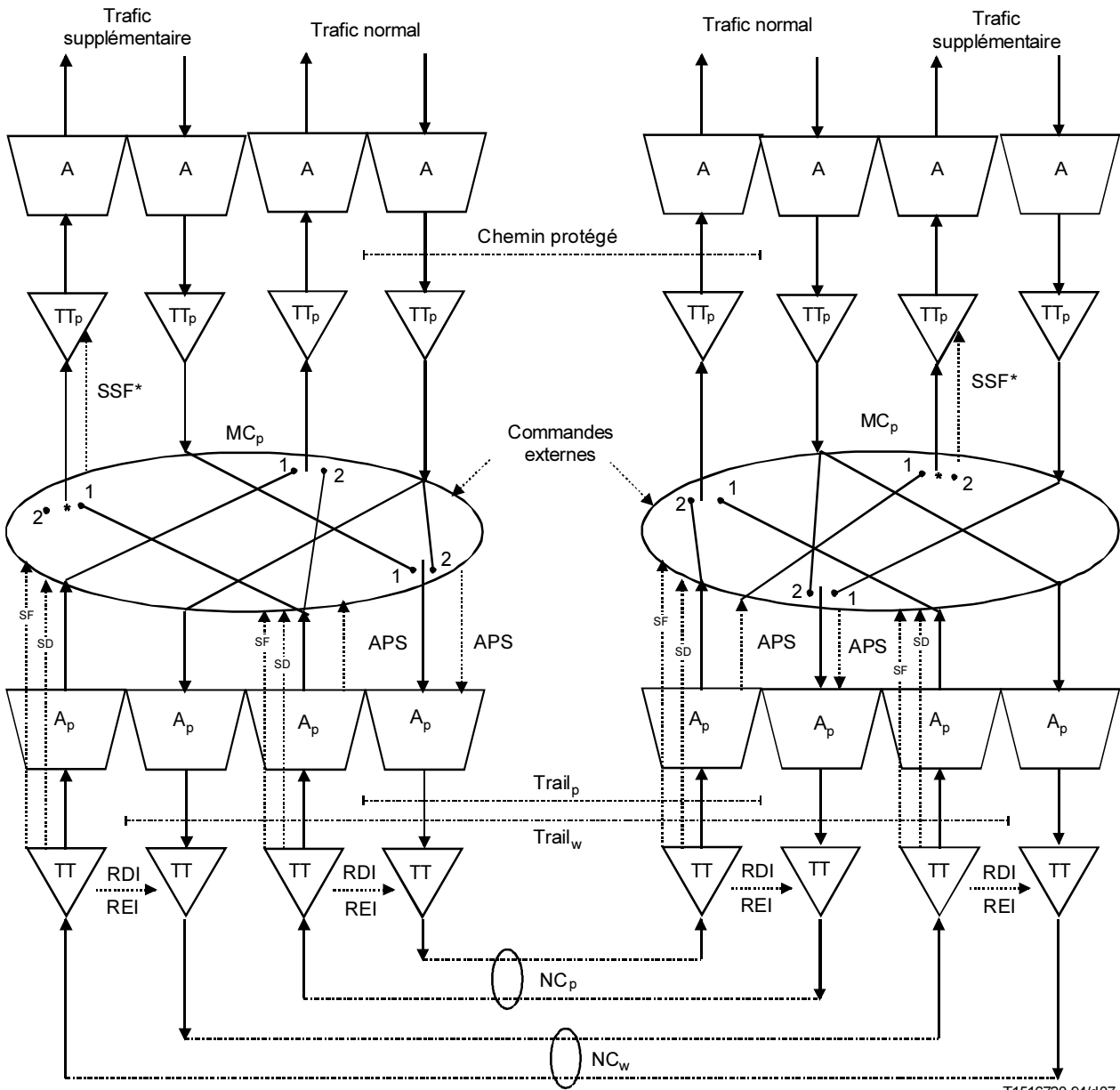
A	Adaptation	SD	Dégradation du signal
A _p	Adaptation en protection	SF	Défaut de signal
MC _p	Connexion en matrice de protection	SSF	Défaut de signal de serveur
NC _p	Connexion en réseau de protection	Trail _p	Chemin de protection
NC _w	Connexion en réseau de trafic	Trail _w	Chemin de trafic
RDI	Indication de défaut distant	TT	Terminaison de chemin
REI	Indication d'erreur distante	TT _p	Terminaison de chemin de protection

Etats: 1 Etat normal
2 Etat de panne

FIGURE 5-4/G.841

Modèle fonctionnel pour la protection générique dédiée d'un arc de chemins

Remplacée par une version plus récente



T1516720-94/d07

* Défaut SSF actif sur connexion ouverte [Etat de défaut (2)]. Ce cas de figure fera l'objet d'une étude ultérieure.

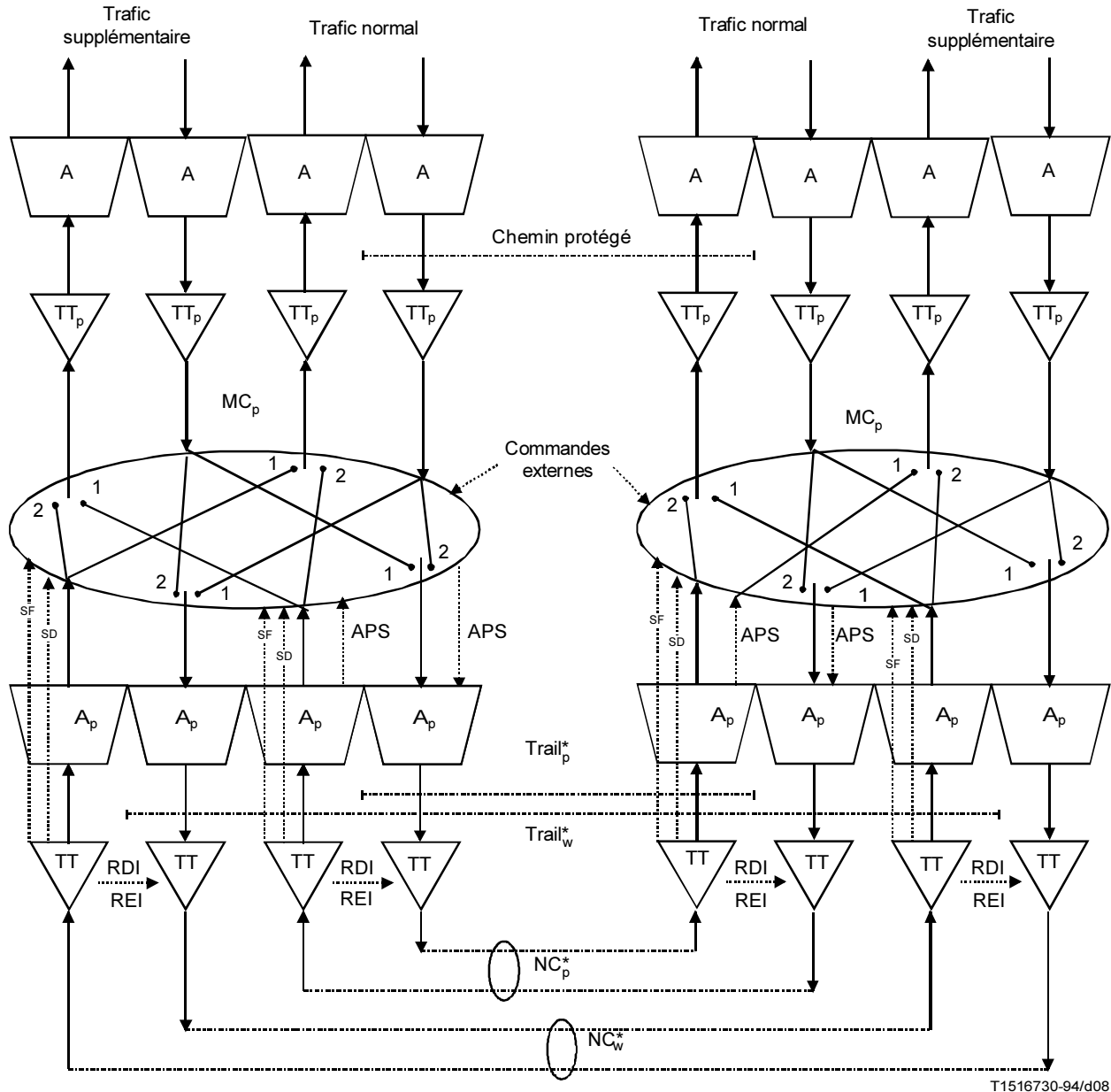
A	Adaptation	SD	Dégradation du signal
A _p	Adaptation en protection	SF	Défaut de signal
MC _p	Connexion en matrice de protection	SSF	Défaut de signal de serveur
NC _p	Connexion en réseau de protection	Trail _p	Chemin de protection
NC _w	Connexion en réseau de trafic	Trail _w	Chemin de trafic
RDI	Indication de défaut distant	TT	Terminaison de chemin
REI	Indication d'erreur distante	TT _p	Terminaison de chemin de protection

Etats: 1 Etat normal
2 Etat de panne

FIGURE 5-5/G.841

Modèle fonctionnel pour la protection générique partagée d'un arc de chemins – Mode réversible

Remplacée par une version plus récente



T1516730-94/d08

* Dès réception de l'état de panne (2), le chemin Trail_p devient Trail_w, Trail_w devient Trail_p, NC_p devient NC_w et NC_w devient NC_p.

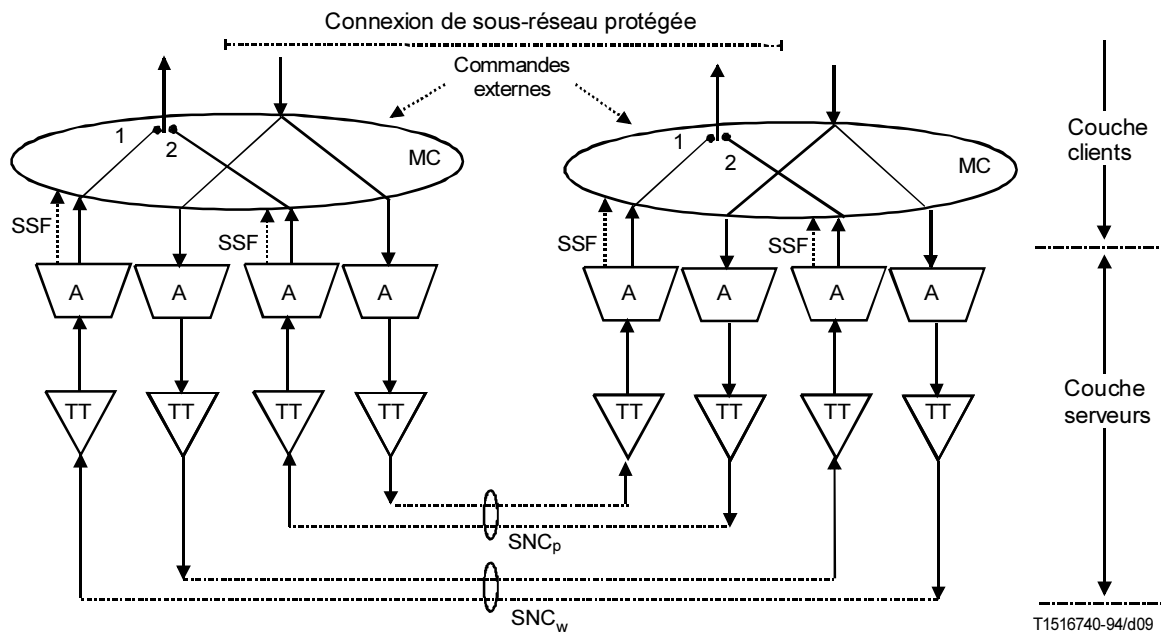
A	Adaptation	SD	Dégradation du signal
A _p	Adaptation en protection	SF	Défaut de signal
MC _p	Connexion en matrice de protection	SSF	Défaut de signal de serveur
NC _p	Connexion en réseau de protection	Trail _p	Chemin de protection
NC _w	Connexion en réseau de trafic	Trail _w	Chemin de trafic
RDI	Indication de défaut distant	TT	Terminaison de chemin
REI	Indication d'erreur distante	TT _p	Terminaison de chemin de protection

Etats: 1 Etat normal
2 Etat de panne

FIGURE 5-6/G.841

Modèle fonctionnel pour la protection générique partagée d'un arc de chemins – Mode irréversible

Remplacée par une version plus récente



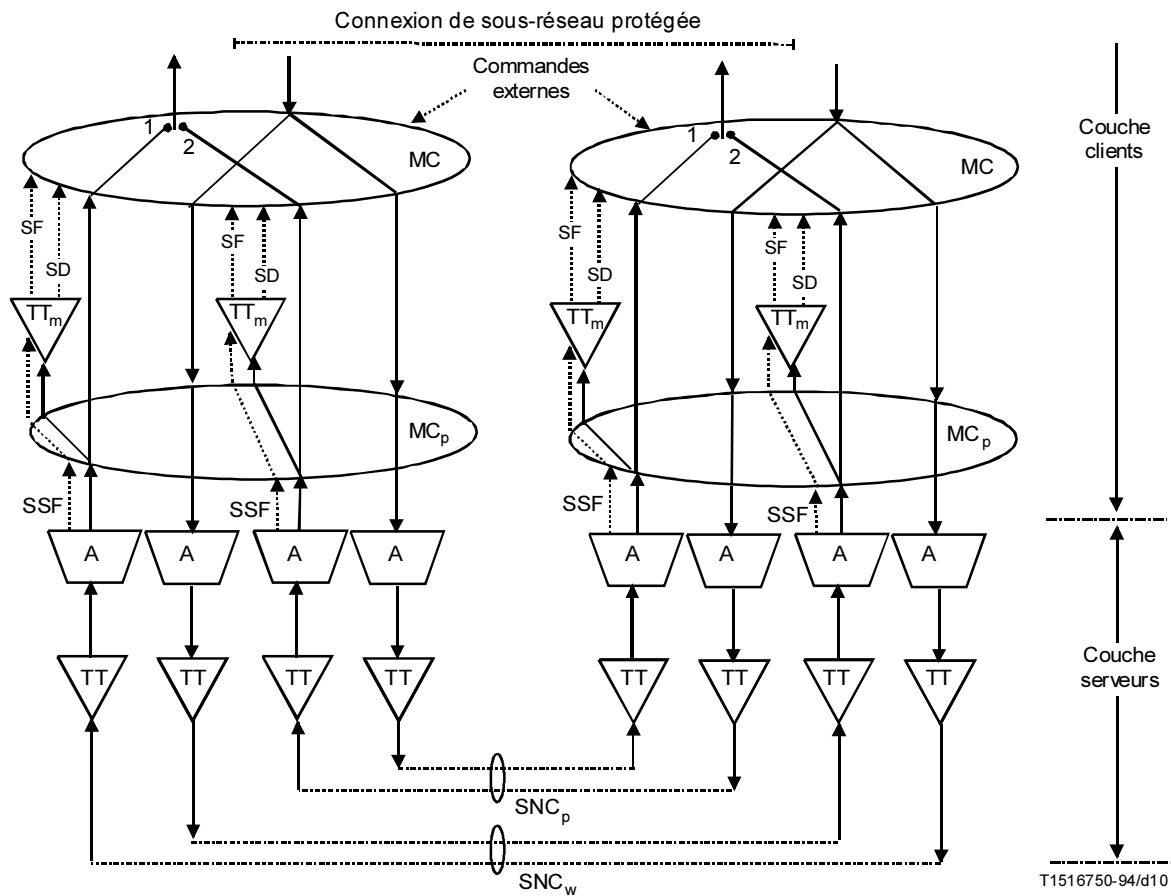
- A Adaptation
- MC Connexion en matrice
- SNC_p Connexion de sous-réseau de protection
- SNC_w Connexion de sous-réseau de trafic normal
- SSF Défaut de signal de serveur
- TT Terminaison de chemin

- Etats: 1 Etat normal
2 Etat de panne

FIGURE 5-7/G.841

Modèle fonctionnel pour la protection de connexion de sous-réseau avec surveillance intrinsèque (SNC/I) déclenchée par un défaut de signal serveur

Remplacée par une version plus récente



- A Adaptation
- MC Connexion en matrice
- MC_p Connexion en matrice de protection
- SD Dégradation de signal
- SF Défaut de signal
- SNC_p Connexion de sous-réseau de protection
- SNC_w Connexion de sous-réseau de trafic normal
- SSF Défaut de signal de serveur
- TT Terminaison de chemin
- TT_m Surveillance non intrusive

- Etats: 1 Etat normal
2 Etat de panne

FIGURE 5-8/G.841

Modèle fonctionnel pour la protection de connexion de sous-réseau avec surveillance non intrusive (SNC/N)

Remplacée par une version plus récente

6 Considérations relatives aux applications

Cet article décrit en termes généraux certains des avantages que l'on peut tirer des diverses architectures de protection.

6.1 Anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage

On peut ranger en deux catégories les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage: les anneaux à deux fibres et les anneaux à quatre fibres. Le protocole de commutation APS d'anneau tient compte de ces deux types.

Dans les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage, les voies de service normal acheminent le service à protéger, tandis que les voies (ou canaux) de protection sont réservées à la protection de ce service. Le trafic en service normal est transporté dans les deux sens sur des arcs: un affluent entrant se propage dans un des sens des voies en service normal tandis que son affluent sortant associé se propage dans le sens opposé mais sur les mêmes arcs.

La paire d'affluents (entrant et sortant) n'utilise que la capacité offerte sur les arcs entre les nœuds où cette paire est insérée et extraite. Donc, comme illustré sur la Figure 6-1, la topologie de ces paires d'affluents dans l'anneau se répercute sur la charge maximale qui peut être imposée aux anneaux de protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage. La somme des affluents qui parcourent un arc ne peut pas dépasser la capacité maximale de cet arc.

Selon la topologie des affluents, la charge maximale qui peut être imposée à un anneau (bidirectionnel) à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage peut dépasser la charge maximale pouvant être imposée à un type équivalent d'anneau unidirectionnel (par exemple en protection dédiée sur sections de multiplexage ou en protection sur connexions de sous-réseau) avec le même débit optique et le même nombre de fibres. Cela donne à l'anneau bidirectionnel un avantage – en termes de capacité – sur les anneaux unidirectionnels, sauf lorsque tous les affluents ne sont destinés qu'à un seul nœud de l'anneau, auquel cas les deux types sont équivalents.

Un des avantages des anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage est que le service peut être routé sur ces anneaux dans un des deux sens, soit en conduit majeur (long) soit en conduit mineur (court). Bien que le chemin court soit habituellement préféré, il peut arriver que le routage du service sur le chemin long offre certaines possibilités d'équilibrage de charge.

Lorsque les voies (ou canaux) de protection ne sont pas utilisées pour rétablir les voies de service normal, on peut les affecter au transport d'un trafic supplémentaire. Lors d'une commutation de protection, le trafic en service normal se trouvant sur les voies de service normal sera transféré sur les voies (ou canaux) de protection, ce qui éliminera tout trafic supplémentaire pouvant se trouver sur ces voies (ou canaux) de protection.

Au cours d'une commutation d'anneau, les voies de service normal dirigées vers l'arc défaillant vont être commutées – au niveau d'un nœud de commutation – vers les voies (ou canaux) de protection dirigées dans l'autre sens (évitant l'arc défaillant). Ce trafic dérivé se propagera sur les voies (ou canaux) de protection du conduit annulaire extérieur (long) jusqu'au prochain nœud de commutation, qui le rebasculera sur les voies de service normal. Dans l'autre sens, les voies de service normal seront dérivées et commutées de la même façon. La Figure 6-2 montre une commutation d'anneau en réponse à une rupture de câble.

Au cours d'une commutation d'anneau, l'arc défaillant est effectivement «remplacé» par les voies (ou canaux) de protection entre les nœuds de commutation, parcourant le chemin long autour de l'anneau. Comme on utilise les voies (ou canaux) de protection de chaque arc (sauf celui qui est en panne) pour le rétablissement, la capacité de protection est effectivement partagée entre tous les arcs.

6.2 Anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage (application transocéanique)

Cette application, avec ses prescriptions et caractéristiques fonctionnelles supplémentaires, est décrite dans l'Annexe A.

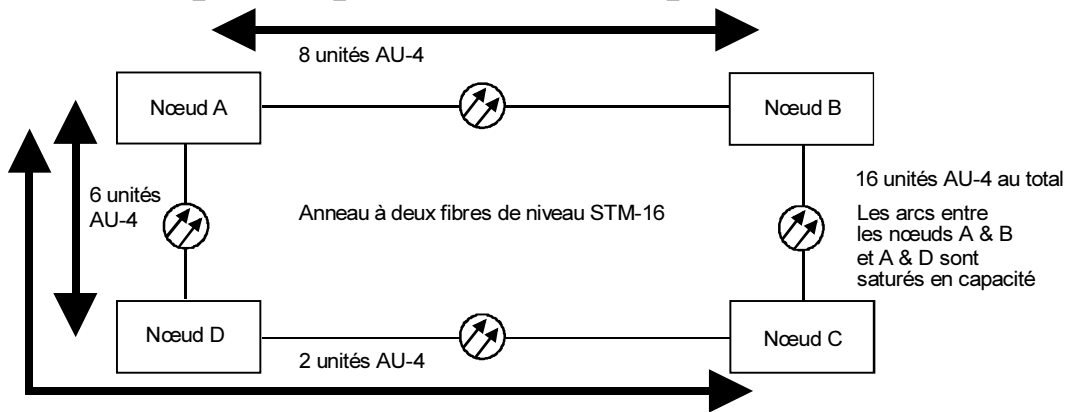
6.3 Anneaux à protection dédiée de la section de multiplexage

Un anneau à protection dédiée de la section de multiplexage se compose de deux anneaux à propagation en sens contraires. Dans ce cas, un seul anneau transporte le trafic en service normal à protéger, tandis que l'autre est réservé à la protection de ce trafic.

La charge maximale qui peut être imposée à l'anneau est limitée par la capacité des arcs. La répartition de la charge imposée à l'anneau n'a pas d'incidence sur la capacité des anneaux unidirectionnels. En d'autres termes, la somme des demandes issues de tous les nœuds ne peut pas dépasser la capacité d'un seul arc.

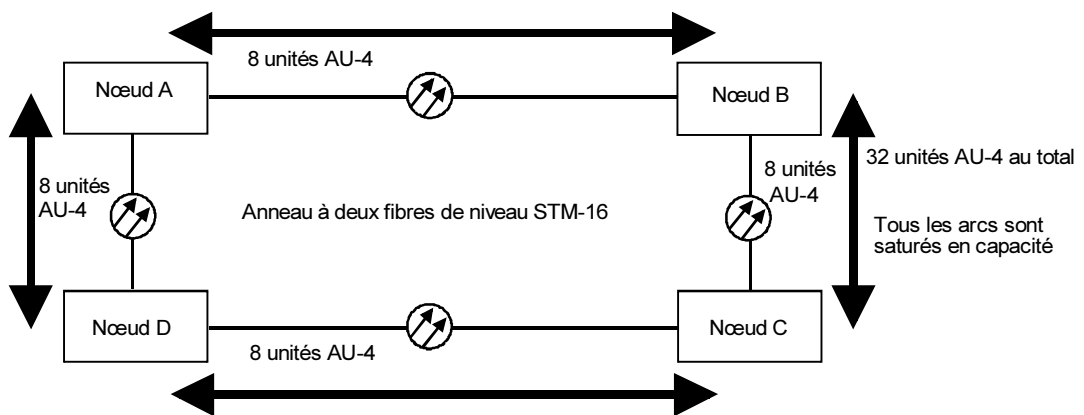
Les anneaux à protection dédiée de la section de multiplexage nécessiteront également l'emploi des octets de commutation APS, K1 et K2, pour la sécurisation.

Remplacée par une version plus récente

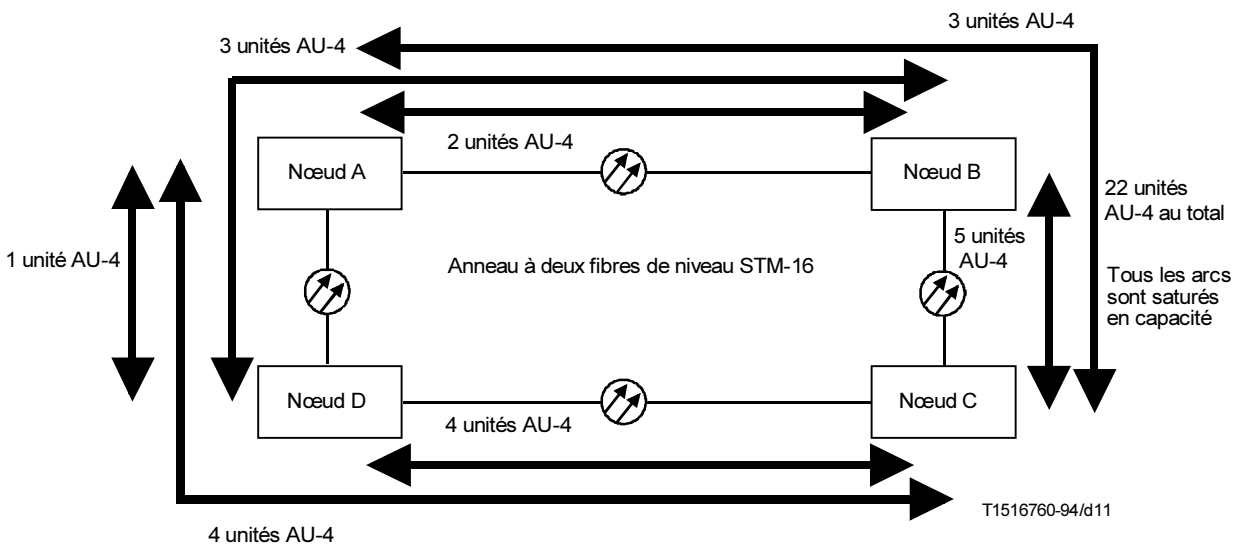


NOTE – Etant donné que tout le trafic est destiné au nœud A et que l'arc entre le nœud A et le nœud B est saturé, le trafic issu du nœud C s'acheminera vers le nœud D en laissant vacant l'arc entre B et C.

a) Tout le trafic est destiné à un seul nœud A



b) Tout le trafic n'est destiné qu'aux nœuds adjacents

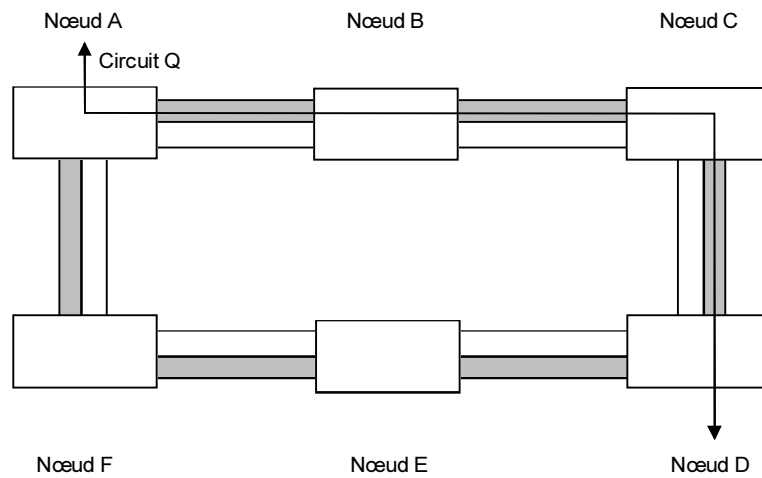


c) Schéma de trafic mixte

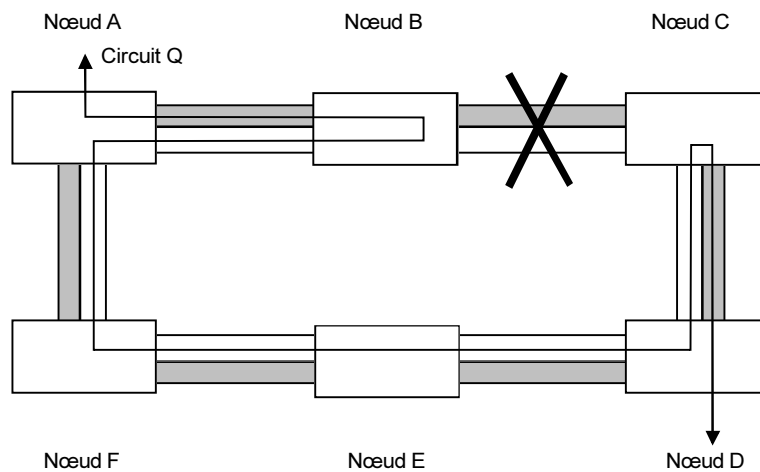
FIGURE 6-1/G.841

Effets du schéma de demande sur la capacité d'anneaux à protection bilatérale partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage

Remplacée par une version plus récente



a) Etat normal



b) Etat de panne

T1516770-94/d12

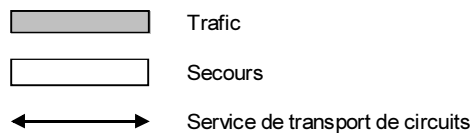


FIGURE 6-2/G.841

Exemple de routage de circuit en cas d'état de panne pour une commutation d'anneau

Remplacée par une version plus récente

6.4 Commutations unilatérale et bilatérale

Les avantages possibles d'une commutation unilatérale (intervenant à une seule extrémité) sont les suivants:

- 1) la commutation unilatérale est un procédé simple à réaliser, qui n'exige pas de protocole;
- 2) la commutation unilatérale peut être plus rapide que la commutation bilatérale car elle n'exige pas de protocole;
- 3) en conditions de pannes multiples, la commutation unilatérale offre une meilleure probabilité de rétablissement du trafic que la commutation bilatérale.

Les avantages possibles d'une commutation bilatérale (en routage uniforme) sont les suivants:

- 1) lors d'une intervention bilatérale, le même équipement est utilisé pour les deux sens de transmission à la suite d'une panne. Le nombre d'interruptions dues à des défaillances isolées sera moindre si le conduit était acheminé par des équipements différents;
- 2) en commutation bilatérale, s'il y a une défaillance dans un des conduits du réseau, l'acheminement des deux conduits entre les nœuds affectés sera commuté sur les sens opposés, sur circuit extérieur. Aucun trafic n'est transmis sur la section défaillante de réseau, qui peut donc être réparée sans commutation de protection supplémentaire;
- 3) la commutation bilatérale est plus aisée à gérer parce que les deux sens de transmission font appel au même équipement sur toute la longueur du chemin;
- 4) la commutation bilatérale assure des délais égaux dans les deux sens de transmission. Cela peut être important s'il y a un déséquilibre notable entre les longueurs des chemins (par exemple dans le cas de liaisons transocéaniques où un chemin passe par une liaison satellite et l'autre par une liaison câblée);
- 5) la commutation bilatérale possède également la capacité de transporter du trafic supplémentaire sur voie (ou canal) de protection.

6.5 Protection d'arc d'un chemin de conteneurs virtuels (VC)

La protection d'arc d'un chemin de conteneurs virtuels (VC) est un mécanisme de protection qui peut être utilisé sur toute structure physique (réseaux maillés, annulaires, ou hybrides). Elle peut être appliquée dans toute couche conduits d'un réseau stratifié.

Il s'agit d'un mécanisme de protection de bout en bout qui commute sur voies (ou canaux) de protection lors de pannes de serveur et lors de communication d'informations de couche client, y compris les informations relatives à la qualité des conduits. Il n'est pas nécessaire de l'appliquer à tous les conteneurs virtuels (VC) d'une section de multiplexage.

La protection d'arc d'un chemin de conteneurs virtuels (VC) peut fonctionner de façon unilatérale ou bilatérale. La commutation bilatérale offre la possibilité de transférer le trafic supplémentaire sur le conduit de protection.

6.6 Protection d'une connexion de sous-réseau

La protection de connexion de sous-réseau est un mécanisme de protection dédiée qui peut être utilisé sur toute structure physique (réseaux maillés, annulaires, ou hybrides). Elle peut être appliquée dans toute couche conduits d'un réseau stratifié.

Ce procédé peut être utilisé pour protéger une portion de conduit (par exemple la portion dans laquelle on dispose de deux segments de conduit séparés) ou pour protéger un conduit de bout en bout. Il commute sur voies (ou canaux) de protection lors de pannes de serveur (avec surveillance intrinsèque) ou lors de communication d'informations de couche client (avec surveillance non intrusive).

Il n'est pas nécessaire de l'appliquer à tous les conteneurs virtuels (VC) d'une section de multiplexage. La protection de connexion SNC fonctionne en mode unilatéral. La possibilité d'effectuer une commutation bilatérale et de transporter du trafic supplémentaire fera l'objet d'une étude ultérieure.

6.7 Protection d'arc de section de multiplexage

La protection d'arc de section de multiplexage peut utiliser un mécanisme de protection dédiée ou partagée. Elle protège les sections de multiplexage et s'applique à des réseaux physiques de communication point à point. Une même section de multiplexage de protection peut servir à protéger un certain nombre (N) de sections de multiplexage en service normal. Elle ne peut pas protéger contre des défaillances de nœud. Cette protection peut être assurée en mode unilatéral ou bilatéral et peut transporter du trafic supplémentaire sur la section de multiplexage de protection.

Remplacée par une version plus récente

7 Protection d'un chemin SDH

Cet article décrit en détail les caractéristiques d'équipement qui sont requises par les applications de protection d'un chemin en hiérarchie SDH.

7.1 Protection d'arc de section de multiplexage

Pour de plus amples informations sur cette architecture, prière de consulter l'Annexe A/G.783.

7.2 Anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage

7.2.1 Architecture d'application

Tous les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage supportent la commutation d'anneau. En outre, les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage à quatre fibres supportent la commutation d'arc.

7.2.1.1 Anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage à deux fibres

Les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage à deux fibres n'exigent que deux fibres pour chaque arc de l'anneau. Chaque fibre transporte à la fois les voies de service normal et les voies (ou canaux) de protection. Sur chaque fibre, la moitié des voies sont définies comme étant des voies en service normal et l'autre moitié comme des voies (ou canaux) de protection. Les voies de service normal d'une fibre donnée sont protégées par les voies (ou canaux) de protection allant dans le sens opposé autour de l'anneau (voir la Figure 7-1). Cela permet de transporter dans les deux sens le trafic en service normal. Un seul ensemble de voies de trafic supplémentaire (surdébit) est utilisé sur chaque fibre.

Les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage à deux fibres ne permettent que la commutation d'anneau. Lorsqu'une commutation d'anneau est invoquée, les intervalles de temps qui acheminent les voies de service normal sont basculés sur les intervalles de temps qui acheminent les voies (ou canaux) de protection allant dans l'autre sens.

7.2.1.2 Anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage à quatre fibres

Les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage à quatre fibres nécessitent quatre fibres pour chaque arc de l'anneau. Comme illustré sur la Figure 7-2, les voies de service normal et de protection sont matérialisées sur des fibres différentes: deux sections de multiplexage travaillant en sens opposé acheminent les voies de service normal, tandis que deux autres sections de multiplexage travaillant en sens opposé acheminent les voies (ou canaux) de protection. Cette implantation permet de transporter le trafic en service normal dans les deux sens. Le surdébit des sections de multiplexage est consacré soit aux voies en service normal soit aux voies (ou canaux) de protection, puisque ces voies n'empruntent pas les mêmes fibres.

Les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage à quatre fibres permettent la commutation d'anneau au titre de la protection, ainsi que la commutation d'arc, mais pas les deux en même temps. Plusieurs commutations d'arc peuvent coexister sur le même anneau puisque chacune de ces commutations n'utilise que les voies (ou canaux) de protection d'un même arc. Certaines défaillances multiples (qui n'affectent que les voies de service normal d'un arc, comme des pannes d'ordre électronique et des ruptures de câble ne sectionnant que des voies en service normal) peuvent être entièrement protégées par commutation d'arc.

Les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage à quatre fibres peuvent avoir la capacité de fonctionner comme une chaîne linéaire de multiplexeurs ADM, s'ils ne sont pas entièrement fermés (c'est-à-dire qu'ils peuvent exclure des commutations de protection d'anneau et n'utiliser que des commutations d'arc pour protéger le trafic existant). Cette configuration peut se présenter dans le cas où un segment d'anneau isolé a été rétabli avant que tous les autres arcs aient été rendus pleinement opérationnels.

7.2.2 Objectifs réseau

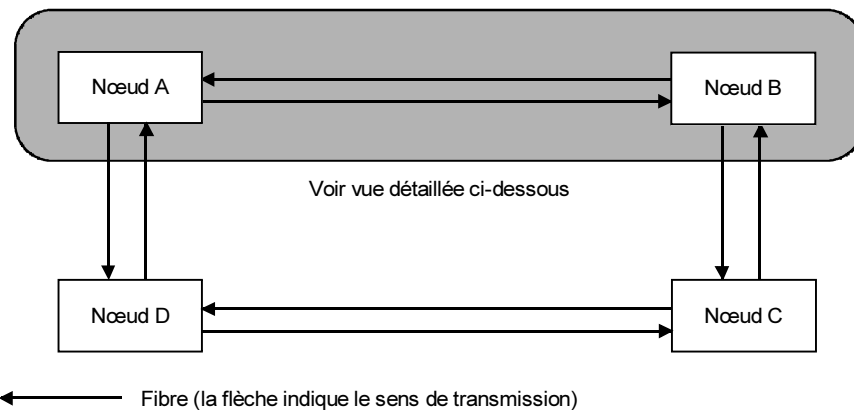
Les objectifs réseau suivants s'appliquent:

- 1) *Temps de commutation* – Dans les anneaux sans trafic supplémentaire, sans demandes de dérivation préalables et d'une longueur en fibres inférieure à 1200 km, le temps de commutation doit être inférieur à 50 ms.
- 2) *Délai de transmission* – Il n'y a pas d'objectif réseau en termes de délai de transmission.
- 3) *Temps d'attente de protection* – Il n'y a pas d'objectif réseau en termes de temps d'attente de protection.

