



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.841

(10/98)

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

Systemes de transmission numériques – Réseaux
numériques – Caractéristiques des réseaux à hiérarchie
numérique synchrone

**Types et caractéristiques des architectures de
protection des réseaux à hiérarchie numérique
synchrone**

Recommandation UIT-T G.841

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

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

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
SYSTÈMES INTERNATIONAUX ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIODÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
EQUIPEMENTS DE TEST	
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
SYSTÈMES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUES	
EQUIPEMENTS TERMINAUX	G.700–G.799
Caractéristiques principales des équipements de multiplexage en hiérarchie numérique synchrone	G.780–G.789
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
Généralités	G.800–G.809
Objectifs de conception pour les réseaux numériques	G.810–G.819
Objectifs de qualité et de disponibilité	G.820–G.829
Fonctions et capacités du réseau	G.830–G.839
Caractéristiques des réseaux à hiérarchie numérique synchrone	G.840–G.849
Réseau de gestion des télécommunications	G.850–G.859
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999

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

**TYPES ET CARACTERISTIQUES DES ARCHITECTURES
DE PROTECTION DES RESEAUX A HIERARCHIE
NUMERIQUE SYNCHRONE**

Résumé

La présente Recommandation fournit les spécifications au niveau équipement qui sont nécessaires pour l'implémentation des différentes options d'architecture de protection de réseaux utilisant la hiérarchie numérique synchrone (SDH, *synchronous digital hierarchy*). Les entités protégées peuvent être une section de multiplexage SDH unique (par exemple, pour une protection linéaire d'une section de multiplexage), une partie d'un conduit SDH unique de bout en bout (par exemple, pour une protection de connexion de sous-réseau), ou la totalité d'un conduit SDH de bout en bout (par exemple, pour une protection linéaire d'un chemin de conduit de conteneur virtuel de niveau supérieur ou inférieur). Les implémentations physiques de ces architectures de protection peuvent englober des anneaux ou des chaînes linéaires de nœuds. Toute classification de la protection contient des directives générales concernant les objectifs réseau, l'architecture, les fonctionnalités d'application, les critères de basculement, les protocoles et les algorithmes.

Source

La Recommandation UIT-T G.841, révisée par la Commission d'études 15 de l'UIT-T (1997-2000), a été approuvée le 13 octobre 1998 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

AVANT-PROPOS

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

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'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.

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

NOTE

Dans la présente Recommandation, le terme *exploitation reconnue (ER)* désigne tout particulier, toute entreprise, toute société ou tout organisme public qui exploite un service de correspondance publique. Les termes *Administration*, *ER* et *correspondance publique* sont définis dans la *Constitution de l'UIT (Genève, 1992)*.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 1999

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

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application.....	1
2	Références normatives	1
3	Termes et définitions	2
4	Abréviations	8
5	Catégories de protection.....	11
6	Considérations relatives aux applications	19
6.1	Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage.....	19
6.2	Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage (application transocéanique).....	25
6.3	Anneaux avec protection dédiée de section de multiplexage.....	25
6.4	Basculement de protection unidirectionnel et bidirectionnel	26
6.5	Protection linéaire d'un chemin de conteneur virtuel	26
6.6	Protection d'une connexion de sous-réseau	27
6.7	Basculement de protection linéaire de section de multiplexage.....	27
7	Protection de chemin SDH.....	28
7.1	Protection linéaire d'une section de multiplexage	28
	7.1.1 Protocole MSP	28
	7.1.2 Commandes de protection MSP.....	33
	7.1.3 Conditions de protection MSP	36
	7.1.4 Fonctionnement du basculement.....	36
7.2	Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage (MS)	45
	7.2.1 Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à deux fibres et à quatre fibres	45
	7.2.2 Objectifs réseau.....	50
	7.2.3 Architecture d'application	51
	7.2.4 Critères d'initialisation du basculement	60
	7.2.5 Protocole de basculement de protection.....	64
	7.2.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection.....	66
	7.2.7 Exemples.....	82
7.3	Anneaux avec protection dédiée de section de multiplexage.....	82
7.4	Protection linéaire d'un chemin de conteneur virtuel	82
	7.4.1 Architecture réseau.....	82
	7.4.2 Objectifs réseau.....	83
	7.4.3 Architecture d'application	84

	Page
7.4.4 Critères d'initialisation du basculement	89
7.4.5 Protocole de basculement de protection.....	91
7.4.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection.....	91
8 Protection de connexion de sous-réseau SDH.....	92
8.1 Architecture réseau.....	92
8.2 Objectifs réseau	93
8.3 Architecture d'application.....	94
8.3.1 Acheminement	94
8.3.2 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnel.....	94
8.3.3 Autres architectures.....	94
8.4 Critères d'initialisation du basculement.....	94
8.4.1 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnel.....	94
8.4.2 Autres architectures.....	97
8.5 Protocole de basculement de protection.....	97
8.5.1 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnelle.....	97
8.5.2 Autres architectures.....	97
8.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection	97
8.6.1 Algorithme de basculement de protection 1 + 1 unidirectionnelle	97
8.6.2 Autres architectures.....	98
Annexe A – Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage (<i>application transocéanique</i>).....	98
A.1 Application	98
A.2 Objectifs réseau	99
A.3 Architecture d'application.....	99
A.4 Critères de basculement.....	100
A.5 Protocole de basculement de protection.....	101
A.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection	101
Annexe B – Protocole optimisé de protection de section de multiplexage (MSP) 1 + 1, commandes de fonctionnement.....	105
B.1 Basculement 1 + 1 bidirectionnel optimisé pour un réseau utilisant de manière prépondérante le basculement 1 + 1 bidirectionnel.....	105
B.1.1 Verrouillage.....	106
B.1.2 Défaillance de section secondaire	106
B.1.3 Codage des octets K1 et K2	106
B.1.4 Codage de l'octet K2	107
B.1.5 Discordance de section primaire	108

	Page
B.2	Commandes de basculement 108
B.3	Fonctionnement du basculement 108
Appendice I – Exemples de basculement de protection dans un anneau à protection partagée de section de multiplexage 110	
I.1	Défaillance de signal unidirectionnelle (d'arc) dans un anneau à quatre fibres..... 110
I.2	Défaillance de signal unidirectionnelle (d'anneau)..... 111
I.3	Défaillance de signal bidirectionnelle (d'anneau)..... 112
I.4	Dégradation de signal unidirectionnelle (d'anneau) 112
I.5	Défaillance de nœud..... 113
I.6	Préemption par une condition SF-R unidirectionnelle d'une condition SD-S unidirectionnelle sur des arcs non adjacents 114
I.7	Préemption par une condition SF-S unidirectionnelle d'une condition SF-R unidirectionnelle sur des arcs adjacents conditions SF-S et SF-R détectées sur des nœuds non adjacents..... 115
I.8	Préemption par une condition SF-R unidirectionnelle d'une condition SD-S unidirectionnelle sur des arcs adjacents 116
I.9	Coexistence d'une condition SF-R unidirectionnelle avec une autre condition SF-R unidirectionnelle sur des arcs non adjacents 117
I.10	Défaillance de nœud sur un anneau avec une fonctionnalité de trafic supplémentaire (voir la Figure I.11) 119
I.11	Préemption par une commande SF-S unidirectionnelle d'une commande SF-R unidirectionnelle sur des arcs adjacents – conditions SF-S et SF-R détectées au niveau de nœuds adjacents 119
Appendice II – Logique généralisée de suppression de signal 139	
II.1	Suppression de signal pour des circuits unidirectionnels (et bidirectionnels)..... 139
II.2	Suppression de signal pour des circuits unidirectionnels avec points d'extraction multiples ou sources multiples 139
II.2.1	Circuits unidirectionnels avec points d'extraction multiples..... 139
II.2.2	Circuits unidirectionnels avec sources multiples 140
II.2.3	Application à l'interfonctionnement d'anneau..... 140

Recommandation G.841

TYPES ET CARACTERISTIQUES DES ARCHITECTURES DE PROTECTION DES RESEAUX A HIERARCHIE NUMERIQUE SYNCHRONE

(révisée en 1998)

1 Domaine d'application

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

Les mécanismes de protection sont classés comme suit:

- protection d'un chemin SDH (au niveau de la section ou de la couche Conduit);
- protection d'une connexion de sous-réseau SDH (avec supervision intrinsèque, supervision sans intrusion et supervision de sous-couche).

L'interfonctionnement des mécanismes de protection (y compris la hiérarchie de basculement) et les scénarios d'interconnexion sont en cours d'étude pour une autre Recommandation.

Les caractéristiques d'exploitation (OAM&P, *operations, administration, maintenance and provisioning*), de performance, ainsi que les liaisons satellite ou radio, appellent une étude ultérieure. L'architecture de synchronisation et la protection du synchronisme ne sont pas décrites ici. Il n'est pas nécessaire que la totalité des mécanismes de protection décrits dans la présente Recommandation soient disponibles sur le même équipement SDH.

2 Références normatives

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

- Recommandation UIT-T G.707 (1996), Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.
- Recommandation CCITT G.774 (1992), *Modèle d'information de gestion de la hiérarchie numérique synchrone du point de vue des éléments de réseau.*
- Recommandation UIT-T G.783 (1997), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.784 (1994), *Gestion de la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.803 (1997), *Architecture des réseaux de transport à hiérarchie numérique synchrone.*

3 Termes et définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

- 3.1 contrôleur APS:** partie d'un nœud qui est responsable de la génération et de la terminaison des informations véhiculées par le protocole APS et de l'implémentation de l'algorithme APS.
- 3.2 multiplexeur d'insertion/extraction (ADM, *add/drop multiplex*):** élément réseau qui fournit l'accès à la totalité, ou à un sous-ensemble des signaux contenus dans un signal STM-n. Les signaux constitutants sont insérés (ajoutés) ou extraits (retirés) du signal STM-n lorsque ces derniers traversent le multiplex ADM. Voir le 3.5/G.782.
- 3.3 trafic ajouté:** trafic normal ou supplémentaire inséré au niveau des nœuds d'un anneau dans des canaux de cet anneau pouvant être des canaux actifs, des canaux de protection ou des canaux non protégés non interruptibles.
- 3.4 unité administrative (AU):** voir la Recommandation G.707.
- 3.5 signal d'indication d'alarme (AIS):** code émis vers l'aval dans un réseau numérique pour indiquer qu'un dérangement a été détecté en amont et a fait l'objet d'une alarme. Ce signal est associé à des couches de transport multiples.
- 3.6 demande APS:** ensemble de signaux au sein d'un contrôleur APS qui déterminent son comportement. Une demande APS peut être, soit une commande d'origine externe, soit une commande avec initialisation automatique.
- 3.7 signal d'indication d'alarme pour une unité administrative (AU-AIS):** voir la Recommandation G.783.
- 3.8 pointeur d'unité administrative:** voir la Recommandation G.707.
- 3.9 commande avec initialisation automatique:** demande APS qui a été initialisée pour l'une des raisons suivantes: 1) critères de performance de section de multiplexage, 2) critères de performance d'équipement local ou 3) demandes de dérivation reçues.
- 3.10 fourniture automatique:** positionnement des valeurs de paramètres au sein d'un élément réseau, sans intervention spécifique d'un utilisateur extérieur.
- 3.11 connexion bidirectionnelle:** voir la Recommandation G.803. Une illustration est donnée dans la Figure 3-2.
- 3.12 basculement de protection bidirectionnel:** architecture de protection dans laquelle, en cas de défaillance unidirectionnelle (c'est-à-dire une défaillance affectant une seule des directions de transmission), les deux directions (d'un chemin, d'une sous-connexion de réseau, etc.) font l'objet d'un basculement vers l'entité de protection, aussi bien pour la direction concernée que pour la direction non concernée.
- 3.13 anneau bidirectionnel:** dans un anneau bidirectionnel, l'acheminement des signaux de trafic actif est fait de telle manière que les deux directions d'une connexion bidirectionnelle parcourent l'anneau traversant les mêmes nœuds mais dans des directions opposées.
- 3.14 parité d'entrelacement de bit d'ordre N (BIP-N, *bit interleaved parity N*):** voir la Recommandation G.707.
- 3.15 dérivation:** action de transmission d'un trafic identique sur le canal actif et sur le canal de protection.
- 3.16 demande de dérivation:** message émis par un nœud d'extrémité de queue à destination du nœud d'extrémité de tête pour demander à ce dernier d'effectuer une dérivation des signaux de trafic normal vers les canaux de protection.