Remplacée par une version plus récente

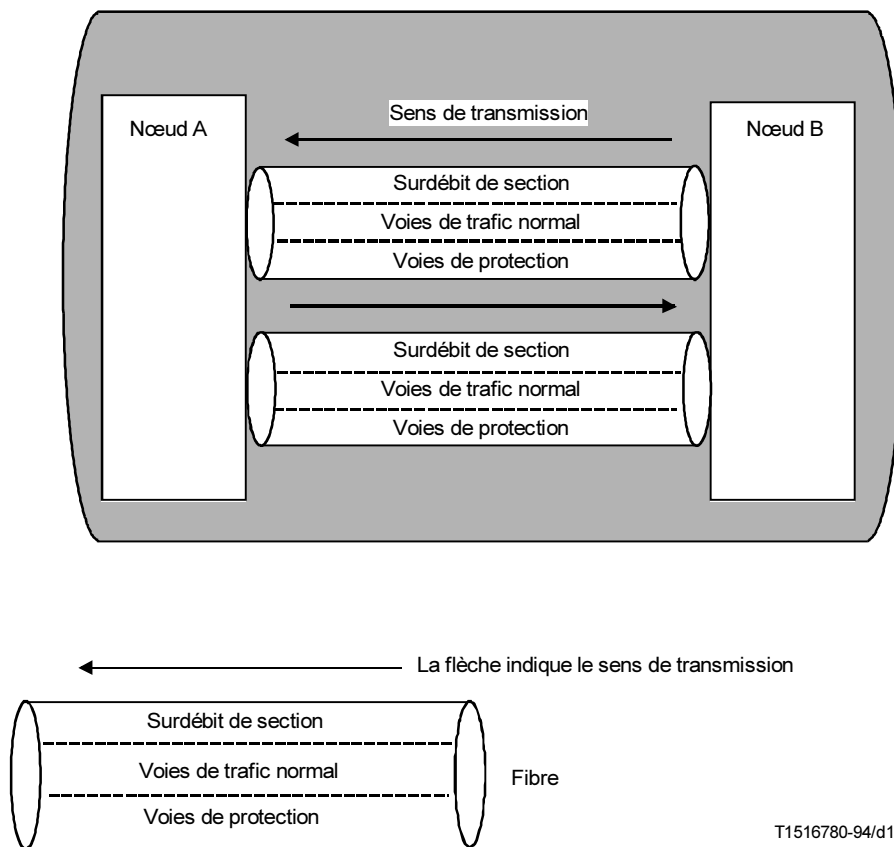
- 4) *Etendue de la protection*
 - a) Pour une panne localisée, l'anneau rétablira tout le trafic qui aurait traversé en transfert direct ce point de panne, si celle-ci ne s'était pas produite.
 - b) L'anneau rétablira tout le trafic possible, même en conditions de multiples demandes de dérivation ayant la même priorité (y compris la combinaison FS-R/SF-R).
- 5) *Types de commutation* – La commutation bilatérale doit être offerte.
- 6) *Protocole et algorithme de commutation APS*
 - a) Le protocole de commutation doit permettre d'implanter jusqu'à 16 nœuds dans un anneau.
 - b) Afin d'offrir un degré de protection supplémentaire dans un anneau à quatre fibres, le protocole de commutation APS doit comporter un mécanisme de commutation d'arc.
 - c) Le protocole de commutation APS doit être optimisé pour le niveau d'exploitation AU-3/4.
 - d) Le protocole de commutation APS et les fonctions OAM&P associées doivent tenir compte de la possibilité de modifier et d'améliorer l'anneau, avec en particulier, la possibilité d'ajouter et de supprimer des nœuds dans l'anneau.
 - e) Un procédé déterministe doit être utilisé afin d'éviter toute connexion erronée de trafic.
 - f) Tous les arcs d'un anneau doivent avoir une priorité égale. Aucun arc de priorité supérieure ne doit donc exister, car cela permettrait aux demandes de dérivation d'anneau pour cet arc de prendre (automatiquement) le pas sur d'autres commutations d'arc du même type (par exemple sur défaut de signal, dégradation de signal ou commande de commutation forcée).
 - g) L'état de l'anneau (c'est-à-dire l'état normal ou l'état protégé) doit être indiqué dans chaque nœud.
 - h) Une demande de dérivation d'arc doit avoir priorité sur une demande de dérivation d'anneau du même type.
 - i) Si une commutation d'anneau existe et qu'une défaillance d'égale priorité se produise sur un autre arc nécessitant une commutation d'anneau (y compris la combinaison FS-R et SF-R), et que la priorité de la demande de dérivation soit du type défaut de signal (d'anneau) ou supérieure, les deux commutations de protection d'anneau doivent être effectuées, ce qui se traduit par une segmentation de l'anneau en deux segments distincts.
 - j) L'amortissement du trafic par insertion de signaux d'alarme dans des groupes AUG doit être effectué dans les nœuds de commutation.
- 7) *Modes de fonctionnement*
 - a) La commutation de protection en mode réversible doit être offerte. Une telle commutation ne doit revenir qu'aux voies en service normal et non passer à un autre ensemble de voies (ou canaux) de protection.
 - b) La signalisation du protocole de commutation APS d'anneau doit offrir une commutation de protection par anneau de protection bidirectionnel à partage dans les sections de multiplexage aussi bien à deux fibres qu'à quatre fibres.
- 8) *Commande manuelle* – Les commandes suivantes, déclenchées de l'extérieur, doivent être supportées: verrouillage du mécanisme de protection (LP) – commutation forcée de protection d'arc (FS-S) – commutation forcée de protection d'anneau (FS-R) – commutation manuelle d'arc (MS-S) – commutation manuelle d'anneau (MS-R) – testeur dans un arc (EXER-S) et testeur dans un anneau (EXER-R).
- 9) *Critères de déclenchement d'une commutation de protection* – Les commandes suivantes, déclenchées automatiquement, doivent être supportées: défaut de signal dans les voies (ou canaux) de protection (SF-P) – défaut de signal d'arc (SF-S) – défaut de signal d'anneau (SF-R) – dégradation de signal d'arc (SD-S) – dégradation de signal d'anneau (SD-R) – dégradation de signal dans les voies (ou canaux) de protection (SD-P) – demande en mode réversible d'arc (RR-S) – demande en mode réversible d'anneau (RR-R) – délai d'attente de rétablissement (WTR) et absence de demande (NR).
- 10) *Critères d'utilisation d'un anneau* – L'échange des intervalles de temps (TSI) permettra de mieux utiliser la bande passante de l'anneau. Si l'échange TSI est autorisé, le trafic dont les intervalles de temps auront été échangés à partir du point de panne pourra ne pas être rétabli. Une étude ultérieure déterminera si l'échange TSI doit être autorisé et si, dans ce cas, le trafic dont les intervalles de temps auront été échangés à partir du point de panne sera rétabli.

Remplacée par une version plus récente



NOTE – Chaque fibre transporte à la fois du trafic normal et du trafic de protection, comme indiqué sur la vue détaillée ci-dessous.

a) Vue d'ensemble de l'anneau

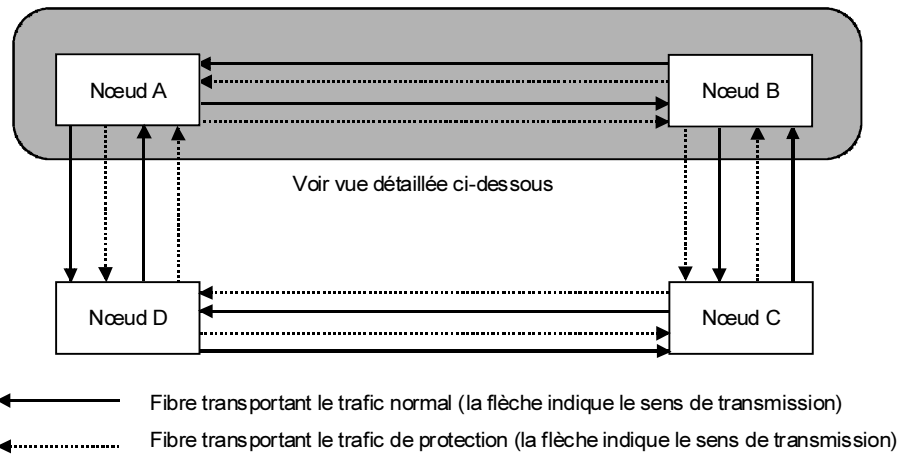


b) Vue détaillée de la partie ombrée de l'anneau

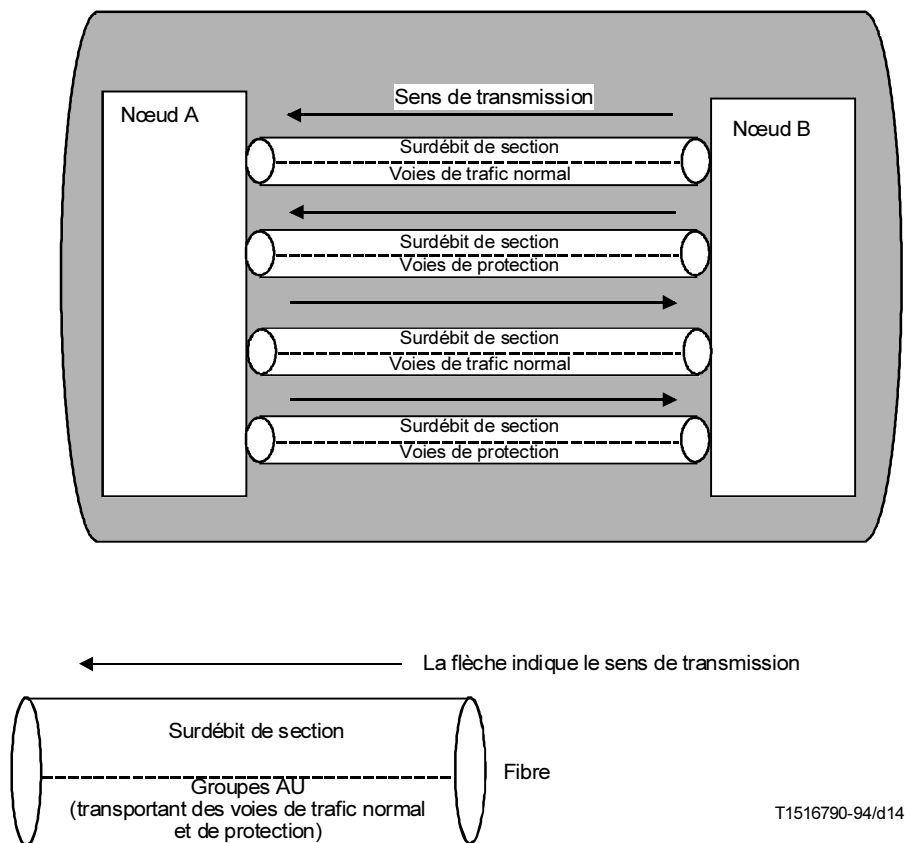
FIGURE 7-1/G.841

Anneau à deux fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage

Remplacée par une version plus récente



a) Vue d'ensemble de l'anneau



b) Vue détaillée de la partie ombrée de l'anneau

FIGURE 7-2/G.841

Anneau à quatre fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage

Remplacée par une version plus récente

7.2.3 Architecture d'application

Les groupes d'unités administratives (qui traversent l'arc joignant deux nœuds adjacents) sont répartis entre voies en service normal et voies (ou canaux) de protection. Dans le cas d'un anneau à deux fibres, les modules STM-N peuvent être considérés comme formant un multiplex de N unités AU-4, celles-ci étant numérotées de 1 à N selon l'ordre de leur apparition dans ce multiplex. Les unités AU-4 numérotées de 1 à N/2 doivent être attribuées aux voies en service normal et les unités AU-4 numérotées de (N/2) + 1 à N doivent être attribuées aux voies (ou canaux) de protection. Par ailleurs, une voie de service normal m est protégée par la voie (ou canal) de protection (N/2) + m. Par exemple, un module STM-4 peut être considéré comme un multiplex de quatre unités AU-4 numérotées de 1 à 4. Les unités AU-4 numéro un et numéro deux seront affectées aux voies en service normal et les unités AU-4 numéro trois et numéro quatre aux voies (ou canaux) de protection. Cette affectation s'applique aux deux sens de transmission et à tous les arcs.

Dans le cas d'un anneau à quatre fibres, chaque module STM-N – en service normal et de protection – est acheminé par une fibre séparée.

Le protocole de commutation APS de protection d'anneau doit être signalé par les octets K1 et K2, dans le surdébit de section de multiplexage. Dans le cas d'un anneau à quatre fibres, le protocole de commutation APS n'est actif que sur les fibres qui conduisent les voies (ou canaux) de protection. Les fonctions qui sont requises en temps réel pour effectuer une commutation de protection seront définies au moyen des octets K1 et K2 dans le protocole de commutation APS de protection d'anneau. D'autres voies d'exploitation, y compris les canaux de communication de données de section de régénération et de section de multiplexage, pourront également remplir des fonctions de commutation de protection sans contrainte temporelle (par exemple des fonctions qui n'ont pas besoin d'être effectuées dans un délai de 50 ms).

Chaque nœud de l'anneau doit recevoir un identificateur qui est un nombre compris entre zéro et quinze, ce qui autorise un nombre maximal de seize nœuds sur l'anneau. Cet identificateur est indépendant de l'ordre d'apparition des nœuds dans l'anneau.

Dans l'anneau, chaque nœud peut insérer des voies dans un sens ou dans l'autre, extraire des voies d'un sens ou de l'autre, ou transférer directement des voies afin de permettre la connexion d'autres nœuds. La présente prescription n'est applicable qu'à un accès pour unités administratives. Chaque nœud possède une carte topologique d'anneau qui est tenue à jour par le personnel local ou par un système d'exploitation. Cette carte contient des renseignements sur l'affectation des voies gérées par le nœud. Les Figures 7-3 et 7-4 présentent un exemple d'une telle carte topologique d'anneau.

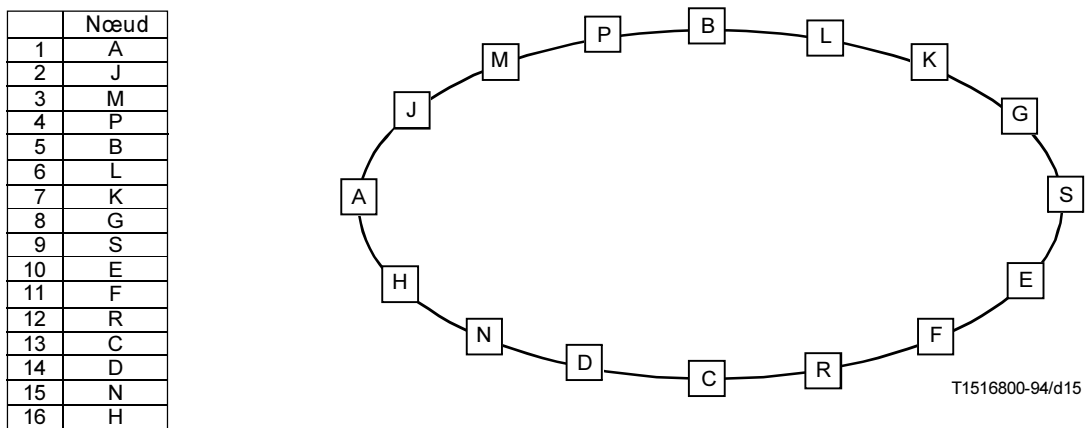
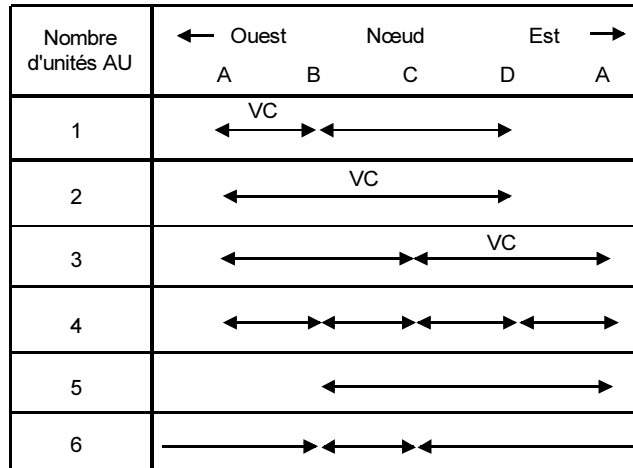


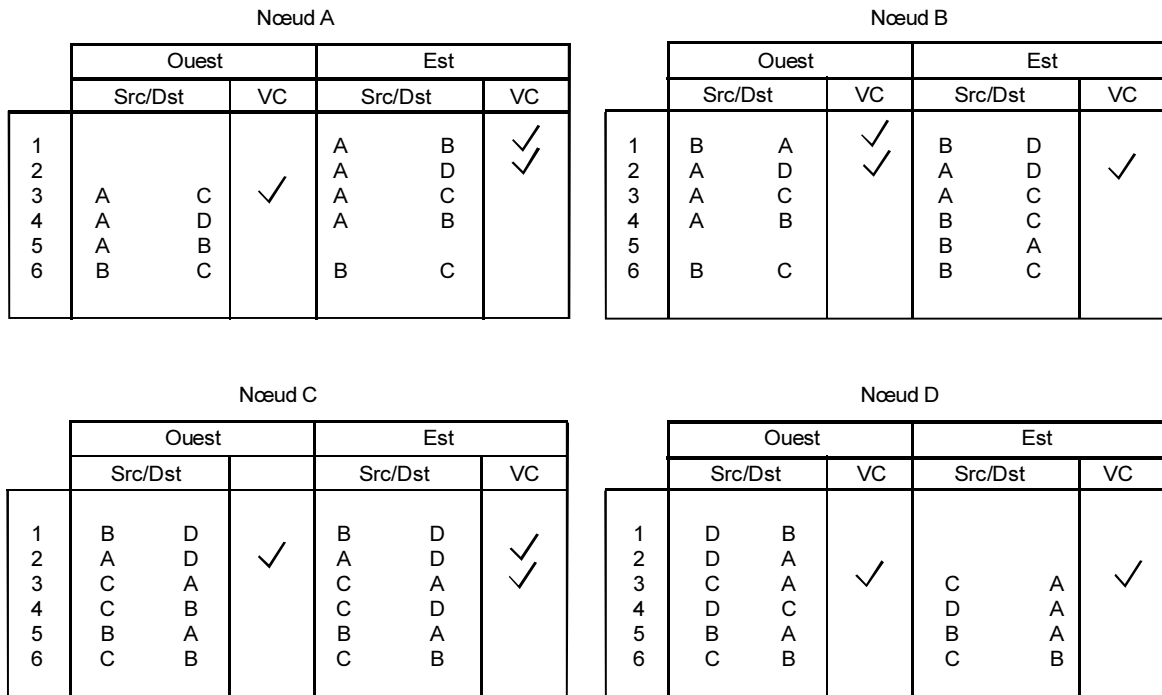
FIGURE 7-3/G.841

Représentation théorique d'une carte topologique d'anneau

Remplacée par une version plus récente



Echantillon de routage de trafic pour un anneau à quatre fibres



T1516810-94/d16

Src Nœud où un conteneur virtuel de niveau supérieur entre dans l'anneau ou est émis dans l'anneau
 Dst Nœud où un conteneur virtuel de niveau supérieur sort de l'anneau ou aboutit à l'anneau
 ✓ Unité administrative organisée en conteneurs virtuels de niveau inférieur

NOTE – Le marquage des unités administratives organisées pour l'accès de conteneurs virtuels de niveau inférieur est facultatif. Toutes les connexions sont bilatérales.

FIGURE 7-4/G.841

Représentation théorique d'une carte topologique de brassage nodal

Remplacée par une version plus récente

Si aucune commutation de protection n'est effectuée dans l'anneau, chaque nœud émet dans chaque sens des octets K ne contenant aucune demande de dérivation. En général, les voies (ou canaux) de protection qui proviennent de chaque nœud contiennent un message de conduit non équipé, comme spécifié dans la Recommandation G.709. Ce point fera l'objet d'un complément d'étude. L'exception à cette règle est que du trafic supplémentaire peut être inséré, extrait ou conduit directement, comme dans le cas du trafic en service normal. L'identification du trafic supplémentaire dans le protocole de commutation APS de protection d'anneau fera l'objet d'une étude complémentaire.

Une commutation de protection sera déclenchée par l'un des critères spécifiés au 7.2. Une défaillance du protocole de commutation APS ou du contrôleur APS ne doit pas déclencher de commutation de protection. On suppose toutefois que les alarmes appropriées seront émises.

Un anneau à deux fibres n'utilisera que les commutations de protection d'anneau pour rétablir le trafic. Un anneau à quatre fibres offre la possibilité supplémentaire d'une commutation d'arc. Plus précisément, dans l'optique d'un nœud d'anneau à quatre fibres, il existe deux canaux de protection: un conduit mineur qui passe par l'arc utilisé pour la commutation d'arc, et un conduit majeur qui emprunte le chemin long autour de l'anneau utilisé lors d'une commutation d'anneau. En commutation d'arc, on peut assimiler chaque arc d'anneau quatre fibres à un système linéaire à protection de type 1:1. Les pannes qui n'affectent que les voies de service normal [et non les voies (ou canaux) de protection] peuvent donc être rétablies au moyen d'une commutation d'arc. Il y a lieu que les anneaux à quatre fibres fassent appel à la commutation d'arc chaque fois que possible, de manière que des commutations d'arc multiples puissent coexister. La commutation d'arc a donc priorité sur la commutation d'anneau en réponse à des demandes de dérivation du même type (par exemple en cas de défaut de signal, de dégradation de signal ou de commutation forcée). Les commutations d'arc de plus faible priorité ne doivent pas être conservées en présence d'une demande de dérivation d'anneau de priorité supérieure.

Lorsqu'un nœud détermine qu'une commutation de protection est requise, il émet la demande de dérivation correspondante dans les octets K des deux sens, c'est-à-dire par le conduit mineur et par le conduit majeur.

Dans le cas de défaillances unidirectionnelles, la signalisation par le conduit mineur permet d'effectuer plus rapidement la commutation de protection. Etant donné que le nœud situé sur l'arc défaillant verra normalement apparaître la demande de dérivation signalée par le conduit mineur bien avant la demande de dérivation signalée par le conduit majeur, ce nœud pourra émettre plus rapidement ses propres demandes de dérivation. Dans le cas de demandes de dérivation d'arc dans les anneaux à quatre fibres, la signalisation par conduit majeur informera les autres nœuds de l'anneau qu'il existe, ailleurs dans cet anneau, une commutation d'arc. Ce mécanisme exclut les commutations d'anneaux de plus faible priorité.

Le nœud de destination est celui qui est adjacent au nœud d'origine situé sur l'arc défaillant. Lorsqu'un nœud qui n'est pas de destination reçoit une demande de dérivation de priorité supérieure, il passe à l'état de transfert approprié. De cette façon, les nœuds de commutation peuvent maintenir une communication directe des octets K sur le conduit majeur. On notera qu'en cas de panne bidirectionnelle, telle qu'un sectionnement de câble, le nœud de destination aura détecté lui-même la panne et aura émis une demande de dérivation, envoyée dans le sens inverse sur l'anneau.

Lorsque le nœud de destination reçoit la demande de dérivation, il effectue celle-ci. Si la demande de dérivation est de type annulaire, le nœud dérive les voies qui entraînent dans l'arc défaillant pour les acheminer vers les voies (ou canaux) de protection allant dans le sens inverse. En outre, dans le cas de commutations d'anneaux sur commande de type défaut de signal (SF), le nœud effectue également la commutation sur les voies (ou canaux) de protection.

Prenons par exemple un segment d'anneau composé de quatre nœuds, A, B, C et D, dans lequel l'arc entre les nœuds B et C est tombé en panne. Cette situation est illustrée à la Figure 7-5. Dans un anneau à deux fibres, le nœud B dérivera les voies d'unités AU-4 numérotées de 1 à N/2 (en service normal) – émises de B à C – vers les voies d'unités AU-4 numérotées (N/2) + 1 à N (de protection) – émises de B à A, pour revenir au nœud C après parcours inverse de l'anneau. Cette action est appelée dérivation. Le nœud C recommutera les voies (ou canaux) de protection reçues de B par l'intermédiaire de A vers les voies (ou canaux) de service normal allant vers D. Cette action est appelée reconnexion.

Si, dans cet exemple, la commutation d'anneau s'effectue sur un anneau à quatre fibres, le nœud B dérivera les voies qui sont en cours d'acheminement sur la fibre de trafic allant de B à C, vers les voies qui sont en cours d'acheminement sur la fibre de protection allant de B à A. De même, le nœud C recommutera les voies acheminées sur la fibre de protection reçues de D, vers les voies qui sont en cours d'acheminement sur la fibre de trafic allant vers D.

Le résultat final, dans cet exemple, sera que toutes les voies qui étaient acheminées de B à C en passant par l'arc interrompu seront maintenant acheminées de B à C par le conduit majeur autour de l'anneau, en passant par les nœuds A et D. Des actions symétriques seront effectuées afin de rétablir les voies qui passaient du nœud C au nœud B.

Remplacée par une version plus récente

Lorsque la panne a été réparée, les nœuds émettant ces demandes de dérivation abandonneront leurs requêtes et reconfigurations respectives. D'autres nœuds du réseau arrêteront de conduire les voies (ou canaux) de protection et les octets K. En général, le trafic repasse seulement des voies (ou canaux) de protection aux voies en service normal. Plus précisément, dans un anneau à quatre fibres, si une commutation d'anneau est active sur les voies (ou canaux) de protection du conduit majeur et que les voies (ou canaux) de protection du conduit mineur deviennent disponibles, le service ne sera pas basculé sur les voies (ou canaux) de protection du conduit mineur, à moins qu'une nouvelle demande de dérivation n'ait priorité de préemption sur les voies (ou canaux) de protection du conduit majeur.

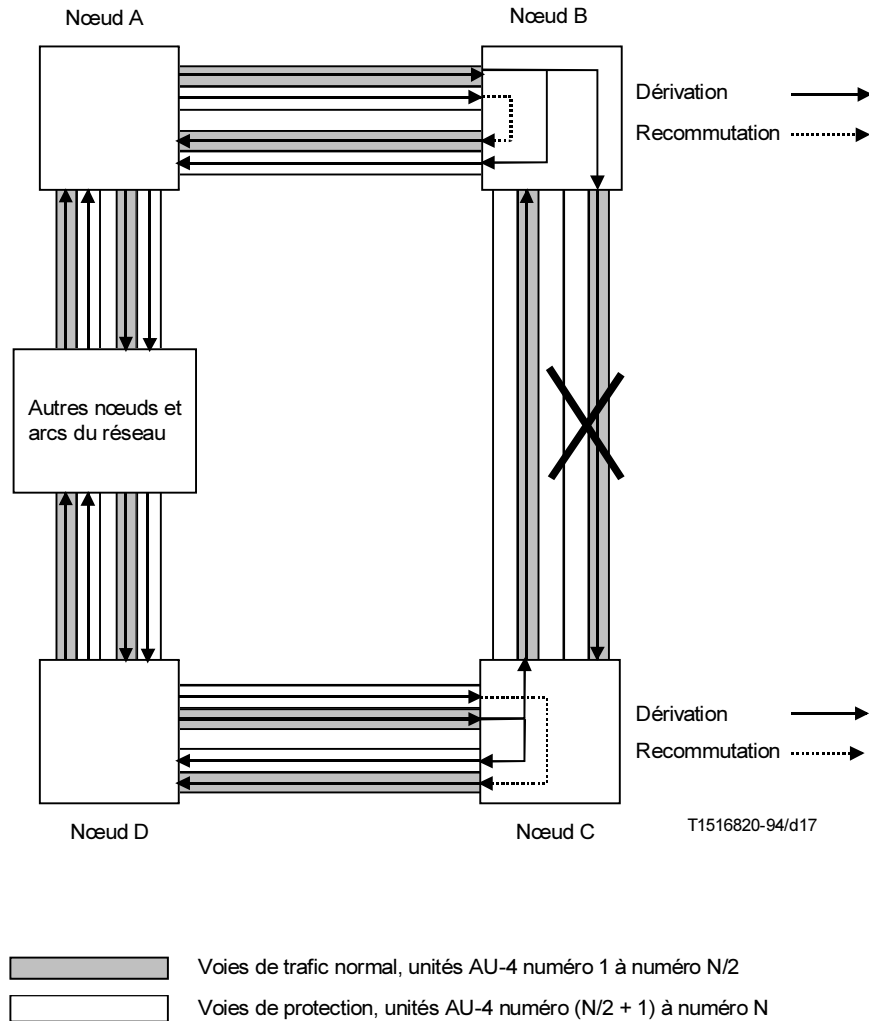


FIGURE 7-5/G.841

Dérivation-reconfiguration dans un anneau à deux fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage

Les commutations de protection d'anneau ou d'arc peuvent céder le pas à des demandes de dérivation de priorité plus élevée, comme indiqué sur le Tableau 7-1. Prenons par exemple le cas d'un déclenchement de commutation d'arc en raison d'une dégradation du signal sur cet arc, alors qu'une commutation d'anneau est requise à cause d'un défaut sur un autre arc, affectant à la fois les voies de service normal et les voies (ou canaux) de protection. Dans ce cas, une demande de dérivation d'anneau va être émise, la commutation d'arc va être abandonnée et le secours d'anneau va être établi.

Remplacée par une version plus récente

Si une commutation d'anneau est en cours et qu'une panne de priorité égale se produit sur un autre arc, nécessitant un autre secours d'anneau et que la priorité des demandes de dérivation soit sur commande de type défaut de signal (d'anneau) ou supérieure, les deux commutations de protection d'anneau doivent être effectuées, ce qui se traduira par la segmentation de l'anneau en deux parties distinctes. Si au contraire la priorité des demandes de dérivation est inférieure au type défaut de signal (d'anneau), la nouvelle demande de dérivation ne doit pas être suivie d'effet et la première commutation doit être abandonnée.

En général, un fonctionnement correct de l'anneau nécessite que tous les nœuds soient tenus informés de l'état de l'anneau, de manière qu'ils ne prennent pas la priorité sur une demande de dérivation s'ils ne disposent pas d'une demande de dérivation de priorité plus élevée. Pour assurer cette information au sujet des états de l'anneau, il faut faire appel à une signalisation sur le conduit majeur au cours d'une demande de dérivation, en plus du conduit mineur. Par exemple, bien que l'on puisse établir des dérivations d'arcs avec seulement une signalisation sur conduit mineur, une indication de dérivation est envoyée sur le conduit majeur afin d'informer les autres nœuds de l'état de l'anneau. On peut également faire appel à des messages de type OAM&P, transportés sur les canaux DCC, pour fixer les détails relatifs à l'état de l'anneau.

Afin d'effectuer une commutation d'anneau, les voies (ou canaux) de protection sont pratiquement partagées entre tous les arcs de l'anneau. De même, les voies (ou canaux) de protection peuvent acheminer du trafic supplémentaire lorsqu'elles ne servent pas à rétablir du trafic normal transporté par les voies de service normal. Chaque intervalle temporel des voies (ou canaux) de protection est donc susceptible de servir à divers services (services répartis sur le même intervalle temporel mais dans des arcs différents ou service issu du trafic supplémentaire). Sans trafic supplémentaire sur l'anneau et en présence de pannes multiples (comme celles qui provoquent des sectionnements de nœud), certains services (issus du même intervalle temporel mais sur des arcs différents) peuvent entrer en conflit pour l'accès au même intervalle temporel d'une voie (ou canal) de protection. Il en résulte une possibilité de connexion erronée de trafic. En présence d'un trafic supplémentaire sur l'anneau, même en cas de pannes localisées, un service acheminé par les voies de service normal peut entrer en conflit d'accès au même intervalle temporel dans la voie (ou canal) de protection acheminant le trafic supplémentaire, ce qui se traduira également par une possibilité de connexion erronée du trafic.

Sans mécanisme de prévention des connexions erronées, le scénario de dérangement ci-après provoquerait des connexions erronées. Sur la Figure 7-6, une coupure des deux arcs reliant les nœuds A et F et des deux arcs reliant les nœuds A et B (isolant le nœud A) incitera les circuits Q et R à accéder à l'intervalle temporel #1P sur les voies (ou canaux) de protection.

Une probabilité de connexion erronée sera déterminée par identification des nœuds qui feront office de nœuds de commutation pour une demande de dérivation et par examen du trafic qui sera affecté par la commutation de protection. Ces nœuds de commutation pourront être déterminés d'après les adresses de nœud indiquées dans les octets K1 et K2. Les nœuds de commutation déterminent le trafic affecté par la commutation de protection, à partir des informations contenues dans leurs cartes topologiques d'anneau et des identificateurs des nœuds de commutation. Les connexions erronées possibles doivent être amorties par insertion de signaux AU-AIS appropriés dans les intervalles temporels pouvant être le siège d'un trafic erroné. Pour les anneaux fonctionnant au niveau des unités AU-4, cet amortissement est effectué dans les nœuds de commutation. Pour les anneaux utilisant un accès de conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur, les points d'amortissement sont à l'étude.

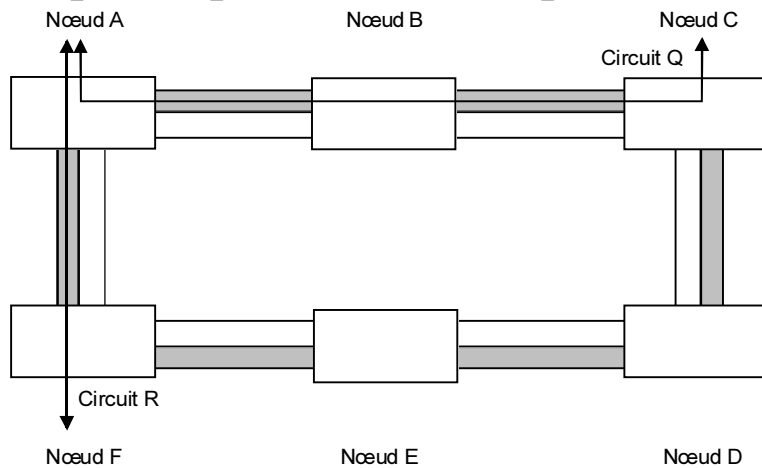
Prenons par exemple un segment d'anneau composé de trois nœuds, A, B et C, où le nœud B est tombé en panne. Dans un scénario type, les deux nœuds A et C vont envoyer des demandes de dérivation destinées à relayer le nœud B. Lorsque le nœud A voit la demande de dérivation venant de C et voit (d'après sa carte topologique) que le nœud B est situé entre lui-même et C, il peut en déduire que le nœud B est isolé de l'anneau. Les nœuds A et C utiliseront leurs cartes topologiques respectives pour déterminer quelles voies sont ajoutées ou supprimées par le nœud B. Les nœuds A et C amortiront ces voies par insertion de signaux AU-AIS avant l'exécution de la commutation de protection. Tout nœud de l'anneau qui était connecté au nœud B recevra donc des signaux AIS par ces voies.

Chacune des cartes topologiques d'anneau devra donc contenir au minimum:

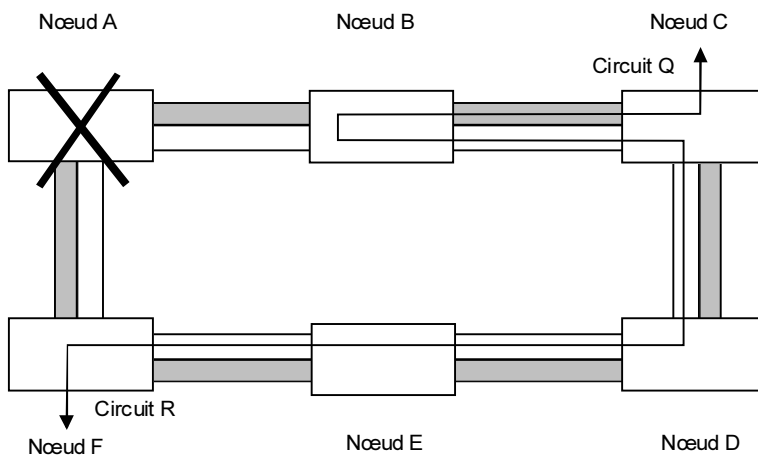
- 1) des informations concernant l'ordre dans lequel les nœuds apparaissent sur l'anneau;
- 2) les affectations d'intervalles temporels aux unités AU-4 pour le trafic, aussi bien pour celles qui aboutissent à ce nœud que pour celles qui sont conduites en transparence par ce nœud;
- 3) les adresses de nœud, pour chacun de ces intervalles temporels d'unités AU-4, auxquelles, à un certain point de l'anneau, on peut avoir accès aux unités administratives; et
- 4) une indication facultative précisant si on accède à l'unité AU par un VC d'ordre inférieur quelque part sur l'anneau.

Les Figures 7-3 et 7-4 donnent un exemple de telles cartes topographiques d'anneau. Pour l'accès aux conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur et pour le trafic supplémentaire, les caractéristiques des cartes topologiques sont à l'étude.

Remplacée par une version plus récente



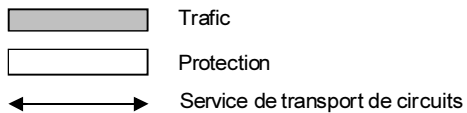
a) Etat normal avant panne nodale



T1516830-94/d18

b) Déroulage après panne nodale

Circuit	Affectation de l'intervalle temporel	Voie
Q	1W	Trafic
R	1W	Trafic



NOTE – Dans la colonne «affectation de l'intervalle temporel», la désignation «1W» indique s'il s'agit du premier intervalle temporel.

FIGURE 7-6/G.841

Exemple de connexion erronée

Remplacée par une version plus récente

7.2.4 Critères de déclenchement de la commutation de protection

Les demandes d'exécution d'une commutation de protection peuvent être déclenchées soit de l'extérieur soit automatiquement. Les commandes externes de déclenchement sont introduites au moyen du système d'exploitation (OS) (*operations system*) ou de l'interface agent. Le paragraphe 7.2.4.1 décrit ces commandes externes de déclenchement, qui sont à la disposition du système d'exploitation, de l'agent ou des deux interfaces. Les commandes automatiques de déclenchement peuvent également l'être sur la base de critères relatifs à la qualité des sections de multiplexage et de l'équipement. Le paragraphe 7.2.4.2 indique les critères de déclenchement des commandes automatiques.

Les demandes de dérivation relatives à une commutation d'arc (sauf pour le verrouillage de protection) ne sont utilisées que pour les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage.

Le code d'absence de demande (NR) (*no request*) est émis lorsqu'il n'est pas nécessaire d'utiliser les voies (ou canaux) de protection.

7.2.4.1 Commandes externes de déclenchement

Les demandes de dérivation issues de l'extérieur sont déclenchées dans un élément du réseau, soit par le système d'exploitation soit par l'agent. La demande externe de dérivation peut être transmise à l'élément de réseau approprié au moyen des octets de commutation APS, du RGT ou par l'interface de l'agent local. Les demandes de dérivation sont évaluées par l'algorithme de priorité, dans le contrôleur APS.

7.2.4.1.1 Commandes non signalées sur la voie de commutation de protection automatique

Les commandes externes de déclenchement sont décrites ci-dessous.

7.2.4.1.1.1 annulation: Cette commande annule la commande externe de déclenchement et le signal de délai d'attente de rétablissement (WTR) dans le nœud auquel la commande était adressée. La signalisation d'élément de réseau à élément de réseau faisant suite à la suppression des commandes externes de déclenchement est assurée au moyen du code d'absence de demande (NR).

Les deux commandes suivantes sont utiles si un certain arc émet trop de demandes de commutation de protection. Un autre usage de ces commandes est le blocage de l'accès à la protection pour certains arcs qui n'acheminent que du trafic ne nécessitant pas de sécurisation. Ces commandes ne sont pas soumises à des contraintes temporelles (c'est-à-dire qu'elles n'ont pas besoin d'être suivies d'effet dans un délai de l'ordre des dizaines de millisecondes). Elles peuvent donc être transmises par les canaux DCC.

7.2.4.1.1.2 verrouillage de la commutation d'anneau du canal (ou de la voie) en service normal: Cette commande empêche – en annulant la capacité du nœud de demander une commutation d'anneau d'un type quelconque – les voies de service normal de l'arc examiné d'avoir accès aux voies (ou canaux) de protection pour une commutation d'anneau. Si une voie de service normal est déjà sécurisée, la dérivation d'anneau est abandonnée, quel que soit l'état des voies en service normal. Si aucune autre demande de dérivation n'est active sur l'anneau, le code NR est transmis. Cette commande n'a pas d'incidence sur l'emploi de voies (ou canaux) de protection pour un autre arc. Le nœud peut par exemple passer à l'un quelconque des modes de transfert du trafic.

7.2.4.1.1.3 verrouillage de la commutation d'arc du canal (ou de la voie) en service normal: Cette commande empêche les voies de service normal de l'arc examiné d'avoir accès aux voies (ou canaux) de protection pour une commutation d'arc. Si une voie de service normal est déjà sécurisée, la dérivation d'arc est abandonnée, quel que soit l'état des voies en service normal. Si aucune autre demande de dérivation n'est active sur l'anneau, le code NR est transmis. Cette commande n'a pas d'incidence sur l'emploi des voies (ou canaux) de protection pour un autre arc.

7.2.4.1.1.4 verrouillage de la protection – tous arcs: Cette commande empêche toute commutation de protection dans l'ensemble de l'anneau. Si une voie de service normal utilise déjà le processus de sécurisation sur un arc quelconque, cette commande provoque la reconnexion du trafic en service normal sur les voies de service normal, quel que soit l'état de ces dernières. On notera que les octets K1 et K2 ne sont pas compatibles avec cette commande. Celle-ci devra donc être envoyée à chacun des éléments du réseau, qui émettra la demande LP-S (verrouillage de la protection d'arc) afin de coordonner les activités avec l'extrémité distante.

7.2.4.1.2 Commandes utilisant les octets de commutation de protection automatique (octets APS)

Les commandes suivantes sont acheminées par les octets de commutation de protection automatique (octets APS).