- 3.17 statut de demande de dérivation:** message émis par un nœud d'extrémité de queue à destination de tous les autres nœuds du système de protection pour indiquer que la première a émis une demande de dérivation.
- 3.18 conteneur:** voir la Recommandation G.707.
- 3.19 défaillance de contrôleur:** état dans lequel un nœud n'est plus en mesure d'exploiter correctement le protocole APS mais continue à générer des trames SDH formatées correctement.
- 3.20 croisement d'octets K:** détection par un nœud de demandes de dérivation d'anneau de priorité égale sur les deux "côtés" (ceci inclut la réception, par un nœud de basculement, d'une demande de dérivation d'anneau issue de l'autre extrémité).
- 3.21 canal de communication de données (DCC, *data communication channel*):** voir la Recommandation G.784.
- 3.22 protection dédiée:** architecture de protection qui fournit une capacité dédiée nécessaire à la protection d'une capacité qui véhicule le trafic (1 + 1). Voir la Recommandation G.803.
- 3.23 code APS par défaut:** ce terme fait référence aux octets APS qui sont transmis avec un identificateur de nœud source égal à l'identificateur du nœud de destination.
- 3.24 diversité d'acheminement à l'aller et au retour:** transport bidirectionnel (aller et retour) d'entités ou de signaux établis sur, ou acheminés par des équipements physiques différents. Un tel acheminement peut s'appliquer à des chemins individuels, à des connexions de sous-réseau ou à des signaux, comme illustré par la Figure 3-2.
- 3.25 diversité d'acheminement d'une paire de protection (de chemin ou de connexion SNC):** acheminement diversifié d'un chemin actif ou d'une connexion SNC active et des chemins ou connexions de protection correspondants, pour lequel le chemin ou la connexion en activité (dans les deux directions de transmission) utilise un acheminement physique et le chemin ou la connexion de protection utilise (dans les deux directions de transmission) un acheminement physique différent.
- 3.26 trafic extrait:** trafic normal ou trafic supplémentaire extrait au niveau d'un nœud d'anneau des canaux actifs, des canaux de protection ou des canaux non protégés non interruptibles au niveau d'un nœud d'anneau.
- 3.27 commande d'origine externe:** demande APS qui est initialisée par un système d'exploitation ou par un exploitant.
- 3.28 trafic supplémentaire:** trafic véhiculé sur les canaux de protection lorsque leur capacité n'est pas utilisée pour la protection du trafic normal. Le trafic supplémentaire n'est pas protégé et il est préempté lorsque les canaux de protection sont nécessaires pour la protection du trafic normal.
- 3.29 transfert total:** action d'un nœud consistant à émettre les mêmes octets K1 et K2 et les mêmes canaux de protection que ceux qui sont reçus. Le transfert total peut être unidirectionnel ou bidirectionnel comme spécifié dans le texte. Lorsqu'un nœud passe en mode de transfert total unidirectionnel, il continuera à fournir dans la direction opposée les octets K fournis précédemment, à l'exception des bits 6 à 8 de l'octet K2 qui indiqueront le code de statut adéquat.
- 3.30 extrémité de tête:** nœud qui établit une dérivation. Il convient de noter que dans le cas d'un basculement bidirectionnel un nœud qui est une extrémité de tête est également extrémité de queue pour le même arc.
- 3.31 conteneur virtuel de niveau supérieur:** voir la Recommandation G.707.
- 3.32 temps de garde:** laps de temps s'écoulant entre la déclaration d'une dégradation ou d'une défaillance de signal et l'initialisation de l'algorithme de basculement de protection.

- 3.33 libre:** état d'un nœud qui n'est pas en train de générer, de détecter ou de transférer des demandes de dérivation ou des informations de statut de demande de dérivation.
- 3.34 nœud isolé:** nœud unique qui est isolé, du point de vue du trafic, de ses nœuds adjacents par des basculements d'anneau effectués sur chacun de ses deux arcs.
- 3.35 transfert des octets K:** action d'un nœud consistant à émettre les mêmes octets K1 et K2 que ceux qui sont reçus. Les canaux de protection ne sont pas transférés. Le transfert des octets K est bidirectionnel.
- 3.36 conduit long:** segment de conduit qui part de l'arc pour lequel la demande de dérivation est initialisée. Il existe en général d'autres nœuds intermédiaires sur ce segment de conduit.
- 3.37 perte de trame (LOF, *loss of frame*):** voir la Recommandation G.783.
- 3.38 perte de signal (LOS, *loss of signal*):** voir la Recommandation G.783 pour les systèmes SDH et la Recommandation G.775 pour les systèmes PDH.
- 3.39 conteneur virtuel de niveau inférieur:** voir la Recommandation G.707.
- 3.40 accès pour conteneurs virtuels de niveau inférieur:** terminaison d'un conteneur virtuel de niveau supérieur qui a pour objet d'insérer, d'extraire ou de brasser tout conteneur virtuel ou groupe de conteneurs virtuels de niveau inférieur.
- 3.41 connexion erronée:** situation dans laquelle du trafic destiné à un nœud donné est acheminé de manière incorrecte vers un autre nœud sans qu'une action corrective soit effectuée.
- 3.42 bit le plus significatif:** position la "plus à gauche" dans un octet ou position du premier bit émis dans un octet.
- 3.43 section de multiplexage (MS):** voir la Recommandation G.803.
- 3.44 signal d'indication d'alarme de section de multiplexage (MS-AIS):** voir la Recommandation G.783.
- 3.45 indication de défaillance distante de section de multiplexage (MS-RDI, *multiplex section-remote defect indication*):** ce terme correspond à l'ancienne expression "défaillance d'extrémité distante section multiplex". Voir la Recommandation G.707.
- 3.46 protection de connexion réseau:** mécanisme qui protège la plus grande partie possible de l'itinéraire d'une connexion par sous-réseau.
- 3.47 interface de nœud de réseau (NNI, *network node interface*):** voir la Recommandation G.707.
- 3.48 canal non protégé non interruptible:** canal d'un anneau avec protection partagée de section de multiplexage qui est fourni dans les deux directions en vue d'assurer un transport sans protection partagée de section de multiplexage. Les canaux non protégés non interruptibles sont fournis en utilisant des couples de canaux actifs et de protection.
- 3.49 trafic non protégé non interruptible:** trafic non protégé véhiculé sur un canal de protection verrouillé qui ne préempté (par exemple, par des basculements de protection).
- 3.50 trafic normal:** trafic véhiculé normalement sur les sections ou les canaux actifs, sauf dans le cas d'un basculement de protection, auquel cas il est rétabli sur les sections ou les canaux de protection. Le trafic normal est protégé.
- 3.51 signal nul:** le signal nul est indiqué sur les canaux de protection si ces derniers ne sont pas utilisés pour véhiculer du trafic normal ou supplémentaire. Le signal nul peut être de tout type se conformant à la structure de signal de la couche spécifiée; il est ignoré (non sélectionné du côté de queue de la protection).

- 3.52 transfert:** action d'un nœud consistant à émettre les mêmes informations que celles qui sont en cours de réception dans toute direction de transmission.
- 3.53 conduit:** voir la Recommandation G.803.
- 3.54 en-tête de conduit:** voir la Recommandation G.707.
- 3.55 canaux de protection:** canaux affectés au transport du trafic normal pendant un événement de basculement. Les canaux de protection peuvent être utilisés pour véhiculer du trafic supplémentaire en l'absence d'un événement de basculement. Lorsqu'un événement de basculement est présent, le trafic normal des canaux affectés est dérivé vers les canaux de protection.
- 3.56 section de régénération:** voir la Recommandation G.803.
- 3.57 indication d'erreur distante:** ce terme remplace l'ancienne expression "erreur de bloc à l'extrémité distante". Voir la Recommandation G.707.
- 3.58 seuil de rétablissement:** méthode avec hystérésis utilisée pour une commande avec initialisation automatique afin d'effectuer le basculement en retour du trafic normal des canaux de protection vers les canaux actifs. Cette méthode spécifie un seuil de taux BER pour la section de multiplexage qui véhicule les canaux actifs. Ce seuil est communément appelé "seuil de rétablissement". Le seuil de rétablissement est positionné sur un taux BER inférieur au seuil de dégradation du signal.
- 3.59 rétablissement:** voir la Recommandation G.803.
- 3.60 anneau:** ensemble de nœuds formant une boucle fermée dans lequel tout nœud est connecté à deux nœuds adjacents par un équipement de communication duplex. Un anneau fournit une redondance de bande passante ou d'équipements réseau, ou des deux, permettant de rétablir de manière automatique, à la suite d'une défaillance ou d'une dégradation dans le réseau, des services répartis. Un anneau peut donc se rétablir de manière autonome.
- 3.61 défaillance d'anneau:** défaillance pour laquelle le rétablissement peut être effectué uniquement au moyen d'un basculement d'anneau.
- 3.62 interfonctionnement d'anneau:** topologie de réseau dans laquelle deux anneaux sont connectés au niveau de deux points et fonctionnent de telle manière qu'une défaillance d'anneau en l'un de ces deux points ne provoque aucune perte de trafic, sauf éventuellement le trafic extrait ou inséré au niveau du point défaillant.
- 3.63 basculement d'anneau:** mécanisme de protection qui s'applique à des anneaux à deux ou à quatre fibres. Le trafic issu de l'arc affecté est véhiculé sur le conduit long par les canaux de protection pendant un basculement d'anneau.
- 3.64 en-tête de section:** voir la Recommandation G.707.
- 3.65 anneau segmenté:** anneau qui est découpé en deux ou plus de deux segments, soit de manière externe par des basculements forcés (FS-R), soit de manière automatique à la suite de basculements d'anneau sur défaillance de signal (SF-R).
- 3.66 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 véhiculer du trafic supplémentaire lorsqu'elles ne sont pas utilisées pour la protection. Voir la Recommandation G.803.
- 3.67 conduit court:** segment du conduit sur l'arc pour lequel la demande de dérivation est initialisée. Cet arc est toujours celui auquel les extrémités de tête et de queue sont connectées. La demande de dérivation sur le conduit court est celle qui est émise sur l'arc pour lequel la demande de dérivation est initialisée.

- 3.68 défaillance ponctuelle:** défaillance située au niveau d'un seul point physique d'un anneau. Cette défaillance peut affecter une ou plusieurs fibres. Une défaillance ponctuelle peut être détectée par un nombre quelconque d'éléments réseau.
- 3.69 arc:** ensemble des sections de multiplexage qui relient deux nœuds adjacents d'un anneau.
- 3.70 basculement d'arc:** mécanisme de protection similaire à un basculement APS 1:1 linéaire qui s'applique uniquement à des anneaux à quatre fibres dont les canaux actifs et de protection appartiennent à des fibres distinctes, dans le cas où une défaillance affecte uniquement les canaux actifs. Le trafic normal est véhiculé, pendant un basculement d'arc, sur les canaux de protection qui se trouvent sur le même arc que la défaillance.
- 3.71 trafic avec suppression de signal:** trafic constitué de signaux contenant uniquement des bits "1" résultant du processus de suppression.
- 3.72 suppression:** processus consistant à insérer des signaux AU-AIS en vue de prévenir des connexions erronées.
- 3.73 connexion de sous-réseau:** voir la Recommandation G.803.
- 3.74 protection de connexion de sous-réseau:** une connexion de sous-réseau active est remplacée par une connexion de sous-réseau de secours si la première subit une défaillance ou si sa qualité devient inférieure à un niveau prescrit.
- 3.75 réseau avec capacité de survie:** réseau qui est capable de rétablir le trafic en cas de défaillance. Le niveau de survie est déterminé par la capacité de résistance du réseau à des défaillances de ligne simples, des défaillances de ligne multiples et à des défaillances d'équipement.
- 3.76 basculement:** processus consistant à sélectionner le trafic normal issu des canaux de protection à la place de celui issu des canaux actifs.
- 3.77 temps de basculement:** laps de temps s'écoulant entre la décision de basculement et la réalisation de l'opération de dérivation et de basculement au niveau du nœud de basculement qui déclenche la demande de dérivation.
- 3.78 nœud de basculement:** nœud qui réalise la fonction de dérivation ou de basculement. Dans le cas d'une architecture de réseau en anneau avec basculement de section multiplexage, ce nœud effectue également toute suppression de signal du trafic erroné pour les conduits de conteneurs virtuels d'ordre 3/4 ou supérieur.
- 3.79 synchronisme:** caractéristique essentielle des marqueurs ou signaux temporels, telle que les instants significatifs qu'ils indiquent apparaissent précisément au même débit moyen.
- 3.80 module de transport synchrone de niveau n (STM-n, *synchronous transport module level N*):** voir la Recommandation G.707.
- 3.81 extrémité de queue:** nœud qui a émis la demande de dérivation. Il convient de noter que dans le cas d'un basculement bidirectionnel un nœud qui est une extrémité de queue est également une extrémité de tête pour le même arc.
- 3.82 échange d'intervalle de temps (TSI, *time slot interchange*):** l'échange TSI est défini aux fins de la présente Recommandation comme étant la capacité de modifier la position des intervalles de temps pour le trafic connecté directement (c'est-à-dire, le trafic qui n'est ni inséré ni extrait au niveau de ce nœud ce nœud).
- 3.83 chemin:** voir la Recommandation G.803.
- 3.84 protection de chemin:** le trafic normal est véhiculé sur, ou sélectionné à partir d'un chemin protégé à la place d'un chemin actif en cas de défaillance de ce dernier ou si sa qualité devient inférieure à un niveau prescrit.

- 3.85 transport:** ressources associées à l'acheminement de signaux de niveau STM-1 ou supérieur.
- 3.86 défaillance non détectée:** défaillance d'équipement qui n'est pas détectée par les fonctions de maintenance de cet équipement et qui ne déclenche donc pas de basculement de protection ou qui n'émet pas la notification OA&M appropriée. Ce type de défaillance n'est pas mis en évidence tant qu'une tentative de basculement de protection n'a pas été effectuée.
- 3.87 connexion unidirectionnelle:** voir la Recommandation G.803; la Figure 3-1 présente une illustration.
- 3.88 basculement de protection unidirectionnel:** architecture de basculement de protection dans laquelle seule la direction affectée par une défaillance unidirectionnelle fait l'objet d'un basculement de protection (de chemin, de connexion de sous-réseau, etc.).
- 3.89 anneau unidirectionnel:** dans un anneau unidirectionnel (avec basculement de conduit ou de section de multiplexage), l'acheminement du trafic normal est tel que les deux directions d'une connexion bidirectionnelle parcourent l'anneau dans la même direction (c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre). Dans un tel anneau, chaque connexion bidirectionnelle fait usage de la capacité disponible sur toute la circonférence de l'anneau.
- 3.90 acheminement uniforme à l'aller et au retour:** le transport bidirectionnel d'une entité ou d'un signal (aller et retour) est établi ou acheminé sur les mêmes équipements physiques. Un tel acheminement peut s'appliquer à des chemins individuels, à des connexions de sous-réseau ou à des signaux, comme illustré par la Figure 3-2.
- 3.91 conteneur virtuel (VC):** voir la Recommandation G.707.
- 3.92 canaux actifs:** canaux véhiculant le trafic normal en l'absence d'événements de basculement.