7.2.4.1.2.1 verrouillage de la protection d'arc (LP-S) (*lockout of protection-span*): Cette commande empêche d'utiliser un arc pour une quelconque activité de sécurisation. Si une voie de service normal utilise déjà la protection sur cet arc, cette commande provoque la reconnexion de ce trafic sur les voies de service normal. Donc elle empêche (et passe avant) toute commutation d'anneau faisant appel à la capacité de protection de l'arc exclu. La commutation d'arc n'est toutefois interdite que sur l'arc exclu.

Remplacée par une version plus récente

7.2.4.1.2.2 commutation forcée de protection d'anneau (FS-R) (*forced switched working to protection-ring*): Cette commande effectue la commutation d'anneau de voies en service normal vers les voies (ou canaux) de protection, pour l'arc compris entre le nœud duquel la commande provient et le nœud adjacent auquel la commande est destinée. Cette commutation se produit quel que soit l'état des voies (ou canaux) de protection, à moins que celles-ci ne répondent à une demande de dérivation de priorité supérieure.

7.2.4.1.2.3 commutation forcée de protection d'arc (FS-S) (*forced switched working to protection-span*): Cette commande commute le trafic des voies en service normal aux voies (ou canaux) de protection de cet arc. Cette commutation se produit quel que soit l'état des voies (ou canaux) de protection, à moins que celles-ci ne répondent à une demande de dérivation de priorité supérieure ou à un défaut de signal (ou d'octet K), sur les voies (ou canaux) de protection de cet arc.

7.2.4.1.2.4 commutation manuelle d'anneau (MS-R) (*manual switch-ring*): Cette commande effectue la commutation d'anneau de voies en service normal vers les voies (ou canaux) de protection, pour l'arc compris entre le nœud duquel la commande provient et le nœud adjacent auquel la commande est destinée. Cette commutation se produit si les voies (ou canaux) de protection ne sont pas dans un état de dégradation du signal (SD) et ne répondent pas déjà à une demande de dérivation de priorité égale ou supérieure [y compris la défaillance des voies (ou canaux) de protection].

7.2.4.1.2.5 commutation manuelle d'arc (MS-S) (*manual switch-span*): Cette commande effectue la commutation des voies en service normal sur les voies (ou canaux) de protection pour l'arc dans lequel cette commande a été émise. Cette commutation se produit si les voies (ou canaux) de protection ne sont pas dans un état de dégradation du signal et ne répondent pas déjà à une demande de dérivation de priorité égale ou supérieure [y compris la défaillance des voies (ou canaux) de protection].

7.2.4.1.2.6 testeur dans un anneau (EXER-R) (*exercise-ring*): Cette commande teste la commutation d'anneau de la voie demandée, sans effectuer la dérivation/recommutation proprement dite. Cette commande est émise et les réponses sont contrôlées, mais aucun trafic en service normal n'est affecté.

7.2.4.1.2.7 testeur dans un arc (EXER-S) (*exercise-span*): Cette commande teste la commutation d'arc de la voie demandée, sans effectuer la dérivation/recommutation proprement dite. Cette commande est émise et les réponses sont contrôlées, mais aucun trafic en service normal n'est affecté.

NOTE – Les pannes non détectées constituent un sujet de préoccupation car elles ne se manifestent pas avant qu'une commutation de protection soit déclenchée. Cette situation rend le dispositif de protection indisponible au moment où on a le plus besoin de lui. Dans un anneau à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage, étant donné que le dispositif de protection est partagé entre tous les nœuds de l'anneau, la fonction du testeur est encore plus cruciale. Une panne non détectée dans un arc empêche la commutation d'anneau pour tous les arcs de l'anneau. La probabilité de pannes non détectées sera donc diminuée si l'on met en œuvre le contrôleur APS. Si une panne de contrôleur est détectée au cours d'un test ou d'une routine de diagnostic, aucune demande de commutation de protection ne sera émise, à moins que cette panne n'ait une incidence sur le service fourni. Une alarme sera émise afin de faciliter une réparation rapide.

7.2.4.2 Commandes automatiques de déclenchement

Les demandes de commutation APS sont également déclenchées sur la base de critères de qualité des sections de multiplexage et des équipements. Ces critères sont détectés par les éléments de réseau. Toutes les voies, en service normal et de protection, sont surveillées quel que soit l'état de défaillance ou de dégradation (c'est-à-dire que tout suivi de qualité approprié est maintenu après l'exécution d'une recommutation). L'élément de réseau lance automatiquement les demandes de dérivation pour les événements suivants: défaut de signal (SF) (*signal failure*), dégradation de signal (SD) (*signal degrade*), demande en mode réversible (RR) (*reverse request*) et délai d'attente de rétablissement (WTR) (*wait to restore*). Ces demandes de dérivation sont transmises d'élément de réseau à élément de réseau (et non de système d'exploitation à élément de réseau).

La demande de dérivation sur commande SF est utilisée pour protéger le trafic en service normal affecté d'une panne matérielle, tandis que la demande de dérivation sur commande SD est utilisée pour protéger le trafic affecté d'une panne logicielle. Ces demandes de dérivation sont transmises aussi bien sur le conduit mineur que sur le conduit majeur. Chaque nœud intermédiaire vérifie l'identification du nœud de destination indiqué dans la demande de dérivation sur conduit majeur et relaie cette demande vers le nœud suivant. Le nœud de destination effectue, dès qu'il reçoit la demande de dérivation, l'action demandée selon son niveau de priorité puis envoie le message d'indication de dérivation effectuée.

La demande de dérivation sur commande de type délai d'attente de rétablissement (WTR) est utilisée pour empêcher une oscillation fréquente entre voies (ou canaux) de protection et voies en service normal car des discontinuités binaires se produisent lors des commutations. La demande de dérivation WTR est émise après élimination de la condition de défaut sur les voies de service normal. Le message WTR n'est émis qu'à la suite d'un état de défaut ou de dégradation de signal et ne s'applique donc pas aux demandes de dérivation déclenchées de l'extérieur.

Les demandes de dérivation déclenchées automatiquement sont définies ci-après avec leurs critères de déclenchement.

Remplacée par une version plus récente

7.2.4.2.1 défaut de signal d'arc (SF-S) (*signal fail-span*): Un défaut de signal est défini dans la Recommandation G.783. L'extrémité de destination détecte le défaut et émet la demande de dérivation. Pour les anneaux à quatre fibres, si le défaut n'affecte que les voies de service normal, le trafic peut être rétabli par commutation sur les voies (ou canaux) de protection du même arc. La demande de dérivation sur défaut de signal sert à déclencher une commutation d'arc lors d'un défaut de signal sur les voies de service normal d'un anneau à quatre fibres.

7.2.4.2.2 défaut de signal d'anneau (SF-R) (*signal fail-ring*): Pour les anneaux à deux fibres, tous les défauts de signal (tels que définis ci-dessus pour la commutation d'arc) sont protégés par commutation d'anneau. Pour les anneaux à quatre fibres, la commutation d'anneau n'est utilisée que si le trafic ne peut pas être rétabli au moyen d'une commutation d'arc. Si des défauts existent sur les voies de service normal comme sur les voies (ou canaux) de protection d'un même arc, il est nécessaire d'émettre une demande de dérivation d'anneau. C'est pourquoi cette commande sert à demander une commutation d'anneau en cas de défaut de signal.

7.2.4.2.3 défaut de signal dans les voies (ou canaux) de protection (SF-P) (*signal fail-protection*): Cette commande sert à indiquer à un nœud adjacent que les voies (ou canaux) de protection sont dans un état de défaut de signal, ce qui équivaut à un verrouillage du mécanisme de protection pour l'arc affecté par ce défaut. L'octet K1 qui est transmis au nœud adjacent aura donc le même code que celui d'un message de type LP-S (verrouillage de la protection d'arc). La commande SF-P n'est utilisée que pour les anneaux à quatre fibres.

7.2.4.2.4 dégradation de signal d'arc (SD-S) (*signal degrade-span*): La dégradation d'un signal est définie dans la Recommandation G.783. Dans les anneaux à quatre fibres, les voies de service normal dans l'arc dégradé peuvent être protégées par les voies (ou canaux) de protection de cet arc. Cette demande de dérivation est utilisée pour commuter le trafic utile sur les voies (ou canaux) de protection du même arc, lorsque le défaut est localisé.

7.2.4.2.5 dégradation de signal d'anneau (SD-R) (*signal degrade-ring*): Pour les anneaux à deux fibres, chaque section de multiplexage dégradée est protégée par commutation d'anneau. (La dégradation est définie ci-dessus sous SD-S.) Pour les anneaux à quatre fibres, cette demande de dérivation est utilisée lorsque les voies de service normal sont dégradées et que les voies (ou canaux) de protection du même arc sont également dégradées ou indisponibles.

7.2.4.2.6 dégradation de signal dans les voies (ou canaux) de protection (SD-P) (*signal degrade-protection*): Cette commande est utilisée lorsqu'un élément de réseau détecte une dégradation dans ses voies (ou canaux) de protection et qu'il n'y a pas de demande de dérivation ayant une priorité plus élevée sur les voies de service normal. (La dégradation est définie ci-dessus sous SD-S.) Cette demande de dérivation n'est utilisée que pour les anneaux à quatre fibres.

7.2.4.2.7 demande en mode réversible d'arc (RR-S) (*reverse request-span*): Cette commande est transmise par le conduit mineur à l'élément de réseau de l'extrémité de destination sous la forme d'un accusé de réception de la demande de dérivation d'arc par conduit mineur. Elle n'est transmise que sur le conduit mineur.

7.2.4.2.8 demande en mode réversible d'anneau (RR-R) (*reverse request-ring*): Cette commande est transmise par le conduit mineur à l'élément de réseau de l'extrémité de destination sous la forme d'un accusé de réception de la demande de dérivation d'anneau par conduit mineur.

7.2.4.2.9 délai d'attente de rétablissement (WTR) (*wait to restore*): Cette commande est émise lorsque les voies de service normal satisfont au seuil de rétablissement à la suite d'un état de dégradation ou de défaut de signal. Elle sert à conserver cet état pendant la période de délai d'attente de rétablissement, à moins qu'elle ne soit préemptée par une demande de dérivation de priorité plus élevée.

7.2.5 Protocole de commutation de protection

Deux octets de commutation APS, K1 et K2, doivent être utilisés pour la commutation automatique de protection. On trouvera au 7.2.6 des détails sur l'utilisation de ces octets en exploitation.

Les octets K1 et K2 doivent être transmis à l'intérieur du surdébit de section de multiplexage du module STM-N qui transporte les voies (ou canaux) de protection. On notera cependant que les bits 6 à 8 de l'octet K2 sont utilisés par tous les signaux en ligne par modules STM-N afin d'acheminer les signaux MS-RDI (indication de défaut distant dans une section de multiplexage) et MS-AIS (signal d'indication d'alarme pour une section de multiplexage).

Remplacée par une version plus récente

7.2.5.1 Octet K1

Les bits de cet octet doivent être attribués conformément au Tableau 7-1. Les bits 1 à 4 de l'octet K1 codent pour les demandes de dérivation, dont le Tableau 7-1 donne la liste par ordre décroissant de priorité. Les bits 5 à 8 de l'octet K1 codent pour l'identificateur du nœud de destination indiqué dans la demande de dérivation codée par les bits 1 à 4 du même octet.

TABLEAU 7-1/G.841

Fonctions de l'octet K1

Codage de la demande de dérivation (sur les bits 1 à 4)				Codage de l'identificateur du nœud de destination (sur les bits 5 à 8)			
Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8
1111	Verrouillage de la protection d'arc (LP-S) ou défaut de signal dans les voies (ou canaux) de protection (SF-P)			L'identificateur du nœud de destination est codé à la valeur d'identification du nœud auquel l'octet K1 est destiné. L'identificateur du nœud de destination vise toujours un nœud adjacent.			
1110	Commutation forcée de protection d'arc (FS-S)						
1101	Commutation forcée de protection d'anneau (FS-R)						
1100	Défaut de signal d'arc (SF-S)						
1011	Défaut de signal d'anneau (SF-R)						
1010	Dégradation de signal dans les voies (ou canaux) de protection (SD-P)						
1001	Dégradation de signal d'arc (SD-S)						
1000	Dégradation de signal d'anneau (SD-R)						
0111	Commutation manuelle d'arc (MS-S)						
0110	Commutation manuelle d'anneau (MS-R)						
0101	Délai d'attente de rétablissement (WTR)						
0100	Testeur dans un arc (EXER-S)						
0011	Testeur dans un anneau (EXER-R)						
0010	Demande en mode réversible d'arc (RR-S)						
0001	Demande en mode réversible d'anneau (RR-R)						
0000	Absence de demande (NR)						

NOTE – Les demandes en mode réversible impliquent la priorité de la demande de dérivation à laquelle elles font suite.

7.2.5.2 Octet K2

L'octet K2 doit être codé comme indiqué dans le Tableau 7-2.

Remplacée par une version plus récente

TABLEAU 7-2/G.841

Fonctions de l'octet K2

Codage de l'identificateur du nœud d'origine (sur les bits 1 à 4)				Conduit majeur/ mineur	Statut (bits 6 à 8)		
Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8
L'identificateur du nœud d'origine est codé à la valeur du propre identificateur de ce nœud					Statut		
					111 MS-AIS		
					110 MS-RDI		
					101 Réserve pour usage futur		
					100 Réserve pour usage futur		
					011 Réserve pour usage futur		
Conduit majeur/mineur (bit 5)					010 Dérivation et recommutation effectuées (Br&Sw)		
0 = code de conduit mineur (S)					001 Dérivation effectuée (Br)		
1 = code de conduit majeur (L)					000 Repos		

7.2.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection

Ce paragraphe est structuré comme suit.

Tout d'abord, on donnera un certain nombre de règles générales concernant l'algorithme du protocole de commutation APS, suivies de règles détaillées. Le paragraphe 7.2.6.1 décrira les trois classes d'état de commutation de protection automatique sur nœud d'anneau ainsi que le comportement du nœud stabilisé dans ces états. Le paragraphe 7.2.6.2 décrira les règles de transition entre les différents états APS sur nœud d'anneau.

Ces règles s'appliquent théoriquement à un unique contrôleur APS d'anneau à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage, fonctionnant dans un nœud. Ce contrôleur choisit les actions de commutation et de signalisation à effectuer de part et d'autre du nœud, sur la base de tous les octets K dont les signaux viennent des deux sens, des détections de panne de chaque côté, des pannes localisées d'équipement et des commandes externes de déclenchement. En général, ce contrôleur théorique examine toutes les informations entrantes, choisit l'entrée ayant la priorité la plus élevée et prend les mesures correspondant à ce choix.

La Figure 7-7 montre le fonctionnement théorique d'un contrôleur APS d'anneau à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage.

L'ensemble suivant de règles générales est applicable.

Règle G #1 – VALIDATION D'UNE DEMANDE DE DÉRIVATION (définition d'une demande de dérivation et de son statut):

Règle G #1a – (demande de dérivation)

Les informations contenues dans les bits 1 à 4 de l'octet K1 doivent être considérées comme formant une demande de dérivation si:

- ces bits indiquent un des codes de demande de dérivation d'anneau et le bit 5 de l'octet K2 indique un code de conduit majeur; ou
- ces bits indiquent un des codes de demande de dérivation d'anneau et le bit 5 de l'octet K2 indique un code de conduit mineur;
- ces bits indiquent un des codes de demande de dérivation d'arc et le bit 5 de l'octet K2 indique un code de conduit mineur.

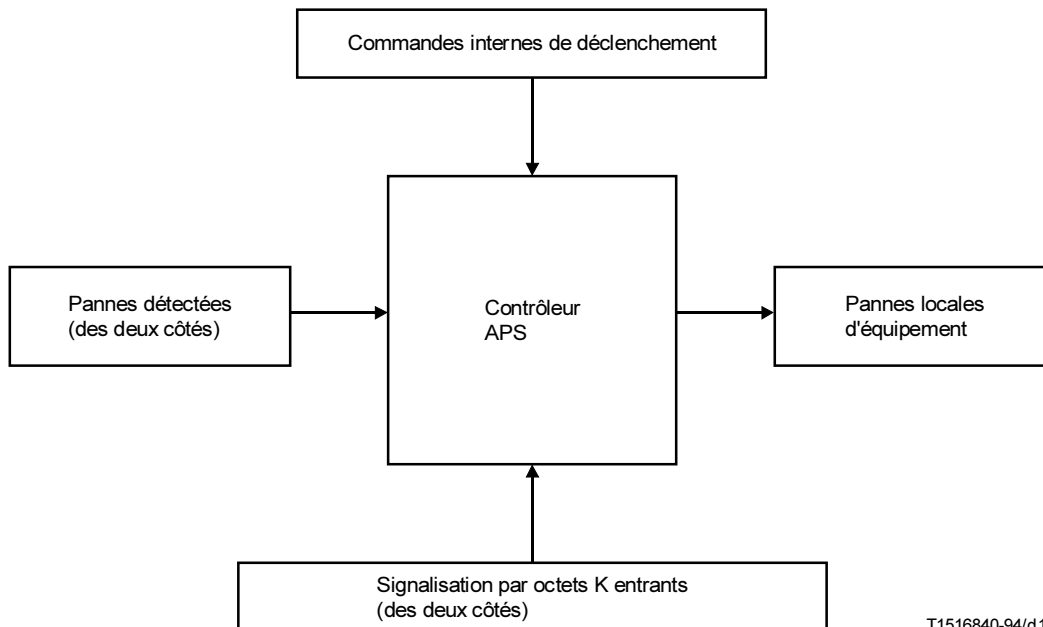
Remplacée par une version plus récente

Règle G #1b – (statut d'une demande de dérivation)

Les informations contenues dans les bits 1 à 4 de l'octet K1 doivent être considérées comme formant un statut de demande de dérivation si:

- ces bits indiquent un des codes de demande de dérivation d'arc et le bit 5 de l'octet K2 indique un code de conduit majeur.

La relation entre codes de demande de dérivation, codes de statut de demande de dérivation et indications par octet K est représentée sur le Tableau 7-3.



T1516840-94/d19

FIGURE 7-7/G.841

Contrôleur APS théorique pour un anneau à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage

TABLEAU 7-3/G.841

Relations entre le bit 5 de l'octet K2 et les bits 1 à 4 de l'octet K1

Codage du bit 5 de K1	Bits 1 à 4 de l'octet K1	
	Codage de dérivation d'anneau	Codage de dérivation d'arc
Conduit majeur	Demande de dérivation	Statut de demande de dérivation
Conduit mineur	Demande de dérivation	Demande de dérivation

NOTE – Les signaux MS-RDI et MS-AIS aboutissent à des éléments de terminaison pour sections de multiplexage, comme spécifié dans la Recommandation G.783.

Remplacée par une version plus récente

7.2.6.1 Etats de commutation de protection automatique sur nœud d'anneau

Il y a trois classes d'état de nœud d'anneau: l'état de repos, l'état de commutation et l'état de transfert.

7.2.6.1.1 Etat de repos

Un nœud est dans l'état de repos s'il n'est pas en cours d'émission, de détection ou de transfert de demandes de dérivation ou des codes sur le statut de ces demandes.

Règle I #1 – OCTETS K ÉMIS DANS L'ÉTAT DE REPOS: Tout nœud à l'état de repos émettra les octets K dans les deux sens comme indiqué dans le Tableau 7-4.

TABLEAU 7-4/G.841

Valeurs des octets K1 et K2 émises à l'état de repos

K1 (bits 1 à 4)	=	0000 (code d'absence de demande)
K1 (bits 5 à 8)	=	IDENTIFICATEUR DU NŒUD de destination
K2 (bits 1 à 4)	=	IDENTIFICATEUR DU NŒUD d'origine
K2 (bit 5)	=	0 (code de conduit mineur)
K2 (bits 6 à 8)	=	000 (code d'état de repos)

En attendant d'être informé de la carte topologique de l'anneau, le nœud doit suivre la règle I-S #3. La signalisation dans l'état de démarrage fera l'objet d'une étude ultérieure.

Règle I #2 – OCTETS K REÇUS À L'ÉTAT DE REPOS: Tout nœud à l'état de repos doit recevoir les octets K1 et K2 issus des deux sens.

7.2.6.1.2 Etat de commutation

Un nœud est dans un état de commutation soit lorsqu'il émet une demande de dérivation (automatiquement ou de l'extérieur) soit lorsqu'il reçoit une demande de dérivation.

Règle S #1 – OCTETS K ÉMIS DANS L'ÉTAT DE COMMUTATION:

Règle S #1a – Tout nœud se trouvant dans l'état de commutation doit émettre les octets K comme indiqué dans le Tableau 7-5.

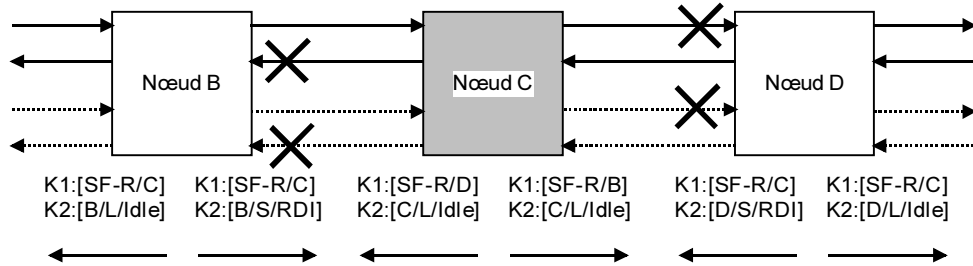
TABLEAU 7-5/G.841

Valeurs des octets K1 et K2 émises par un nœud à l'état de commutation

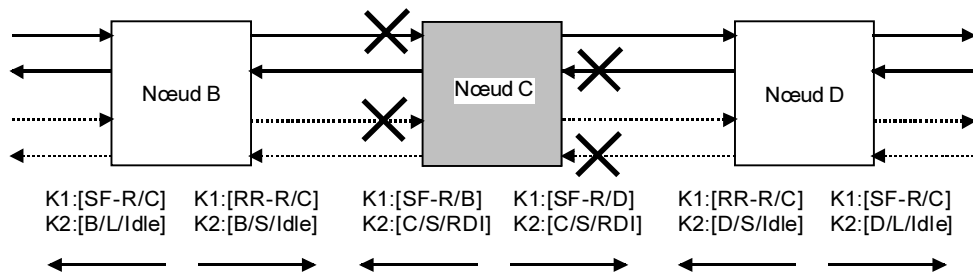
K1 (bits 1 à 4)	=	code de DEMANDE DE DÉRIVATION
K1 (bits 5 à 8)	=	IDENTIFICATEUR DU NŒUD de destination
K2 (bits 1 à 4)	=	IDENTIFICATEUR DU NŒUD d'origine
K2 (bit 5)	=	0 ou 1 (code de conduit mineur/majeur)
K2 (bits 6 à 8)	=	code de STATUT

Remplacée par une version plus récente

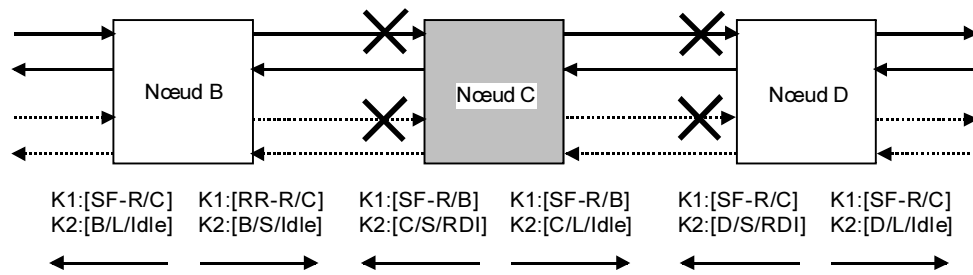
Règle S #1b – Tout nœud se trouvant dans l'état de commutation (pour des demandes de dérivation d'arc ou d'anneau) doit émettre une demande de dérivation sur le conduit mineur et une demande de dérivation sur le conduit majeur. Ces deux demandes de dérivation ont la même priorité (sinon l'une d'elles est une demande en mode réversible) et protègent le même arc. Les exceptions sont le cas d'un nœud isolé, le cas d'une demande de dérivation d'arc de part et d'autre du nœud et le cas où il existe une dérivation de protection d'anneau concernant un arc exclu de la protection. La Figure 7-8 montre les cas de signalisation d'un nœud isolé.



a) Le nœud C est informé de coupures



b) Le nœud C détecte les coupures



c) Le nœud C est informé d'une coupure d'un côté et détecte une coupure de l'autre côté

T1516850-94/d20

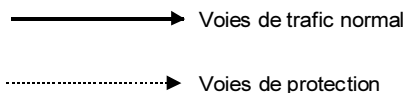


FIGURE 7-8/G.841

Signalisation dans un nœud isolé (états signalés avant l'établissement d'une dérivation-recommutation d'anneau par les nœuds B et D)

Remplacée par une version plus récente

Règle S #1c – Chaque fois qu'un nœud se trouvant dans l'état de commutation reçoit, d'un nœud adjacent, une nouvelle demande de dérivation par octets K sur conduit mineur, ayant une priorité égale ou supérieure à la demande de dérivation qui est en cours d'exécution sur le même arc, ce nœud doit émettre une demande de dérivation de même priorité, sur le conduit majeur correspondant. Chaque fois qu'un nœud reçoit des demandes de dérivation d'anneau provenant de ses nœuds adjacents sur conduit mineur, indiquant que les deux signaux qu'il envoie sont défectueux (SF), la demande de dérivation sur conduit majeur doit avoir priorité sur les demandes en mode réversible sur conduit mineur. Cette règle a priorité sur la règle S #1b en cas de multiples demandes de dérivation parvenant au même nœud [voir la Figure 7-8 a)].

Règle S #1d – Chaque fois qu'un nœud détecte un défaut entrant sur les voies de service normal et sur les voies (ou canaux) de protection, il doit émettre sur le conduit mineur une demande de dérivation d'anneau par conduit mineur, même dans le cas de pannes multiples, aussi longtemps que cette demande de dérivation d'anneau n'est pas préemptée par une demande de dérivation de priorité plus élevée [voir la Figure 7-8 b)]. Cette règle a priorité sur la règle S #1c. On notera que, chaque fois qu'un nœud reçoit dans un sens une demande de dérivation d'anneau par conduit mineur (indiquant que le signal qu'il envoie a été défectueux) et que ce nœud détecte de l'autre côté un défaut entrant sur les voies de service normal et de protection, ce nœud doit signaler le défaut détecté aussi bien sur le conduit mineur que sur le conduit majeur [voir la Figure 7-8 c)].

Règle S #2 – OCTETS K REÇUS DANS L'ÉTAT DE COMMUTATION: Tout nœud se trouvant dans l'état de commutation doit recevoir les octets K1 et K2 dans les deux sens.

Règle S #3 – ACCUSÉ DE RÉCEPTION DE DEMANDE DE DÉRIVATION UNILATÉRALE: Dès qu'il a reçu un code de demande ou statut de demande de dérivation, le nœud auquel cette indication est adressée doit accuser réception de la demande de dérivation en transformant les bits 1 à 4 de l'octet K1 en code de demande en mode réversible sur conduit mineur avec la priorité de la demande de dérivation reçue par le conduit majeur.

Règle S #4 – AUTORISATION DE COEXISTENCE DE COMMUTATIONS DE PROTECTION:

Règle S #4a – La coexistence des commutations suivantes est autorisée:

- verrouillage LP-S ou dégradation SD-P coexistant avec une commutation d'arc quelconque;
- verrouillage LP-S ou dégradation SD-P avec une quelconque commutation d'anneau pour le même arc;
- verrouillage LP-S avec une dégradation SD-P;
- verrouillage LP-S avec un autre verrouillage LP-S;
- commutation FS-R avec une autre commutation FS-R (anneau segmenté en plusieurs sous-anneaux);
- défaut SF-R avec un autre défaut SF-R (anneau segmenté en plusieurs sous-anneaux);
- commutation FS-R avec un défaut SF-R (anneau segmenté en plusieurs sous-anneaux);
- commutation d'arc quelconque avec toute autre commutation d'arc.

Règle S #4b – Lorsque plusieurs demandes de dérivation d'égale priorité existent en même temps sur différents arcs désignés par des commandes de type SD-R, MS-R ou EXER-R, aucune dérivation ou reconnexion ne doit être exécutée et celles qui existent doivent être abandonnées. (On notera qu'en cas de pannes multiples de type dégradation SD-R, toutes les pannes feront l'objet d'un compte rendu ou d'une alarme. Ce comportement peut toutefois être considéré comme attendu par l'utilisateur.) Les nœuds doivent signaler la demande de dérivation d'anneau dans l'octet K1 et les bits 6 à 8 de l'octet K2 doivent coder pour l'état de repos.

Règle S #5 – PERTE D'UNE DEMANDE DE DÉRIVATION D'ANNEAU: Si un nœud, qui exécute une dérivation-reconnexion d'anneau, ne reçoit plus de demande de dérivation d'anneau valide par le conduit majeur, ce nœud doit abandonner sa dérivation-reconnexion d'anneau et effectuer la signalisation et les opérations correspondant à son niveau d'entrée de priorité la plus élevée.

Règle S #6 – PERTE D'UNE DEMANDE DE DÉRIVATION D'ARC: Si un nœud, qui exécute une dérivation-reconnexion d'arc, ne reçoit plus de demande de dérivation d'arc valide (par le conduit mineur), ce nœud doit abandonner sa dérivation-reconnexion d'arc et effectuer la signalisation et les opérations correspondant à son niveau d'entrée de priorité la plus élevée.

7.2.6.1.3 Etat de transfert

Un nœud est dans l'état de transfert s'il émet d'un côté tout ou partie des octets K1 et K2 ainsi que, si possible, les voies (ou canaux) de protection, qu'il reçoit de l'autre côté. Il y a deux types de transfert: le transfert total et le transfert des octets K (voir à l'article 3 la définition des différents types de transfert).

Remplacée par une version plus récente

Règle P #1 – OCTETS K ÉMIS ET REÇUS DANS L'ÉTAT DE TRANSFERT: Lorsqu'un nœud est dans l'état de transfert, il émet d'un côté tout ou partie des octets K1 et K2 qu'il reçoit de l'autre côté. La composition des octets K1 et K2 qui sont conduits dépend des règles de transition d'état.

Règle P #2 – MAINTIEN DANS L'ÉTAT DE TRANSFERT PENDANT DES TRANSITIONS DE SIGNALISATION: Lorsqu'un nœud qui est dans l'état de transfert reçoit une demande de dérivation d'anneau par conduit majeur qui lui est destinée et une autre demande de dérivation d'anneau par conduit majeur de même priorité mais destinée à un autre nœud, le nœud ne doit pas passer à un autre état. (Cette règle est nécessaire pour la séquence de relève de l'état de panne du nœud. Voir la Figure I.5.) Un complément d'explication de cette règle fera l'objet d'une étude ultérieure.

7.2.6.2 Règles de transition entre états de commutation de protection automatique sur nœud d'anneau

Le paragraphe précédent décrivait les trois états d'un nœud. Le présent paragraphe décrira les règles de transition entre ces trois états. On notera que, comme en commutation APS d'arc, les règles fondamentales suivantes sont applicables.

Règle fondamentale #1 – DÉCLENCHEMENTS DE TRANSITION D'ÉTAT: Toutes les transitions d'état sont déclenchées par une modification de l'octet K entrant, par une expiration du délai d'attente de rétablissement entrante, par une demande entrante de dérivation déclenchée de l'extérieur ou par une indication entrante de détection de panne localisée.

Règle fondamentale #2 – VALIDATION DES OCTETS K: Avant que les octets K soient considérés comme valides, il faut que leur valeur soit reçue à l'identique dans trois trames successives.

Règle fondamentale #3 – ACTUALISATION DES BITS 6-8 DE L'OCTET K2: Toutes les actions de dérivation et de reconnexion doivent se traduire par une actualisation des bits 6 à 8 de l'octet K2, à moins qu'il n'y ait une indication MS-RDI. Le code de celle-ci doit avoir priorité sur tous les autres codes des bits 6 à 8 de l'octet K2 pour l'arc interrompu (sauf dans le cas d'un signal MS-AIS), quel que soit l'état de la dérivation et de la reconnexion.

Types de carte topologique d'anneau – Chaque nœud d'anneau doit tenir à jour une carte topologique d'anneau décrivant la connectivité de l'anneau, ainsi qu'une carte topologique de brassage local indiquant l'origine et la destination de toutes les unités AU-3/4 ajoutées, extraites et conduites. De plus, il y aura lieu que les futurs nœuds d'anneau acceptant l'accès de conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur disposent d'une indication, sur leurs cartes topologiques d'anneau, des unités AU-3/4 de transfert qui ont un accès pour conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur.

Amortissement d'unités AU-3/4 – L'amortissement d'unités AU-3/4 doit être effectué dans les nœuds de commutation, par insertion de signaux AU-AIS. Chaque nœud de commutation doit, en comparant les adresses contenues dans les octets K (croisement d'octets K) avec les informations contenues dans la carte topologique d'anneau, repérer les nœuds qui font défaut. A partir de ces renseignements et de la carte topologique de brassage, le nœud doit repérer les unités AU-3/4 qui ont été ajoutées et extraites à ces nœuds puis il doit les amortir dans les deux sens.

Par ailleurs, les futurs nœuds d'anneau qui accepteront l'accès de conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur devront amortir dans les deux sens toutes les unités AU-3/4 demandant un accès de conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur (comme indiqué dans la carte topologique d'anneau). Dès réception du code de dérivation et reconnexion effectuées issu du nœud de commutation distant, les futurs nœuds de l'anneau qui accepteront l'accès de conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur devront arrêter d'amortir les unités AU-3/4 qui ont un accès de conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur. Ce type d'accès fera l'objet d'une étude complémentaire.

Règle fondamentale #4 – Certaines demandes de dérivation (dues à un défaut détecté localement à une commande externe de déclenchement ou à la réception d'octets K) auront priorité sur d'autres demandes de dérivation selon l'ordre de préséance indiqué dans le Tableau 7-1, à moins que la coexistence des demandes de dérivation ne soit autorisée. Les demandes de dérivation ont priorité sur les indications de statut de demande de dérivation, quel que soit le niveau de priorité de ces indications. Les signaux relatifs au statut des demandes de dérivation ne doivent jamais avoir priorité sur une demande de dérivation.

7.2.6.2.1 Transitions entre les états de repos et de transfert

Règle I-P #1 – TRANSITION DE L'ÉTAT DE REPOS À L'ÉTAT DE TRANSFERT:

Règle I-P #1a – La transition de l'état de repos aux états de transfert total ou de transfert des octets K doit être déclenchée par une modification valide d'octet K, dans un sens ou dans l'autre, pour passer du code NR à tout autre code de demande de dérivation, à condition que cette nouvelle demande ne soit pas destinée au nœud qui l'émet. L'acheminement dans les deux sens passe alors à un transfert total ou à un transfert des octets K, conformément à la règle I-P #1b suivante.

Remplacée par une version plus récente

Règle I-P #1b – Pour toute demande de dérivation d'anneau, les nœuds intermédiaires se trouvant sur le conduit majeur doivent passer à l'état de transfert total. Lorsqu'un nœud intermédiaire sur conduit majeur reçoit une quelconque indication de statut concernant une demande de dérivation d'anneau, ce nœud doit passer à l'état de transfert des octets K.

Règle I-P #2 – TRANSITION DE L'ÉTAT DE TRANSFERT À L'ÉTAT DE REPOS: Un nœud doit repasser d'un quelconque état de transfert à l'état de repos lorsqu'il détecte, dans les bits 1 à 4 de l'octet K1, des codes NR et des codes d'état de repos dans les bits 6 à 8 de l'octet K2, en provenance des deux sens. Les deux sens de transfert repassent simultanément de l'état de transfert à l'état de repos.

7.2.6.2.2 Transitions entre les états de repos et de commutation

Règle I-S #1 – TRANSITION DE L'ÉTAT DE REPOS À L'ÉTAT DE COMMUTATION:

Règle I-S #1a – Le passage d'un élément de réseau de l'état de repos à l'état de commutation doit être déclenché par une des conditions suivantes:

- réception d'une modification valide d'un octet K pour passer du code d'absence de demande (NR) à un code quelconque de demande de dérivation d'anneau, soit sur le conduit majeur soit sur le conduit mineur, cette modification étant destinée à cet élément de réseau;
- réception sur le conduit mineur d'une modification valide d'un octet K pour passer du code NR à un code quelconque de demande de dérivation d'arc, cette modification étant destinée à cet élément de réseau;
- réception d'une commande externe de déclenchement pour cet élément de réseau;
- détection d'un défaut dans cet élément de réseau.

Règle I-S #1b – Mesures prises dans un nœud de commutation dès réception d'une demande valide de dérivation. (On notera que, pour exécuter une dérivation-recommutation d'anneau, la demande de dérivation doit être reçue par le conduit majeur. Voir la règle I-S #1c):

- pour les demandes de dérivation sur commande FS-R, vérification par le nœud de l'existence éventuelle d'un besoin d'amortissement et, si c'est le cas, exécution de cet amortissement, puis d'une dérivation et insertion du code de dérivation effectuée dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 dans les deux sens (sauf s'il y a une indication MS-RDI ou un signal MS-AIS). Dès réception d'un code de dérivation effectuée dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 sur le conduit de demande de dérivation, l'élément de réseau doit exécuter une recommutation et actualiser en conséquence les bits 6 à 8 de l'octet K2 sur les deux conduits;
- pour les demandes de dérivation sur commande SF-R, le nœud doit vérifier s'il y a un besoin d'amortissement et, si c'est le cas, doit exécuter cet amortissement, effectuer une dérivation-recommutation et insérer dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 le code de dérivation-recommutation effectuées, aussi bien sur le conduit majeur que sur le conduit mineur (sauf indication MS-RDI ou signal MS-AIS);
- pour toutes les autres demandes de dérivation, sauf des types SD-P, EXER et LP-S, le nœud doit exécuter une dérivation et insérer dans les deux sens le code de dérivation effectuée dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 (sauf indication MS-RDI ou signal MS-AIS). Dès réception d'un code de dérivation effectuée dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 sur le conduit de demande de dérivation, l'élément de réseau doit effectuer une recommutation et actualiser en conséquence les bits 6 à 8 de l'octet K2 sur les deux conduits;
- pour les commandes SD-P, EXER et LP-S, le nœud doit envoyer les mêmes signaux que pour toute autre demande de dérivation, mais sans effectuer la dérivation ou la recommutation. Voir 7.2.1.2.

Règle I-S #1c – Une commutation d'arc ne doit être installée ou désinstallée que par des demandes de dérivation sur conduit mineur. Une commutation d'anneau ne doit être installée ou désinstallée que par des demandes de dérivation sur conduit majeur.

Règle I-S #2 – TRANSITION DE L'ÉTAT DE COMMUTATION À L'ÉTAT DE REPOS: Un nœud doit repasser de l'état de commutation à l'état de repos lorsqu'il détecte des codes NR dans les bits 1 à 4 de l'octet K1 et des codes d'indication d'état de repos dans les bits 6 à 8 de l'octet K2, en provenance des deux sens. La transition de l'état de commutation à l'état de repos doit s'effectuer en trois étapes.

- *Etape 1* – Le nœud (à l'extrémité de destination) qui a émis la demande de dérivation abandonne d'abord sa recommutation et envoie le code NR dans les bits 1 à 4 de l'octet K1 et le code de dérivation effectuée dans les bits 6 à 8 de l'octet K2.

Remplacée par une version plus récente

- *Etape 2* – Dès réception du code NR et de l'indication d'abandon de reconnexion, le nœud de l'extrémité d'origine doit abandonner sa dérivation et sa reconnexion puis émettre, dans les deux sens, le code d'état de repos. L'indication que la reconnexion a été abandonnée est reçue sur le conduit mineur pour les demandes de dérivation d'arc et sur le conduit majeur pour les demandes de dérivation d'anneau.
- *Etape 3* – Une fois que l'extrémité de destination a détecté les codes d'état de repos entrants, cette extrémité doit également abandonner sa dérivation et sa reconnexion puis émettre, dans les deux sens, le code d'état de repos.