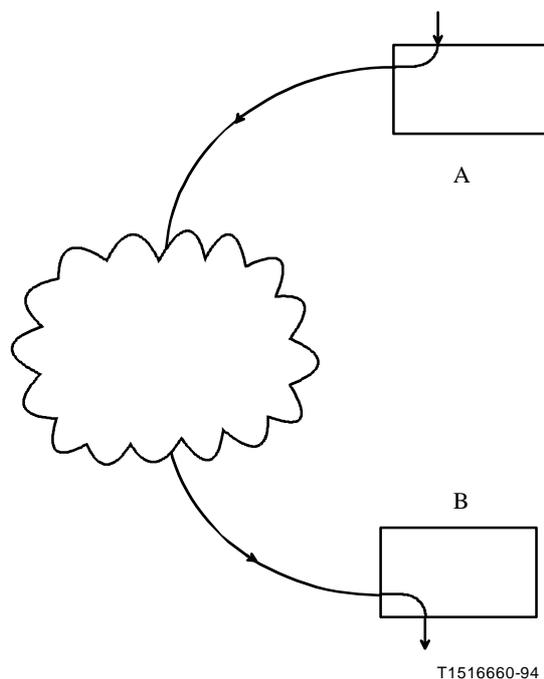
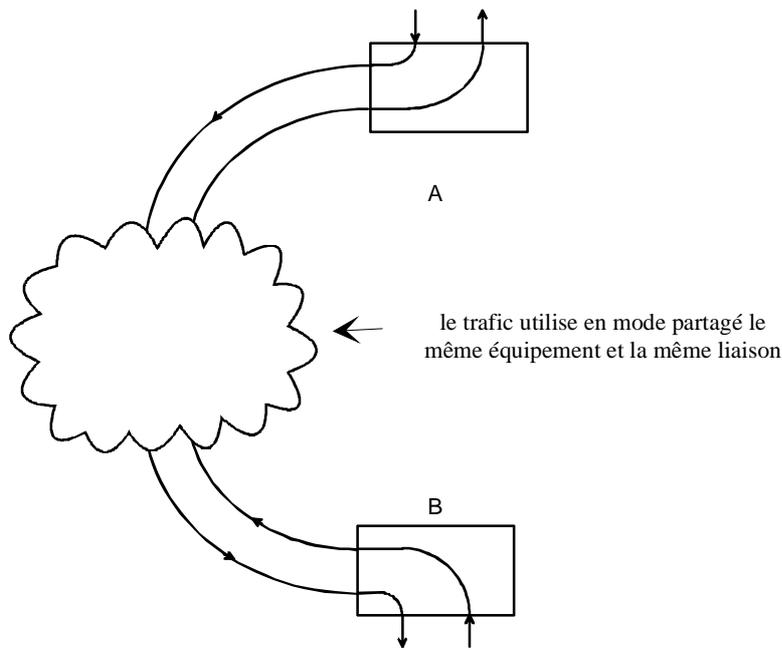
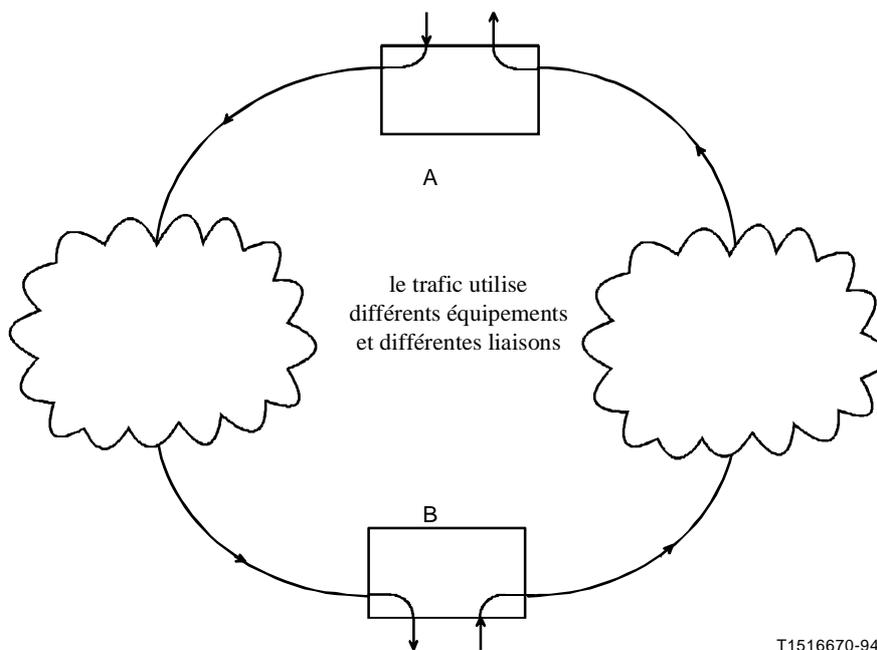


Figure 3-1/G.841 – Connexion unidirectionnelle



a) Acheminement uniforme



b) Acheminement diversifié

T1516670-94

Figure 3-2/G.841 – Connexions bidirectionnelles avec acheminement uniforme et diversifié

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

- ADM multiplexeur d'insertion/extraction (*add/drop multiplex*)
- AIS signal d'indication d'alarme (*alarm indication signal*)

AP	point d'accès (<i>access point</i>)
APS	basculement automatique de protection (<i>automatic protection switching</i>)
AU	unité administrative (<i>administrative unit</i>)
AU-AIS	signal d'indication d'alarme d'unité administrative (<i>administrative unit alarm indication signal</i>)
AUG	groupe d'unité administrative (<i>administrative unit group</i>)
AU-LOP	perte de pointeur d'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 de bit d'ordre N (<i>bit interleaved parity N</i>)
BLSR	anneaux bidirectionnels à commutation de lignes (<i>bidirectional line switched rings</i>)
Br	dérivation (effectuée) [<i>bridge(d)</i>]
CP	point de connexion (<i>connection point</i>)
DCC	canal de communication de données (<i>data communication channel</i>)
ET	trafic supplémentaire (<i>extra traffic</i>)
EXER-R	testeur d'anneau (<i>exerciser-ring</i>)
EXER-S	testeur d'arc (<i>exerciser-span</i>)
FS-P	basculement forcé vers l'entité de protection (<i>forced switch to protection</i>)
FS-R	basculement forcé du trafic normal vers l'entité de protection de l'anneau (<i>forced switch normal traffic to protection-ring</i>)
FS-S	basculement forcé du trafic normal vers l'entité de protection de l'arc (<i>forced switch normal traffic to protection-span</i>)
FS-W	basculement forcé du trafic normal vers l'entité active (<i>forced switch normal traffic to working</i>)
HO	niveau supérieur (<i>higher order</i>)
HO VC	conteneur virtuel d'ordre supérieur (<i>higher order virtual container</i>)
HP-DEG	dégradation de conduit d'ordre supérieur (<i>higher order path degraded</i>)
HP-EXC	erreurs excessives dans un conduit d'ordre supérieur (<i>higher order path excessive errors</i>)
HP-SSF	défaillance de signal de serveur dans un conduit d'ordre supérieur (<i>higher order path server signal fail</i>)
HP-TIM	discordance entre identificateurs de trace de conduit d'ordre supérieur (<i>higher order path trace identifier mismatch</i>)
HP-UNEQ	conduit d'ordre supérieur non équipé (<i>higher order path unequipped</i>)
ID	identification
LO	ordre inférieur (<i>lower order</i>)
LOF	perte de trame (<i>loss of frame</i>)
LOS	perte de signal (<i>loss of signal</i>)
LO VC	conteneur virtuel d'ordre inférieur (<i>lower order virtual container</i>)

LP	verrouillage de l'entité de protection (<i>lockout of protection</i>)
LP-DEG	dégradation dans un conduit d'ordre inférieur (<i>lower order path degraded</i>)
LP-EXC	erreurs excessives dans un conduit d'ordre inférieur (<i>lower order path excessive errors</i>)
LP-S	verrouillage de l'entité de protection d'arc (<i>lockout of protection-span</i>)
LP-SSF	défaillance de signal de serveur dans un conduit d'ordre inférieur (<i>lower order path server signal fail</i>)
LP-TIM	discordance entre identificateurs de trace de conduit d'ordre inférieur (<i>lower order path trace identifier mismatch</i>)
LP-UNEQ	conduit d'ordre inférieur non équipé (<i>lower order path unequipped</i>)
MS	section de multiplexage (<i>multiplex section</i>)
MSA	adaptation de section de multiplexage (<i>multiplex section adaptation</i>)
MS P	basculement manuel vers l'entité de protection (<i>manual switch to protection</i>)
MSP	protection de section de multiplexage (<i>multiplex section protection</i>)
MSPA	adaptation de protection de section de multiplexage (<i>multiplex section protection adaptation</i>)
MSPT	termination de protection de section de multiplexage (<i>multiplex section protection termination</i>)
MS-R	basculement manuel du trafic normal vers l'entité de protection de l'anneau (<i>manual switch normal traffic to protection-ring</i>)
MS-S	basculement manuel du trafic normal vers l'entité de protection de l'arc (<i>manual switch normal traffic to protection-span</i>)
MST	termination de section de multiplexage (<i>multiplex section termination</i>)
MS-W	basculement manuel du trafic normal vers l'entité active (<i>manual switch normal traffic 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>)
NUT	trafic non interruptible non protégé (<i>non-preemptible unprotected traffic</i>)
OAM&P	exploitation, administration, maintenance et mise en œuvre (<i>operations, administration, maintenance and provisioning</i>)
OS	système d'exploitation (<i>operation system</i>)
POH	en-tête de conduit (<i>path overhead</i>)
RCD	réseau de communication de données
RGT	réseau de gestion des télécommunications
RR-R	demande en retour pour l'anneau (<i>reverse request-ring</i>)
RR-S	demande en retour pour un arc (<i>reverse request-span</i>)
RSOH	en-tête 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 canaux de protection (<i>signal degrade of the protection channels</i>)
SD-R	dégradation de signal sur l'anneau (<i>signal degrade-ring</i>)
SD-S	dégradation de signal sur un arc (<i>signal degrade-span</i>)
SF	défaillance de signal (<i>signal fail</i>)
SF-R	défaillance de signal sur l'anneau (<i>signal fail-ring</i>)
SF-S	défaillance de signal sur un arc (<i>signal fail-span</i>)
SNC	connexion de sous-réseau (<i>subnetwork connection</i>)
SNC/I	protection de connexion de sous-réseau avec supervision intrinsèque (<i>subnetwork connection with inherent monitoring</i>)
SNC/N	protection de connexion de sous-réseau avec supervision sans intrusion (<i>subnetwork connection protection with non-intrusive monitoring</i>)
SSF	défaillance de signal du serveur (<i>server signal fail</i>)
STM-n	module de transport synchrone d'ordre <i>n</i> (<i>synchronous transport module level N</i>)
Sw	basculement (effectué) [<i>switch(ed)</i>]
TCP	point de connexion d'une terminaison (<i>termination connection point</i>)
TSI	échange d'intervalle de temps (<i>time slot interchange</i>)
TU	unité d'affluent (<i>tributary unit</i>)
VC	conteneur virtuel (<i>virtual container</i>)
WTR	attente pour rétablissement (<i>wait to restore</i>)

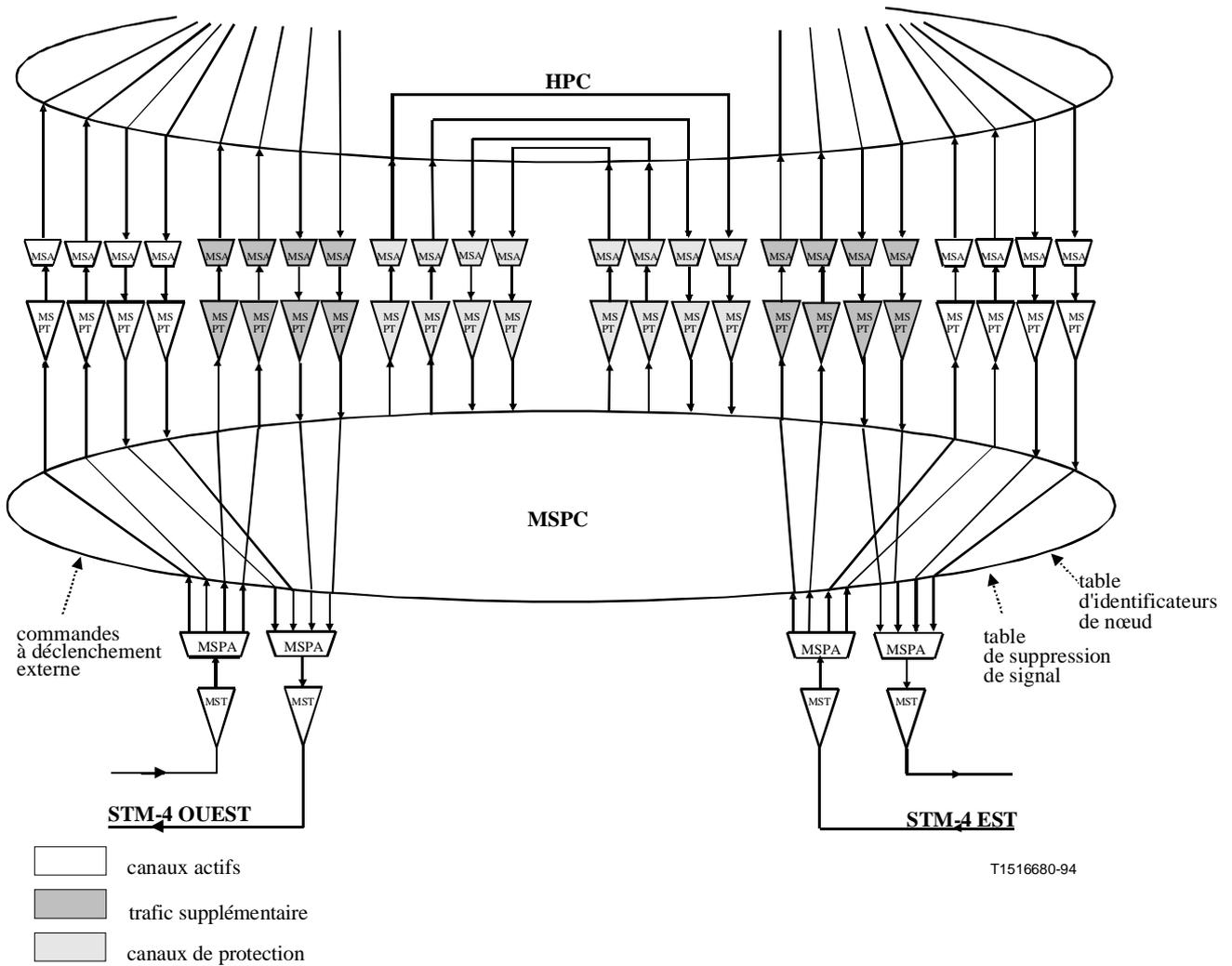
5 Catégories de protection

Le présent paragraphe contient une présentation générale des types d'architecture de protection décrits dans la présente Recommandation. Les deux principaux types de basculement de protection sont la protection de chemin SDH et la protection de connexion de sous-réseau SDH.

Les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage utilisent la protection de chemin SDH. La Figure 5-1 présente le modèle d'un anneau avec protection partagée de section de multiplexage à deux fibres avec une capacité de 4 groupes AUG, y compris les connexions de sous-réseau en émission et réception. La Figure 5-2 présente le comportement de ce modèle en cas de coupure totale de câble sur l'un des côtés. La Figure 5-3 présente le comportement du modèle pour un nœud de transfert.

La Figure 5-4 présente le modèle fonctionnel générique pour une protection 1 + 1 d'un chemin de conteneur virtuel. La Figure 5-5 présente le modèle fonctionnel générique pour une protection 1:1 d'un chemin de conteneur virtuel en mode réversible et la Figure 5-6 le modèle fonctionnel générique pour une protection 1:1 d'un chemin de conteneur virtuel en mode non réversible.

La Figure 5-7 présente le modèle fonctionnel pour une protection de connexion de sous-réseau avec supervision intrinsèque (SNC/I). La Figure 5-8 présente le modèle fonctionnel pour une connexion de sous-réseau à supervision sans intrusion (SNC/N).



HPC connexion par conduit d'ordre 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 de protection à deux fibres – Etat normal avec trafic supplémentaire

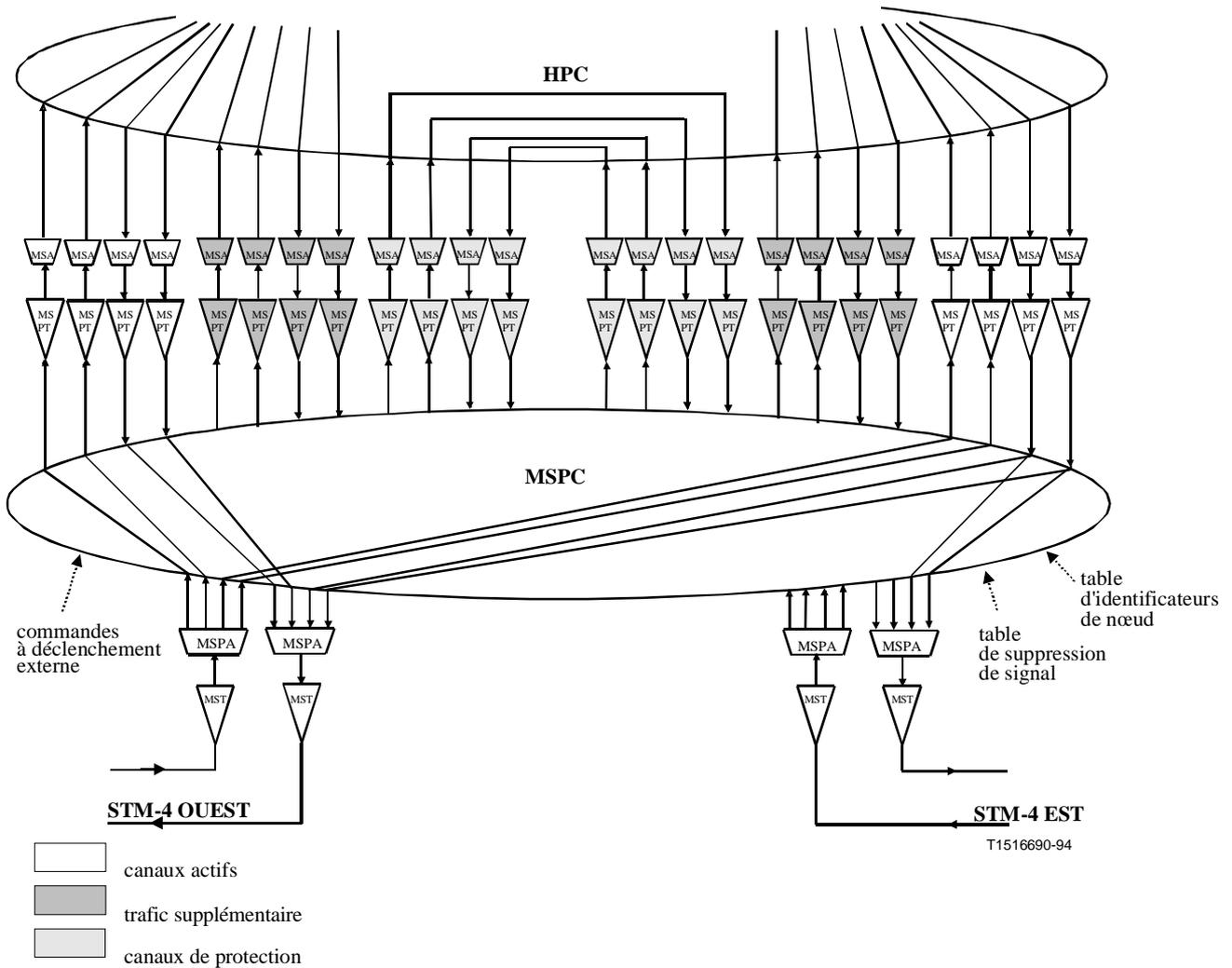


Figure 5-2/G.841 – Modèle fonctionnel d'un anneau de protection à deux fibres d'une section de multiplexage – Défaillance sur le côté est

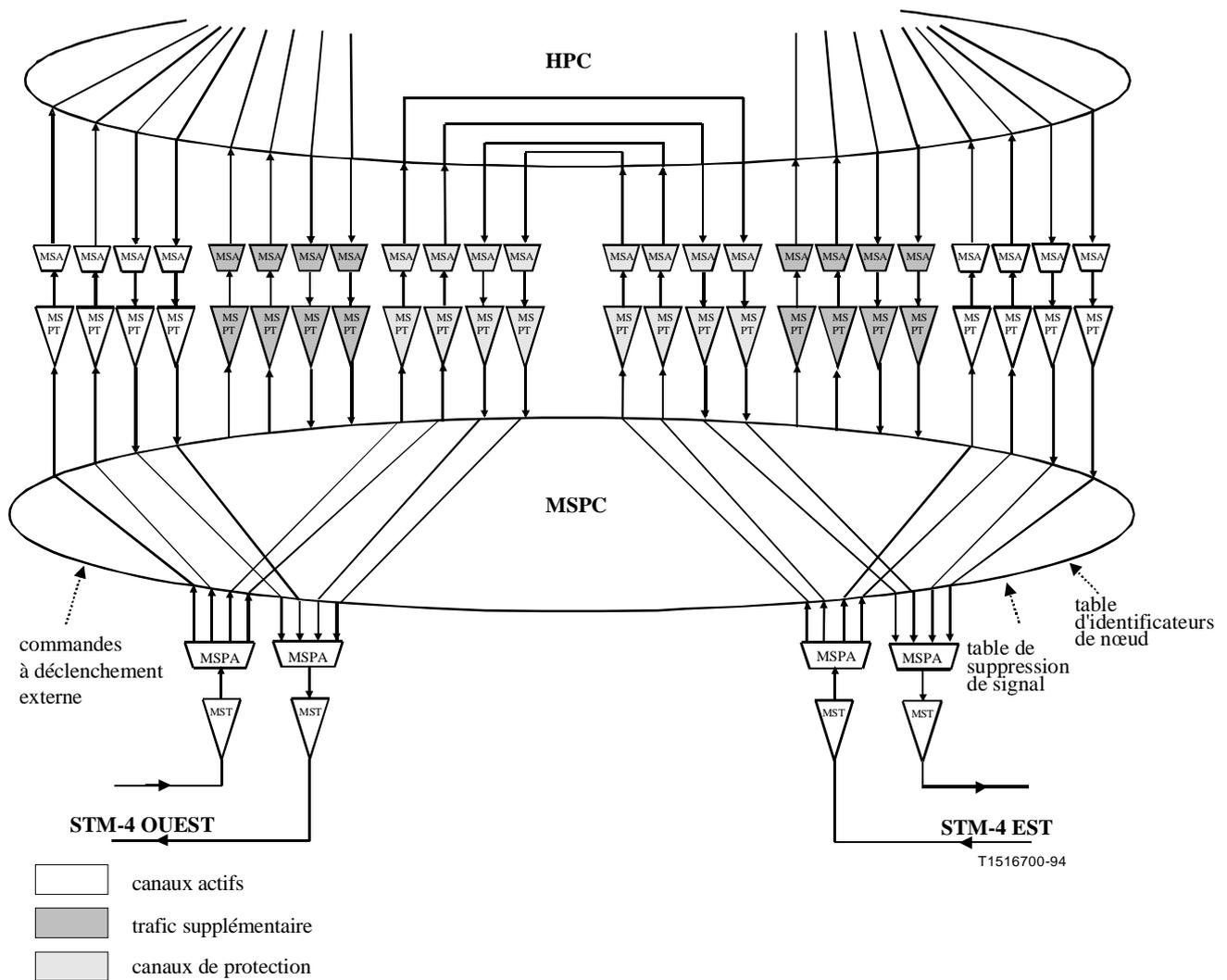
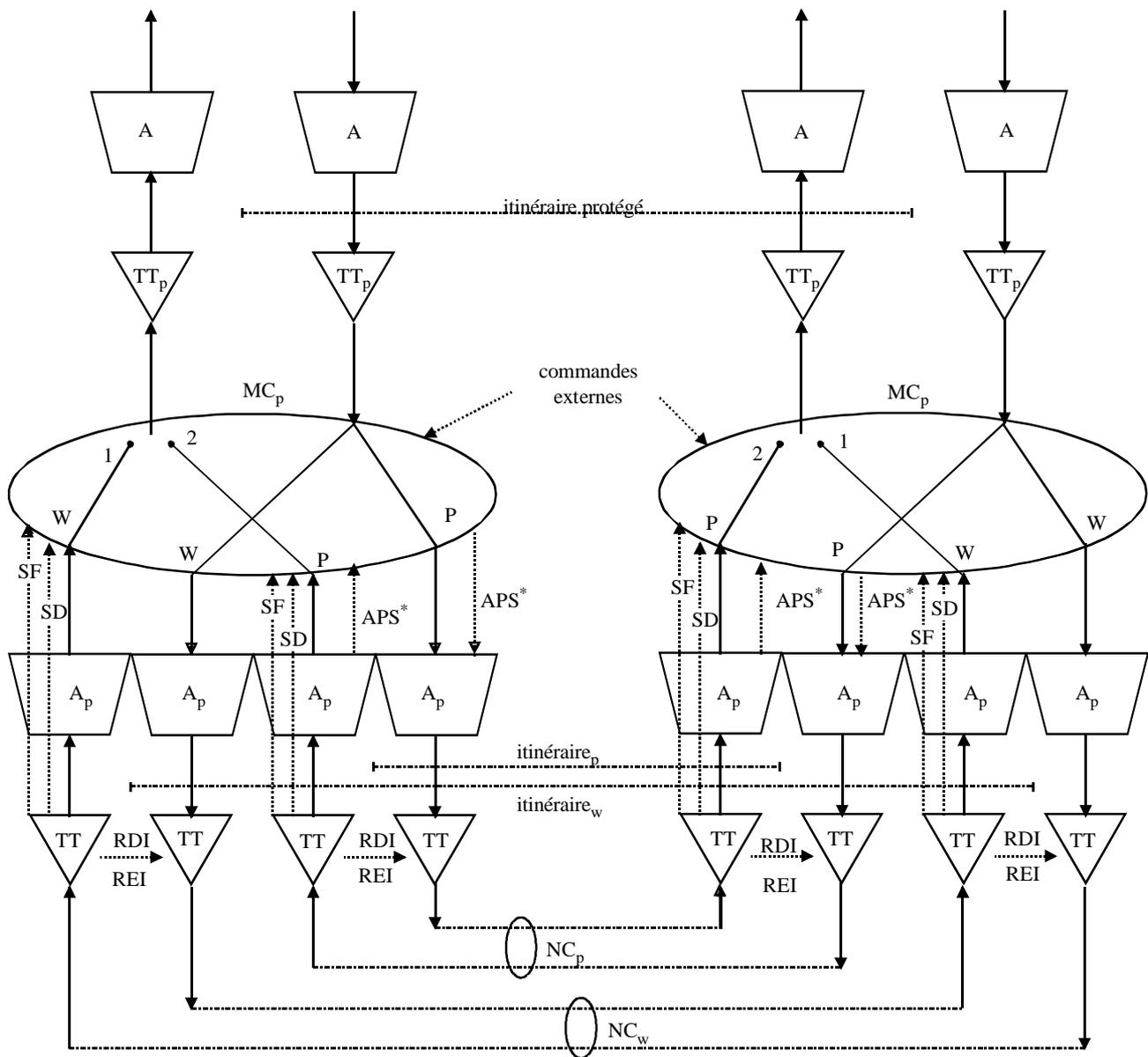


Figure 5.3/G.841 – Modèle fonctionnel d'un anneau de protection à deux fibres d'une section de multiplexage – Etat "transfert"