On notera qu'il y a des cas où aucune dérivation ou reconnexion n'est à abandonner (par exemple en cas de commandes SD-P, LP-S, EXER, ou de reconnexions impossibles à effectuer en raison d'autres circonstances dans l'anneau). Dans ces cas-là, l'élément de réseau qui a émis la demande (c'est-à-dire l'extrémité de destination) doit signaler le code NR. Dès réception de celui-ci, l'extrémité d'origine doit également émettre le code d'état de repos.

Règle I-S #3 – Un nœud doit émettre le code de commutation APS par défaut jusqu'à ce qu'il soit en mesure de signaler correctement la commutation APS, selon l'état actuel de l'anneau. Le code APS par défaut doit être utilisé pour indiquer que le nœud ne peut pas signaler correctement les octets APS et ne peut donc pas exécuter correctement la commutation de protection.

Règle I-S #4 – Un nœud de commutation de protection (ou secours) d'anneau (ou d'arc) qui reçoit le code APS par défaut sur le conduit mineur (ou majeur) ne doit pas modifier ses signaux ni prendre une quelconque mesure associée à ce conduit avant d'avoir reçu les codes APS corrects. Un nœud de commutation de protection (ou secours) d'anneau (ou d'arc) qui reçoit le code APS par défaut sur le conduit majeur (ou mineur) doit abandonner sa dérivation et sa reconnexion.

Règle I-S #5 – Un nœud qui reçoit des demandes de dérivation d'anneau par conduit majeur, envoyées à lui-même par ses deux nœuds adjacents, ne doit donner aucune suite à ces demandes de dérivation.

Règle I-S #6 – Un nœud qui reçoit les octets APS qu'il émet dans les deux sens doit revenir à l'état de repos.

Règle I-S #7 – Lorsqu'un nœud reçoit un code de demande en mode réversible (RR) sur l'arc qu'il secourt et lorsque ce même nœud émet un code de demande en mode réversible, ce nœud doit abandonner sa dérivation et sa reconnexion comme décrit dans la règle I-S #2, sauf en cas de signaux de statut de demande de dérivation ou de demande de dérivation ayant une priorité de type SF ou SD. Pour les priorités SF et SD, le nœud doit abandonner la reconnexion et la dérivation après l'expiration du délai d'attente de rétablissement (WTR), conformément à la règle S-S #3.

7.2.6.2.3 Transitions entre états de commutation

Ce paragraphe spécifie l'ensemble des règles nécessaires pour coordonner une transition entre états de commutation.

Les règles de transition suivantes sont applicables.

Règle S-S #1 – TRANSITION D'UN ÉTAT DE COMMUTATION À UN AUTRE ÉTAT DE COMMUTATION:

Règle S-S #1a – Lorsqu'un élément de réseau qui est en train d'effectuer une commutation sur commande SF-R reçoit une autre demande de dérivation sur commande SF-R par le conduit majeur, ou une autre demande de dérivation sur commande FS-R par le conduit majeur, non destinée à cet élément de réseau, celui-ci doit vérifier s'il y a besoin d'amortissement et, si c'est le cas, effectuer cet amortissement. L'élément de réseau doit arrêter cet amortissement lorsque la dérivation et la reconnexion sont abandonnées.

Règle S-S #1b – Lorsqu'un élément de réseau qui est en train d'effectuer une commutation sur commande FS-R reçoit une autre demande de dérivation sur commande FS-R par le conduit majeur, ou une autre demande de dérivation sur commande SF-R par le conduit majeur, non destinée à cet élément de réseau, celui-ci doit vérifier s'il y a besoin d'amortissement et, si c'est le cas, effectuer cet amortissement. L'élément de réseau doit arrêter cet amortissement lorsque la dérivation et la reconnexion sont abandonnées.

Règle S-S #1c – Lorsqu'un élément de réseau qui est en train d'effectuer une quelconque commutation d'anneau reçoit pour le même arc une demande de dérivation d'anneau ayant une priorité plus élevée (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'anneau destinée à cet élément), celui-ci doit actualiser la priorité de la commutation d'anneau qu'il est en train d'effectuer, afin de la rendre égale à la priorité de la demande de dérivation d'anneau qu'il a reçue.

Remplacée par une version plus récente

Règle S-S #1d – Lorsqu'un élément de réseau qui est en train d'effectuer une quelconque commutation d'arc reçoit pour le même arc une demande de dérivation d'arc ayant une priorité plus élevée (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'arc destinée à cet élément), celui-ci doit actualiser la priorité de la commutation d'arc qu'il est en train d'effectuer, afin de la rendre égale à la priorité de la demande de dérivation d'arc qu'il a reçue.

Règle S-S #2 – PRÉEMPTION POUR RECOMMUTATION:

Règle S-S #2a – Lorsqu'un élément de réseau qui est en train d'effectuer une commutation d'arc reçoit une demande de dérivation d'anneau de priorité plus élevée (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'anneau destinée à cet élément) pour le même arc, il doit:

- abandonner la dérivation d'arc et se reconfigurer immédiatement;
- donner suite à la demande de dérivation d'anneau (comme indiqué par la règle I-S #1).

Règle S-S #2b – Lorsqu'un nœud, qui est en train d'effectuer une commutation de protection d'arc, reçoit pour son arc adjacent une demande de dérivation d'anneau (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'anneau destinée à ce nœud) de priorité plus élevée que la commutation de protection d'arc qu'il est en train d'effectuer, ce nœud doit abandonner celle-ci, signaler dans l'octet K1 le code NR et dans l'octet K2 le code de dérivation effectuée, dans le même sens que la demande de dérivation d'arc et signaler cette demande dans l'octet K1 dans le sens de cette demande et, dans l'octet K2, le code de dérivation effectuée.

Règle S-S #2c – Lorsqu'un nœud, qui est en train d'effectuer une commutation de protection d'arc, reçoit par le conduit majeur, pour un arc non adjacent, une demande de dérivation d'anneau de priorité plus élevée que la commutation d'arc qu'il est en train d'effectuer, ce nœud doit abandonner celle-ci et signaler, dans les deux sens, le code NR dans l'octet K1 et le code de dérivation effectuée dans l'octet K2.

Règle S-S #2d – Si un nœud effectuant une commutation d'arc reçoit, après dérivation et reconfiguration, un code NR et l'indication que la reconfiguration a été abandonnée pour cet arc, ce nœud doit abandonner sa dérivation-reconfiguration et, si le niveau d'entrée de priorité la plus élevée pour ce nœud est l'un des suivants, effectuer les opérations indiquées:

- un code de statut de demande de dérivation d'arc destiné à ce nœud, où un code NR, dans ce cas le nœud doit émettre dans les deux sens le code NR dans l'octet K1 et le code de repos dans l'octet K2;
- une demande de dérivation d'arc (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'arc destinée à ce nœud) pour un arc adjacent, le nœud doit émettre un signal conforme à cette demande;
- une demande de dérivation d'anneau (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'anneau destinée à ce nœud) pour un arc adjacent, le nœud doit exécuter cette demande de dérivation d'anneau;
- une demande de dérivation d'anneau par conduit majeur destinée à un autre nœud, le nœud doit passer à l'état de transfert total (comme exposé dans la règle S-P #1b);
- un code de statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud, le nœud doit passer à l'état de transfert des octets K (comme exposé dans la règle S-P #1d);
- une demande de dérivation d'arc (due à un défaut détecté localement ou à une commande externe de déclenchement) pour le même arc, le nœud doit signaler cette demande de dérivation d'arc dans l'octet K1 et signaler l'état de repos dans l'octet K2.

Règle S-S #2e – Si un nœud, effectuant une commutation d'arc reçoit après la dérivation l'indication que la reconfiguration a été abandonnée pour cet arc, ce nœud doit abandonner sa dérivation et, si le niveau d'entrée de priorité la plus élevée pour ce nœud est l'un des suivants, effectuer les opérations indiquées:

- un code de statut de demande de dérivation d'arc destiné à ce nœud, ou un code NR, le nœud doit émettre dans les deux sens le code NR dans l'octet K1 et le code de repos dans l'octet K2;
- une demande de dérivation d'arc (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'arc destinée à ce nœud) pour un arc adjacent, le nœud doit émettre un signal conforme à cette demande;
- une demande de dérivation d'arc (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'arc destinée à ce nœud) pour un arc adjacent, le nœud doit exécuter cette demande de dérivation d'arc;

Remplacée par une version plus récente

- une demande de dérivation d'anneau par conduit majeur destinée à un autre nœud, le nœud doit passer à l'état de transfert total (comme exposé dans la règle S-P #1b);
- un code de statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud, le nœud doit passer à l'état de transfert des octets K (comme exposé dans la règle S-P #1d);
- une demande de dérivation d'arc (due à un défaut détecté localement ou à une commande externe de déclenchement) pour le même arc, le nœud doit signaler cette demande de dérivation linéaire dans l'octet K1 et signaler l'état de repos dans l'octet K2.

Règle S-S #2f – Lorsqu'un élément de réseau qui est en train d'effectuer une dérivation-recommutation d'anneau reçoit pour un arc adjacent une demande de dérivation d'arc ou d'anneau (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'arc ou d'anneau destinée à cet élément) de priorité plus élevée que la dérivation-recommutation d'anneau qu'il est en train d'effectuer, cet élément doit:

- abandonner immédiatement cette dérivation-recommutation d'anneau;
- donner suite à la demande de dérivation de priorité plus élevée (comme indiqué par la règle I-S #1).

Règle S-S #2g – Lorsqu'un élément de réseau qui est en train d'effectuer une dérivation-recommutation d'anneau reçoit pour le même arc une demande de dérivation d'arc (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'arc destinée à cet élément) de priorité plus élevée, cet élément doit:

- abandonner immédiatement cette dérivation-recommutation d'anneau;
- donner suite à la demande de dérivation d'arc de priorité plus élevée.

Règle S-S #3 – RELEVÉ D'UNE COMMUTATION D'ANNEAU OU D'ARC (SANS PRÉEMPTION):

Règle S-S #3a – Lorsqu'un état de défaut n'affectant qu'un seul arc est relevé à un nœud, celui-ci doit passer à l'état d'attente de rétablissement (WTR) et y rester pendant l'intervalle de temporisation approprié, à moins:

- 1) qu'il ne reçoive une autre demande de dérivation ayant une priorité plus élevée que la commande WTR; ou
- 2) qu'il ne détecte un autre défaut; ou
- 3) qu'une commande externe de déclenchement soit activée.

Le nœud doit émettre un code WTR sur le conduit majeur comme sur le conduit mineur.

Règle S-S #3b – Dès qu'un nœud, qui a reçu une demande de dérivation mais n'a pas encore détecté le défaut, reçoit un code WTR (cas d'une panne unidirectionnelle), ce nœud doit continuer à émettre une demande en mode réversible (RR) sur le conduit mineur et un code WTR sur le conduit majeur.

Règle S-S #4 – TEMPORISATION DE COMMUTATION D'ARC: Dans un anneau à quatre fibres, s'il n'est pas possible de donner suite à une demande de dérivation d'arc (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'arc destinée à cet anneau) parce que aucun accusé de réception n'a été reçu sur le conduit mineur (au bout d'un délai de temporisation dépendant de l'équipement), ou parce que les voies (ou canaux) de protection sont devenues indisponibles, la commutation équivalente de protection d'anneau doit être tentée.

Règle S-S #5 – Un nœud qui reçoit des demandes de dérivation d'anneau par conduit majeur qui lui sont envoyées par ses deux nœuds adjacents doit abandonner sa dérivation et recommutation.

Règle S-S #6 – Si un arc est exclu, la demande de dérivation sur commande LP-S doit être signalée sur le conduit mineur. Si l'état dont la priorité est la plus élevée nécessite une commutation d'anneau pour le même arc (qui est exclu), la demande correspondante de commutation d'anneau doit être signalée sur le conduit majeur. Si ce n'est pas le cas, le statut de la demande de dérivation sur commande LP-S doit être signalé sur le conduit majeur.

7.2.6.2.4 Transitions entre états de commutation et de transfert

Règle S-P #1 – RÈGLES DE PRÉEMPTION DE COMMUTATION (transition de l'état de commutation à l'état de transfert):

Règle S-P #1a – Si un nœud de commutation d'arc, n'ayant pas fait l'objet d'une dérivation-recommutation, est en train de recevoir un code de dérivation effectuée pour cet arc et que son niveau d'entrée de priorité la plus élevée soit une demande de dérivation d'anneau par conduit majeur destinée à un autre nœud, il doit signaler (dans les deux sens) le code NR dans l'octet K1 et l'état de repos dans l'octet K2.

Remplacée par une version plus récente

Règle S-P #1b – Si un nœud de commutation d'arc, n'ayant pas fait l'objet d'une dérivation-recommutation, reçoit l'indication que la dérivation a été abandonnée pour cet arc et que son niveau d'entrée de priorité la plus élevée soit une demande de dérivation d'anneau par conduit majeur destinée à un autre nœud, il doit passer à l'état de transfert total.

Règle S-P #1c – Si un nœud de commutation d'arc, n'ayant pas fait l'objet d'une dérivation-recommutation, est en train de recevoir un code de dérivation effectuée pour cet arc et que son niveau d'entrée de priorité la plus élevée soit un code de statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud, il doit signaler (dans les deux sens) le code NR dans l'octet K1 et l'état de repos dans l'octet K2.

Règle S-P #1d – Si un nœud de commutation d'arc, n'ayant pas fait l'objet d'une dérivation-recommutation, reçoit l'indication que la dérivation a été abandonnée pour cet arc et que son niveau d'entrée de priorité la plus élevée soit un code de statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud, il doit passer à l'état de transfert des octets K.

Règle S-P #1e – Lorsqu'un nœud exécutant une commutation d'anneau reçoit une demande de dérivation d'anneau par conduit majeur pour un arc non adjacent de priorité plus élevée que celle de la commutation d'anneau qu'il est en train d'effectuer, ce nœud doit abandonner immédiatement sa dérivation-recommutation et passer à l'état de transfert total.

Règle S-P #1f – Lorsqu'un nœud exécutant une commutation d'anneau a comme niveau d'entrée de priorité la plus élevée des demandes (dans les deux sens) de dérivation d'anneau par conduit majeur non destinées à lui-même, ce nœud doit abandonner immédiatement sa dérivation-recommutation et passer à l'état de transfert total.

Règle S-P #1g – Lorsqu'un nœud exécutant une commutation d'anneau a comme niveau d'entrée de priorité la plus élevée un code de statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud, il doit passer à l'état de conduction des octets K.

Règle S-P #2 – TRANSITIONS DE L'ÉTAT DE TRANSFERT À L'ÉTAT DE COMMUTATION:

Règle S-P #2a – La transition dans un nœud de l'état de transfert total à l'état de commutation doit être déclenchée:

- 1) par une commande externe de priorité égale, supérieure ou à coexistence autorisée;
- 2) par la détection d'un défaut de priorité égale, supérieure ou à coexistence autorisée;
- 3) par la réception d'une demande de dérivation ayant une priorité égale, supérieure ou à coexistence autorisée, destinée à cet élément de réseau.

Règle S-P #2b – La transition dans un nœud de l'état de transfert des octets K à l'état de commutation doit être déclenchée:

- 1) par une commande externe quelconque;
- 2) par la détection d'un défaut quelconque;
- 3) par la réception d'une demande de dérivation destinée à cet élément de réseau.

Règle S-P #2c – Si une demande de dérivation d'anneau est préemptée par une demande de dérivation d'arc (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à une demande de dérivation d'arc destinée à ce nœud), le nœud qui préempte la commutation d'anneau doit insérer des signaux AU-AIS dans toutes les voies (ou canaux) de protection autres que celles de l'arc demandé, à moins qu'elles ne soient déjà utilisées par une autre commutation d'arc.

Règle S-P #3 – Si un nœud, qui était dans l'état de transfert en raison d'une demande de protection par commande SF-R ou FS-R dans l'anneau, est en train d'émettre une demande de dérivation par commande SF-R ou FS-R (conformément à la règle S-P #2a), ce nœud doit:

- 1) déterminer s'il est nécessaire d'effectuer un amortissement et, si c'est le cas, y procéder; puis
- 2) exécuter la dérivation-recommutation de protection d'anneau.

7.2.6.2.5 Transitions entre états de transfert

Ce paragraphe contient l'ensemble des règles qui s'appliquent à la transition d'un état de transfert des octets K à un état de transfert total et vice versa.

Les règles de transition suivantes sont applicables.

Remplacée par une version plus récente

Règle P-P #1 – Transition de l'état de transfert des octets K à l'état de transfert total

Un nœud qui se trouve dans l'état de transfert des octets K et qui reçoit (dans un sens ou dans l'autre) un code de statut de demande de dérivation d'arc qui ne lui est pas destiné doit passer à l'état de transfert total.

Règle P-P #2 – Transition de l'état de transfert total à l'état de transfert des octets K

Un nœud qui se trouve dans l'état de transfert total et qui reçoit (dans un sens ou dans l'autre) un code de statut de demande de dérivation d'arc qui ne lui est pas destiné doit passer à l'état de transfert des octets K.

7.2.7 Exemples

L'Appendice I décrit – au moyen d'un ensemble de cas de figure de base – la façon dont les règles précédentes s'appliquent.

7.3 Anneaux à protection dédiée de la section de multiplexage

Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure.

7.4 Protection d'arc d'un chemin de conteneurs virtuels (VC)

7.4.1 Architecture de réseau

La protection de conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur/supérieur est un mécanisme de secours dans la couche des conduits qui peut être utilisé pour protéger un chemin dans l'ensemble d'un réseau d'opérateur ou dans un ensemble de plusieurs réseaux d'opérateur. Il s'agit d'un procédé de sécurisation de bout en bout dédiée, qui peut être utilisé dans différentes structures de réseau: réseaux maillés, réseaux annulaires, etc. La commutation sur le secours peut être unilatérale ou bilatérale.

Le secours d'un chemin protège généralement contre des pannes dans la couche serveur ainsi que contre des pannes ou dégradations dans la couche des clients.

La protection peut être soit dédiée (doublée en structure 1 + 1), le chemin de protection dédiée n'étant utilisé que pour la protection, soit partagée (alternée en structure 1:1), le chemin de protection dédiée pouvant prendre en charge du trafic supplémentaire. La commutation de protection bilatérale et la commutation de protection partagée (1:1) nécessitent l'application d'un protocole de commutation APS pour assurer la coordination entre opérations locales et distantes de dérivation-recommutation.

Etant donné que la protection dédiée par acheminement alterné de conteneurs virtuels (VC) est un procédé de protection d'arc, les fonctions de terminaison pour les chemins en service normal et en trafic supplémentaire se recoupent. Dans une application de réseau, cela implique que les structures de prise en charge du trafic et du trafic supplémentaire doivent toujours coïncider. Comme la protection d'un chemin de conteneurs virtuels (VC) est un procédé de protection par chemin dédiée, il n'y a pas de limite théorique au nombre d'éléments de réseau formant la chaîne de connexion de couche réseau.

7.4.2 Objectifs réseau

Les objectifs suivants s'appliquent aux réseaux:

- 1) *Temps de commutation* – L'algorithme APS pour la protection par conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur/supérieur doit fonctionner aussi rapidement que possible. Une valeur de 50 ms a été proposée comme objectif. Des préoccupations ont été exprimées au sujet de cette durée recherchée, dans le cas où de nombreux conteneurs virtuels (VC) sont en jeu. Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure. Le temps de commutation exclut le temps de la détection nécessaire pour déclencher la commutation de protection, ainsi que le temps d'attente de protection.
- 2) *Délai de transmission* – Le délai de transmission dépend de la longueur physique du chemin et des fonctions de traitement effectuées dans ce chemin. Une étude ultérieure déterminera la valeur maximale du délai de transmission pour une structure de chemin secouru par conteneurs virtuels (VC) dédiée. Des limites pourront être imposées au délai de transmission s'il faut respecter l'objectif en termes de temps de commutation pour une opération bilatérale.
- 3) *Temps d'attente de protection* – Les temps d'attente de protection sont utiles lors de l'interfonctionnement de plusieurs procédés de sécurisation. L'objectif visé est que ces durées puissent être rendues possibles sur la base de conteneurs virtuels (VC) individuels. Il y a lieu que l'état de défaut fasse l'objet d'un suivi continu pendant toute la durée du temps d'attente de protection, qui précède la commutation proprement dite. Il convient donc que les temps d'attente de protection puissent être configurés entre 0 et 10 secondes, par échelons de l'ordre de 100 ms.

Remplacée par une version plus récente

- 4) *Etendue de la protection* – La protection par conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur/supérieur doit rétablir tout le trafic qui a été interrompu à cause d'une panne dans une maille de réseau qui a été désignée comme faisant partie d'un procédé de sécurisation de chemin par conteneurs virtuels (VC). Le trafic aboutissant à un nœud perturbé peut être interrompu mais le trafic conduit vers d'autres nœuds peut survivre par commutation sur le chemin de protection.
- 5) *Types de protection* – Il y a lieu que le secours par chemin aussi bien dédiée (1 + 1) que partagé (1:1) soit compatible avec la commutation unilatérale ou bilatérale ou les deux.
- 6) *Protocole et algorithme de commutation APS* – Les protocoles de commutation APS pour la protection par conteneurs virtuels (VC) de niveau aussi bien inférieur que supérieur doivent être identiques pour toutes les applications de couche réseau. L'exigence minimale pour le protocole est que celui-ci soit compatible avec la protection dédiée (1 + 1). Une option de protection de type 1:1 est souhaitable pour recueillir du trafic supplémentaire et doit faire l'objet d'une étude ultérieure.
- 7) *Modes opératoires* – Il y a lieu que la commutation unilatérale dédiée soit compatible avec la commutation en mode réversible, avec la commutation en mode irréversible ou avec ces deux modes. Une étude ultérieure traitera de la commutation bilatérale de type 1:1 en mode réversible avec trafic supplémentaire. (On notera qu'un avantage majeur de l'architecture de protection de type 1:1 est sa capacité de transporter du trafic supplémentaire.) Il convient que le routage du trafic en service normal (c'est-à-dire le routage uniforme ou la diversité de routage) ne soit pas limité par le procédé de sécurisation par connexion de sous-réseau (SNC). L'opérateur du réseau a le choix entre le routage uniforme et la diversité de routage, pour chaque protection SNC.
- 8) *Commande manuelle* – Des commandes externes de déclenchement peuvent être prévues pour la commande manuelle des commutations de protection, par les systèmes d'exploitation ou par des agents. Les commandes externes de déclenchement sont l'ensemble (ou un sous-ensemble) de celles qui sont utilisées pour la protection d'arc de sections de multiplexage.
- 9) *Critères de déclenchement d'une commutation de protection* – Il convient que les critères de déclenchement d'une commutation de protection pour un défaut de signal (SF) et/ou une dégradation de signal (SD) soient en harmonie avec les définitions figurant dans la Recommandation G.783. Pour la protection par conteneurs virtuels (VC), il y a lieu que les critères de déclenchement d'une commutation de protection soient identiques à ceux de la protection correspondante par connexion de sous-réseau avec surveillance non intrusive (SNC/N).

7.4.3 Architecture d'application

7.4.3.1 Routage

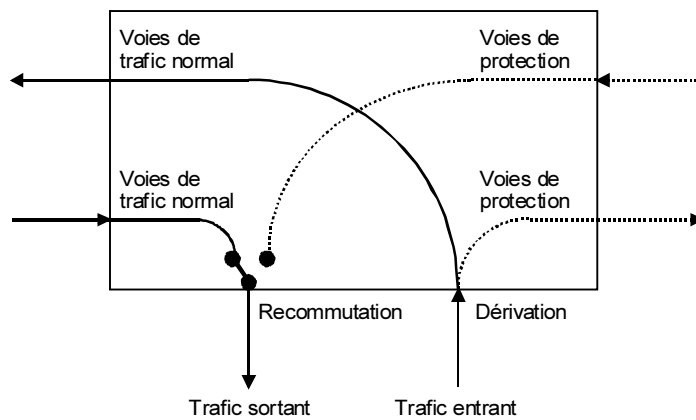
Les modes de routage suivants s'appliquent aux voies en service normal en conditions de non-dérangement. A titre de principe général, il y a lieu que les voies (ou canaux) de protection suivent, dans chaque sens de transmission, un itinéraire distinct de celui des voies en service normal.

Comme indiqué au 7.4.2 7), l'opérateur du réseau a le choix entre le routage uniforme et la diversité de routage, chemin par chemin. Dans le cas le plus simple, où les chemins en service normal et les chemins de protection empruntent des itinéraires distincts, les Figures 7-9 et 7-10 illustrent la différence de configuration d'un nœud entre routage uniforme et diversité de routage pour une protection dédiée de type 1 + 1. Dans le cas d'une protection d'arc d'un chemin de conteneurs virtuels (VC), les nœuds illustrés contiennent la terminaison des chemins en cause.

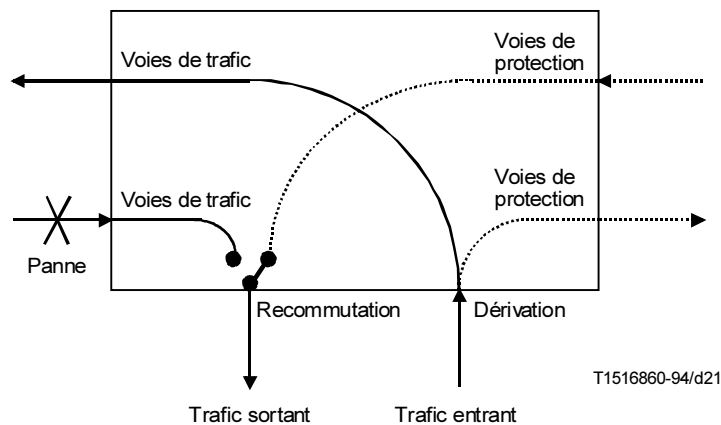
La Figure 7-9 a) montre un nœud utilisant le routage uniforme à protection dédiée de type 1 + 1, en conditions d'exploitation normale. Une dérivation est utilisée pour transmettre simultanément des signaux sur les chemins en service normal et de protection. Le récepteur effectue une reconnexion afin de sélectionner le chemin de service normal en conditions d'exploitation normale. On notera que les chemins en service normal sont implantés sur les mêmes ressources (c'est-à-dire à gauche du nœud). La Figure 7-9 b) montre l'état du nœud lorsqu'il y a un dérangement dans le chemin de service normal. Dans ce cas, le récepteur détectera la perte de signal et se commutera sur le chemin de protection.

La Figure 7-10 a) montre un nœud faisant appel à la diversité de routage à protection dédiée de type 1 + 1, en conditions d'exploitation normale. Une dérivation est utilisée pour transmettre simultanément des signaux sur les chemins en service normal et de protection. Le récepteur effectue une reconnexion afin de sélectionner le chemin de service normal en conditions d'exploitation normale. On notera que les chemins en service normal sont implantés sur des ressources différentes (c'est-à-dire qu'un chemin est à gauche du nœud et l'autre à droite). La Figure 7-10 b) montre l'état du nœud lorsqu'il y a un dérangement dans le chemin de service normal. Dans ce cas, le récepteur détectera la perte de signal et se commutera sur le chemin de protection.

Remplacée par une version plus récente



a) Situation normale – Dérivation du trafic transmis sur les voies de trafic et de protection – Recommutation du trafic reçu par le sélecteur sur voies de trafic

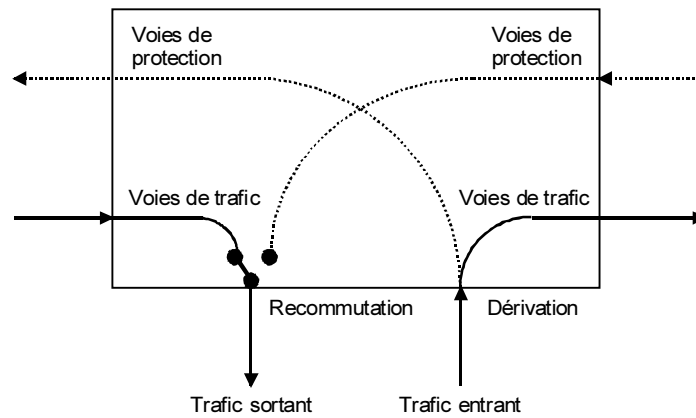


b) Panne dans une voie de trafic entrante – Commutation du trafic sur voie de protection par le sélecteur de réception

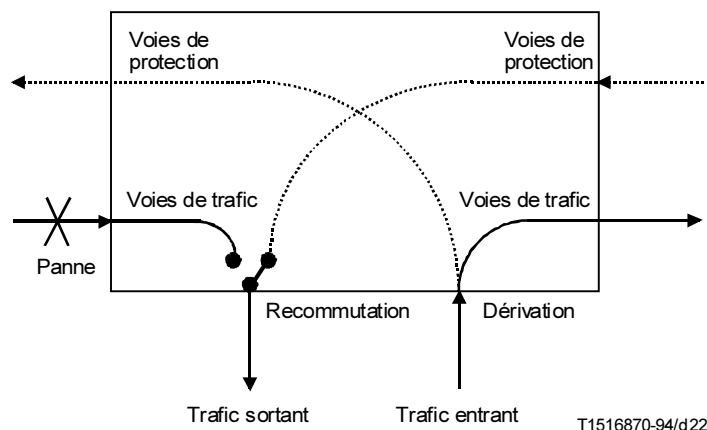
FIGURE 7-9/G.841

Nœud utilisant le routage uniforme pour une protection dédiée d'un chemin ou d'une connexion SNC

Remplacée par une version plus récente



a) Situation normale – Dérivation du trafic transmis sur les voies de trafic et de protection – Recommutation du trafic reçu par le sélecteur sur voies de trafic



b) Panne dans une voie de trafic entrante – Commutation du trafic sur voie de protection par le sélecteur de réception

FIGURE 7-10/G.841

Nœud utilisant la diversité de routage pour une protection dédiée d'un chemin ou d'une connexion SNC

Remplacée par une version plus récente

7.4.3.2 Protection de type 1 + 1 unilatérale

La protection de type 1 + 1 unilatérale est illustrée sur la Figure 7-11 pour une architecture de routage uniforme à protection dédiée de type 1 + 1. Elle est identique à la protection bilatérale, sauf que, pour des pannes unidirectionnelles, la voie de transmission non affectée n'est pas commutée. Par conséquent, une voie de commutation APS n'est pas nécessaire pour coordonner le secours de la voie de transmission non affectée.

La Figure 7-11 a) montre un réseau à protection dédiée de type 1 + 1 par chemin à routage uniforme, où le trafic est acheminé entre les nœuds A et C. Le trafic inséré au nœud A est envoyé au nœud C par différents chemins dans les deux sens. En conditions d'exploitation normale, le récepteur situé au nœud C sélectionne le trafic utile. Le trafic inséré au nœud C est également transmis au nœud A dans les deux sens.

Lorsqu'il y a un dérangement dans un des sens du chemin de service normal, comme indiqué soit sur la Figure 7-11 b) soit sur la Figure 7-11 c), l'extrémité de destination sélectionne par commutation le chemin de protection. Si une panne localisée interrompt la transmission dans les deux sens, il y a dérangement du conduit en service normal dans les deux sens et ces derniers basculent automatiquement sur le chemin de protection.

On peut rétablir le trafic lorsque des pannes multiples affectent le trafic transporté par un seul des chemins (en service normal ou de protection). Si les deux types de chemin sont affectés par certaines pannes, le trafic ne peut pas être rétabli. Le trafic aboutissant à un nœud perturbé est interrompu mais celui qui est conduit vers d'autres nœuds peut survivre grâce à une commutation sur le chemin de protection.

La protection par conteneurs virtuels (VC) en structure dédiée de type 1 + 1 peut également utiliser la diversité de routage.

7.4.3.3 Protection de type 1 + 1 bilatérale

La Figure 7-12 a) montre un réseau à protection dédiée de type 1 + 1 par chemin à diversité de routage, où le trafic est acheminé entre les nœuds A et C. Le trafic inséré au nœud A est envoyé au nœud C par différents chemins dans les deux sens. En conditions d'exploitation normale, le récepteur situé au nœud C sélectionne le trafic utile. Le trafic inséré au nœud C est également transmis au nœud A dans les deux sens.

Lorsqu'il y a un dérangement dans un des sens du chemin de service normal, comme indiqué sur la Figure 7-12 b), l'extrémité de destination sélectionne par commutation le chemin de protection. Dans le cas d'une commutation bilatérale, une indication est envoyée au moyen du protocole APS pour opérer une commutation forcée de la voie non affectée sur le chemin de protection également. Cela permet de conserver le mode uniforme du routage (c'est-à-dire que les deux sens de transmission utilisent les mêmes itinéraires) même en cas de pannes dans un seul sens. Si une panne localisée interrompt la transmission dans les deux sens, il y a dérangement du conduit en service normal dans les deux sens et ces derniers basculent automatiquement sur le chemin de protection.

On peut rétablir le trafic lorsque des pannes multiples affectent le trafic transporté par un seul des chemins (en service normal ou de protection). Si les deux types de chemin sont affectés par certaines pannes, le trafic ne peut pas être rétabli. Le trafic aboutissant à un nœud perturbé est interrompu mais celui qui est conduit vers d'autres nœuds peut survivre grâce à une commutation sur le chemin de protection.

La protection par conteneurs virtuels (VC) en structure dédiée de type 1 + 1 peut également utiliser la diversité de routage.

7.4.3.4 Protection de type 1:1

Ce procédé de sécurisation fera l'objet d'une étude ultérieure.

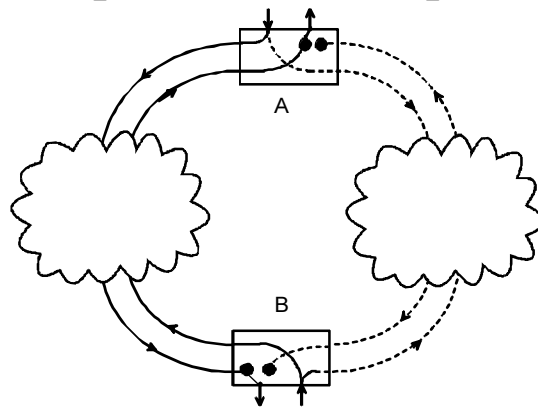
7.4.3.5 Connexion erronée en service normal

Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure.

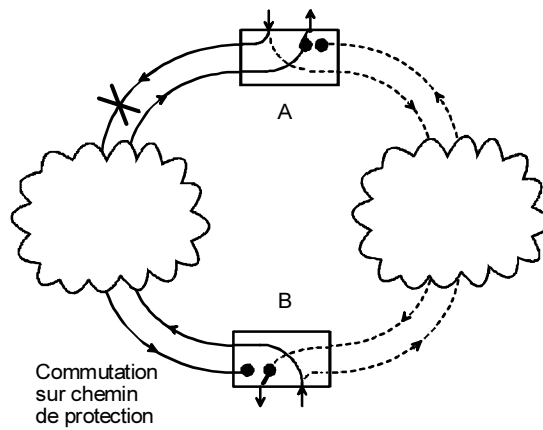
7.4.4 Critères de déclenchement de la commutation

Les demandes de protection par conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur/supérieur sont automatiquement déclenchées sur la base de commandes de type SF et SD de chemin (telles que des signaux AU-AIS et de qualité en termes d'erreurs) ainsi que sur la base de commandes de commutation APS.

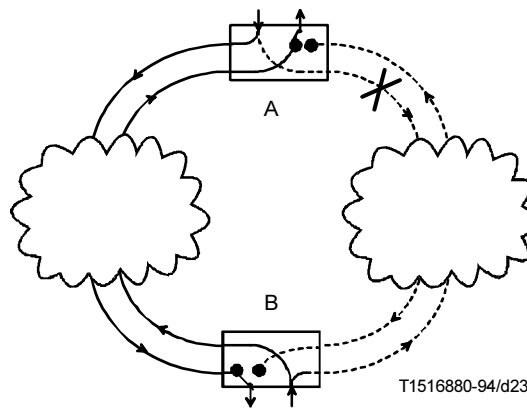
Remplacée par une version plus récente



a) Conditions normales



b) Panne unilatérale – Fibre 1

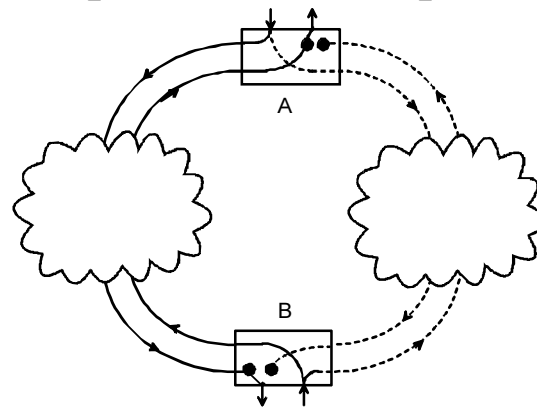


c) Panne unilatérale – Fibre 2

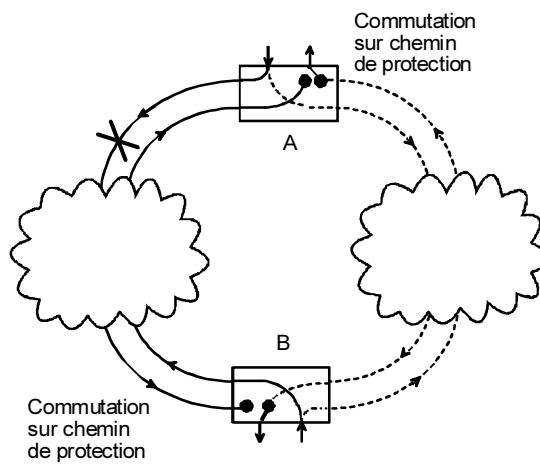
FIGURE 7-11/G.841

Réseau à deux fibres à protection dédiée d'un chemin
par routage uniforme et commutation unilatérale

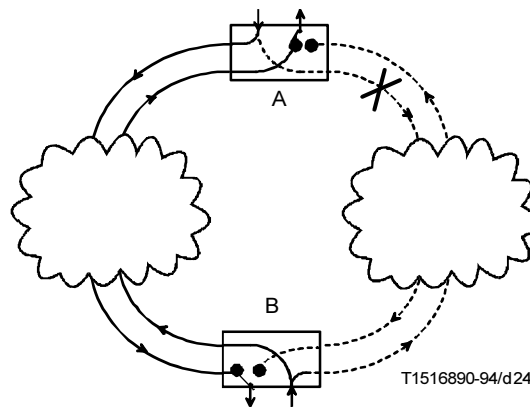
Remplacée par une version plus récente



a) Conditions normales



b) Panne unilatérale – Fibre 1



c) Panne unilatérale – Fibre 2

FIGURE 7-12/G.841

Réseau à deux fibres à protection dédiée d'un chemin par routage uniforme et commutation bilatérale

Remplacée par une version plus récente

7.4.4.1 Protection de type 1 + 1 unilatérale

Une demande de protection peut prendre la forme:

- 1) d'une commande à déclenchement automatique (sur état SF ou SD) associée à un chemin par conteneurs virtuels (VC); ou
- 2) d'une indication d'état du processus de sécurisation par conteneurs virtuels (VC) (attente de rétablissement, absence de demande); ou
- 3) d'une commande externe de déclenchement (annulation, verrouillage, commutation forcée, commutation manuelle).

Pour l'architecture dédiée de type 1 + 1, toutes les demandes sont locales. La priorité de ces demandes locales est indiquée dans le Tableau 7-6.

NOTES

1 Une commutation forcée de protection ne devrait pas être préemptée par une indication de défaut de signal sur la voie (ou canal) de protection. Comme on exécute ici une commutation unilatérale dédiée et qu'aucun protocole APS n'est assuré sur la voie (ou canal) de protection, l'indication d'un défaut de signal sur la voie (ou canal) de protection n'empêche pas d'effectuer une commutation forcée sur le secours.

2 Le numéro de la voie en service normal n'a pas besoin de faire partie des commandes de commutation car un système à protection dédiée de type 1 + 1 ne possède qu'une seule voie en service normal et une seule voie de protection.

TABLEAU 7-6/G.841

Priorité des demandes locales

Demande locale (soit: commande déclenchée automatiquement, indication d'état ou commande externe de déclenchement)	Niveau de priorité
Annulation	Le plus élevé Le moins élevé
Verrouillage du mécanisme de protection	
Commutation forcée	
Défaut de signal	
Dégradation de signal	
Commutation manuelle	
Attente de rétablissement	
Absence de demande	

7.4.4.1.1 Commandes externes de déclenchement

Les commandes externes de déclenchement sont énumérées ci-dessous dans l'ordre décroissant des priorités. Ces commandes sont applicables aux opérations en mode réversible aussi bien qu'irréversible. Selon le mode opératoire, certaines commandes pourront cependant aboutir au même résultat pratique. La caractéristique fonctionnelle de chaque commande est décrite ci-après.

7.4.4.1.1.1 annulation: Cette commande annule toutes les commandes de commutation énumérées ci-après.

7.4.4.1.1.2 verrouillage du mécanisme de protection (LP) (*lockout of protection*): Cette commande empêche le sélecteur, en émettant une demande de verrouillage de la protection, de commuter sur le chemin de protection à conteneurs virtuels (VC).

7.4.4.1.1.3 commutation forcée de protection (FS-P) (*forced switch to protection*): Cette commande demande au sélecteur de commuter le chemin de service normal à conteneurs virtuels (VC) sur le chemin de protection à conteneurs virtuels (VC) (à moins qu'une demande de commutation de priorité égale ou supérieure ne soit en cours de traitement).

Remplacée par une version plus récente

7.4.4.1.1.4 commutation forcée sur canal normal (FS-W) (*forced switch to working*): Cette commande demande au sélecteur de commuter le chemin de protection à conteneurs virtuels (VC) sur le chemin de service normal à conteneurs virtuels (VC) (à moins qu'une demande de commutation de priorité égale ou supérieure ne soit en cours de traitement).

NOTE – La commande FS-W n'est unique que dans les systèmes à protection dédiée de type 1 + 1 en mode irréversible car la commande LP produirait le même effet dans un système réversible. Comme la commutation forcée a une priorité plus élevée que les commandes sur défaut de signal ou dégradation de signal sur le chemin de service normal à conteneurs virtuels (VC), cette commande sera suivie d'effet quel que soit l'état du chemin de service normal à conteneurs virtuels (VC).

7.4.4.1.1.5 commutation manuelle de protection (MS-P) (*manual switch to protection*): Cette commande demande au sélecteur de commuter le chemin de service normal à conteneurs virtuels (VC) sur le chemin de protection à conteneurs virtuels (VC) (à moins qu'une demande de commutation de priorité égale ou supérieure ne soit en cours de traitement).

7.4.4.1.1.6 reconnexion manuelle sur canal normal (MS-W) (*manual switch to working*): Cette commande demande au sélecteur de commuter le chemin de protection à conteneurs virtuels (VC) sur le chemin de service normal à conteneurs virtuels (VC) (à moins qu'une demande de commutation de priorité égale ou supérieure ne soit en cours de traitement).

NOTE – La commande MS-W n'est unique que dans les systèmes à protection dédiée de type 1 + 1 en mode irréversible car la commande d'annulation conduirait le même effet dans un système réversible. Comme la commutation manuelle a une priorité moins élevée que les commandes sur défaut de signal ou dégradation de signal sur un chemin de service normal à conteneurs virtuels (VC), cette commande ne sera suivie d'effet que si le chemin de service normal à conteneurs virtuels (VC) n'est pas dans l'état SF ou SD.

7.4.4.1.2 Commandes automatiques de déclenchement

Les deux commandes automatiques de déclenchement sont le défaut de signal (SF) et la dégradation de signal (SD).

7.4.4.1.2.1 Commandes de niveau supérieur déclenchées automatiquement

Pour les conteneurs virtuels (VC) de niveau supérieur, la commande déclenchée automatiquement sur défaut de signal est définie comme signalant la présence d'un ou de plusieurs des états de défaut suivants, détectés par la fonction de terminaison de conduit de niveau supérieur (voir la Recommandation G.783):

- défaut de signal de serveur dans un conduit de niveau supérieur (HP-SSF). Ce type de défaut est la conséquence de pannes dans la couche serveur telles qu'une perte de pointeur pour une unité administrative (AU-LOP) ou un signal AU-AIS;
- défaut dû à un conduit de niveau supérieur non équipé (HP-UNEQ);
- défaut dû à une discordance entre identificateurs de repérage dans un conduit de niveau supérieur (HP-TIM) (si la détection de cet état est rendue possible par le fournisseur de réseau utilisé);
- défaut dû à des erreurs excessives dans un conduit de niveau supérieur (HP-EXC) (si la détection de cet état est rendue possible par le fournisseur de réseau utilisé).

Les contributions des défauts de type HP-EXC et HP-TIM à l'état SF sont facultatives et leurs définitions feront l'objet d'une étude ultérieure.

Pour les conteneurs virtuels (VC) de niveau supérieur, la commande déclenchée automatiquement sur dégradation de signal est définie comme signalant la présence de l'état de défaut suivant, détecté par la fonction de terminaison de conduit de niveau supérieur (décrite dans la Recommandation G.783):

- défaut dû à une dégradation d'un conduit de niveau supérieur (HP-DEG).

7.4.4.1.2.2 Commandes de niveau inférieur déclenchées automatiquement

Pour les conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur, la commande déclenchée automatiquement sur défaut de signal est définie comme signalant la présence d'un ou de plusieurs des états de défaut suivants, détectés par la fonction de terminaison de conduit de niveau inférieur (voir la Recommandation G.783):

- défaut de signal de serveur dans un conduit de niveau inférieur (LP-SSF). Ce type de défaut est la conséquence de pannes dans la couche serveur telles qu'une perte de pointeur pour une unité d'affluent (TU-LOP) ou un signal TU-AIS;
- défaut dû à un conduit de niveau inférieur non équipé (LP-UNEQ);
- défaut dû à une discordance entre identificateurs de repérage dans un conduit de niveau inférieur (LP-TIM) (si la détection de cet état est rendue possible par le fournisseur de réseau utilisé);

Remplacée par une version plus récente

- défaut dû à des erreurs excessives dans un conduit de niveau inférieur (LP-EXC) (si la détection de cet état est rendue possible par le fournisseur de réseau utilisé).

Les contributions des défauts de type LP-EXC et LP-TIM à l'état SF sont facultatives et leurs définitions feront l'objet d'une étude ultérieure.

Pour les conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur, la commande déclenchée automatiquement sur dégradation de signal est définie comme signalant la présence de l'état de défaut suivant, détecté par la fonction de terminaison de conduit de niveau inférieur (décrite dans la Recommandation G.783):

- défaut dû à une dégradation d'un conduit de niveau inférieur (LP-DEG).

7.4.4.2 Protection de type 1 + 1 bilatérale

Ce mode de protection fera l'objet d'une étude ultérieure.

7.4.4.3 Protection de type 1:1

Ce mode de protection fera l'objet d'une étude ultérieure.

7.4.5 Protocole de commutation de protection

7.4.5.1 Protection de type 1 + 1 unilatérale

Dans cette architecture, aucune voie de commutation APS n'est requise.

7.4.5.2 Protection de type 1 + 1 bilatérale

Dans le cas des conteneurs de niveau supérieur, chaque voie de commutation APS peut faire usage des bits 1 à 4 de l'octet K3 (ancien octet Z4). Dans le cas des conteneurs de niveau inférieur, chaque voie de commutation APS peut faire usage des bits 1 à 4 de l'octet K4 (ancien octet Z7). Le protocole spécifique fera l'objet d'une étude ultérieure.

7.4.5.3 Protection de type 1:1

Ce mode de protection fera l'objet d'une étude ultérieure.

7.4.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection

7.4.6.1 Protection de type 1 + 1 unilatérale

7.4.6.1.1 Commande de la dérivation

Dans l'architecture dédiée de type 1 + 1, chaque voie en service normal est dérivée en permanence sur protection.

7.4.6.1.2 Commande du sélecteur

Dans l'architecture dédiée de type 1 + 1 en intervention unilatérale, le sélecteur est commandé par la situation locale, par l'état ou par la commande externe de déclenchement qui possède la priorité la plus élevée. Chaque extrémité fonctionne donc indépendamment de l'autre extrémité. Si une situation de priorité égale (par exemple SF, SD) existe sur les deux voies, la commutation ne doit pas être effectuée. (On notera que cet algorithme ne fait aucune distinction entre les «degrés de sévérité» d'une dégradation de signal car seule l'existence d'une dégradation de signal est détectée.)

Pour les commandes à déclenchement automatique, le temps de commutation du secours doit être aussi court que possible. Une valeur de 50 ms a été proposée comme objectif. Des préoccupations ont été exprimées au sujet de cette durée recherchée, dans le cas où de nombreux chemins sont en jeu. Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure. Le temps de commutation exclut le temps de la détection nécessaire pour déclencher la commutation de protection, ainsi que le temps d'attente de protection.

7.4.6.1.2.1 Mode réversible

Dans le mode de fonctionnement réversible, chaque voie en service normal doit être rétablie, c'est-à-dire que le signal acheminé par le chemin de protection doit être recommuté sur le chemin de service normal lorsque celui-ci a été rétabli.

Afin d'éviter un fonctionnement fréquent du sélecteur à cause d'un défaut intermittent, un chemin perturbé doit devenir exempt de défaut. Une fois que le chemin perturbé satisfait à cette condition (et si aucune autre commande à déclenchement externe n'est présente) un intervalle de temps fixe doit s'écouler avant que ce chemin puisse être de nouveau utilisé comme voie en service normal. Cette période est appelée délai d'attente de rétablissement (WTR). Il

Remplacée par une version plus récente

convient qu'elle soit comprise entre 5 et 12 minutes et qu'elle puisse être réglée par échelons d'une seconde. Au cours de ce délai, aucune commutation ne se produit. Un état SF ou SD a priorité sur l'état WTR. Une fois la période WTR écoulée, un état NR (absence de demande) est signalé. La reconnexion se produit alors de la voie (ou canal) de protection à la voie en service normal.

NOTE – Ce mode réversible pourrait être utilisé pour assurer certains services dont l'itinéraire physique le plus court est conservé en conditions d'absence de défaut sur une chaîne de connexion bilatérale.

7.4.6.1.2.2 Mode irréversible

Lorsque le chemin perturbé n'est plus dans l'état SD ou SF et qu'aucune autre commande à déclenchement externe n'est plus présente, un état NR est signalé. Durant cet état, aucune reconnexion ne se produit.

7.4.6.2 Protection de type 1 + 1 bilatérale

Ce mode de protection fera l'objet d'une étude ultérieure.

7.4.6.3 Protection de type 1:1

Ce mode de protection fera l'objet d'une étude ultérieure.

8 Protection de connexion de sous-réseau SDH

8.1 Architecture du réseau

De façon générale, la protection par connexion de sous-réseau avec surveillance intrinsèque (SNC/I) est utilisée pour protéger la couche serveur contre les pannes. Le processus de sécurisation et le processus de détection des défauts sont effectués dans deux couches adjacentes. La couche serveur effectue le processus de détection des défauts et en fait suivre le résultat à la couche des clients au moyen du signal SSF (défaut de signal du serveur).

De façon générale, la protection par connexion de sous-réseau avec surveillance non intrusive (SNC/N) est utilisée pour protéger la couche serveur contre les pannes et la couche des clients contre les pannes et les dégradations.

La protection par connexion de sous-réseau de niveau inférieur ou supérieur est un autre mode de protection de la couche des conduits. Il s'agit d'un mécanisme de protection dédiée qui peut être utilisé dans différentes structures de réseau: maillés, annulaires, etc.

Il s'agit d'une protection dédiée (1 + 1) ou d'une protection partagée (1:1) dans laquelle le trafic normal et le trafic secours sont émis sur deux itinéraires distincts par l'extrémité d'émission d'une connexion de sous-réseau. La protection partagée à structure de type 1:1 est en mesure d'accepter du trafic supplémentaire.

Dans le cas de la protection dédiée à structure 1 + 1, l'extrémité d'émission est dérivée en permanence. Son trafic sera émis à la fois sur les connexions de sous-réseau en service normal et de protection. A l'extrémité de réception de la connexion SNC, une reconnexion du secours est effectuée pour sélectionner l'un des signaux, sur la base d'informations purement locales. Aucun protocole de commutation APS n'est requis pour ce procédé de sécurisation si celle-ci est unilatérale.

Dans le cas d'une sécurisation bilatérale, d'une protection dédiée de type 1:1 ou en trafic supplémentaire dans le chemin de protection, un protocole de commutation APS est requis pour coordonner les interventions locales et distantes de dérivation-reconnexion. Cela peut nécessiter la mise en œuvre d'une technique de stratification en sous-couches, qui fera l'objet d'une étude ultérieure.

8.2 Objectifs du réseau

Les objectifs suivants s'appliquent aux réseaux:

- 1) *Temps de commutation* – L'algorithme pour la protection par connexions de sous-réseau de niveau inférieur/supérieur doit fonctionner aussi rapidement que possible. Une valeur de 50 ms a été proposée comme objectif. Des préoccupations ont été exprimées au sujet de cette durée recherchée, dans le cas où de nombreuses connexions de sous-réseau sont en jeu. Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure. Le temps de commutation exclut le temps de la détection nécessaire pour déclencher la commutation de protection, ainsi que le temps d'attente de protection.
- 2) *Délai de transmission* – La protection unilatérale en structure dédiée de type 1 + 1 ne nécessite pas la transmission de signaux de commutation APS, si bien qu'il n'y a pas de délai de transmission de signaux.

Remplacée par une version plus récente

- 3) *Temps d'attente de protection* – Les temps d'attente de protection sont utiles lors de l'interfonctionnement de plusieurs procédés de sécurisation. L'objectif visé est que ces durées puissent être rendues possibles sur la base de connexions de sous-réseau individuelles. Il y a lieu que l'état de défaut fasse l'objet d'un suivi continu pendant toute la durée du temps d'attente de protection, qui précède la commutation proprement dite. Il convient donc que les temps d'attente de protection puissent être profilés entre 0 et 10 secondes, par échelons de l'ordre de 100 ms.
- 4) *Etendue de la protection* – La protection par connexions de sous-réseau de niveau inférieur/supérieur doit rétablir tout le trafic (sauf le trafic supplémentaire) qui a été interrompu à cause d'une panne dans une maille de réseau qui a été désignée comme faisant partie d'un procédé de sécurisation par connexions de sous-réseau.
- 5) *Types de protection* – Il y a lieu que la protection par connexion SNC dédiée soit compatible avec la commutation unilatérale. D'autres architectures feront l'objet d'une étude ultérieure.
- 6) *Protocole et algorithme de commutation APS* – La protection par connexion SNC dédiée doit si possible fonctionner de manière similaire dans la couche des niveaux supérieurs et dans celle des niveaux inférieurs.
- 7) *Modes opératoires* – Il y a lieu que la commutation unilatérale dédiée soit compatible avec la commutation en mode réversible, avec la commutation en mode irréversible ou avec ces deux modes. Une étude ultérieure traitera de la commutation bilatérale de type 1:1 en mode réversible avec trafic supplémentaire. (On notera qu'un avantage majeur de l'architecture de protection de type 1:1 est sa capacité de transporter du trafic supplémentaire.) Il convient que le routage du trafic en service normal (c'est-à-dire le routage uniforme ou la diversité de routage) ne soit pas limité par le procédé de sécurisation par connexion de sous-réseau (SNC). L'opérateur du réseau a le choix entre le routage uniforme et la diversité de routage, pour chaque connexion SNC.
- 8) *Commande manuelle* – Des commandes externes de déclenchement peuvent être prévues pour la commande manuelle des commutations de protection, par les systèmes d'exploitation ou par des agents. Les commandes externes de déclenchement sont l'ensemble (ou un sous-ensemble) de celles qui sont utilisées pour la protection d'arc de sections de multiplexage.
- 9) *Critères de déclenchement d'une commutation de protection* – Il convient que les critères de déclenchement d'une commutation de protection (ou secours) pour un défaut de signal (SF) et/ou une dégradation de signal (SD) – la qualité étant exprimée en termes de taux d'erreurs sur les bits ou de taux d'erreurs sur les blocs – soient en harmonie avec les définitions qui figurent dans la Recommandation G.783. Pour la protection par connexions de sous-réseau, il y a lieu que les critères de déclenchement d'une commutation de protection (ou secours) soient identiques à ceux de la protection correspondante par chemin à conteneurs virtuels (VC).

8.3 Architecture d'application

8.3.1 Routage

Les modes de routage suivants s'appliquent aux voies en service normal en conditions de non-dérangement. A titre de principe général, il y a lieu que les voies (ou canaux) de protection suivent, dans chaque sens de transmission, un itinéraire distinct de celui des voies en service normal.

Comme indiqué au 8.2.7), l'opérateur du réseau a le choix entre le routage uniforme et la diversité de routage, connexion SNC par connexion SNC. Dans le cas le plus simple, où les connexions SNC en service normal et les connexions SNC de protection empruntent des itinéraires distincts, les Figures 7-9 et 7-10 illustrent la différence de configuration d'un nœud entre routage uniforme et diversité de routage pour une protection dédiée de type 1 + 1. Dans le cas d'une protection d'arc d'une connexion SNC, les nœuds illustrés peuvent [contrairement à la protection d'arc par conteneurs virtuels (VC)] ne pas contenir toujours la terminaison des connexions SNC en cause.

La Figure 7-9 a) montre un nœud utilisant le routage uniforme à protection dédiée de type 1 + 1, en conditions d'exploitation normale. Une dérivation est utilisée pour transmettre simultanément des signaux sur les connexions SNC en service normal et de protection. Le récepteur effectue une reconnexion afin de sélectionner la connexion SNC en service normal en conditions d'exploitation normale. On notera que les connexions SNC en service normal sont implantées sur les mêmes ressources (c'est-à-dire à gauche du nœud). La Figure 7-9 b) montre l'état du nœud lorsqu'il y a un dérangement dans la connexion SNC en service normal. Dans ce cas, le récepteur détectera la perte de signal et se commutera sur la connexion SNC de protection.

Remplacée par une version plus récente

La Figure 7-10 a) montre un nœud faisant appel à la diversité de routage à protection dédiée de type 1 + 1, en conditions d'exploitation normale. Une dérivation est utilisée pour transmettre simultanément des signaux sur les connexions SNC en service normal et de protection. Le récepteur effectue une reconnexion afin de sélectionner la connexion SNC en service normal en conditions d'exploitation normale. On notera que les connexions SNC en service normal sont implantées sur des ressources différentes (c'est-à-dire qu'une connexion SNC est à gauche du nœud et l'autre à droite). La Figure 7-10 b) montre l'état du nœud lorsqu'il y a un dérangement dans la connexion SNC en service normal. Dans ce cas, le récepteur détectera la perte de signal et se commutera sur la connexion SNC de protection.

8.3.2 Protection de type 1 + 1 unilatérale

La Figure 8-1 a) illustre la protection SNC par diversité de routage avec transmission du trafic entre les nœuds A et C. Le trafic inséré au nœud A est envoyé au nœud C par différentes connexions SNC dans les deux sens (par exemple une connexion SNC en service normal et une connexion SNC de protection). En conditions d'exploitation normale, le récepteur situé au nœud C sélectionne le trafic utile. Lorsqu'il y a une panne dans la connexion SNC en service normal, comme représenté sur la Figure 8-1 b), l'extrémité de destination sélectionne la connexion SNC de protection. S'il y a une panne dans la connexion SNC de protection, comme représenté sur la Figure 8-1 c), le récepteur n'a pas besoin de reconfigurer et continue à détecter le trafic issu de la connexion SNC en service normal.

Les connexions SNC routées en diversité sont capables de survivre à certaines pannes multiples, y compris des sectionnements de câble, si le résultat de ces pannes est de perturber la même connexion SNC, comme représenté sur la Figure 8-2 a). La connectivité sera rompue s'il se produit des pannes qui affectent les deux types de connexion SNC, comme représenté sur la Figure 8-2 b). La Figure 8-2 c) montre un exemple de commutation de protection (ou secours) en raison d'une panne nodale. Le trafic aboutissant au nœud perturbé sera interrompu mais le trafic conduit vers d'autres nœuds pourra survivre grâce à une commutation sur connexion SNC de protection.

8.3.3 Autres architectures

La commutation bilatérale en structure de type 1:1 réversible avec trafic supplémentaire fera l'objet d'une étude ultérieure.

8.4 Critères de déclenchement de la commutation

8.4.1 Protection de type 1 + 1 unilatérale

Une demande de protection peut prendre la forme:

- 1) d'une commande à déclenchement automatique (sur état SF ou SD) associée à une connexion SNC par conteneurs virtuels (VC); ou
- 2) d'une indication d'état du processus de sécurisation par connexion SNC (attente de rétablissement, absence de demande); ou
- 3) d'une commande externe de déclenchement (annulation, verrouillage, commutation forcée, commutation manuelle).

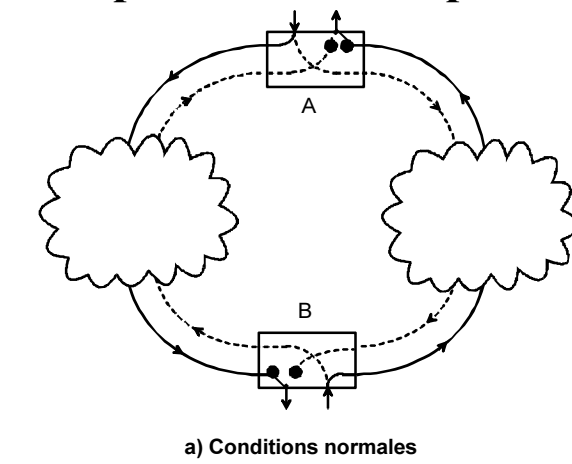
Pour l'architecture dédiée de type 1 + 1, toutes les demandes sont locales. La priorité de ces demandes locales est indiquée dans le Tableau 8-1.

NOTES

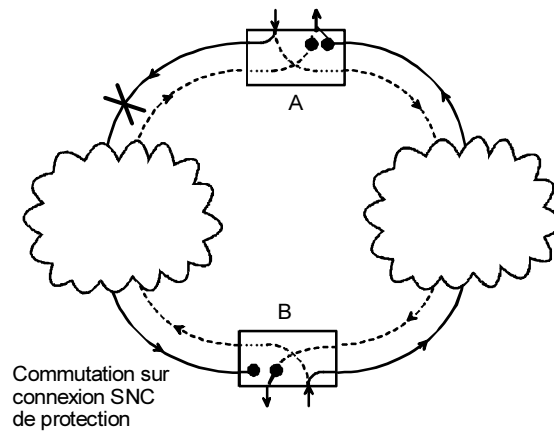
1 Une commutation forcée de protection ne devrait pas être préemptée par une indication de défaut de signal sur la voie (ou canal) de protection. Comme on exécute ici une commutation unilatérale dédiée et qu'aucun protocole APS n'est assuré sur la voie (ou canal) de protection, l'indication d'un défaut de signal sur la voie (ou canal) de protection n'empêche pas d'effectuer une commutation forcée sur le secours.

2 Le numéro de la voie en service normal n'a pas besoin de faire partie des commandes de commutation car un système à protection dédiée de type 1 + 1 ne possède qu'une seule voie en service normal et une seule voie de protection.

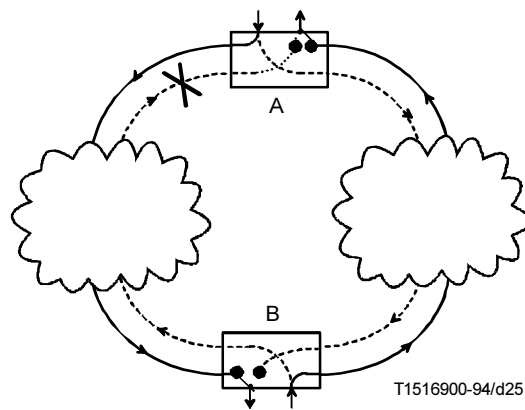
Remplacée par une version plus récente



a) Conditions normales



b) Panne unilatérale – Fibre 1

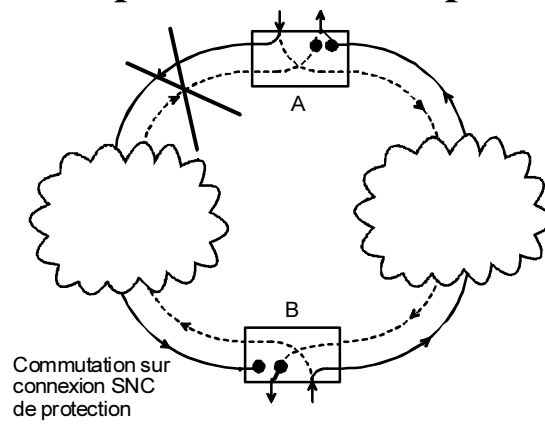


c) Panne unilatérale – Fibre 2

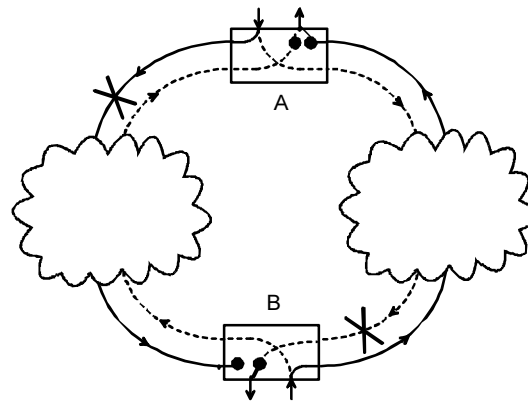
FIGURE 8-1/G.841

Réseau à deux fibres à protection dédiée d'une connexion SNC par diversité de routage sur panne localisée

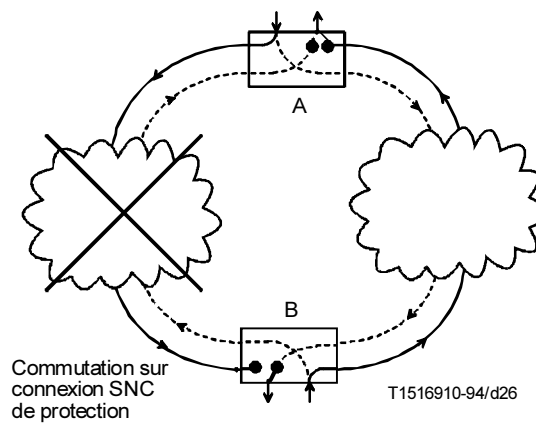
Remplacée par une version plus récente



a) Pannes multiples – Sectionnement de câble



b) Panne multiples – pannes distinctes dans les fibres 1 et 2
Transmission interrompue



c) Panne nodale dans la connexion SNC

FIGURE 8-2/G.841

Réseau à deux fibres à protection dédiée d'une connexion SNC par diversité de routage sur pannes multiples

Remplacée par une version plus récente

TABLEAU 8-1/G.841

Priorité des demandes locales

Demande locale (soit: commande déclenchée automatiquement, indication d'état ou commande externe de déclenchement)	Niveau de priorité
Annulation	Le plus élevé
Verrouillage du mécanisme de protection	
Commutation forcée	
Défaut de signal	
Dégradation de signal	
Commutation manuelle	
Attente de rétablissement	
Absence de demande	Le moins élevé

8.4.1.1 Commandes externes de déclenchement

Les commandes externes de déclenchement sont énumérées ci-dessous dans l'ordre décroissant des priorités. Ces commandes sont applicables aux opérations en mode réversible aussi bien qu'irréversible. Selon le mode opératoire, certaines commandes pourront cependant aboutir au même résultat pratique. La caractéristique fonctionnelle de chaque commande est décrite ci-après.

8.4.1.1.1 annulation: Cette commande annule toutes les commandes de commutation énumérées ci-après.

8.4.1.1.2 verrouillage du mécanisme de protection (LP) (*lockout of protection*): Cette commande empêche le sélecteur, en émettant une demande de verrouillage de la protection, de commuter sur la connexion SNC de protection à conteneurs virtuels (VC).

8.4.1.1.3 commutation forcée de protection (FS-P) (*forced switch to protection*): Cette commande demande au sélecteur de commuter la connexion SNC en service normal à conteneurs virtuels (VC) sur la connexion SNC de protection à conteneurs virtuels (VC) (à moins qu'une demande de commutation de priorité égale ou supérieure ne soit en cours de traitement).

8.4.1.1.4 commutation forcée sur canal normal (FS-W) (*forced switch to working*): Cette commande demande au sélecteur de commuter la connexion SNC de protection à conteneurs virtuels (VC) sur la connexion SNC en service normal à conteneurs virtuels (VC) (à moins qu'une demande de commutation de priorité égale ou supérieure ne soit en cours de traitement).

NOTE – La commande FS-W n'est unique que dans les systèmes à protection dédiée de type 1 + 1 en mode irréversible car la commande LP produirait le même effet dans un système réversible. Comme la commutation forcée a une priorité plus élevée que les commandes sur défaut de signal ou dégradation de signal sur la connexion SNC en service normal à conteneurs virtuels (VC), cette commande sera suivie d'effet quel que soit l'état de la connexion SNC en service normal à conteneurs virtuels (VC).

8.4.1.1.5 commutation manuelle de protection (MS-P) (*manual switch to protection*): Cette commande demande au sélecteur de commuter la connexion SNC en service normal à conteneurs virtuels (VC) sur la connexion SNC de protection à conteneurs virtuels (VC) (à moins qu'une demande de commutation de priorité égale ou supérieure ne soit en cours de traitement).

8.4.1.1.6 reconnexion manuelle sur canal normal (MS-W) (*manual switch to working*): Cette commande demande au sélecteur de commuter la connexion SNC de protection à conteneurs virtuels (VC) sur la connexion SNC en service normal à conteneurs virtuels (VC) (à moins qu'une demande de commutation de priorité égale ou supérieure ne soit en cours de traitement).

NOTE – La commande MS-W n'est unique que dans les systèmes à protection dédiée de type 1 + 1 en mode irréversible car la commande d'annulation conduirait le même effet dans un système réversible. Comme la commutation manuelle a une priorité plus élevée que les commandes sur défaut de signal ou dégradation de signal sur une connexion SNC en service normal à conteneurs virtuels (VC), cette commande ne sera suivie d'effet que si la connexion SNC en service normal à conteneurs virtuels (VC) ne reçoit pas une commande à déclenchement automatique sur état SF ou SD.

Remplacée par une version plus récente

8.4.1.2 Commandes automatiques de déclenchement

Les deux commandes automatiques de déclenchement sont le défaut de signal (SF) et la dégradation de signal (SD).

8.4.1.2.1 Commandes de niveau supérieur déclenchées automatiquement

Pour les conteneurs virtuels (VC) de niveau supérieur, la commande déclenchée automatiquement sur défaut de signal est définie comme signalant la présence d'un ou de plusieurs des états de défaut suivants, détectés par la fonction de surveillance du surdébit d'un conduit de niveau supérieur (voir la Recommandation G.783).

Dans le cas des connexions de types SNC/N et SNC/I:

- défaut de signal de serveur dans un conduit de niveau supérieur (HP-SSF). Ce type de défaut est la conséquence de pannes dans la couche serveur telles qu'une perte de pointeur pour une unité administrative (AU-LOP) ou un signal AU-AIS.

Dans le cas des connexions de type SNC/N uniquement:

- défaut dû à un conduit de niveau supérieur non équipé (HP-UNEQ);
- défaut dû à une discordance entre identificateurs de repérage dans un conduit de niveau supérieur (HP-TIM) (si la détection de cet état est rendue possible par le fournisseur de réseau utilisé);
- défaut dû à des erreurs excessives dans un conduit de niveau supérieur (HP-EXC) (si la détection de cet état est rendue possible par le fournisseur de réseau utilisé).

Les contributions des défauts de type HP-EXC et HP-TIM à l'état SF sont facultatives et leurs définitions feront l'objet d'une étude ultérieure.

Pour les conteneurs virtuels (VC) de niveau supérieur, utilisant les connexions de type SNC/N, la commande déclenchée automatiquement sur dégradation de signal est définie comme signalant la présence de l'état de défaut suivant, détecté par la fonction de surveillance du surdébit d'un conduit de niveau supérieur (décrite dans la Recommandation G.783):

- défaut dû à une dégradation d'un conduit de niveau supérieur (HP-DEG).

8.4.1.2.2 Commandes de niveau inférieur déclenchées automatiquement

Pour les conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur, la commande déclenchée automatiquement sur défaut de signal est définie comme signalant la présence d'un ou de plusieurs des états de défaut suivants, détectés par la fonction de surveillance du surdébit d'un conduit de niveau inférieur (voir la Recommandation G.783).

Dans le cas des connexions de types SNC/N et SNC/I:

- défaut de signal de serveur dans un conduit de niveau inférieur (LP-SSF). Ce type de défaut est la conséquence de pannes dans la couche serveur telles qu'une perte de pointeur pour une unité d'affluent (TU-LOP) ou un signal TU-AIS.

Dans le cas des connexions de type SNC/N uniquement:

- défaut dû à un conduit de niveau inférieur non équipé (LP-UNEQ);
- défaut dû à une discordance entre identificateurs de repérage dans un conduit de niveau inférieur (LP-TIM) (si la détection de cet état est rendue possible par le fournisseur de réseau utilisé);
- défaut dû à des erreurs excessives dans un conduit de niveau inférieur (LP-EXC) (si la détection de cet état est rendue possible par le fournisseur de réseau utilisé).

Les contributions des défauts de type LP-EXC et LP-TIM à l'état SF sont facultatives et leurs définitions feront l'objet d'une étude ultérieure.

Pour les conteneurs virtuels (VC) de niveau inférieur, la commande déclenchée automatiquement sur dégradation de signal est définie comme signalant la présence de l'état de défaut suivant, détecté par la fonction de surveillance du surdébit d'un conduit de niveau inférieur (décrite dans la Recommandation G.783):

- défaut dû à une dégradation d'un conduit de niveau inférieur (LP-DEG).

8.4.2 Autres architectures

Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure.

Remplacée par une version plus récente

8.5 Protocole de commutation de protection (ou secours)

8.5.1 Protection de type 1 + 1 unilatérale

Dans cette architecture, aucune voie de commutation APS n'est requise.

8.5.2 Autres architectures

Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure.

8.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection

8.6.1 Algorithme de protection de type 1 + 1 unilatérale

8.6.1.1 Commande de la dérivation

Dans l'architecture dédiée de type 1 + 1, chaque voie en service normal est dérivée en permanence sur protection.

8.6.1.2 Commande du sélecteur

Dans l'architecture dédiée de type 1 + 1 en intervention unilatérale, le sélecteur est commandé par la situation locale, par l'état ou par la commande externe de déclenchement qui possède la priorité la plus élevée. Chaque extrémité fonctionne donc indépendamment de l'autre extrémité. Si une situation de priorité égale (par exemple SF, SD) existe sur les deux voies, la commutation ne doit pas être effectuée. (On notera que cet algorithme ne fait aucune distinction entre les «degrés de sévérité» d'une dégradation de signal car seule l'existence d'une dégradation de signal est détectée.)

Pour les commandes à déclenchement automatique, le temps de commutation du secours doit être aussi court que possible. Une valeur de 50 ms a été proposée comme objectif. Des préoccupations ont été exprimées au sujet de cette durée recherchée, dans le cas où de nombreuses connexions SNC sont en jeu. Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure. Le temps de commutation exclut le temps de la détection nécessaire pour déclencher la commutation de protection (ou secours), ainsi que le temps d'attente de protection.

8.6.1.2.1 Mode réversible

Dans le mode de fonctionnement réversible, chaque voie en service normal doit être rétablie, c'est-à-dire que le signal acheminé par la connexion SNC de protection doit être recommuté sur la connexion SNC en service normal lorsque celle-ci a été rétablie.

Afin d'éviter un fonctionnement fréquent du sélecteur à cause d'un défaut intermittent, une connexion SNC perturbée doit devenir exempte de défaut. Une fois que la connexion SNC perturbée satisfait à cette condition (et si aucune autre commande à déclenchement externe n'est présente) un intervalle de temps fixe doit s'écouler avant que cette connexion SNC puisse être de nouveau utilisée comme voie en service normal. Cette période est appelée délai d'attente de rétablissement (WTR). Il convient qu'elle soit comprise entre 5 et 12 minutes et qu'elle puisse être réglée par échelons d'une seconde. Au cours de ce délai, aucune commutation ne se produit. Une commande à déclenchement automatique sur état SF ou SD a priorité sur l'état WTR. Une fois la période WTR écoulée, un état NR (absence de demande) est signalé. La reconnexion se produit alors de la voie (ou canal) de protection à la voie en service normal.

NOTE – Ce mode réversible pourrait être utilisé pour assurer certains services dont l'itinéraire physique le plus court est conservé en conditions d'absence de défaut sur une chaîne de connexion bilatérale.

8.6.1.2.2 Mode irréversible

Lorsque la connexion SNC perturbée n'est plus dans l'état SD ou SF et qu'aucune autre commande à déclenchement externe n'est plus présente, un état NR est signalé. Durant cet état, aucune reconnexion ne se produit.

8.6.2 Autres architectures

Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure.

Remplacée par une version plus récente

Annexe A

Anneaux à protection partagée des sections de multiplexage (application transocéanique)

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

A.1 Application

Etant donné le caractère unique des systèmes intercontinentaux, c'est-à-dire de très longs itinéraires de transmission, la méthode générique décrite pour les anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage n'est pas suffisante. Lors de certains types de pannes, une adaptation totale des anneaux à protection générique partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage conduirait au rétablissement d'itinéraires de transmission qui traverseraient trois fois un océan. Les délais dus à une telle façon de faire ne conduiraient qu'à une dégradation de la qualité de fonctionnement.

La présente annexe, relative à la mise en œuvre de l'option «application transocéanique», montre que l'on peut résoudre le problème susmentionné en utilisant le protocole existant mais en accroissant les interventions de commutation dans les nœuds du réseau. Il convient de noter que ces problèmes ne se manifesteront que sur des réseaux de transmission à grandes distances internodales, supérieures à 1500 km.

Lorsqu'une commutation de protection se produit dans un réseau d'anneau intercontinental, toutes les unités AU-4 affluentes qui sont affectées par la panne sont dérivées, par leur nœud d'origine, vers les voies de protection qui s'éloignent du point de panne. Une fois que les unités affluentes affectées sont parvenues à leur nœud de destination final, elles y sont recommutées vers leur point d'extraction initial, comme le montre la Figure A.1. Cette intervention s'effectue au moyen de cartes topologiques d'anneau, contenues dans les nœuds locaux, et du protocole de signalisation par octets K. Les différences entre les Figures 6-2 et A.1 sont celles qui sont dues à la longueur des voies de protection.

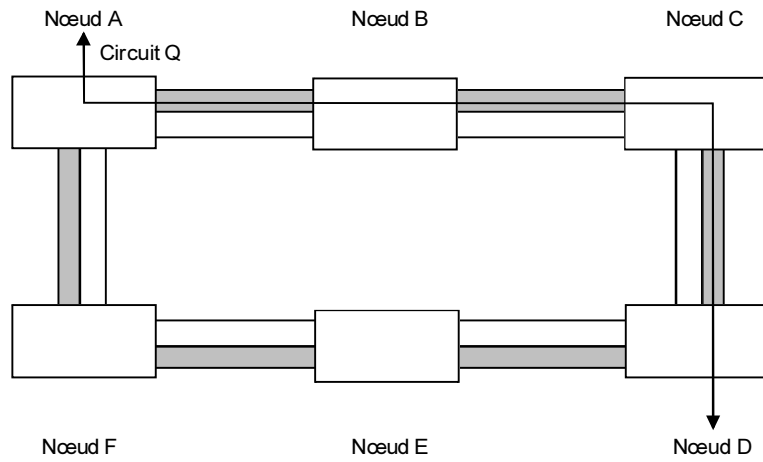
Pour les réseaux d'anneaux non intercontinentaux, le trafic supplémentaire reste à l'extérieur de l'anneau tant que la panne n'a pas été relevée. Comme seuls les affluents AU-4 affectés font l'objet de la protection pour le réseau annulaire intercontinental, le trafic supplémentaire préempté peut être rétabli sur les voies de protection qui ne sont pas utilisées pour le rétablissement du trafic en service normal. La voie de signalisation utilisée pour rétablir le trafic supplémentaire emprunte le canal DCC.