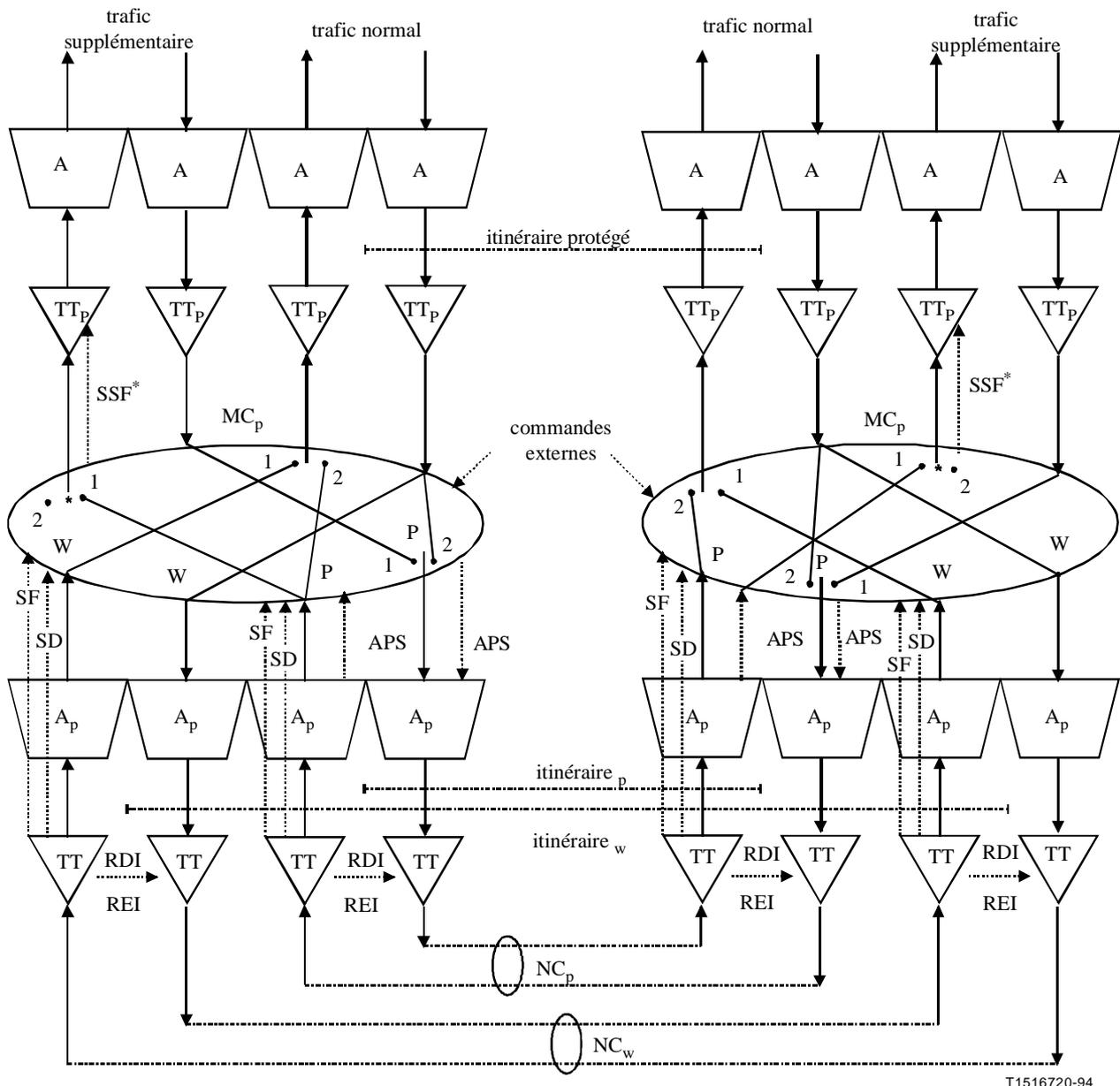


T1516710-94

* Requis pour le basculement bidirectionnel.
Non requis pour le basculement unidirectionnel.

A	adaptation	SD	dégradation du signal
A _p	adaptation de protection	SF	défaillance de signal
MC _p	connexion par matrice de protection	SSF	défaillance de signal de serveur
NC _p	connexion par réseau de protection	Trail _p	itinéraire de protection
NC _w	connexion par réseau actif	Trail _w	itinéraire actif
RDI	indication de défaillance distante	TT	terminaison d'itinéraire
REI	indication d'erreur distante	TT _p	terminaison d'itinéraire de protection
Etats	1 état normal		
	2 état avec défaillance		

Figure 5-4/G.841 – Modèle fonctionnel pour une protection linéaire générique d'itinéraire en mode 1 + 1

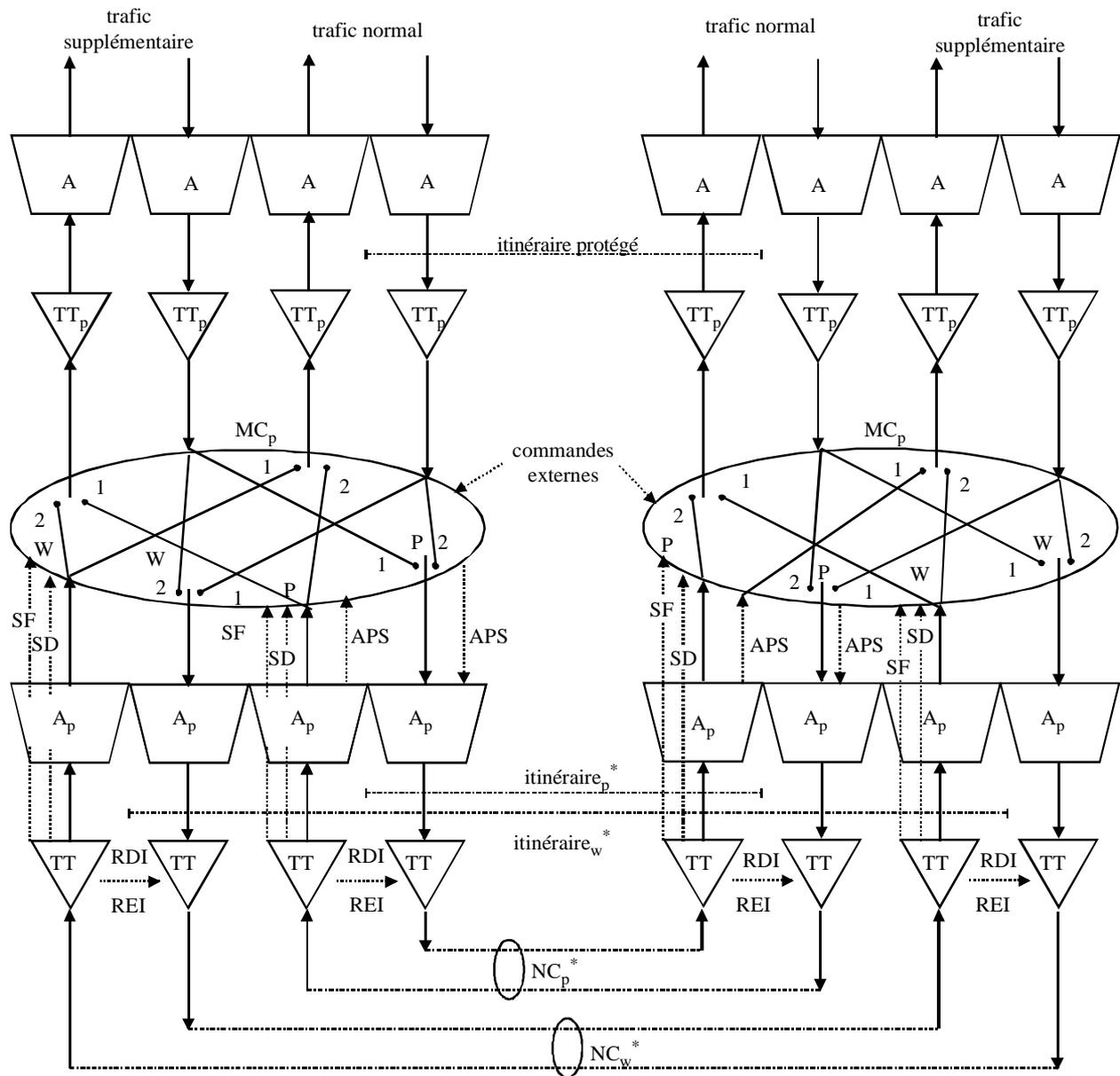


* Défaillance SSF active sur connexion ouverte [état de défaillance (2)]. Appelle une étude ultérieure.

A	adaptation	SD	dégradation du signal
A _p	adaptation de protection	SF	défaillance de signal
MC _p	connexion par matrice de protection	SSF*	défaillance de signal de serveur
NC _p	connexion par réseau de protection	Trail _p	itinéraire de protection
NC	connexion par réseau actif	Trail _w	itinéraire actif
RDI	indication de défaillance distante	TT	termination d'itinéraire
REI	indication d'erreur distante	TT _p	termination d'itinéraire de protection

Etats
 1 état normal
 2 état avec défaillance

Figure 5-5/G.841 – Modèle fonctionnel pour une protection linéaire générique d'itinéraire en mode 1 + 1 – Fonctionnement réversible

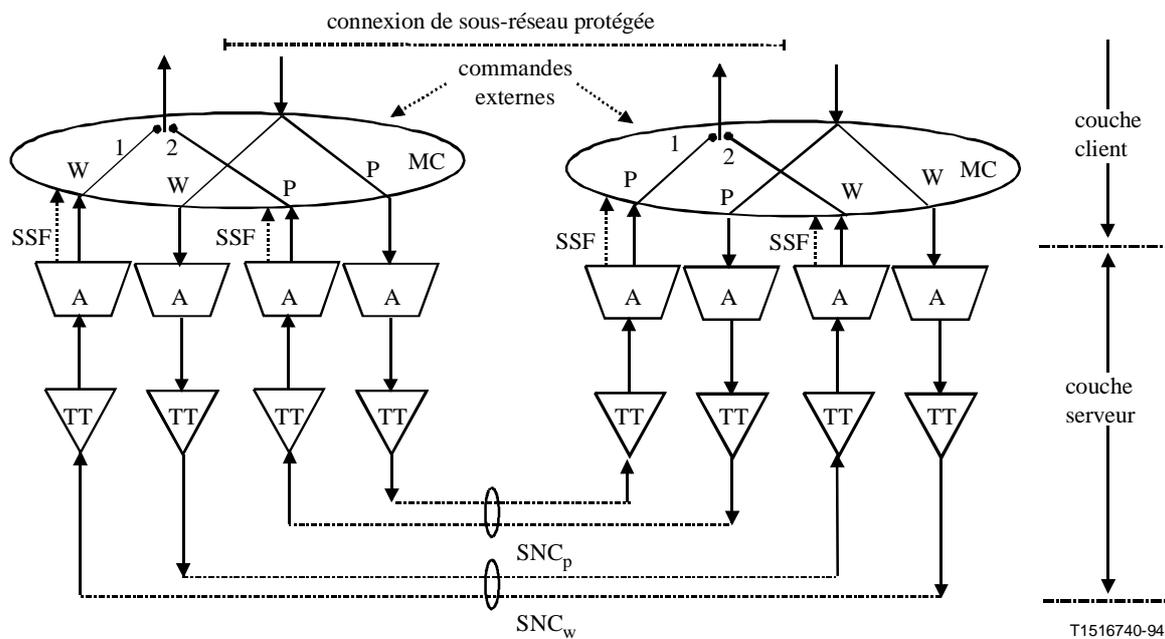


* Au moment de la réception de l'état de défaillance (2), l'itinéraire Trail_p devient Trail_w, Trail_w devient Trail_p, NC_p devient NC_w et NC_w devient NC_p.