A.2 Objectifs réseau

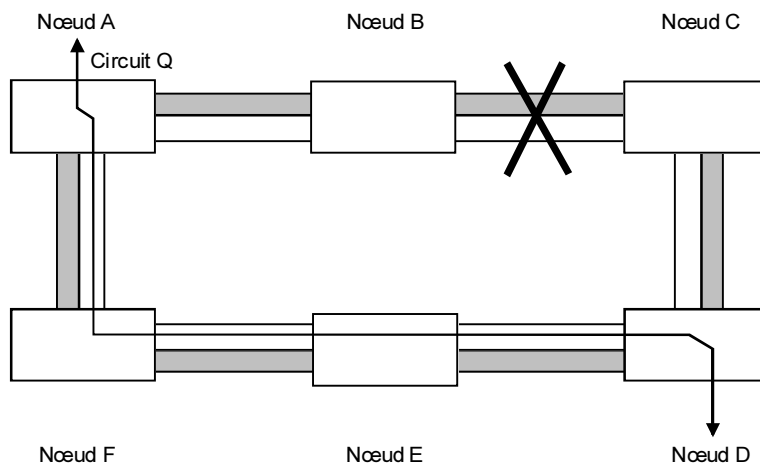
Pour les applications transocéaniques des anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage, certains objectifs supplémentaires s'appliquent aux réseaux.

- 1) *Temps de commutation* – Cet intervalle doit être inférieur à 300 ms, qu'il y ait ou non du trafic supplémentaire sur l'anneau. Cette prescription remplace l'objectif 1) du 7.2.2.
- 2) *Etendue de la protection* – L'objectif 4 b) du 7.2.2 est remplacé par le suivant: b) L'anneau doit rétablir tout le trafic possible, même en conditions de demandes de dérivation multiples de même priorité.
- 3) *Protocole et algorithme APS*
 - a) L'amortissement par groupes AUG n'est pas nécessaire. Cette prescription remplace l'objectif 6 j) du 7.2.2.
 - b) Pendant la durée d'une panne, le trafic supplémentaire préempté peut être recommuté sur les voies de protection non utilisées pour rétablir le trafic normal d'exploitation.
 - c) Dans les applications transocéaniques, des cartes topologiques d'anneau sont utilisées pour recommuter le trafic affecté par un dérangement dans les nœuds intermédiaires. Il y a lieu de mettre au point un mécanisme permettant de fournir automatiquement les données requises pour garantir la mise à jour de ces cartes. La ressource qu'il est proposé d'utiliser à cette fin est le canal DCC.
 - d) L'objectif 6 i) du 7.2.2 est remplacé par ce qui suit: i) Si une commutation d'anneau existe, qu'une défaillance d'égale priorité se produise sur un autre arc nécessitant une commutation d'anneau et que la priorité de la demande de dérivation soit du type défaut de signal (d'anneau) ou supérieure, les deux commutations sur protection d'anneau doivent être effectuées, ce qui se traduit par une segmentation de l'anneau en deux segments distincts.

Remplacée par une version plus récente



a) Etat normal



b) Etat de panne

T1516920-94/d27

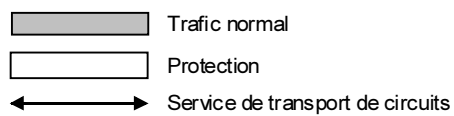


FIGURE A.1/G.841

Exemple de routage de circuit en cas d'état de panne pour une commutation d'anneau (application transocéanique)

Remplacée par une version plus récente

A.3 Architecture d'application

Un anneau à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage utilise, dans une application transocéanique, des indications relatives à la couche des sections de multiplexage en hiérarchie SDH afin de déclencher la commutation de protection. L'opération de commutation n'est alors effectuée que sur les affluents AU-4 affectés par la panne. Les indications relatives à la couche des sections de multiplexage comprennent les conditions de panne dans les sections de multiplexage et des messages de signalisation qui sont envoyés entre les nœuds afin de coordonner la commutation de protection de ces sections.

En cas de panne, tout nœud dont le trafic en est affecté effectue des commutations sur protection. A la différence des méthodes génériques exposées plus haut, aucun bouclage n'est établi. Des bouclages et des commutations aux seuls nœuds adjacents à une panne sont à l'origine des triples traversées d'océan subies par les itinéraires de rétablissement de trafic mentionnés ci-dessus. En configuration transocéanique, tous les nœuds sont donc autorisés à commuter et à utiliser le protocole existant, en liaison avec leurs cartes topologiques d'anneau. Comme dans les cas génériques décrits aux 7.2.1.1 et 7.2.1.2, le trafic affecté est réacheminé au-delà de la panne sur les voies de protection.

Le problème de la connexion erronée est éliminé pour l'application d'anneau transocéanique parce qu'il n'y a pas de bouclage aux nœuds de commutation. C'est le rebouclage sur les nœuds de commutation qui crée la probabilité de connexion erronée. En conséquence, l'amortissement décrit pour les anneaux à protection générique partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage n'est pas nécessaire. En outre, les pannes localisées et multiples qui sont à l'origine des commutations sur protection font l'objet d'un traitement identique, qui est une simple opération de dérivation-recommutation tirant parti des informations contenues dans les cartes topologiques d'anneau mentionnées plus haut.

A.4 Critères de commutation

Les critères indiqués dans 7.2.4 sont applicables, avec les interprétations supplémentaires suivantes:

A.4.1 commutation forcée sur anneau protégé (FS-R) (*forced switched working to protection-ring*): Cette commande effectue une commutation d'anneau des voies (ou canaux) en service normal vers les voies de protection, pour l'arc allant du nœud émetteur de la commande au nœud adjacent auquel la commande est destinée. Cette commutation se produit quel que soit l'état des voies de protection, à moins que celles-ci ne répondent à une demande de dérivation de priorité plus élevée ou qu'il n'y ait un défaut de signal (ou une erreur d'octet K) sur le conduit majeur des voies de protection. Dans les applications transocéaniques, la commande FS-R est supposée provoquer la même réponse de commutation que pour un sectionnement de câble sur l'arc joignant le nœud émetteur de la commande au nœud adjacent auquel cette commande est destinée. Comme dans le cas des sectionnements de câble, aucun bouclage n'est cependant effectué. Le trafic en service normal passant par deux nœuds quelconques qui utilisaient l'arc affecté est alors réacheminé au-delà de cet arc par les voies de protection.

A.4.2 commutation manuelle d'anneau (MS-R) (*manual switch-ring*): Pour les applications transocéaniques, la Note qui suit la description de la commande FS-R est applicable.

A.4.3 testeur dans un anneau (EXER-R) (*exercise-ring*): Pour les applications transocéaniques, aucun trafic supplémentaire n'est affecté non plus.

A.4.4 testeur dans un arc (EXER-S) (*exercise-spand*): Pour les applications transocéaniques, aucun trafic supplémentaire n'est affecté non plus.

Comme décrit dans 7.4.2, la demande de dérivation sur défaut de signal (SF) est utilisée pour protéger le trafic en service normal affecté par une panne matérielle, alors que la demande de dérivation sur dégradation de signal (SD) est utilisée pour protéger le trafic affecté par une panne logicielle. Les demandes de dérivation sont transmises sur les deux types de conduit: majeur et mineur. Chaque nœud intermédiaire vérifie l'identificateur du nœud de destination contenu dans la demande de dérivation par conduit majeur et fait suivre cette demande. Le nœud de destination reçoit la demande de dérivation, effectue l'opération demandée selon son niveau de priorité et envoie l'indication de dérivation effectuée. Pour les applications transocéaniques, cette activité se produit aussi bien dans les nœuds de commutation que dans les nœuds intermédiaires.

Comme décrit également au 7.4.2, la demande de dérivation sur délai WTR est utilisée pour éviter une oscillation fréquente entre voies de protection et voies (ou canaux) en service normal. Le but est de minimiser ces oscillations, car les commutations provoquent des discontinuités binaires. La demande de dérivation sur délai WTR n'est émise qu'à la suite d'un état SF ou SD et ne s'applique donc pas dans le cas de commandes externes de déclenchement. Pour les commutations d'anneaux en application transocéanique, une demande de dérivation sur délai WTR, reçue dans les deux sens par un nœud intermédiaire conduisant du trafic dérivé et reconverti, provoque le résultat suivant. Le nœud intermédiaire lance une commande de délai WTR local dont la durée est la moitié de celle du délai WTR indiqué au nœud de commutation. Pour les applications transocéaniques, le délai WTR est réglé à la même valeur dans tous les nœuds.

Remplacée par une version plus récente

A.5 Protocole de commutation de protection

Ce protocole est identique à celui qui est décrit au 7.2.5.

A.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection

Dans les applications transocéaniques, l'état de transfert dans les nœuds intermédiaires peut également impliquer une certaine activité de commutation lorsque des protections d'anneaux sont requises, comme décrit ci-dessous.

Dans les applications transocéaniques, des nœuds intermédiaires peuvent s'engager dans une certaine activité de commutation. Comme décrit au 6.2, tous les nœuds sont autorisés à commuter si leur trafic inséré/extrait est affecté par une panne. La détermination du trafic affecté est faite par examen des demandes de dérivation contenues dans les octets K1 (indiquant les nœuds adjacents à la panne ou aux pannes) et par examen des cartes topologiques d'anneau qui sont enregistrées (et qui indiquent la position relative de la panne ainsi que le trafic inséré/extrait qui devait passer par ce point). Seules les unités AU-4 affluentes qui sont affectées par la panne sont dérivées et recommutées, selon les mêmes règles que précédemment. Les détails spécifiques des opérations de dérivation-recommutation aux nœuds intermédiaires sont reproduits dans les figures donnant les exemples de l'Appendice I.

Les règles suivantes modifient ou élargissent celles qui figurent dans 7.2.6, afin de répondre aux besoins des applications transocéaniques.

Règle fondamentale #3 – ACTUALISATION DES BITS 6-8 DE L'OCTET K2: étant donné que «toutes les actions de dérivation-recommutation doivent se traduire par une actualisation des bits 6 à 8 de l'octet K2, à moins qu'il n'y ait une indication MS-RDI», cela ne se produit qu'aux nœuds de commutation dans les applications transocéaniques. Le reste de cette règle s'applique comme indiqué au 7.2.6.2.

Règle fondamentale #4 – Pour les applications transocéaniques, ce qui suit remplace la règle fondamentale #4: les demandes de dérivation (dues à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à la réception d'octets K) auront priorité sur d'autres demandes de dérivation selon l'ordre de préséance indiqué dans le Tableau 7-1. Les demandes de dérivation ont priorité sur les indications de statut de demande de dérivation, quel que soit le niveau de priorité de ces indications. Les signaux relatifs au statut des demandes de dérivation ne doivent jamais avoir priorité sur une demande de dérivation.

Règle I-S #1b – Comme les applications transocéaniques ne nécessitent pas d'amortissement, les opérations d'amortissement décrites dans cette règle ne sont pas applicables.

Règle S-S #1a – Comme les applications transocéaniques ne nécessitent pas d'amortissement, les opérations d'amortissement décrites dans cette règle ne sont pas applicables. Pour les applications transocéaniques seulement, ce qui suit remplace la règle S-S #1a:

- 1) La coexistence des commandes FS-R et SF-R n'est pas applicable aux applications transocéaniques.
- 2) Lorsqu'un nœud de commutation d'anneau reçoit la nouvelle demande de dérivation sur anneau protégé avec un code de statut «état de repos», ce nœud doit soit:
 - a) conserver son trafic dérivé et recommuté (et extraire le trafic supplémentaire, qui sera rétabli si possible) puis faire passer le code de statut à la valeur «état de repos» pour les deux sens si le nœud était en train d'émettre le code «dérivation et reconnexion effectuées»; ou
 - b) faire passer le code de statut à la valeur «dérivation et reconnexion effectuées» pour les deux sens, si le nœud était en train d'émettre le code «état de repos».
- 3) Lorsque le nœud qui exécute l'opération 2) reçoit la demande de dérivation sur anneau protégé avec un code de statut «dérivation et reconnexion effectuées», il fait passer ce code de statut à la valeur «dérivation et reconnexion effectuées» dans les deux sens, si le nœud était en train d'émettre le code «état de repos».

Règle S-S #1b – Comme les applications transocéaniques ne nécessitent pas d'amortissement, les opérations d'amortissement décrites dans cette règle ne sont pas applicables. Pour les applications transocéaniques seulement, ce qui suit remplace la règle S-S #1b:

- 1) La coexistence des commandes FS-R et SF-R n'est pas applicable aux applications transocéaniques.

Remplacée par une version plus récente

- 2) Lorsqu'un nœud de commutation d'anneau reçoit la nouvelle demande de dérivation sur anneau protégé avec un code de statut «état de repos», ce nœud doit soit:
 - a) conserver son trafic dérivé et reconverti (et extraire le trafic supplémentaire, qui sera rétabli si possible) puis faire passer le code de statut à la valeur «état de repos» pour les deux sens, si le nœud était en train d'émettre le code «dérivation et reconvertion effectuées»; ou
 - b) faire passer le code de statut à la valeur «dérivation et reconvertion effectuées» dans les deux sens, si le nœud était en train d'émettre le code «état de repos».
- 3) Lorsque le nœud qui exécute l'opération 2) reçoit la demande de dérivation sur anneau protégé avec un code de statut «dérivation effectuée», il doit soit:
 - a) faire passer ce code de statut à la valeur «dérivation effectuée» sur le conduit majeur; soit
 - b) faire passer le code de statut à la valeur «dérivation et reconvertion effectuées» dans les deux sens, si le nœud était en train d'émettre le code «dérivation effectuée».
- 4) Lorsque le nœud qui exécute l'opération 3) reçoit la demande de dérivation sur anneau protégé avec le code de statut «dérivation et reconvertion effectuées», il fait passer ce code de statut à la valeur «dérivation et reconvertion effectuées» dans les deux sens, si le nœud était en train d'émettre le code «dérivation effectuée».

Règle S #4a – Pour les coexistences de commutations sur commandes FS-R et FS-R ou SF-R et SF-R, l'anneau ne se fragmente pas en plusieurs sous-anneaux. Dans les applications transocéaniques des anneaux à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage, la commutation d'anneau utilisée pour les systèmes intercontinentaux n'exige pas que le trafic soit bouclé sur les nœuds de commutation. Par conséquent, l'anneau sera segmenté, mais pas en anneaux secondaires. La segmentation se fera longitudinalement en chaînes de dérivation distinctes, séparées par des coupures de câble et/ou par le nombre de commutations forcées (sur anneau protégé) existant dans l'anneau. La coexistence des commandes FS-R et SF-R ne s'applique pas aux applications transocéaniques.

Règle S-P #2c – Cette règle n'est pas nécessaire pour les applications transocéaniques.

Règle S #1d – Pour les applications transocéaniques, l'ancienne règle S #1d est remplacée par ce qui suit: chaque fois qu'un nœud détecte un défaut entrant sur les voies de service normal et sur les voies (ou canaux) de protection, il doit émettre sur le conduit mineur une demande de dérivation d'anneau par conduit mineur, même dans le cas de défauts multiples, aussi longtemps que cette demande de dérivation d'anneau n'est pas préemptée par une demande de dérivation de priorité plus élevée. [Voir la Figure 7-8 b).] Cette règle a priorité sur la règle S #1c. On notera que, chaque fois qu'un nœud reçoit dans un sens une demande de dérivation d'anneau par conduit mineur (indiquant que le signal qu'il envoie a été défectueux) et que ce nœud détecte de l'autre côté un défaut entrant sur les voies de service normal et de protection, ce nœud doit signaler le défaut détecté aussi bien sur le conduit mineur que sur le conduit majeur [voir la Figure 7-8 c)].

Règle S-S #2d – Pour les applications transocéaniques, l'ancienne règle S-S #2d est remplacée par ce qui suit: si une demande de dérivation sur un arc différent (due à un défaut détecté localement, à une commande externe de déclenchement ou à la réception d'octets K) préempte une demande de dérivation sur commande SF-R, le nœud de commutation qui émet la demande de dérivation sur commande SF-R doit continuer à signaler sa demande de dérivation, abandonner sa dérivation-reconvertion et insérer les signaux AU-AIS dans les affluents défectueux.

Règle S-P #1e – Pour les applications transocéaniques, ce qui suit remplace la règle S-P #1e: lorsqu'un nœud exécutant une commutation d'anneau reçoit une demande de dérivation d'anneau par conduit majeur pour un arc non adjacent de priorité plus élevée que celle de la commutation d'anneau qu'il est en train d'effectuer, ce nœud doit soit:

- 1) maintenir les dérivations-reconvertions sur les affluents affectés par le premier défaut, si la demande de dérivation d'anneau par conduit majeur est encore en train de signaler ce défaut; soit
- 2) abandonner immédiatement ses dérivations-reconvertions sur les affluents affectés par le premier défaut, si la demande de dérivation d'anneau par conduit majeur n'est plus en train de signaler ce défaut. Le nœud doit ensuite passer à l'état de transfert total.

Règle S-P #1f – Pour les applications transocéaniques, ce qui suit remplace la règle S-P #1f: lorsqu'un nœud exécutant une commutation d'anneau a comme niveau d'entrée de priorité la plus élevée des demandes (dans les deux sens) de dérivation d'anneau par conduit majeur non destinées à lui-même, ce nœud doit soit:

- 1) maintenir les dérivations-reconvertions sur les affluents affectés par le premier défaut, si les demandes de dérivation d'anneau par conduit majeur sont encore en train de signaler ce défaut; soit
- 2) abandonner immédiatement ses dérivations-reconvertions sur les affluents affectés par le premier défaut, si la demande de dérivation d'anneau par conduit majeur n'est plus en train de signaler ce défaut. Le nœud doit ensuite passer à l'état de transfert total.

Remplacée par une version plus récente

Règle S-P #1g – Cette règle n'est pas applicable aux liaisons transocéaniques.

Règle S-P #2a – Pour les applications transocéaniques, l'ancienne règle S-P #2a est remplacée par ce qui suit: la transition dans un nœud de l'état de transfert total à l'état de commutation doit être déclenchée:

- 1) par une commande externe de priorité égale ou supérieure;
- 2) par la détection d'un défaut de priorité égale ou supérieure;
- 3) par la réception d'une demande de dérivation ayant une priorité égale ou supérieure destinée à cet élément de réseau;
- 4) par la détection d'un état SF-R (même s'il a une priorité inférieure); ou
- 5) par la réception d'une demande de dérivation ou d'une indication de statut de demande de dérivation, destinée à cet élément de réseau.

Règle S-P #3 – Pour les applications transocéaniques, l'ancienne règle S-P #3 est remplacée par ce qui suit: si un nœud à l'état de transfert total en raison d'une demande de dérivation sur commande SF-R ou FS-R commence à émettre une demande SF-R ou FS-R (conformément à la règle S-P #2a), ce nœud doit abandonner le trafic supplémentaire et maintenir sa demande de dérivation-recommutation d'anneau pour le premier défaut.

Appendice I

Exemples de commutation de protection dans un anneau à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage (Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation)

Cet appendice donne des exemples de la façon dont les règles de transition d'état s'appliquent lors de l'exécution d'une commutation d'anneau.

I.1 Défaut de signal unilatéral (d'arc) dans un anneau à quatre fibres

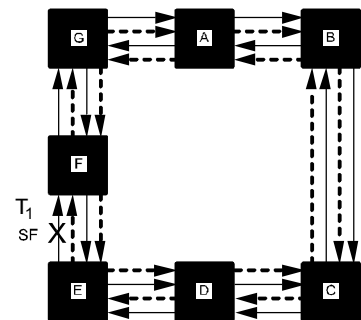
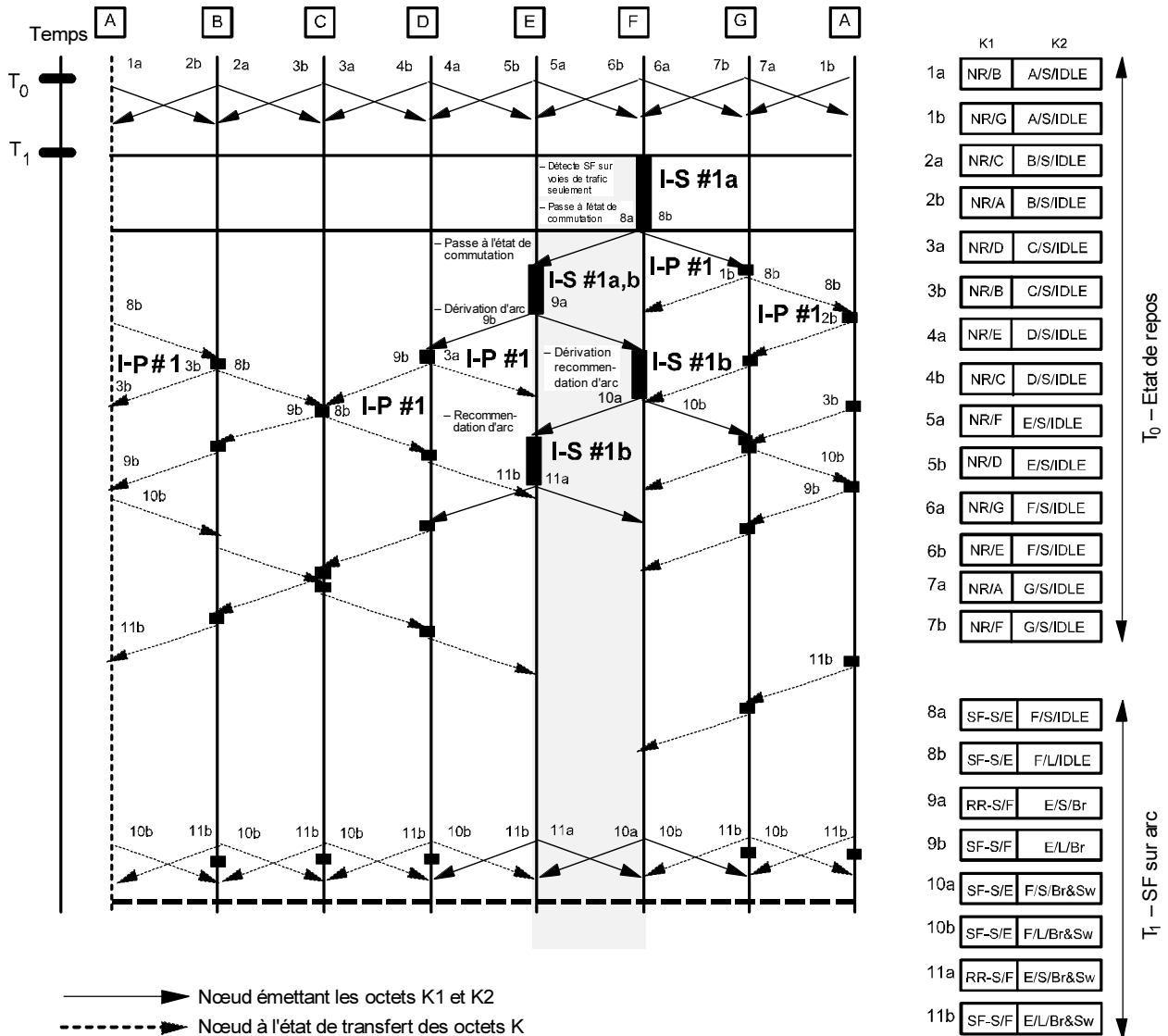
Voir la Figure I.1.

Dans cet exemple, on exécute une commutation-recommutation de protection d'arc à cause d'un état SF dans les voies (ou canaux) en service normal d'un anneau à quatre fibres. L'état initial de l'anneau est le repos. A l'instant T_1 , le nœud F détecte un état SF sur ses voies (ou canaux) en service normal. Il devient alors un nœud de commutation (règle I-S #1) et envoie dans les deux sens des demandes de dérivation (règle S #1). Le nœud G et tous les nœuds intermédiaires qui le suivent sur le conduit majeur passent à l'état de transfert des octets K (règle I-P #1). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F la demande de dérivation sur conduit mineur, exécute une dérivation sur arc protégé et émet sur le conduit majeur une demande de dérivation sur arc protégé par commande SF ainsi que, sur le conduit mineur, une demande de mode réversible (règles S #3, S #1 et I-S #1b). Le nœud F, dès qu'il reçoit du nœud E par le conduit mineur l'accusé de réception de la demande de dérivation, exécute une dérivation-recommutation de protection d'arc puis met à jour le contenu des octets K de sa signalisation (règle I-S #1b). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F par le conduit mineur l'accusé de réception de la dérivation-recommutation, effectue la recommutation. La signalisation passe à l'état de repos.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de commutation qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de commutation. Au moyen du canal DCC, le trafic supplémentaire est rétabli sur toutes les voies de protection à unités AU-4 non utilisées pour secourir des voies (ou canaux) en service normal.

A l'instant T_2 , l'état de défaut de signal (SF) dans l'arc est annulé et le nœud F passe à l'état d'attente de rétablissement (WTR) puis signale ce nouvel état dans les deux sens (règle S-S #3a). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F par le conduit mineur la demande de dérivation pour délai WTR, émet la demande de mode réversible sur le conduit mineur et la commande WTR sur le conduit majeur (règle S-S #3b). A l'instant T_3 , le délai WTR arrive à expiration. Le nœud F abandonne la commutation de protection d'arc et émet des codes de non-demande (règle I-S #2). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F sur le conduit mineur le code de non-demande, abandonne son opération de dérivation-recommutation et émet le code d'état de repos (règle I-S #2). Le nœud F, dès qu'il reçoit le code de repos sur le conduit mineur, abandonne sa dérivation et émet également le code de repos. Tous les nœuds reviennent alors à l'état de repos, les uns après les autres.

Remplacée par une version plus récente

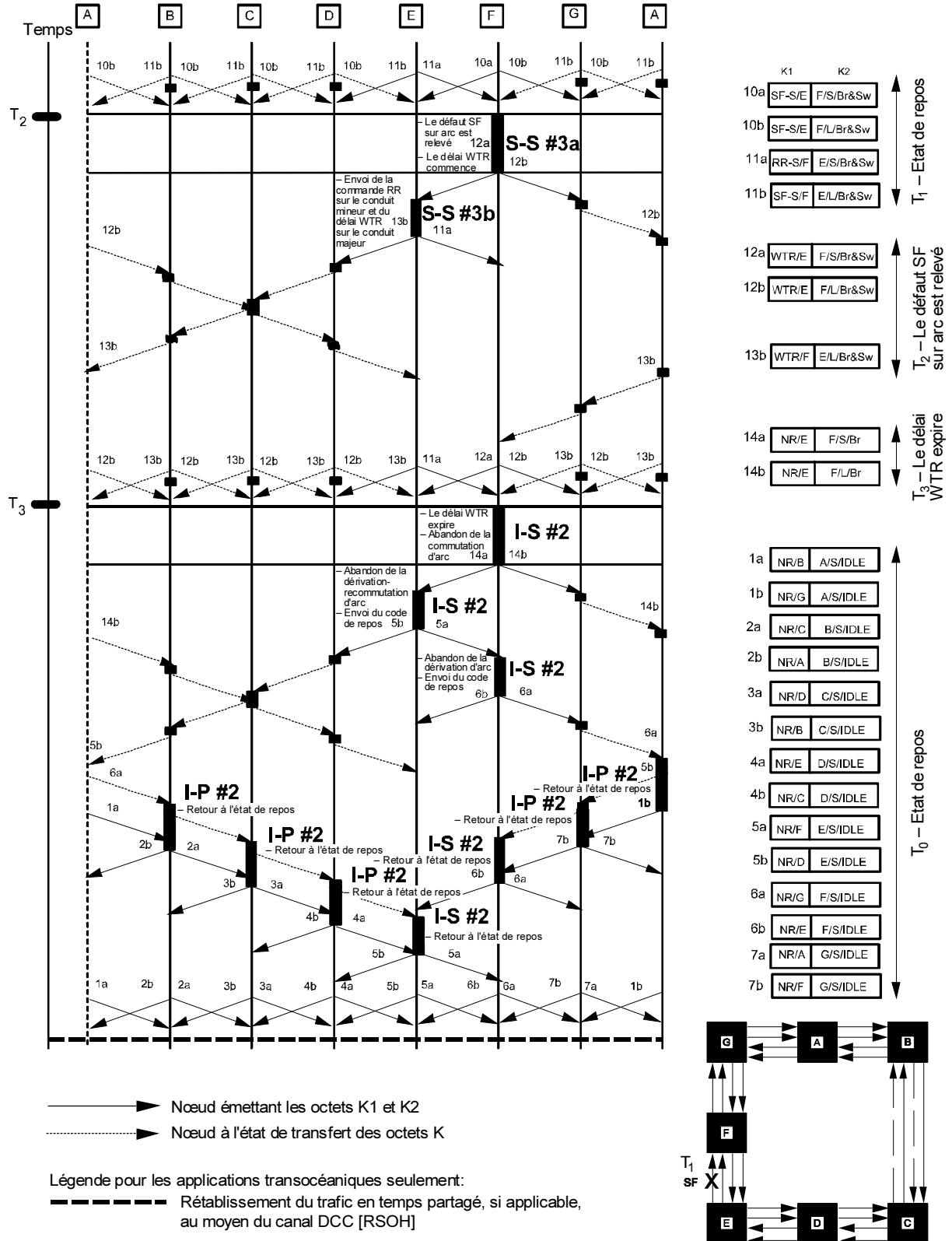


T1517280-94/d28

FIGURE I.1/G.841

Anneau à quatre fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage – Panne unilatérale (arc) sur une voie (ou canal) en service normal du nœud E au nœud F

Remplacée par une version plus récente



T1517290-94/d29

FIGURE I.1/G.841 (fin)

Anneau à quatre fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage – Panne unilatérale (arc) sur une voie (ou canal) en service normal du nœud E au nœud F

Remplacée par une version plus récente

I.2 Défaut de signal unilatéral (d'anneau)

Voir la Figure I.2.

Cet exemple couvre le cas d'un état de défaut de signal unilatéral dans un anneau à deux fibres et celui d'un état de défaut de signal unilatéral dans les voies (ou canaux) en service normal et dans les voies de protection d'un anneau à quatre fibres.

L'état initial de l'anneau est le repos. A l'instant T_1 , le nœud F détecte un état de défaut de signal sur ses voies (ou canaux) en service normal et de protection. Il passe alors à l'état de nœud de commutation (règle I-S #1) et émet des demandes de dérivation dans les deux sens (règle S #1). Le nœud G, ainsi que tous les nœuds intermédiaires qui le suivent sur le conduit majeur, passent à l'état de transfert total (règle I-P #1). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F, par le conduit mineur, la demande de dérivation, émet sur le conduit majeur une demande de dérivation sur protection d'anneau par commande SF ainsi que, sur le conduit mineur, une demande de mode réversible (règles S #3 et I-S #1a). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F, par le conduit majeur, la demande de dérivation, effectue une dérivation-recommutation d'anneau et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b). Le nœud F, dès qu'il reçoit du nœud E, sur le conduit majeur, l'accusé de réception, effectue une dérivation-recommutation d'anneau et met à jour sa signalisation par octets K (règle I-S #1b). La signalisation passe à l'état de repos.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de commutation qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de commutation. Au moyen du canal DCC, le trafic supplémentaire est rétabli sur toutes les voies de protection à unités AU-4 non utilisées pour secourir des voies (ou canaux) en service normal.

A l'instant T_2 , l'état de défaut de signal (SF) dans l'anneau est annulé et le nœud F passe à l'état d'attente de rétablissement (WTR) puis signale ce nouvel état dans les deux sens (règle S-S #3a). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F par le conduit mineur la demande de dérivation pour délai WTR, émet la demande de mode réversible sur le conduit mineur et la commande WTR sur le conduit majeur (règle S-S #3b). A l'instant T_3 , le délai WTR arrive à expiration. Le nœud F abandonne la commutation d'anneau et émet des codes de non-demande (règle I-S #2). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F sur le conduit majeur le code de non-demande, abandonne son opération de dérivation-recommutation et émet le code d'état de repos (règle I-S #2). Le nœud F, dès qu'il reçoit le code de repos sur le conduit majeur, abandonne sa dérivation et émet également le code de repos. Tous les nœuds reviennent alors à l'état de repos, les uns après les autres.

I.3 Défaut de signal bilatéral (d'anneau)

Voir la Figure I.3.

Cet exemple couvre le cas d'un état de défaut de signal bilatéral dans un anneau à deux fibres et celui d'un état de défaut de signal bilatéral dans les voies (ou canaux) en service normal et dans les voies de protection d'un anneau à quatre fibres.

L'état initial de l'anneau est le repos. A l'instant T_1 , les nœuds E et F détectent un état de défaut de signal sur leurs voies (ou canaux) en service normal et de protection. Ils passent alors à l'état de nœud de commutation (règle I-S #1) et émettent des demandes de dérivation dans les deux sens (règle S #1). Les nœuds D et G, ainsi que tous les nœuds intermédiaires qui les suivent sur le conduit majeur, passent à l'état de transfert total (règle I-P #1). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F, par le conduit majeur, la demande de dérivation, effectue une dérivation-recommutation d'anneau et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b). Le nœud F, dès qu'il reçoit du nœud E, sur le conduit majeur, l'accusé de réception, effectue une dérivation-recommutation d'anneau et met à jour sa signalisation par octets K (règle I-S #1b). La signalisation passe à l'état de repos.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de commutation qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de commutation. Au moyen du canal DCC, le trafic supplémentaire est rétabli sur toutes les voies de protection à unités AU-4 non utilisées pour secourir des voies (ou canaux) en service normal.

A l'instant T_2 , l'état de défaut de signal (SF-R) dans l'anneau est annulé et les valeurs d'octet K reçues par les nœuds E et F indiquent à ces derniers qu'ils forment chacun une extrémité d'origine pour un état SF unilatéral dans leur arc, cet état ayant priorité sur le délai WTR. Dans cette situation, la priorité de la commande SF-R doit être signalée sur le conduit majeur et celle de la commande RR-R sur le conduit mineur (règle S #3). Ces opérations provoquent un croisement de la commande RR-R entre les nœuds E et F, sur le conduit mineur. Le délai WTR pour les deux extrémités d'origine (dû à l'annulation simultanée) est émis une fois que les deux nœuds ont reçu une commande RR-R croisée à partir du nœud qui était son extrémité de destination. A l'instant T_3 , les délais WTR arrivent à expiration. Les deux

Remplacée par une version plus récente

nœuds réagissent en tant qu'extrémités d'origine du délai WTR, en émettant la priorité de délai WTR sur le conduit majeur et celle de la commande RR-R sur le conduit mineur. Dès qu'ils reçoivent la commande RR-R croisée, les nœuds E et F abandonnent leur commutation d'anneau et émettent des codes de non-demande (règle I-S #2). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F le code NR par le conduit majeur, abandonne sa dérivation et émet le code de repos (règle I-S #2). Le nœud F, dès qu'il reçoit du nœud E le code NR par le conduit majeur, abandonne sa dérivation et émet le code de repos (règle I-S #2). Tous les nœuds reviennent alors à l'état de repos, les uns après les autres.

I.4 Dégradation de signal unilatérale (d'anneau)

Voir la Figure I.4.

Dans cet exemple, on exécute une commutation-recommutation d'anneau à cause d'un état SD dans un anneau à deux fibres, et à cause d'un état SD dans les voies (ou canaux) en service normal et de protection d'un anneau à quatre fibres.

L'état initial de l'anneau est le repos. A l'instant T_1 , le nœud F détecte un état SD sur ses voies (ou canaux) en service normal. Il devient alors un nœud de commutation (règle I-S #1) et envoie dans les deux sens des demandes de dérivation (règle S #1). Le nœud G et tous les nœuds intermédiaires qui le suivent sur le conduit majeur passent à l'état de transfert total (règle I-P #1). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F la demande de dérivation sur conduit mineur, émet sur le conduit majeur une demande de dérivation sur anneau protégé par état SD ainsi que, sur le conduit mineur, une demande de mode réversible (règle S #3). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F par le conduit majeur l'accusé de réception de la demande de dérivation, exécute une dérivation-recommutation d'anneau puis met à jour les bits 6 à 8 des octets K2 de sa signalisation (règle I-S #1b). Le nœud F, dès qu'il reçoit du nœud E par le conduit majeur l'accusé de réception de la dérivation-recommutation, effectue une commutation d'anneau et actualise sa signalisation par octets K (règle I-S #1b). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud F par le conduit majeur l'accusé de réception de la dérivation, effectue la recommutation. La signalisation passe à l'état de repos.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de commutation qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de commutation. Au moyen du canal DCC, le trafic supplémentaire est rétabli sur toutes les voies de protection à unités AU-4 non utilisées pour secourir des voies (ou canaux) en service normal.

L'annulation est identique à celle d'un état SF-R unilatéral.

I.5 Panne nodale

Voir la Figure I.5.

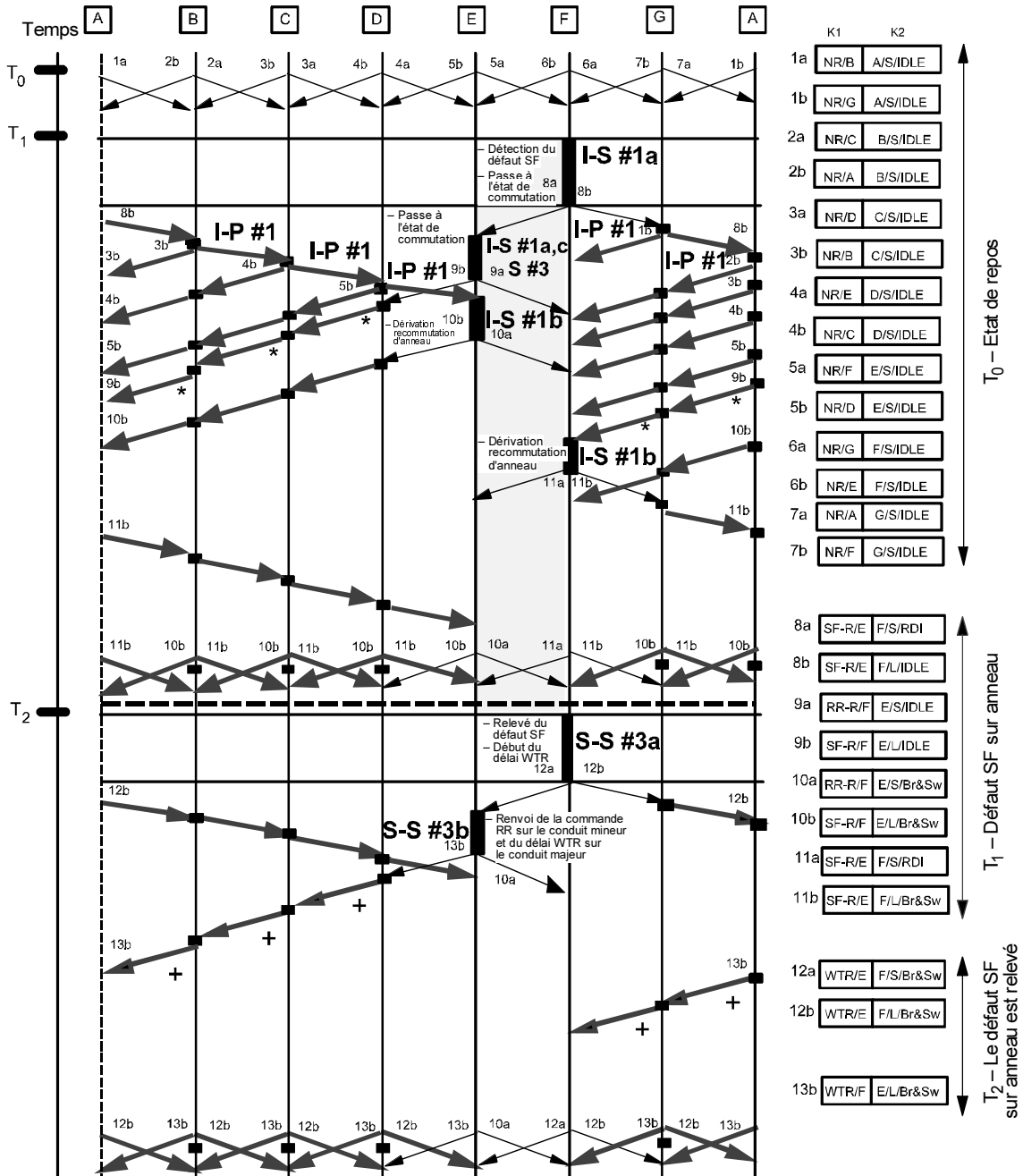
Cet exemple couvre le cas d'une panne nodale dans un anneau à deux ou à quatre fibres. Le terme panne nodale signifie ici que toute transmission, entrante et sortante, en direction et en provenance d'un nœud, s'est interrompue, ce qui affecte aussi bien les voies (ou canaux) en service normal que les voies de protection, le nœud lui-même ayant perdu toutes les informations selon lesquelles il avait été configuré.