A	adaptation	SD	dégradation du signal
A _p	adaptation de protection	SF	défaillance de signal
MC _p	connexion par matrice de protection	SSF	défaillance de signal de serveur
NC _w	connexion par réseau de protection	Trail _p	itinéraire de protection
NC	connexion par réseau de protection	Trail _w	itinéraire actif
RDI	indication de défaillance distante	TT	termination d'itinéraire
REI	indication d'erreur distante	TT	termination d'itinéraire de protection

Etats 1 état normal
2 état de panne

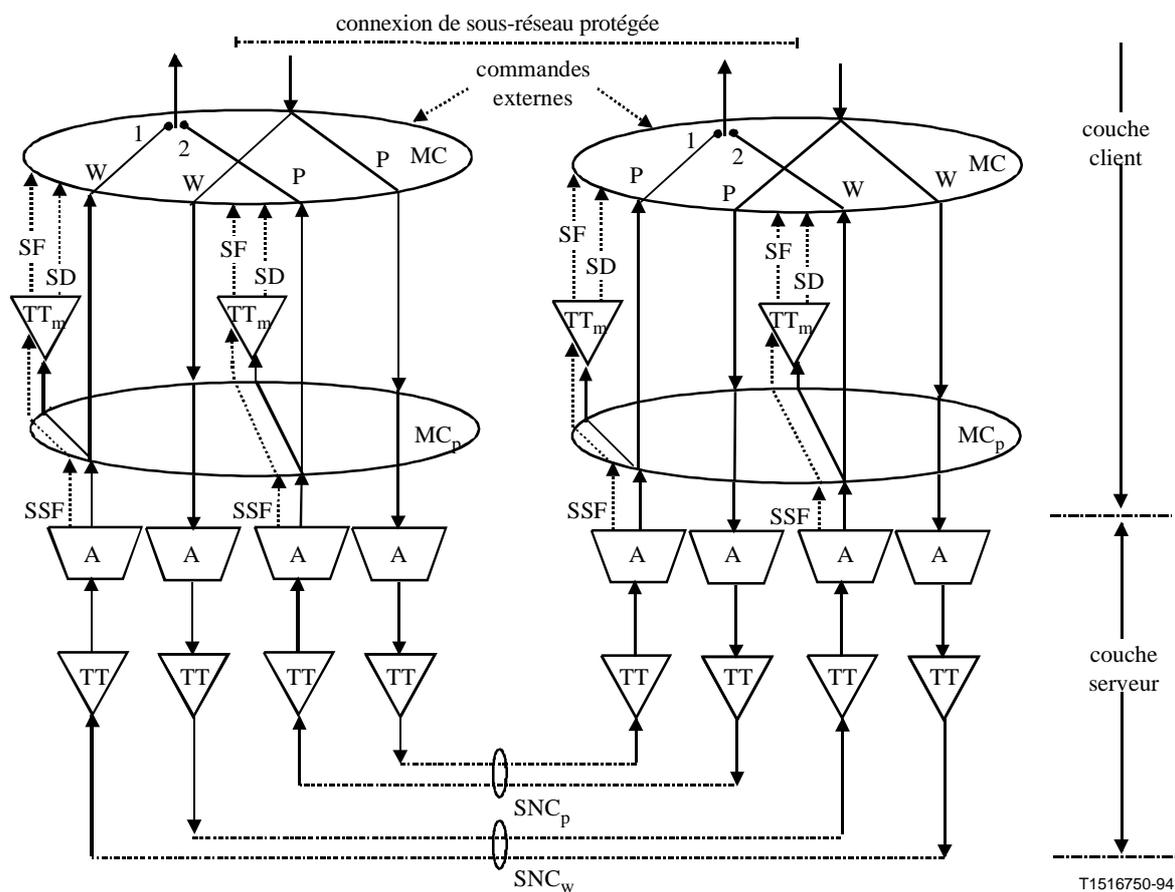
Figure 5-6/G.841 – Modèle fonctionnel pour une protection linéaire générique d'itinéraire en mode 1 + 1 – Fonctionnement non réversible



- A adaptation
- MC connexion par matrice
- SNC_p connexion par sous-réseau de protection
- SNC_w connexion par sous-réseau actif
- SSF défaillance de signal du serveur
- TT terminaison d'itinéraire

- Etats:
- 1 état normal
 - 2 état de défaillance

Figure 5-7/G.841 – Modèle fonctionnel pour une protection de connexion de sous-réseau avec supervision intrinsèque (SNC/I) utilisant une défaillance de signal de serveur



T1516750-94

- A adaptation
- MC connexion par matrice
- MC_p connexion par matrice de protection
- SD dégradation de signal
- SF défaut de signal
- SNC_p connexion par sous-réseau de protection
- SNC_w connexion par sous-réseau actif
- SSF défaillance de signal du serveur
- TT terminaison d'itinéraire
- TT surveillance sans intrusion

- Etats: 1 état normal
2 état de panne

Figure 5-8/G.841 – Modèle fonctionnel pour une protection de connexion de sous-réseau avec supervision sans intrusion (SNC/N)

6 Considérations relatives aux applications

Le présent paragraphe fournit une présentation générale d'un certain nombre d'avantages éventuels fournis par les différentes architectures de protection.

6.1 Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage

On peut distinguer deux types d'anneaux avec protection partagée de section de multiplexage: les anneaux à deux fibres et les anneaux à quatre fibres. Le protocole d'anneau APS traite les deux types.

Dans les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage, les canaux actifs véhiculent les signaux de trafic normal à protéger, tandis que les canaux de protection sont réservés à la protection de ce trafic. Les canaux de protection peuvent être utilisés pour véhiculer du trafic supplémentaire lorsqu'ils ne sont pas utilisés pour la protection du trafic normal. Les signaux de trafic normal sont transportés dans les deux directions sur des arcs: un affluent entrant se propage dans une des directions des canaux actifs tandis que son affluent sortant associé se propage dans la direction opposée mais sur les mêmes arcs.

La paire d'affluents (entrant et sortant) utilise uniquement 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 écoulee sur les anneaux de protection partagée de section de multiplexage. La somme des capacités des affluents qui traversent un arc ne peut pas dépasser la capacité maximale de cet arc.

Selon la topologie des affluents, la charge maximale qui peut être écoulee sur un anneau (bidirectionnel) avec protection partagée de section de multiplexage peut être supérieure à la charge maximale qui peut être écoulee par un type d'anneau unidirectionnel équivalent (par exemple pour une protection dédiée de section de multiplexage ou une protection de connexion SNC) 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 si tous les affluents sont destinés à un seul nœud de l'anneau, auquel cas les deux types sont équivalents.

Un des avantages des anneaux avec protection partagée de section de multiplexage est que le service peut être acheminé sur ces anneaux dans une direction ou l'autre, soit sur le conduit long, soit sur le conduit court. Bien que le conduit court soit habituellement préféré, il peut arriver que l'acheminement du service sur le conduit long offre certaines possibilités d'équilibrage de charge.

Les canaux de protection peuvent être utilisés pour véhiculer des signaux de trafic supplémentaire lorsqu'ils ne sont pas utilisés pour rétablir les signaux de trafic normal. Le trafic normal des canaux actifs sera transféré sur les canaux de protection lors d'un basculement de protection, ce qui supprimera tout trafic supplémentaire éventuel sur les canaux de protection.

Au cours d'un basculement d'anneau, le trafic normal transmis à destination de l'arc défaillant est commuté – au niveau d'un nœud de basculement vers les canaux de protection transmis dans la direction opposée (partant de l'arc défaillant). Ce trafic dérivé se propagera sur l'anneau dans les canaux de protection sur le conduit long jusqu'au prochain nœud de basculement au niveau duquel le trafic normal des canaux de protection est basculé sur les canaux actifs. Le trafic normal est dérivé et basculé de la même façon dans l'autre direction. La Figure 6-2 présente un basculement d'anneau effectué à la suite d'une coupure de câble.

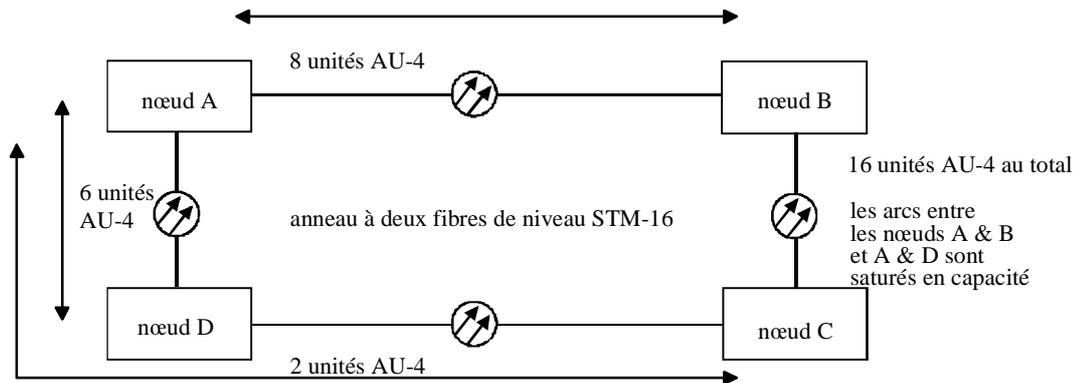
Au cours d'un basculement d'anneau, l'arc défaillant est effectivement "remplacé" par les canaux de protection entre les nœuds de basculement utilisant le conduit long sur l'anneau. Comme les canaux de protection de chaque arc (sauf celui qui est en panne) sont utilisés pour le rétablissement, la capacité de protection est effectivement partagée entre tous les arcs.

Les protocoles d'anneau de section de multiplexage permettent de répartir la bande passante disponible entre trois types de canaux: les canaux actifs véhiculant du trafic normal, les canaux de protection qui peuvent être utilisés pour véhiculer du trafic supplémentaire et les canaux NUT qui véhiculent du trafic non protégé non interruptible. Le trafic normal est protégé contre les défaillances au moyen du protocole APS d'anneau de section de multiplexage et le trafic supplémentaire est un trafic non protégé véhiculé sur les canaux de protection. Toute défaillance qui peut nécessiter l'utilisation des canaux de protection à des fins de sécurité préemptera le trafic supplémentaire.

Le trafic non protégé non interruptible est un trafic non protégé qui est véhiculé sur des canaux dont le mécanisme de basculement APS d'anneau de section de multiplexage est désactivé pour certains canaux de conteneur HOVC (c'est-à-dire pour les canaux actifs et leurs canaux de protection correspondants). Le trafic véhiculé sur ces canaux est non protégé et non interruptible. Il en résulte que le trafic NUT véhiculé sur de tels canaux possède une capacité de survie supérieure à celle du trafic supplémentaire, mais inférieure à celle du trafic normal.

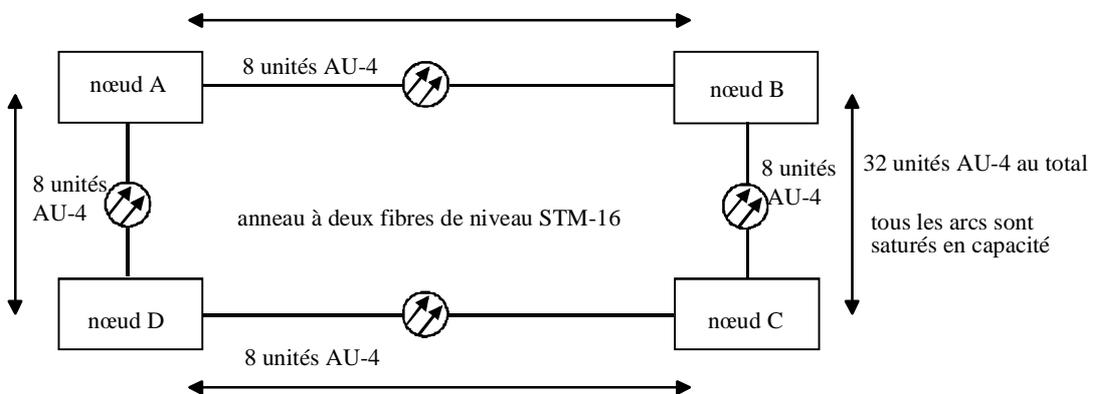
Les Figures 6-3 et 6-4 donnent des exemples d'utilisation des canaux NUT:

- La Figure 6-3 présente un anneau logique dans lequel la protection de connexion SNC est utilisée comme un mécanisme de protection qui est incorporé partiellement dans un anneau de section de multiplexage utilisant un canal NUT. Cette architecture évite l'accumulation inutile de couches de mécanismes de protection et utilise la largeur de bande de manière plus efficace qu'une même application sans canal NUT.
- La Figure 6-4 présente une application similaire avec des canaux NUT prenant en charge une connectivité de canaux de conteneur HOVC entre des commutateurs ATM. Si on fait l'hypothèse que le trafic ATM est protégé par d'autres moyens ou n'a pas besoin d'être protégé, cette utilisation du canal NUT fournit alors les mêmes avantages que dans l'exemple précédent.

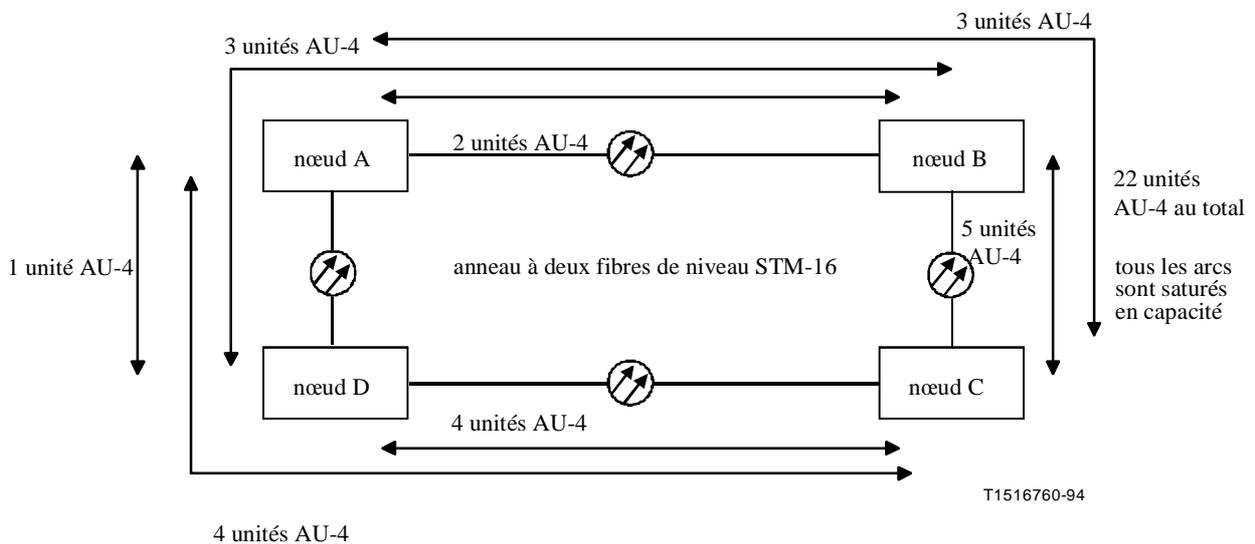


NOTE – Etant donné que tout le trafic est destiné au nœud A et que l'arc entre le nœud A et le nœud B est saturé, le trafic issu du nœud C s'acheminera vers le nœud D en laissant vacant l'arc entre B et C.

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

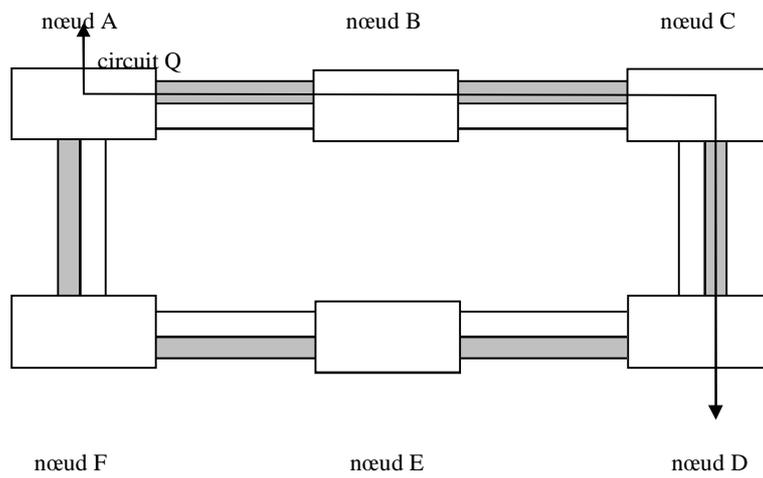


b) Tout le trafic n'est destiné qu'aux nœuds adjacents

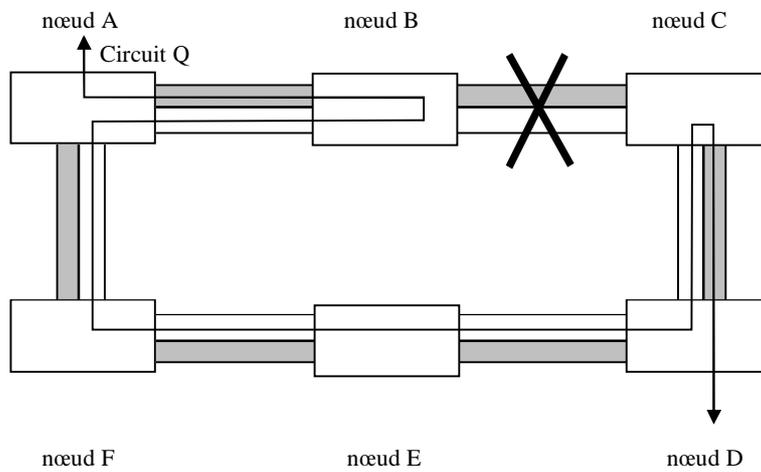


c) Schéma de trafic mixte

Figure 6-1/G.841 – Effets du profil de la demande sur la capacité d'anneaux avec protection bidirectionnelle partagée de section de multiplexage



a) Etat normal



b) Etat de défaillance

T1516770-94

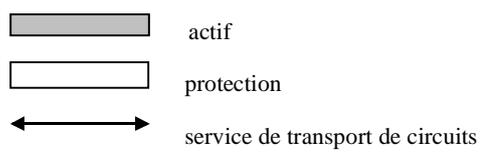
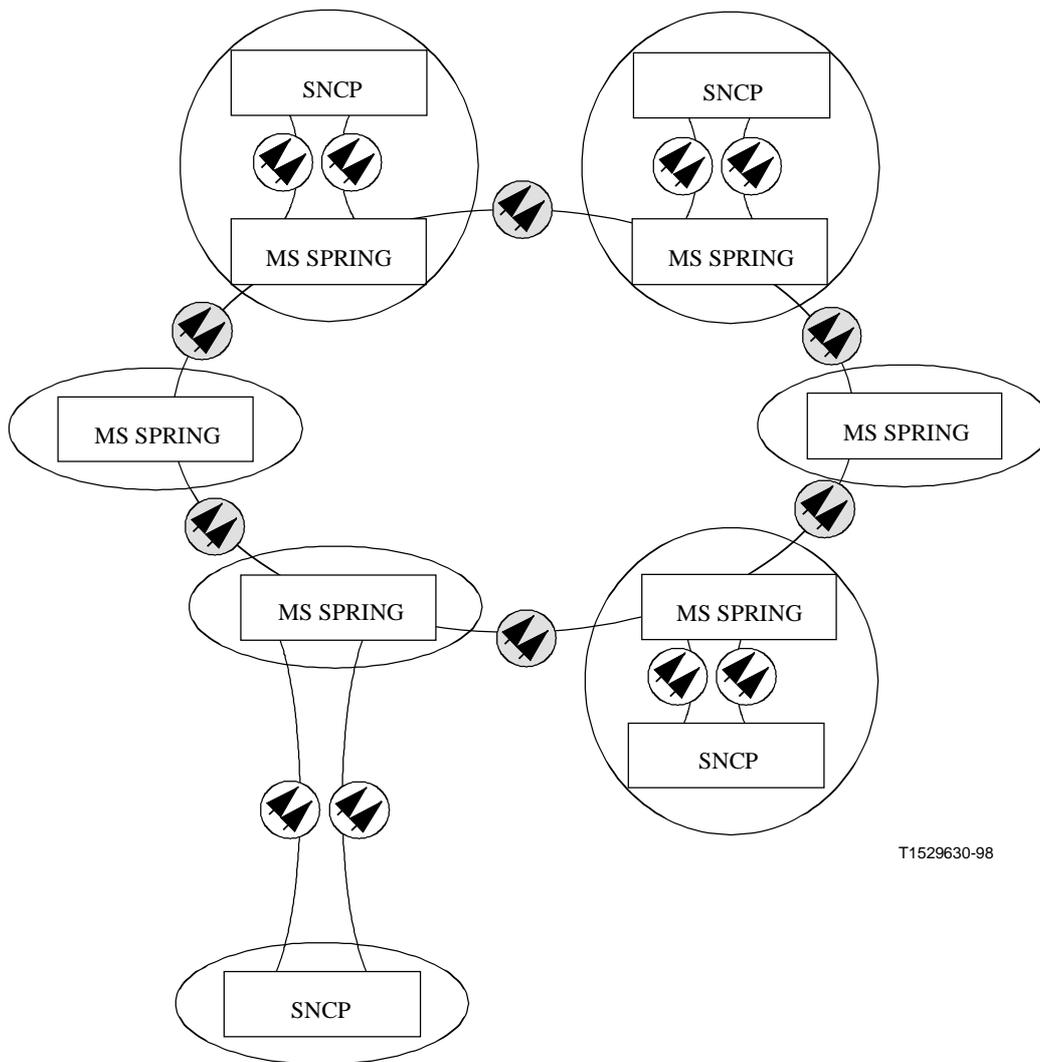


Figure 6-2/G.841 – Exemple d'acheminement de circuit lors d'un basculement d'anneau en cas de défaillance



T1529630-98



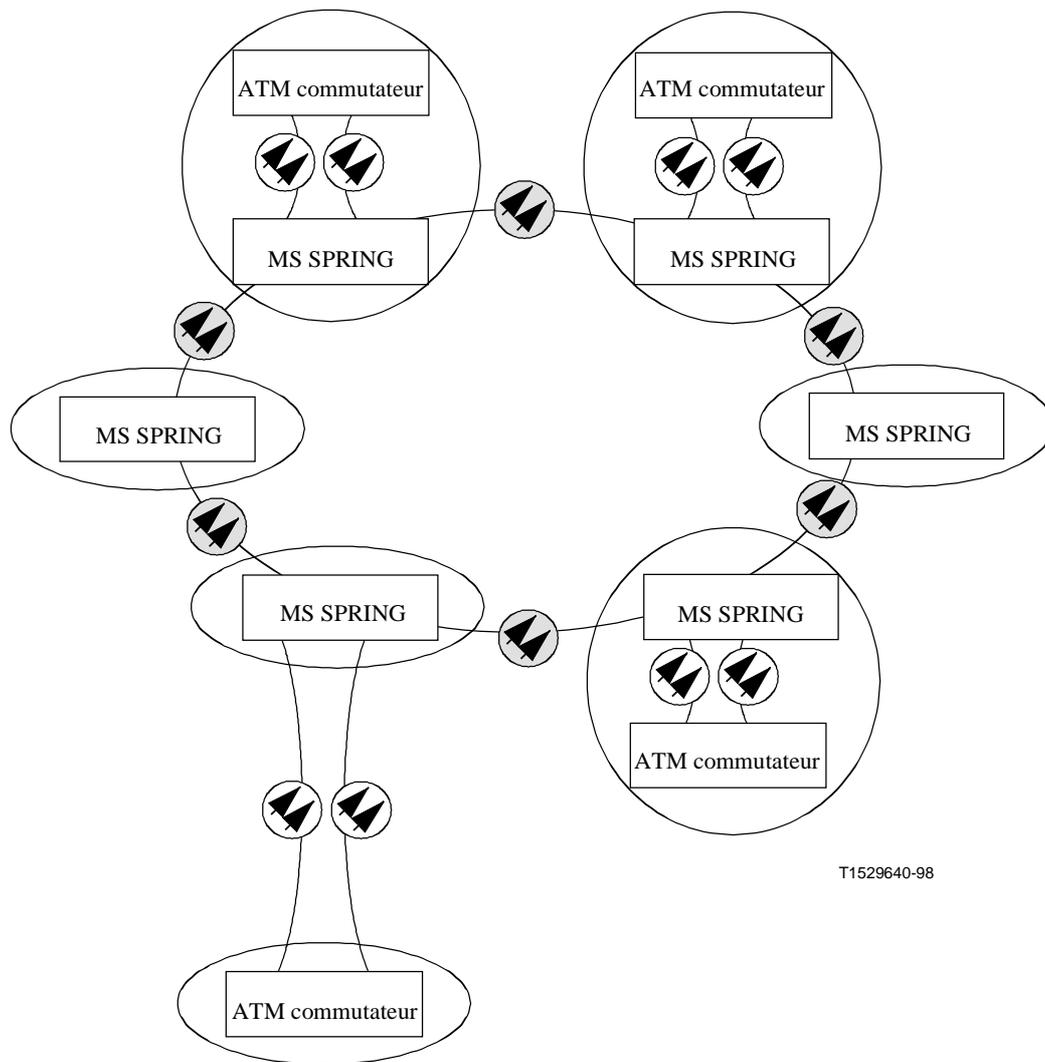
STM-16



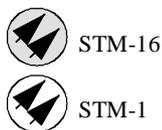
STM-1

SNCP protection de connexion de sous-réseau
 MS SPRING section de multiplexage avec protection d'anneau partagée

Figure 6-3/G.841 – Anneau logique utilisant une protection SNC incorporée partiellement dans un anneau avec protection partagée de section de multiplexage



T1529640-98



SNCP protection de connexion de sous-réseau
 MS SPRING section de multiplexage avec protection d'anneau partagée
 ATM switch commutateur ATM

Figure 6-4/G.841 – Canaux de trafic NUT prenant en charge une connectivité de conteneur HOVC entre commutateurs ATM

6.2 Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage (application transocéanique)

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

6.3 Anneaux avec protection dédiée de section de multiplexage

Un anneau avec protection dédiée de section de multiplexage se compose de deux anneaux avec propagation dans des directions opposées. Dans ce cas, un seul anneau véhicule le trafic normal devant être protégé tandis que l'autre est réservé à la protection de ce trafic.

La charge maximale qui peut être écoulee par l'anneau est limitée par la capacité des arcs. La répartition de la charge placée sur 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 arc unique.

Les anneaux avec protection dédiée de section de multiplexage nécessitent également l'emploi des octets APS, K1 et K2 à des fins de basculement de protection.

6.4 Basculement de protection unidirectionnel et bidirectionnel

Les avantages éventuels du basculement unidirectionnel sont les suivants:

- 1) son implémentation est simple et ne nécessite pas de protocole;
- 2) son fonctionnement est plus rapide du fait de l'absence de protocole;
- 3) la probabilité de rétablissement du trafic est meilleure que le basculement bidirectionnel en cas de défaillances multiples.

Les avantages éventuels du basculement bidirectionnel avec acheminement uniforme sont les suivants:

- 1) le même équipement est utilisé pour les deux directions de transmission après une défaillance. Le nombre de coupures résultant de défaillances ponctuelles sera moindre que si le nouveau conduit était fourni au moyen d'un autre équipement;
- 2) en cas de défaillance sur l'un des trajets du réseau, l'acheminement des deux trajets entre les nœuds affectés sera basculé vers l'autre direction dans le réseau. Aucun trafic n'est alors transmis sur la section défectueuse de réseau, qui peut donc être réparée sans basculement de protection supplémentaire;
- 3) la gestion est plus facile parce que les deux directions de transmission font appel au même équipement sur toute la longueur du chemin;
- 4) les délais sont les mêmes dans les deux directions de transmission. Ceci peut être important s'il existe une disparité significative entre les longueurs des itinéraires (par exemple dans le cas de liaisons transocéaniques où un chemin passe par une liaison par satellite et l'autre par une liaison par câble);
- 5) Une capacité de transport de trafic supplémentaire sur canal de protection est disponible.

6.5 Protection linéaire d'un chemin de conteneur virtuel

La protection linéaire d'un chemin de conteneur virtuel est un mécanisme de protection qui peut être utilisé sur toute structure physique (réseaux maillés, en anneau, ou hybrides). Elle peut être appliquée dans toute couche Conduit d'un réseau stratifié.

Il s'agit d'un mécanisme de protection de bout en bout qui bascule à la suite des défaillances de serveur et en fonction d'informations fournies par la couche Client, y compris les informations relatives à la qualité des conduits. Il n'est pas nécessaire de l'utiliser pour la totalité des conteneurs virtuels d'une section de multiplexage.

Le basculement de protection linéaire d'un chemin de conteneur virtuel peut fonctionner de façon unidirectionnelle ou bidirectionnelle. Il offre la possibilité de véhiculer du 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, en anneau, ou hybrides). Elle peut être appliquée dans toute couche Conduit 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) entre deux points de connexion (CP) ou entre un point de connexion et un point de terminaison de connexion (TCP), ou encore pour protéger un conduit de bout en bout entre deux points de terminaison de connexion. Il bascule sur des canaux de protection lors de défaillances de serveur (avec supervision intrinsèque) ou lors de communication d'informations de couche Client (avec supervision sans intrusion).

La protection SNC est un mécanisme de protection linéaire qui peut être appliqué sur une base individuelle à des signaux de conteneur VC-n. Il n'est pas nécessaire de l'appliquer à tous les conteneurs virtuels d'une section de multiplexage, ni à tous les conteneurs LOVC au sein d'un conteneur HOVC.