L'état initial de l'anneau est le repos. A l'instant T_1 , les nœuds E et G détectent un état de défaut de signal sur leurs voies (ou canaux) en service normal et de protection. Ils passent alors à l'état de nœud de commutation (règle I-S #1) et émettent des demandes de dérivation dans les deux sens, sur les conduits majeur et mineur (règle S #1). Les nœuds A et D, ainsi que tous les nœuds intermédiaires qui les suivent sur le conduit majeur, passent à l'état de transfert total (règle I-P #1). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud G, par le conduit majeur, la demande de dérivation, amortit tout le trafic éventuellement erroné, effectue une dérivation-recommutation d'anneau et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b). Le nœud G, dès qu'il reçoit du nœud E, sur le conduit majeur, la demande de dérivation, amortit tout le trafic éventuellement erroné, effectue une dérivation-recommutation d'anneau et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S #1b). La signalisation passe à l'état de repos.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de commutation qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de commutation. Au moyen du canal DCC, le trafic supplémentaire est rétabli sur toutes les voies de protection à unités AU-4 non utilisées pour secourir des voies (ou canaux) en service normal.

A l'instant T_2 , le nœud perturbé a été relevé physiquement mais n'a pas encore récupéré toutes ses informations de configuration, ce qui l'empêche d'émettre une signalisation correcte par octets K. Tant que le nœud en relève n'est pas capable d'émettre la signalisation correcte par octets K conformément à l'état en cours de l'anneau, il doit émettre des codes APS par défaut (règle I-S #3). Les nœuds E et G détectent l'annulation physique du signal issu du nœud F mais reçoivent également les codes APS par défaut. Tant que les nœuds E et G reçoivent ces codes APS par défaut, ils ne déclarent pas le défaut comme étant relevé (règle I-S #4). La signalisation passe à l'état de repos.

Remplacée par une version plus récente

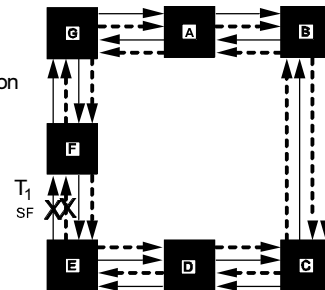


Nœud émettant les octets K1 et K2
 Nœud à l'état de transfert total: octets K1 - K2 et voies de protection

Légende pour les applications transocéaniques seulement:

- * Dérivation-recommutation aux nœuds intermédiaires si le trafic d'exploitation est affecté par une panne
- Rétablissement du trafic en temps partagé, si applicable, au moyen du canal DCC [RSOH]
- + Début au délai WTR local dans les nœuds intermédiaires s'ils ont une dérivation-recommutation en cours

NOTE – Voir les Tableaux 1 et 2 pour déterminer la structure des octets K1 et K2.



T1517300-94/d30

FIGURE I.2/G.841

Anneau à deux ou à quatre fibres à protection partagé de la (ou des) section(s) de multiplexage – Défaut de signal unilatéral (d'anneau)

Remplacée par une version plus récente

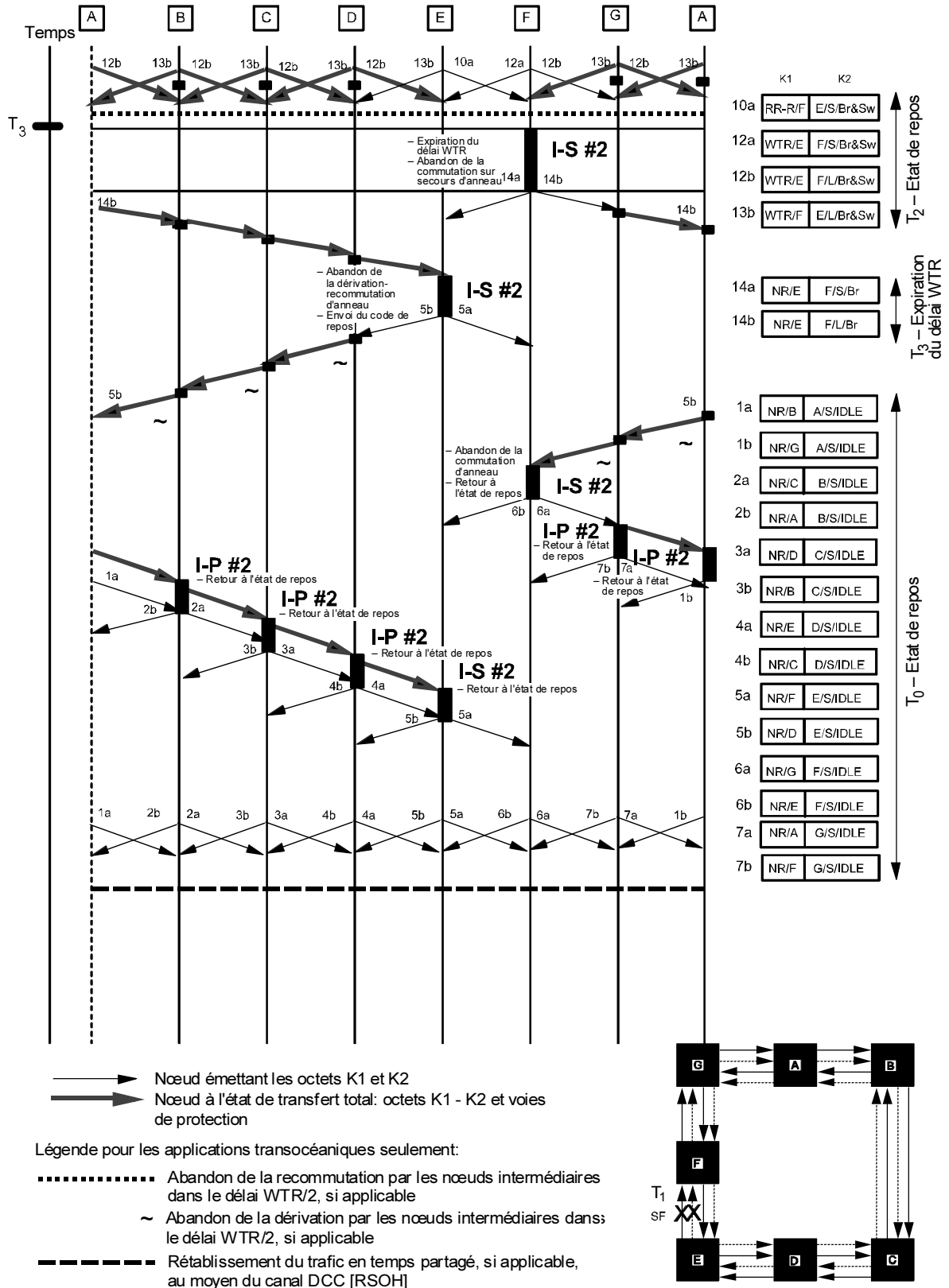
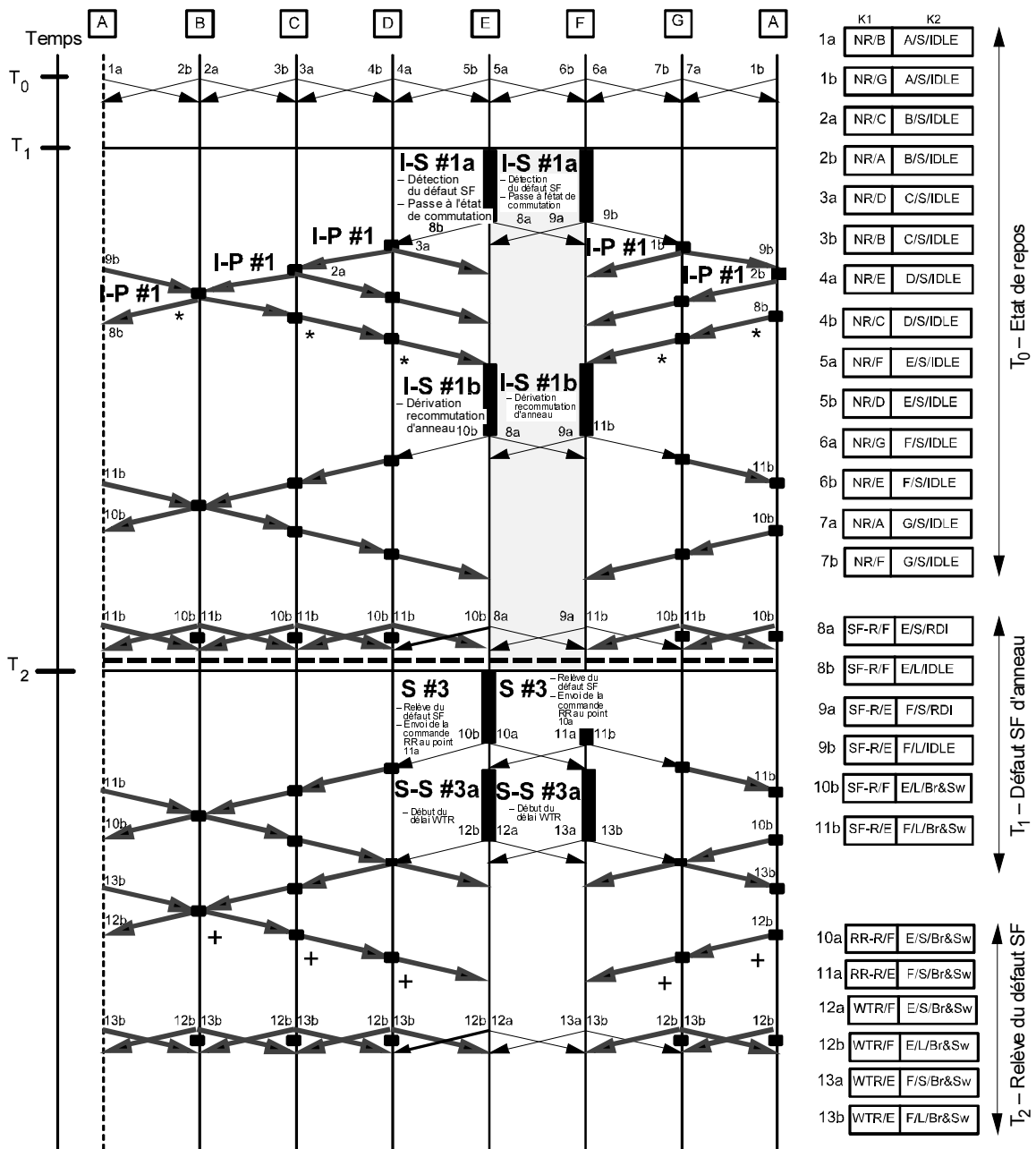


FIGURE I.2/G.841 (fin)

Anneau à deux ou à quatre fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage – Défaut de signal unilatéral (d'anneau)

Remplacée par une version plus récente



→ Nœud émettant les octets K1 et K2
 → Nœud à l'état de transfert total: octets K1 - K2 et voies de protection

Légende pour les applications transocéaniques seulement:

* Dérivation-recommutation aux nœuds intermédiaires si le trafic d'exploitation est affecté par une panne

--- Rétablissement du trafic en temps partagé, si applicable, au moyen du canal DCC [RSOH]

+ Début du délai WTR local dans les nœuds intermédiaires s'ils ont une dérivation-recommutation en cours

NOTE – Voir les Tableaux 1 et 2 pour déterminer la structure des octets K1 et K2.

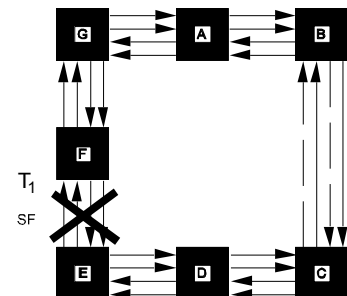
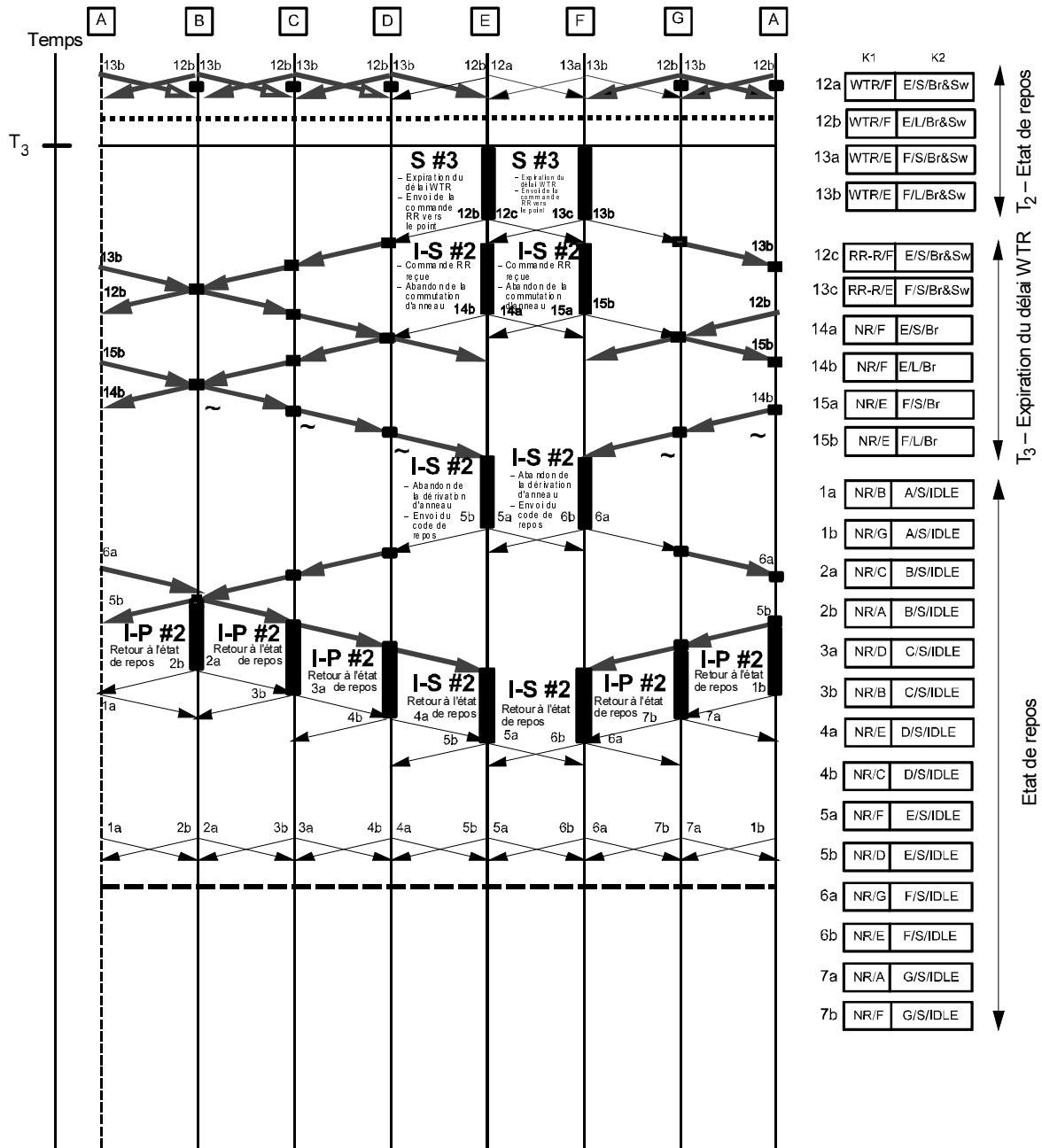


FIGURE I.3/G.841

T1517320-94/d32

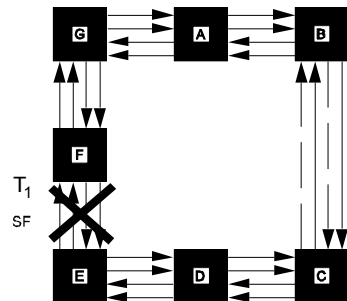
Anneau à deux ou à quatre fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage – Défaut de signal bilatéral (d'anneau)

Remplacée par une version plus récente



→ Nœud émettant les octets K1 et K2
 → Nœud à l'état de transfert total: octets K1 - K2 et voies de protection

Légende pour les applications transocéaniques seulement:
 Abandon de la reconnexion par les nœuds intermédiaires dans le délai WTR/2, si applicable
 ~ Abandon de la dérivation par les nœuds intermédiaires, si applicable
 - - - Rétablissement du trafic en temps partagé, si applicable, au moyen du canal DCC [RSOH]

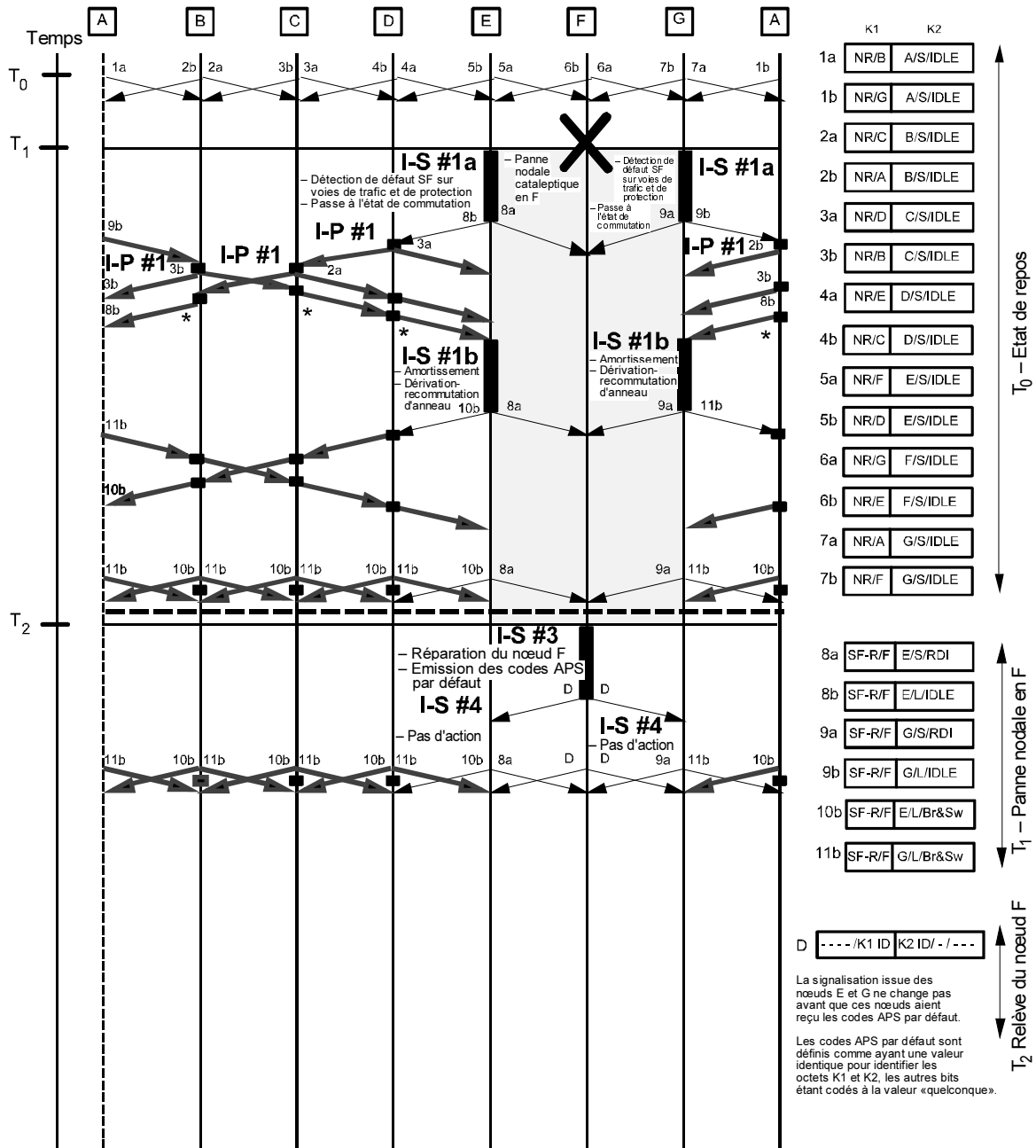


T1517330-94/d33

FIGURE I.3/G.841 (fin)

Anneau à deux ou à quatre fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage – Défaut de signal bilatéral (d'anneau)

Remplacée par une version plus récente



- Nœud émettant les octets K1 et K2
- Nœud à l'état de transfert total: octets K1 - K2

Légende pour les applications transocéaniques seulement:

- * Dérivation et recommutation aux nœuds intermédiaires si le trafic nominal est affecté par une panne
- Rétablissement du trafic en temps partagé, si applicable, au moyen du canal DCC [RSOH]

NOTE – Voir les Tableaux 1 et 2 pour déterminer la structure des octets K1 et K2.

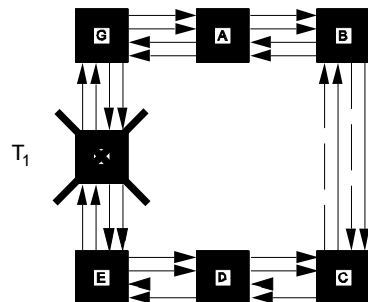


FIGURE I.5/G.841

T1517350-94/d35

Anneau à quatre fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage – Panne nodale

Remplacée par une version plus récente

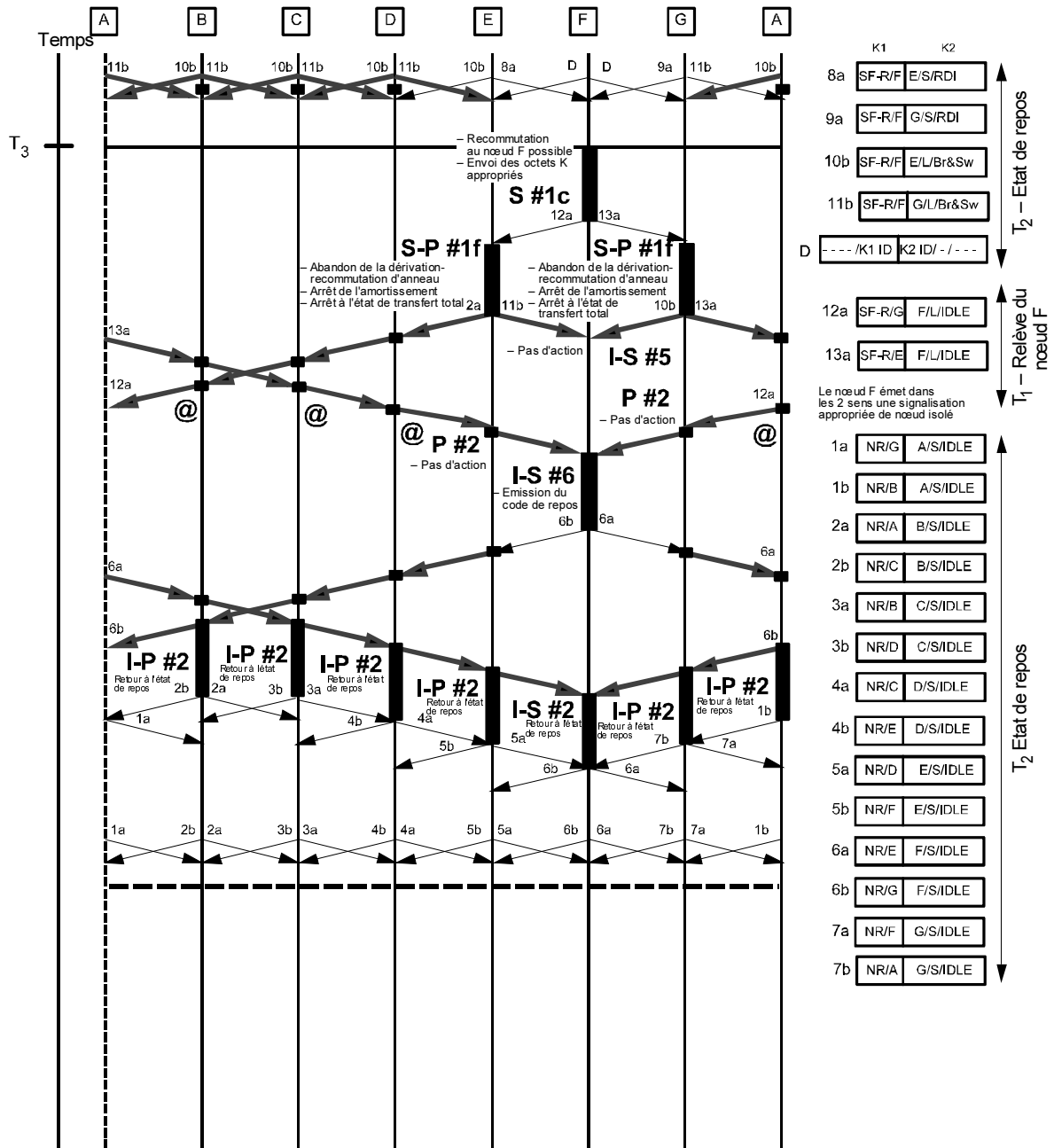


FIGURE I.5/G.841 (fin)

T1517360-94/d36

Anneau à quatre fibres à protection partagée de la (ou des) section(s) de multiplexage – Panne nodale

Remplacée par une version plus récente

A l'instant T_3 , le nœud F a été entièrement relevé et émet les signaux appropriés. Les nœuds E et G reçoivent les codes APS autres que par défaut et déclarent le défaut annulé. Les délais d'attente WTR aux nœuds E et G sont préemptés par les demandes de dérivation de priorité plus élevée sur conduit majeur, ce qui oblige les nœuds E et G à abandonner leur opération de dérivation-recommutation d'anneau, à arrêter l'amortissement et à passer à l'état de transfert total (règle S-P #1f). Une fois que les nœuds E et G sont à l'état de transfert total, le nœud F reçoit des demandes de dérivation sur conduit majeur qui lui sont envoyées par les nœuds E et G mais n'y donne pas suite (règle I-S #5). Lorsque le nœud F reçoit les mêmes signaux que ceux qu'il envoie, il émet le code de repos dans les deux sens (règle I-S #6). Tous les nœuds reviennent alors à l'état de repos, les uns après les autres.

I.6 Prémption par commande SF-R unilatérale d'une commande SD-S unilatérale sur des arcs non adjacents

Voir la Figure I.6

Cet exemple couvre le cas d'un état SF-R (défaut de signal-annulaire) unidirectionnel sur un anneau à quatre fibres, cette situation ayant priorité sur un état SD-S (dégradation de signal-linéaire) unidirectionnel qui existait déjà sur un arc non adjacent.

L'état initial de l'anneau est le repos. Au temps T_1 , le nœud D détecte un état de défaut SD-S sur ses voies de trafic en provenance du nœud C. La signalisation s'effectue comme indiqué dans la Figure I.1, sauf que:

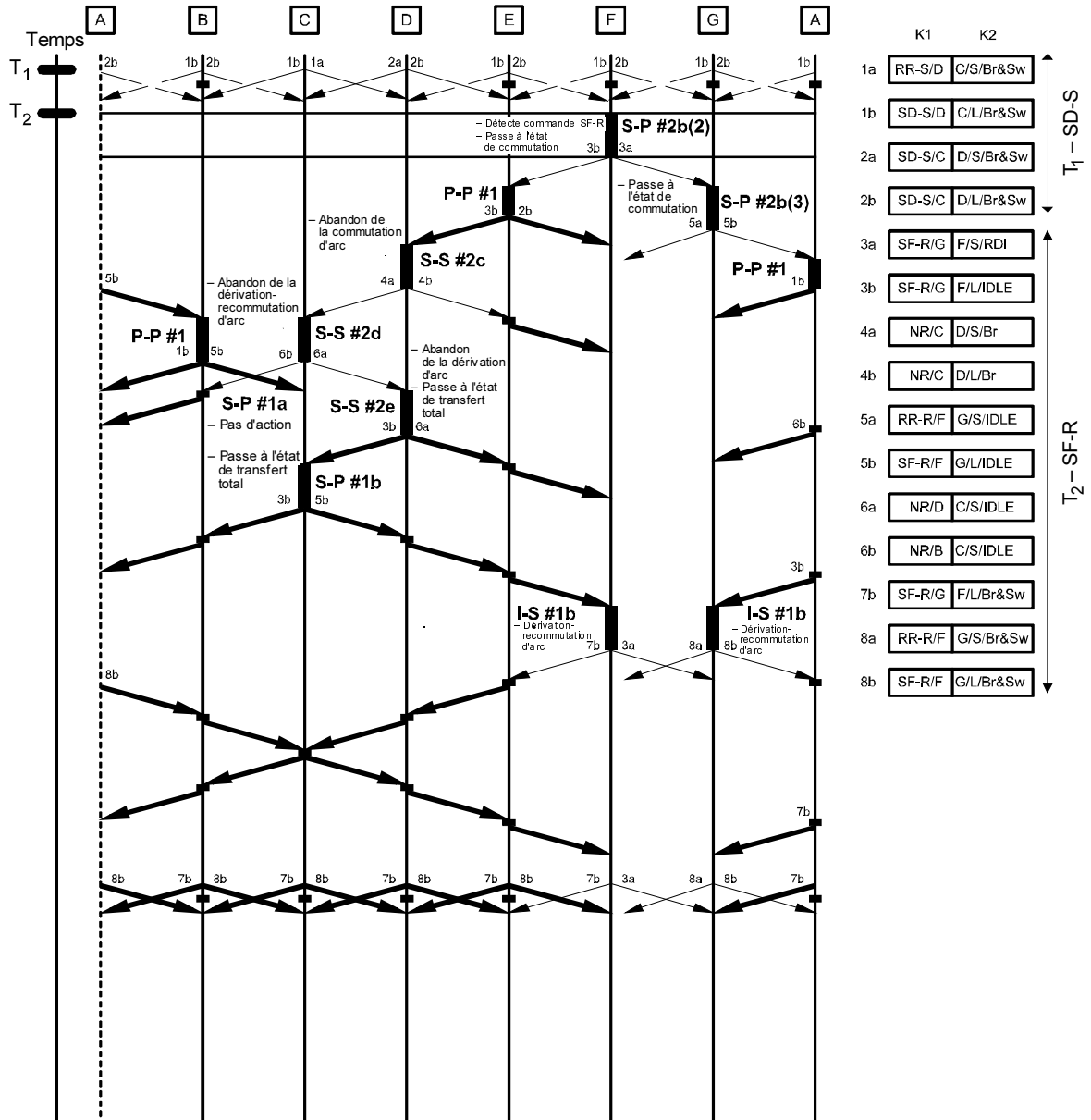
- 1) les nœuds commutants deviennent les nœuds C et D et non pas les nœuds E et F;
- 2) la demande de dérivation passe à la commande SD-S au lieu de SF-S.

La signalisation se stabilise.

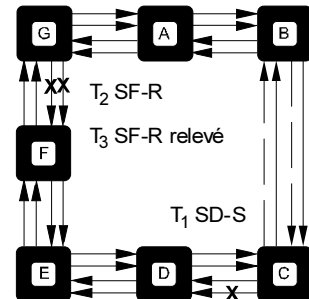
Au temps T_2 , le nœud F détecte un état SF sur ses voies de trafic et de secours, en provenance du nœud G. Le nœud F devient un nœud commutant (règle S-P #2b) et émet des demandes de dérivation dans les deux sens (règle S #1). Le nœud G, dès qu'il perçoit la demande de dérivation annulaire par conduit mineur issue du nœud F, devient également un nœud commutant (règle S-P #2b). Le nœud G renvoie une demande en mode réversible (RR) par le conduit mineur et une commande SF-R par le conduit majeur (règle S #3). Les nœuds intermédiaires A, B et E passent de l'état de conduction des octets K à l'état de conduction transparente (règle P-P #1). Le nœud D, dès qu'il perçoit une demande de dérivation annulaire de priorité plus élevée, abandonne sa commutation linéaire, met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 et émet dans les deux sens le message de demande absente (règle S-S #2c). Le nœud C, dès qu'il reçoit du nœud D le message NR et le message d'abandon de la commutation linéaire, abandonne sa propre dérivation-recommutation, met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 et donne suite à son entrée de priorité la plus élevée (règle S-S #2d, premier point) afin d'émettre un message NR (demande absente). Le nœud C détecte finalement une demande de dérivation annulaire qui est destinée au nœud F mais cela ne modifie pas la signalisation du nœud C (règle S-P #1a). Le nœud D, dès qu'il détecte l'abandon de dérivation au nœud C, abandonne sa propre dérivation et donne suite à son entrée de priorité la plus élevée (règle S-S #2e) afin de passer à l'état de conduction transparente. Le nœud C, dès qu'il détecte l'abandon de dérivation issu du nœud D, donne suite à son entrée de priorité la plus élevée (règle S-P #1b) et passe à l'état de conduction transparente. Tous les nœuds intermédiaires étant dans l'état de conduction transparente, les nœuds F et G reçoivent finalement, par le conduit majeur, les demandes de dérivation annulaire et exécutent chacun une dérivation-recommutation (règle I-S #1b, deuxième point) avant de mettre à jour les bits 6-8 de l'octet K2. La signalisation se stabilise.

Au temps T_3 , l'état de défaut SF sur les voies de trafic et de secours, signalé du nœud E au nœud F, est relevé. Le nœud F passe à l'état WTR (règle S-S #3a). Le nœud G, dès qu'il reçoit du nœud F la demande de dérivation sur commande WTR, passe également à l'état WTR (règle S-S #3b). Le nœud D, dès qu'il détecte deux demandes de dérivation sur commande WTR qui ont une priorité inférieure à celle de son état de défaut SD détecté localement, devient un nœud commutant (règle S-P #2a, point 2) et émet les signaux appropriés. Le nœud C, dès qu'il détecte une demande de dérivation linéaire de priorité plus élevée qui lui est destinée, devient également un nœud commutant (règle S-P #2a, point 2), exécute une dérivation linéaire et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b). Le nœud F perd sa demande de dérivation annulaire par conduit majeur, en raison du message d'état de demande de dérivation linéaire reçu du nœud D. Le nœud F abandonne alors sa dérivation-recommutation puis signale son entrée de priorité la plus élevée (WTR) (règle S #5). De même, lorsque le nœud G perd sa demande de dérivation annulaire par conduit majeur, ce nœud abandonne sa dérivation-recommutation puis signale son entrée de priorité la plus élevée (règle S #5). Le nœud D, dès qu'il détecte un code de dérivation effectuée issu du nœud C par le conduit mineur, exécute une dérivation-recommutation linéaire puis met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b). Le nœud C, dès qu'il détecte un code de dérivation et recommutation effectuées issu du nœud D, termine le processus en exécutant une commutation sur secours linéaire et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b).

Remplacée par une version plus récente



- Nœud émettant les octets K1 et K2
- Nœud à l'état de transfert des octets K
- Nœud à l'état de transfert total: octets K1 - K2 et voies de protection



T1517370-94/d37

FIGURE I.6/G.841

Anneau à quatre fibres à protection partagée des sections de multiplexage –
Préemption par commande SF-R unilatérale d'une commande SD-S unilatérale
sur des arcs non adjacents

Remplacée par une version plus récente

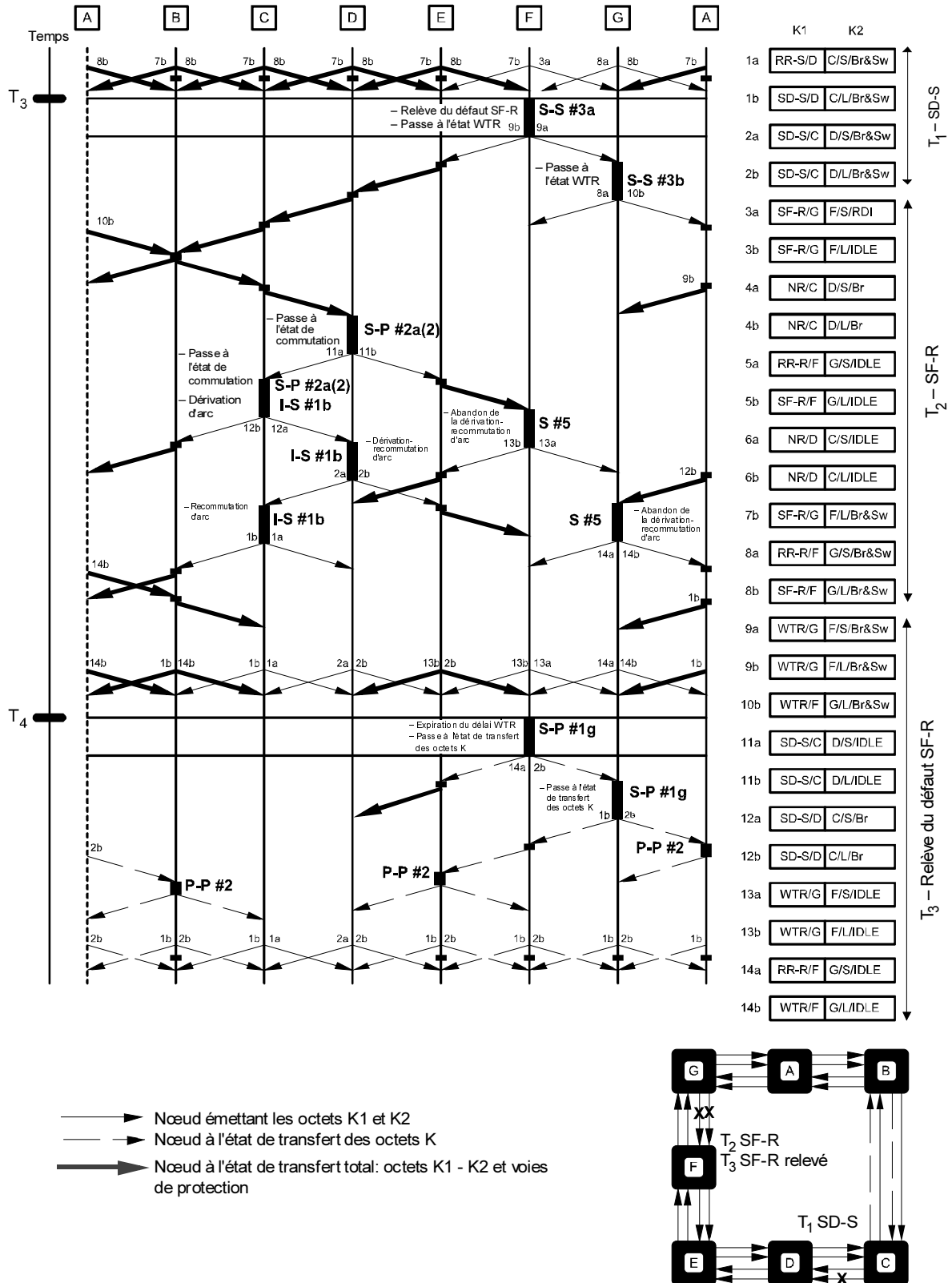


FIGURE I.6/G.841 (fin)

T1517380-94/d38

**Anneau à quatre fibres à protection partagée des sections de multiplexage –
Préemption par commande SF-R unilatérale d'une commande SD-S unilatérale
sur des arcs non adjacents**

Remplacée par une version plus récente

Au temps T_4 , le délai WTR expire au nœud F. L'entrée de priorité la plus élevée du nœud F est alors un code de statut de demande de dérivation linéaire destiné au nœud C, de sorte que le nœud F passe à l'état de conduction des octets K (règle S-P #1g). Le nœud G, dès qu'il détecte (dans les deux sens) un code de statut de demande de dérivation linéaire qui ne lui est pas destiné, passe également à l'état de conduction des octets K. La signalisation passe au même état de stabilité qu'au temps T_1 .

Au temps T_5 (non représenté sur la figure), l'état de défaut SD-S est relevé sur les voies de trafic du nœud C au nœud D. La signalisation continue de la manière indiquée pour le temps T_2 sur la Figure I.1, sauf que:

- 1) les nœuds commutants deviennent les nœuds C et D (au lieu des nœuds E et F); et que
- 2) la demande de dérivation passe à la commande SD-S (au lieu de SF-S).

I.7 Prémption par commande SF-S unilatérale d'une commande SF-R unilatérale sur des arcs adjacents

Voir la Figure I.7.

Cet exemple couvre le cas d'un état SF-S (défaut de signal-linéaire) unidirectionnel sur un anneau à quatre fibres, cette situation ayant priorité sur un état SF-R (défaut de signal-annulaire) unidirectionnel qui existait déjà sur un arc adjacent.

L'état initial de l'anneau est le repos. Au temps T_1 , le nœud C détecte un état de défaut de signal sur ses voies de trafic et de secours en provenance du nœud D. La signalisation s'effectue comme indiqué dans la Figure I.2 (au temps T_1 sur la figure), sauf que les nœuds commutants deviennent les nœuds C et D et non pas les nœuds E et F. La signalisation se stabilise.

Au temps T_2 , le nœud E détecte un état SF sur ses voies de trafic en provenance du nœud D. Le nœud E devient un nœud commutant (règle S-P #2a, point 2) et émet une demande de dérivation linéaire vers le nœud D ainsi qu'un code de statut de demande de dérivation linéaire vers le nœud F (règle S #1 et règle G #1). Le nœud C, dès qu'il perçoit ce code de statut de demande de dérivation linéaire, abandonne sa dérivation-recommutation annulaire parce qu'il ne reçoit plus, par le conduit majeur, de demande de dérivation annulaire (règle S #5). Le nœud C met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 et émet la commande SF-R dans l'octet K1 parce que celle-ci correspond à son entrée de priorité la plus élevée (règle S #5). Le nœud D, dès qu'il perçoit la demande de dérivation linéaire de priorité plus élevée qui provient du nœud E, abandonne sa dérivation-recommutation annulaire linéaire, exécute une dérivation linéaire destinée au nœud E (règle S-S #2f) et émet les signaux correspondants (règle I-S #1b, troisième point, et règle S #3). Le nœud E, dès qu'il reçoit du nœud D le code de dérivation effectuée, exécute une dérivation-recommutation linéaire et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b, troisième point). Le nœud D, dès qu'il détecte le code de dérivation effectuée issu du nœud E, exécute une commutation et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 en conséquence (règle I-S #1b, troisième point). La signalisation se stabilise.

Au temps T_3 , l'état de défaut SF sur les voies de trafic, signalé du nœud D au nœud E, est relevé. Le nœud E passerait à l'état WTR mais il détecte un autre défaut (règle S-S #3a). Le nœud E, dès qu'il reçoit la demande de dérivation sur commande SF-R destinée au nœud D (pour un arc non adjacent), signale le message NR dans l'octet K1 et le code de dérivation effectuée dans l'octet K2 (règle S-S #2c). Le nœud D, dès qu'il détecte les codes NR et dérivation effectuée issus du nœud E, abandonne sa dérivation-recommutation linéaire et donne suite à l'entrée issue du nœud C en renvoyant à celui-ci une demande de dérivation annulaire (règle S-S #2d). Le nœud E, dès qu'il détecte que le nœud D a abandonné sa dérivation-recommutation, abandonne sa propre dérivation (règle S-S #2e). Le nœud E constate également qu'une demande de dérivation annulaire par conduit majeur est destinée au nœud D. Le nœud E passe donc aussi à l'état de conduction transparente (règle S-S #2e, quatrième point). Le nœud D, dès qu'il détecte cette demande de dérivation annulaire par conduit majeur en provenance du nœud C, exécute une dérivation-recommutation annulaire et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b). Le nœud C, dès qu'il détecte la demande de dérivation annulaire par conduit majeur en provenance du nœud D, exécute également une dérivation-recommutation puis met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b). La signalisation passe au même état de stabilité qu'au temps T_1 .

Au temps T_4 , (non représenté sur la figure), l'état de défaut SF est relevé sur les voies de trafic et de secours du nœud D au nœud C. La signalisation continue de la manière indiquée pour le temps T_2 sur la Figure I.2, sauf que les nœuds commutants deviennent les nœuds C et D (au lieu des nœuds E et F).

Remplacée par une version plus récente

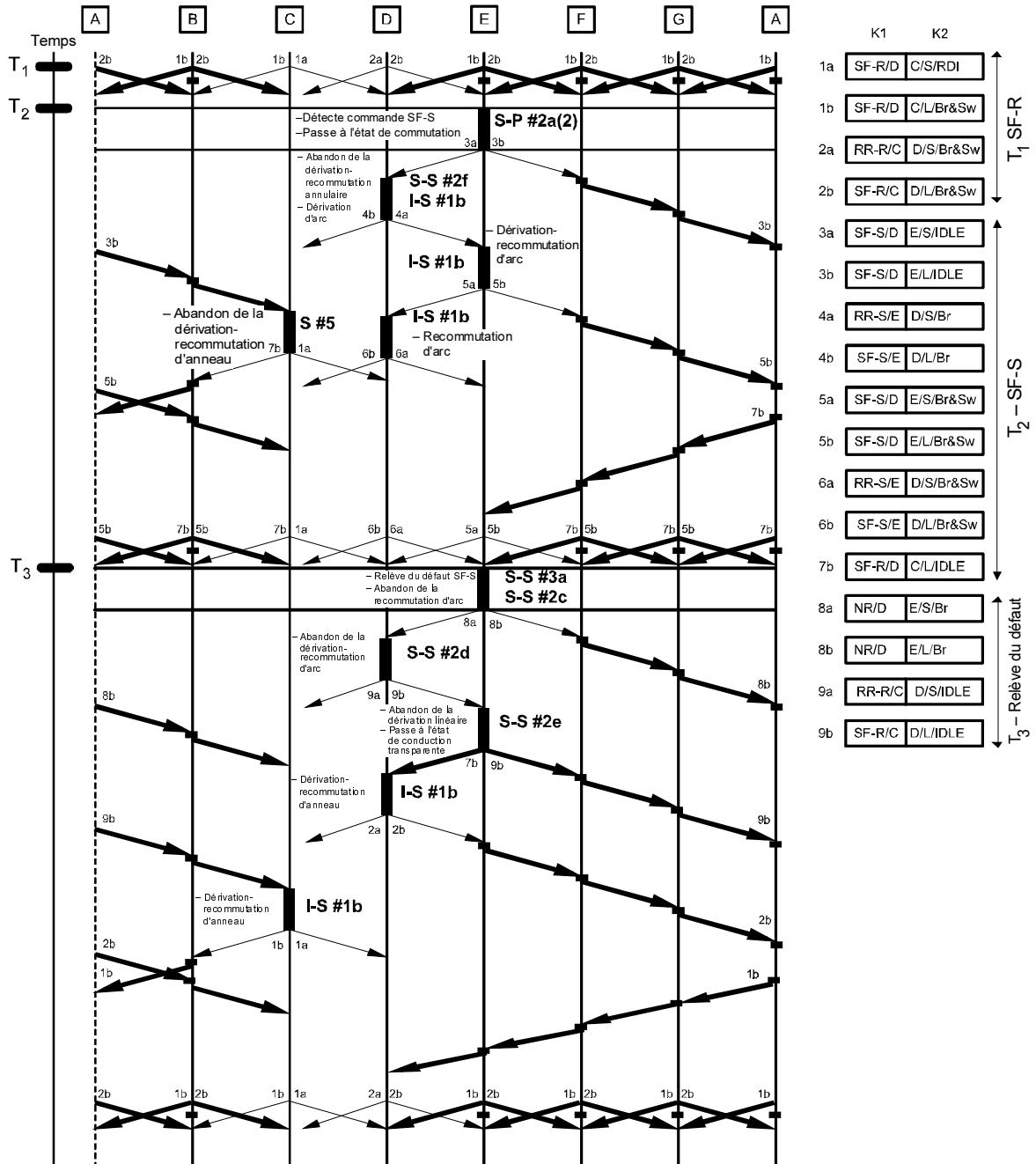
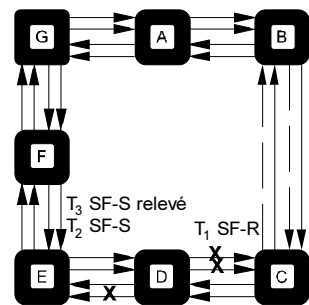


FIGURE I.7/G.841

Anneau à quatre fibres à protection partagée des sections de multiplexage – T1517390-94/d39
 Prémption par commande SF-S unilatérale d'une commande SF-R unilatérale sur des arcs adjacents



Remplacée par une version plus récente

I.8 Prémption par commande SF-R unilatérale d'une commande SD-S unilatérale sur des arcs adjacents

Voir la Figure I.8.

Cet exemple couvre le cas d'un état SF-R (défaut de signal-annulaire) unidirectionnel sur un anneau à quatre fibres, cette situation ayant priorité sur un état SD-S (dégradation de signal-linéaire) unidirectionnel qui existait déjà sur un arc adjacent.

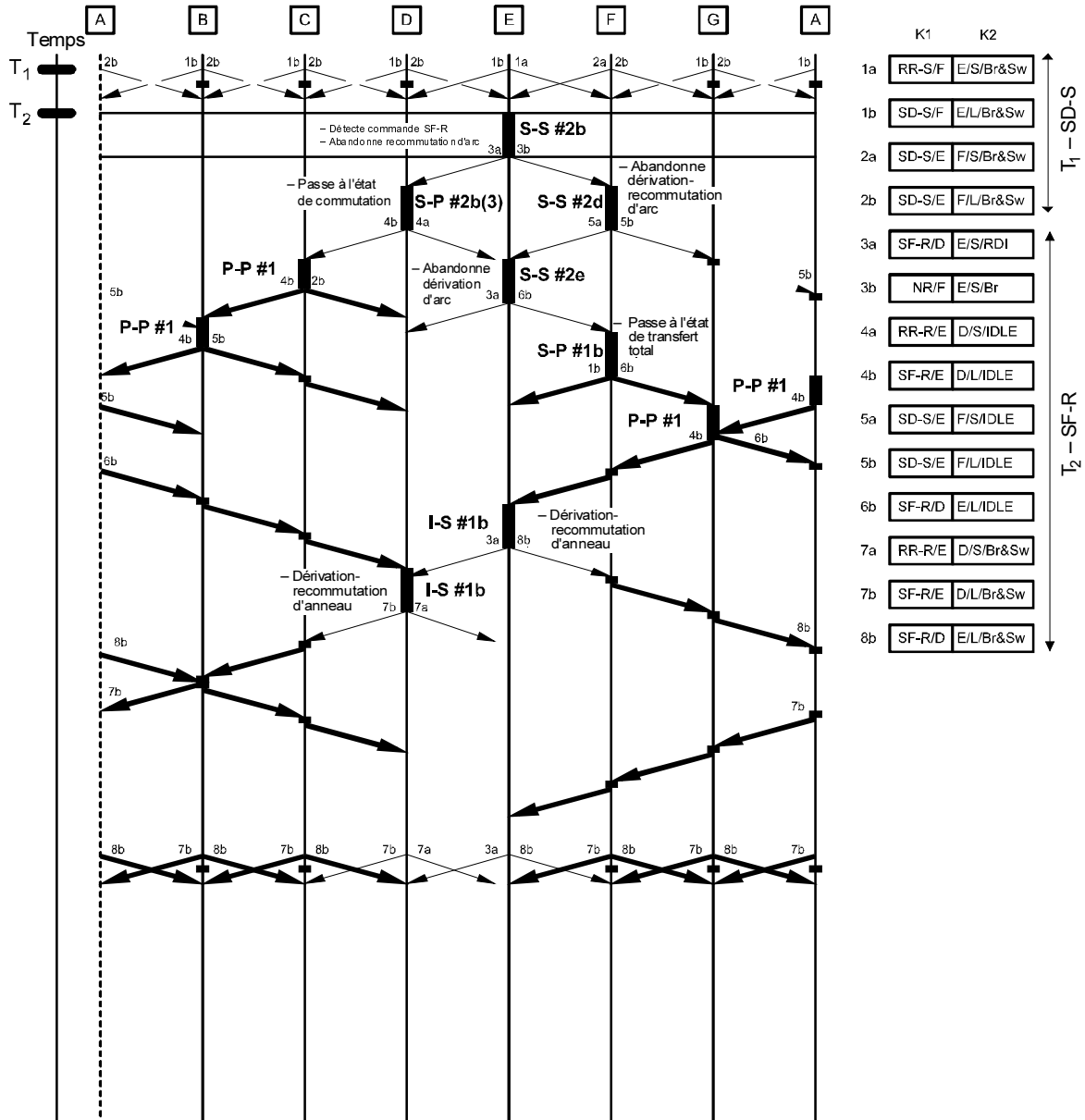
L'état initial de l'anneau est le repos. Au temps T_1 , le nœud F détecte un état de défaut de signal sur ses voies de trafic en provenance du nœud E. La signalisation s'effectue comme indiqué dans la Figure I.1 (au temps T_1 sur la figure), sauf que la demande de dérivation est sur commande SD-S et non pas SF-S. La signalisation se stabilise.

Au temps T_2 , le nœud E détecte un état de défaut de signal sur ses voies de trafic et de secours en provenance du nœud D. Le nœud E abandonne sa commutation linéaire, émet (dans l'octet K1) une demande de dérivation annulaire sur commande SF-R ainsi que (dans l'octet K2) une indication de défaut distant dans une section multiplex (MS RDI) à destination du nœud D, puis émet à destination du nœud F les codes NR (dans l'octet K1) et dérivation effectuée (dans l'octet K2) (règle S-S #2b). Le nœud D devient commutant (règle S-P #2b, point 3) puis émet une demande en mode réversible (RR) sur le conduit mineur ainsi qu'une demande de dérivation par commande SF-R sur le conduit majeur (règle S #3). Cette demande de dérivation annulaire par conduit majeur fait passer les nœuds C, B et A de l'état de conduction des octets K à l'état de conduction transparente (règle P-P #1). Le nœud F, dès qu'il détecte les codes NR et commutation abandonnée en provenance du nœud E, abandonne sa propre dérivation-recommutation, met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 et donne suite à son entrée de priorité la plus élevée (règle S-S #2d, dernier point) afin d'émettre une demande de dérivation sur commande SD-S à destination du nœud E. Celui-ci, dès qu'il constate que le nœud F a abandonné sa dérivation-recommutation, abandonne la sienne, met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 et donne suite à son entrée de priorité la plus élevée (règle S-S #2e, troisième point) afin d'émettre, dans les deux sens, des demandes de dérivation annulaire. Le nœud F, dès qu'il constate que le nœud E a abandonné sa dérivation-recommutation, donne suite à son entrée de priorité la plus élevée (règle S-P #1b) pour passer à l'état de conduction transparente. Cela permet à une demande de dérivation annulaire par conduit majeur d'atteindre le nœud G et celui-ci passe de l'état de conduction des octets K à l'état de conduction transparente (règle P-P #1). Tous les nœuds intermédiaires étant dans l'état de conduction transparente, les nœuds E et D reçoivent finalement les demandes de dérivation annulaire par conduit majeur. Les nœuds E et D exécutent chacun une dérivation-recommutation (règle I-S #1b, deuxième point) puis mettent à jour les bits 6-8 de l'octet K2. La signalisation passe à l'état stable.

Au temps T_3 , l'état de défaut sur les voies de trafic et de secours est relevé du nœud D au nœud E. Celui-ci commence son délai WTR et le signale (règle S-S #3a). Le nœud D, constatant que le nœud E a émis une demande de dérivation sur commande WTR, commence également son délai WTR et le signale (règle S-S #3b). Le nœud F, détectant des demandes de dérivation sur commande WTR issues des deux sens, donne suite au fait que son état local de dégradation SD-S est de priorité plus élevée et il devient un nœud de commutation linéaire (règle S-P #2a, point 2). Le nœud E, détectant la demande de dérivation linéaire issue du nœud F, abandonne sa demande de dérivation annulaire par conduit majeur, issue du nœud D. Le nœud E abandonne donc sa dérivation-recommutation annulaire (règle S #5) et donne suite à la demande de dérivation linéaire issue du nœud F en exécutant une dérivation linéaire (règle I-S #1b, troisième point). Le nœud F, recevant de lui-même le code de dérivation effectuée, exécute une dérivation-recommutation linéaire et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b, troisième point). Le nœud E, recevant du nœud F le code de dérivation et recommutation effectuées, termine le processus en exécutant une commutation linéaire et en mettant à jour les bits 6-8 de l'octet K2 (règle I-S #1b, troisième point). Entre-temps, le nœud D, recevant du nœud F la demande de dérivation linéaire, perd sa demande de dérivation annulaire par conduit majeur, issue du nœud E. Le nœud D abandonne donc sa dérivation-recommutation (règle S #5) et donne suite au code de statut de demande de dérivation linéaire destiné au nœud E, en passant à l'état de conduction des octets K (règle S-P #1g). Les nœuds intermédiaires A, B, C et G, à l'état de conduction transparente, reçoivent finalement, dans les deux sens, un code de statut de demande de dérivation linéaire qui ne leur est pas destiné, ils passent donc à l'état de conduction des octets K. La signalisation atteint le même état de stabilité qu'au temps T_1 .

Au temps T_4 , (non représenté sur la figure), l'état de dégradation SD est relevé sur les voies de trafic du nœud E au nœud F. La signalisation continue de la manière indiquée pour le temps T_2 sur la Figure I.1, sauf que la demande de dérivation passe à la commande SD-S au lieu de SF-S.

Remplacée par une version plus récente



- Noeud émettant les octets K1 et K2
- Noeud à l'état de transfert des octets K
- Noeud à l'état de transfert total: octets K1 - K2 et voies de secours

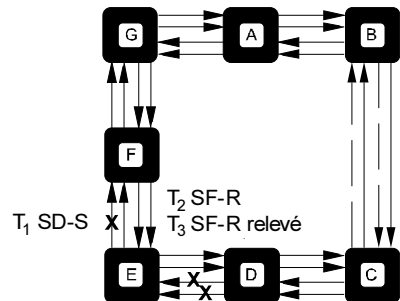
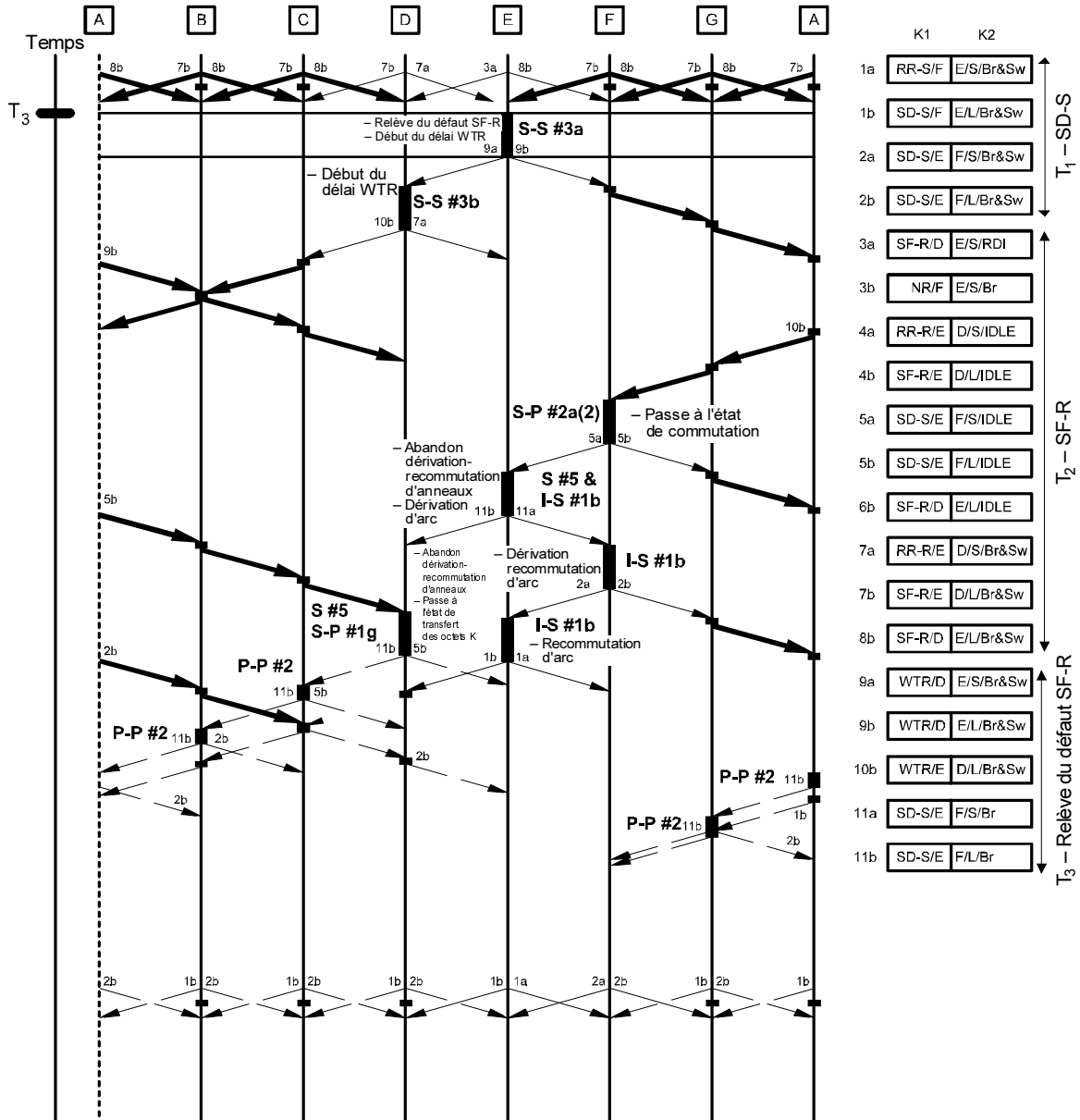


FIGURE I.8/G.841

T1517400-94/d40

**Anneau à quatre fibres à protection partagée des sections de multiplexage –
Préemption par commande SF-R unilatérale d'une commande SD-S unilatérale
sur des arcs adjacents**

Remplacée par une version plus récente



- Nœud émettant les octets K1 et K2
- Nœud à l'état de transfert des octets K
- Nœud à l'état de transfert total: octets K1 - K2 et voies de protection

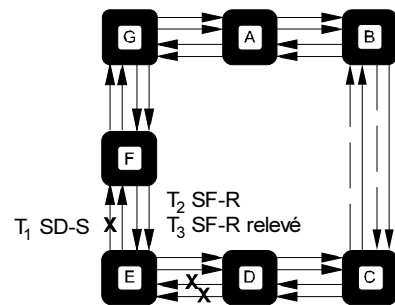


FIGURE I.8/G.841 (fin)

T1517410-94/d41

Anneau à quatre fibres à protection partagée des sections de multiplexage – Prémption par commandes SF-R unilatérale d'une commande SD-S unilatérale sur des arcs adjacents

Remplacée par une version plus récente

I.9 Coexistence d'une commande SF-R unilatérale avec une autre commande SF-R unilatérale sur des arcs non adjacents

Voir la Figure I.9.

Cet exemple couvre le cas d'un état SF-R (défaut de signal-annulaire) unidirectionnel sur un anneau à quatre fibres, coexistant avec un autre état SF-R qui existait déjà sur un arc non adjacent.

L'état initial de l'anneau est le repos. Au temps T_1 , le nœud F détecte un état de défaut de signal sur ses voies de trafic et de protection. La signalisation s'effectue comme indiqué dans la Figure I.2 (au temps T_1 sur la figure). La signalisation se stabilise.

Au temps T_2 , le nœud C détecte un état de défaut de signal sur ses voies de trafic et de protection. Le nœud C devient commutant (règle S-P #2a, point 2), amortit le trafic si nécessaire, exécute une dérivation-recommutation annulaire et émet dans les deux sens des demandes de dérivation annulaire (règle S-P #3). Le nœud B, recevant du nœud C la demande de dérivation, devient commutant (règle S-P #2a, point 3). Le nœud B amortit également le trafic si nécessaire, exécute une dérivation-recommutation annulaire et émet dans les deux sens des demandes de dérivation annulaire (règle S-P #3). La demande de dérivation annulaire par conduit majeur, issue des nœuds B et C, n'a pas d'incidence sur les dérivations et recombutions effectuées aux nœuds E et F car la coexistence de plusieurs dérivations-recombutions sur commande SF-R est autorisée (règle S #4a et règle S #5). La signalisation se stabilise.

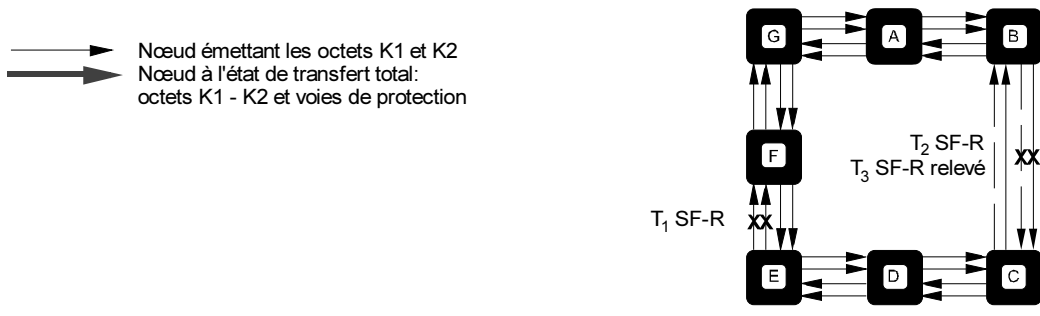
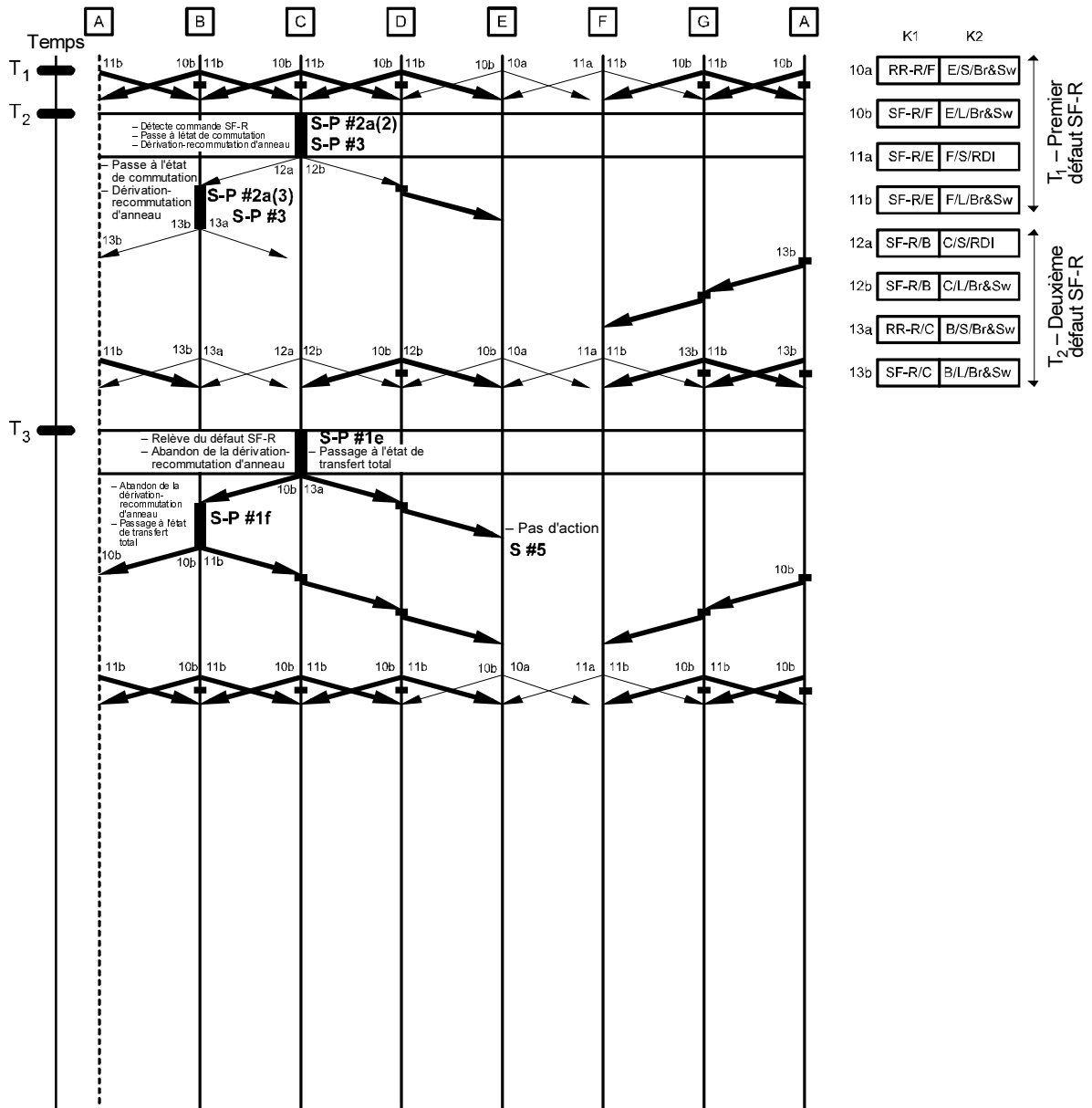
Pour les applications transocéaniques, quelques signaux supplémentaires interviennent. Comme représenté sur la Figure I.10, au temps T_2 le nœud C détecte un état SF sur ses voies de trafic et de protection. Le nœud C devient un nœud commutant (règle S-P #2a, point 2), abandonne le surtrafic éventuel, maintient les dérivations-recombutions annulaires sur les affluents affectés par le premier défaut et émet dans les deux sens des demandes de dérivation annulaire (règle S-P #3 de l'Annexe A). Le nœud B, lorsqu'il reçoit la demande de dérivation issue du nœud C, devient commutant (règle S-P #2a, point 3). Il abandonne également le surtrafic éventuellement présent, maintient les dérivations-recombutions annulaires sur les affluents affectés par le premier défaut et émet dans les deux sens des demandes de dérivation annulaire (règle S-P #3 de l'Annexe A). Le nœud E(F), dès qu'il reçoit du nœud C(B) la demande de dérivation annulaire, abandonne le surtrafic éventuellement présent, maintient les dérivations-recombutions sur les affluents affectés par le premier défaut et met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 selon le code de repos (règle S-S #1a, point 2, de l'Annexe A). Le nœud C(B), dès qu'il reçoit du nœud E(F) la demande de dérivation annulaire et le code d'état de repos, met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 selon le code de dérivation et recombution effectuées (règle S-S #1a, point 2, de l'Annexe A). Le nœud E(F), dès qu'il reçoit du nœud C(B) la demande de dérivation annulaire et le code de dérivation et recombution effectuées, met à jour les bits 6-8 de l'octet K2 selon le code de dérivation et recombution effectuées (règle S-S #1a, point 3, de l'Annexe A). La signalisation passe au même état de stabilité comme décrit pour la Figure I.9.

Au temps T_3 , l'état SF sur les voies de trafic et de protection est relevé du nœud B au nœud C. Celui-ci reçoit du nœud D une demande de dérivation annulaire pour un arc non adjacent. Cette demande possède un niveau de priorité plus élevé que celui de son état local (délai WTR), si bien que le nœud C abandonne sa dérivation-recombution et passe à l'état de conduction transparente (règle S-P #1e). Cela permet au signal RR-R issu du nœud B par le conduit mineur de parvenir au nœud E. Celui-ci continue à considérer cette demande de dérivation annulaire comme étant valide, si bien qu'il conserve sa dérivation-recombution (règle S #5, Note). Le nœud B, dès qu'il reçoit les deux demandes de dérivation annulaire qui ne lui sont pas destinées, abandonne sa dérivation-recombution et passe à l'état de conduction transparente (règle S-P #1f). La signalisation passe au même état de stabilité que pour le temps T_1 .

Pour les applications transocéaniques, la signalisation est identique mais les nœuds ont des actions supplémentaires à effectuer. Comme indiqué sur la Figure I.10, l'état SF est relevé au temps T_3 sur les voies de trafic et de protection entre le nœud B et le nœud C. Celui-ci reçoit du nœud D une demande de dérivation annulaire pour un arc non adjacent, due au premier défaut SF-R entre les nœuds E et F. Cette demande possède un niveau de priorité plus élevé que son état local (délai WTR), si bien que le nœud C maintient les dérivations-recombutions sur les affluents affectés par le premier défaut, puis passe à l'état de conduction transparente (règle S-P #1e, point 1, de l'Annexe A). Cela permet au nœud B d'envoyer au nœud E le signal RR-R par conduit mineur. Le nœud E continue à considérer cette demande de dérivation annulaire comme étant valide, si bien qu'il conserve sa dérivation-recombution annulaire (règle S #5, Note). Le nœud B reçoit des demandes de dérivation annulaire qui ne lui sont pas destinées, dues au premier défaut SF-R entre les nœuds E et F. Le nœud B conserve les dérivations-recombutions sur les affluents affectés par le premier défaut puis passe à l'état de conduction transparente (règle S-P #1f, point 1, de l'Annexe A). La signalisation passe au même état de stabilité comme décrit pour la Figure I.9.

Au temps T_4 , (non représenté sur la figure), l'état de défaut SF est relevé sur les voies de trafic et de protection du nœud E au nœud F. La signalisation continue de la manière indiquée pour le temps T_3 sur la Figure I.2.

Remplacée par une version plus récente

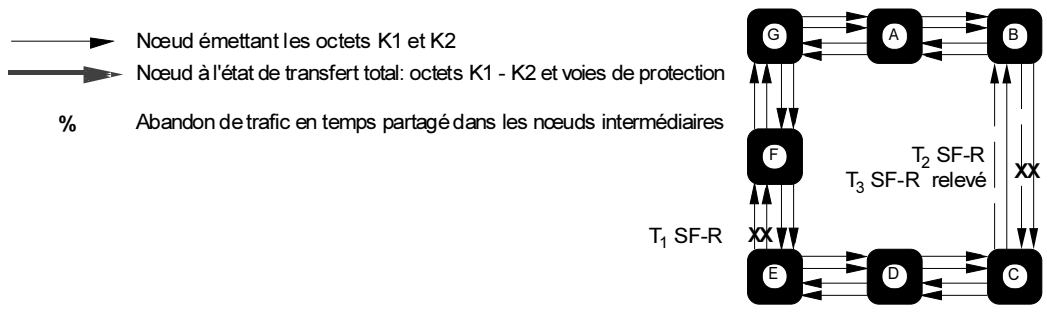
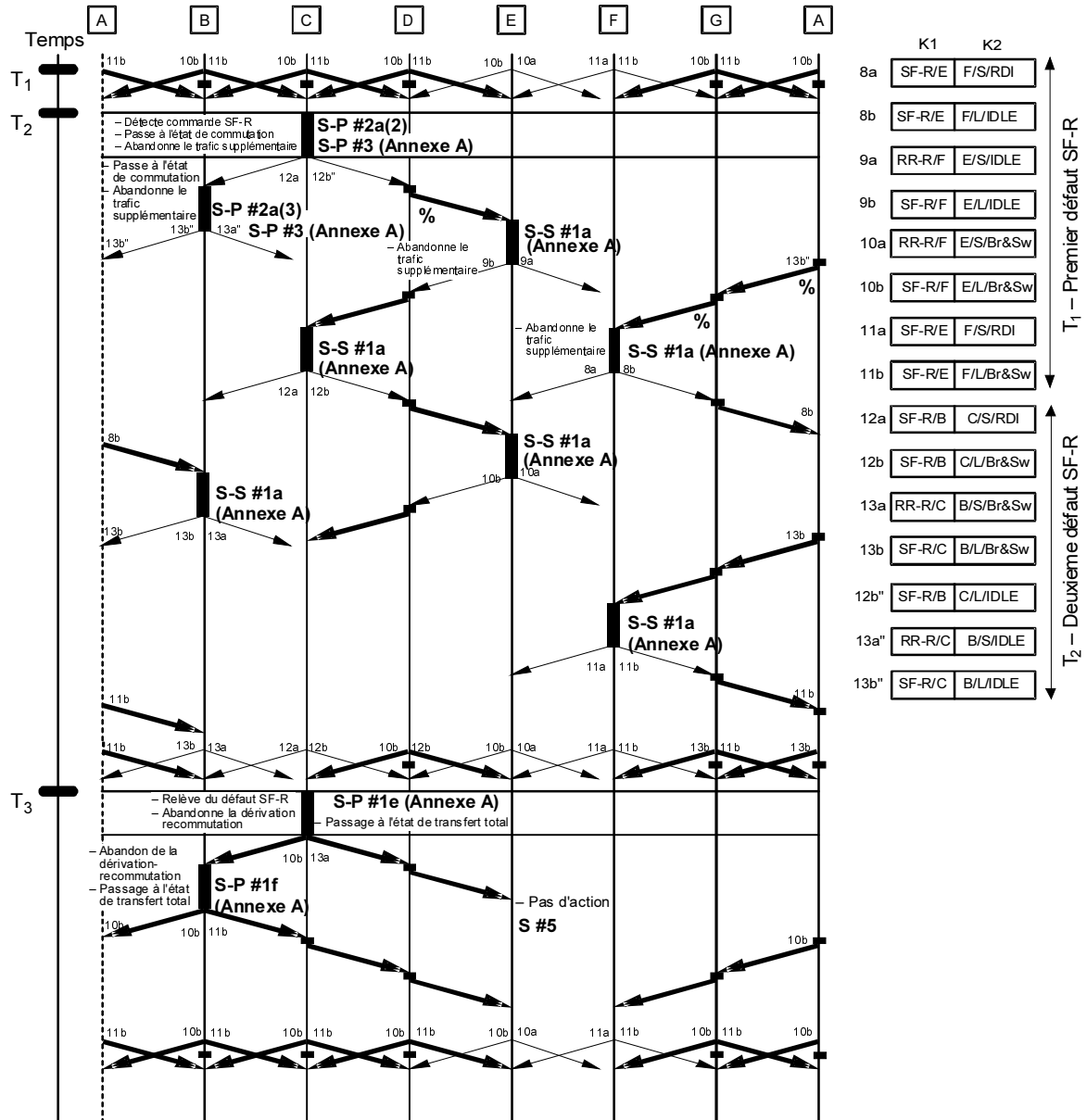


T1517420-94/d42

FIGURE I.9/G.841

Anneau à quatre fibres à protection partagée des sections de multiplexage – Coexistence d'une commande SF-R unilatérale avec une autre commande SF-R unilatérale sur des arcs non adjacents

Remplacée par une version plus récente



T1517430-94/d43

FIGURE I.10/G.841

Anneau à quatre fibres à protection partagée des sections de multiplexage – Coexistence d'une commande SF-R unilatérale avec une autre commande SF-R unilatérale sur des arcs non adjacents (applications transocéaniques)