Les conteneurs HOVC [LOVC] transportés au sein du réseau peuvent être soit tous des conduits virtuels non protégés, tous des conteneurs HOVC [LOVC] 1 + 1 avec protection SNC/I, tous des conteneurs HOVC [LOVC] 1 + 1 avec protection SNC/N, tous des conteneurs HOVC [LOVC] non protégés, tous des conteneurs HOVC [LOVC] avec protection de chemin (voir 6.5), soit un mélange de conteneurs HOVC [LOVC] 1 + 1 avec protection SNC/I, de conteneurs HOVC [LOVC] 1 + 1 avec protection SNC/N, de conteneurs HOVC [LOVC] non protégés ou de conteneurs HOVC [LOVC] avec protection de chemin.

Les conteneurs HOVC [LOVC] qui ne sont pas protégés au niveau de leur propre couche de conteneur HOVC [LOVC] peuvent être protégés indirectement au niveau de leur couche Serveur; par exemple, un signal HOVC dans un anneau avec protection de section de multiplexage est protégé contre des fautes de l'anneau par la protection de la section de multiplexage.

D'un autre côté, les signaux de clients transportés au sein d'un conteneur HOVC non protégé (par exemple, un conteneur LOVC ou un conduit virtuel ATM) peuvent être protégés par les mécanismes de protection de leur couche Client (par exemple, une protection SNC de conteneur LOVC ou une protection SNC de conduit virtuel ATM).

La décision de protection d'un signal et le type de protection effectivement utilisé sont en dehors du domaine d'application de la présente Recommandation et sont déterminés par l'architecture réseau ou par les besoins de qualité de service.

La protection de connexion SNC fonctionne en mode unidirectionnel. La possibilité d'effectuer un basculement bidirectionnel et de transporter du trafic supplémentaire appelle une étude ultérieure.

6.7 Basculement de protection linéaire de section de multiplexage

Le basculement de protection linéaire de section de multiplexage peut utiliser un mécanisme de protection dédiée ou partagée. Il protège les sections de multiplexage et s'applique à des réseaux physiques de communication de point à point. Une même section de multiplexage de protection peut protéger le trafic normal d'un certain nombre de sections de multiplexage actives. Il ne peut pas fournir de protection contre des défaillances de nœud. Cette protection peut être assurée en mode unidirectionnel ou bidirectionnel et peut transporter du trafic supplémentaire sur la section de multiplexage de protection dans le mode de fonctionnement bidirectionnel.

7 Protection de chemin SDH

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

7.1 Protection linéaire d'une section de multiplexage

Le présent sous-paragraphe décrit le protocole MSP compatible avec le mode de fonctionnement 1:n. L'Annexe B décrit le protocole MSP optimisé pour le fonctionnement en mode 1 + 1 non réversible.

7.1.1 Protocole MSP

Les fonctions de protection MSP au niveau des extrémités d'une section de multiplexage effectuent, par le biais des octets APS (octets K1 et K2 dans l'en-tête MSOH de la section de protection), des demandes et des renvois d'accusé de réception concernant une action de basculement. Les allocations de bit pour ces octets et le protocole en mode bit sont définis ci-dessous.

7.1.1.1 Octet K1

L'octet K1 indique une demande d'un signal de trafic pour une action de basculement.

Les bits 1 à 4 indiquent le type de la demande conformément à la liste du Tableau 7-1. Les demandes suivantes sont possibles:

- 1) une condition (SF et SD) associée à une section. Une condition peut avoir une priorité élevée ou basse. La priorité est positionnée pour chaque section correspondante;
- 2) un état ("attente pour rétablissement", "pas de retour en arrière", "absence de demande", "demande en retour") de la fonction de protection MSP;
- 3) une demande externe (verrouillage de la protection, basculement manuel ou forcé et essais).

Les bits 5 à 8 indiquent le numéro du signal de trafic ou de la section qui fait l'objet de la demande, conformément au Tableau 7-2.

Tableau 7-1/G.841 – Type de demande

Bits	Condition ou état de la demande externe	Priorité (Note 1)
<u>1 2 3 4</u>		
1 1 1 1	Verrouillage de la protection (Note 2)	maximale
1 1 1 0	Basculement forcé	↑
1 1 0 1	Défaillance de signal, priorité haute	.
1 1 0 0	Défaillance de signal, priorité basse	.
1 0 1 1	Dégradation de signal, priorité haute	.
1 0 1 0	Dégradation de signal, priorité basse	.
1 0 0 1	Inutilisé (Note 3)	.
1 0 0 0	Basculement manuel	.
0 1 1 1	Inutilisé (Note 3)	.
0 1 1 0	Attente pour rétablissement	.
0 1 0 1	Inutilisé (Note 3)	.
0 1 0 0	Essais	.

Tableau 7-1/G.841 – Type de demande (fin)

Bits	Condition ou état de la demande externe	Priorité (Note 1)
<u>1 2 3 4</u>		
0 0 1 1	Inutilisé (Note 3)	.
0 0 1 0	Demande en retour	.
		.
0 0 0 1	Pas de retour en arrière	↓
0 0 0 0	Absence de demande	minimale

NOTE 1 – Une condition SF concernant la section de protection possède une priorité supérieure à celle de toute demande qui provoquerait la sélection d'un signal de trafic normal dans la section de protection.

NOTE 2 – Le signal nul (0) est le seul autorisé avec une demande de verrouillage de la protection.

NOTE 3 – Certains opérateurs réseau peuvent utiliser ces codes à des fins propres au réseau. Le récepteur sera en mesure d'ignorer ces codes.

NOTE 4 – Les demandes sont choisies dans le tableau en fonction d'accords de basculement de protection, c'est-à-dire qu'il est possible que seul un sous-ensemble soit requis dans tout cas particulier.

Tableau 7-2/G.841 – Numéro de signal de trafic de l'octet K1

Numéro de signal	Action de basculement effectuant la demande
0	Signal nul (pas de trafic normal ou supplémentaire). Les conditions et la priorité associée (fixe élevée) s'appliquent à la section de protection.
1 à 14	Signal de trafic normal (1 à 14) Les conditions et la priorité associée (élevée ou basse) s'appliquent aux sections actives correspondantes. Le signal de trafic 1 est le seul qui s'applique pour une architecture 1 + 1. Les systèmes peuvent traiter une priorité basse (incorrecte) reçue dans les octets K comme si elle était équivalente à la priorité élevée correspondante.
15	Signal de trafic supplémentaire Les conditions ne s'appliquent pas. Ce signal n'existe que pour la fourniture dans une architecture 1:n.

7.1.1.2 Règles de génération de l'octet K1

Les conditions SF et SD locales, les états "attente pour rétablissement" ou "pas de retour en arrière" et la demande externe sont évalués par une logique de priorité selon l'ordre descendant des priorités indiquées dans le Tableau 7-1. Si les conditions locales (SF ou SD) sont détectées simultanément à un même niveau dans des sections différentes, la condition correspondant à la section de numéro le plus faible sera alors prioritaire. La demande de priorité la plus élevée figurant dans les demandes évaluées remplacera la demande locale actuelle si elle possède une priorité supérieure.

Les conditions SF et SD détectées localement et les demandes d'origine externe pour des signaux de trafic normal auxquelles sont appliquées les commandes de "verrouillage du basculement de protection du signal de trafic normal" (voir 7.1.1.2.2) ne sont pas évaluées pendant la génération de l'octet K1.

7.1.1.2.1 Fonctionnement bidirectionnel

Les priorités de la demande locale et de la demande distante figurant dans l'octet K1 reçu sont comparées dans l'ordre des priorités descendantes du Tableau 7-1. Il convient de noter que la réception d'une demande en retour ou d'une demande distante pour un signal de trafic normal auquel est appliquée une commande de verrouillage du basculement de protection du signal de trafic normal n'est pas prise en considération dans la comparaison.

L'octet K1 émis contiendra les informations suivantes:

- a) une demande en retour si la demande de dérivation locale concerne un signal de trafic qui n'est pas verrouillé et si l'une des conditions suivantes est vérifiée:
 - i) la demande distante possède une priorité plus élevée;
 - ii) les demandes ont le même niveau de priorité (supérieure à l'absence de demande) et l'octet K1 émis indique déjà une demande en retour;
 - iii) les demandes ont le même niveau de priorité (supérieure à l'absence de demande), l'octet K1 émis n'indique pas de demande en retour et la demande distante indique un numéro de signal de trafic plus faible;
- b) la demande locale dans tous les autres cas.

7.1.1.2.2 Fonctionnement unidirectionnel

L'octet K1 émis indiquera toujours la demande locale. Il s'ensuit qu'une demande en retour n'est jamais indiquée.

7.1.1.3 Mode réversible et non réversible

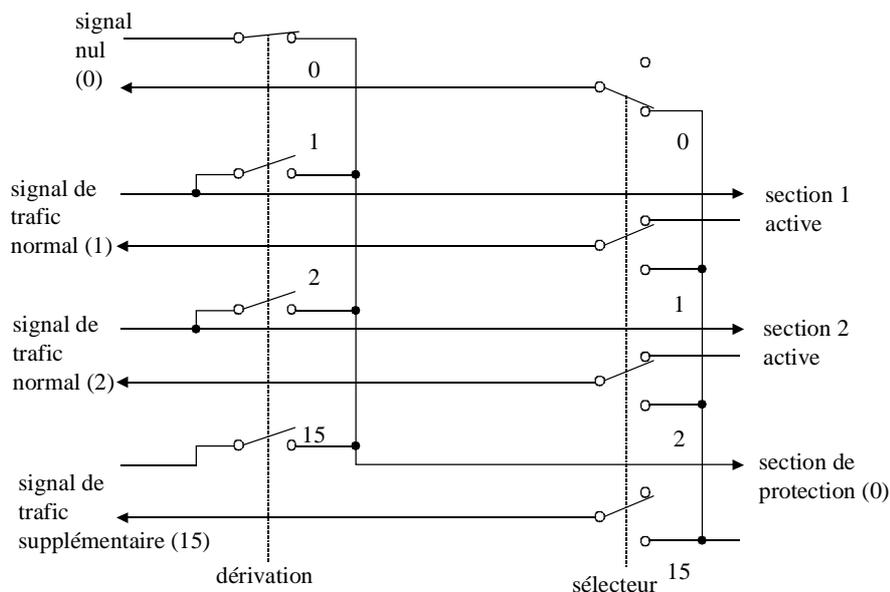
Un état local "attente pour rétablissement" sera activé dans le mode de fonctionnement réversible lorsque la protection n'est plus nécessaire, c'est-à-dire lorsque la section active défectueuse ne se trouve plus dans une condition SD ou SF (dans l'hypothèse où il n'y a pas d'autres sections demandeuses). Comme cet état reçoit la priorité la plus élevée, il est indiqué dans l'octet K1 émis et il maintient, sur la section de protection, le signal de trafic normal de la section active défectueuse précédente. Cet état se termine normalement par l'écoulement d'une temporisation et devient un signal nul "absence de demande" (0) [ou, le cas échéant, un signal de trafic supplémentaire avec absence de demande (15)]. La temporisation "attente pour rétablissement" est désactivée plus tôt si l'octet K1 émis n'indique plus l'état "attente pour rétablissement", c'est-à-dire lorsqu'il est annulé par toute demande de priorité supérieure.

Dans le mode de fonctionnement non réversible, s'appliquant uniquement dans le cas d'une architecture 1 + 1 lorsque la section active défectueuse ne se trouve plus dans une condition SD ou SF, la sélection du signal de trafic normal de la protection est maintenue en activant un état "pas de retour en arrière" à la place d'un état "absence de demande".

Les demandes "attente pour rétablissement" et "pas de retour en arrière" dans l'octet K1 émis font normalement l'objet d'un accusé de réception dans une demande en retour dans l'octet K1 reçu. La demande "absence de demande" reçoit toutefois comme accusé de réception une autre "absence de demande".

7.1.1.4 Octet K2

Les bits 1 à 5 indiquent le statut de la dérivation pour le basculement de protection MSP (voir la Figure 7-1). Les bits 6 à 8 sont utilisés pour le signal MS-AIS et l'indication MS-RDI (voir la Recommandation G.707).



T1508800-92

Figure 7-1/G.841 – Architecture de basculement de protection MSP 1:n (représentée en position de repos)

NOTE – Les bits 6 à 8 sont utilisés pour indiquer le mode de basculement (c'est-à-dire un mode unidirectionnel correspondant au code 100 et un mode bidirectionnel correspondant au code 101) dans certaines applications régionales pour lesquelles l'indication MS-RDI n'est pas générée. De telles applications sont en dehors du domaine d'application de la présente Recommandation.

Les bits 1 à 4 indiquent un numéro de signal, conformément au Tableau 7-3. Le bit 5 indique le type d'architecture de protection MSP, un positionnement sur "1" indique une architecture 1:n et un positionnement sur "0" indique une architecture 1 + 1.

Tableau 7-3/G.841 – Numéro de signal de trafic de l'octet K2

Numéro de signal	Indication
0	Signal de trafic nul
1 à 14	Signal de trafic normal (1-14) Seul le signal de trafic normal 1 s'applique pour une architecture 1 + 1
15	Signal de trafic supplémentaire Ce signal n'existe que pour la fourniture dans une architecture 1:n.

7.1.1.5 Règles de génération de l'octet K2

L'octet K2 émis indiquera dans les bits 1 à 4, pour toutes les architectures et tous les modes de fonctionnement, le signal nul (0) si l'octet K1 reçu indique un signal nul et si le trafic supplémentaire n'est pas dérivé. Le numéro du signal dérivé sera indiqué dans tous les autres cas par l'octet K2 émis.

L'octet K2 émis indiquera les valeurs suivantes dans le bit 5:

- a) 0 pour une architecture 1 + 1;
- b) 1 pour une architecture 1:n.

7.1.1.6 Commande de la dérivation

7.1.1.6.1 Architecture 1 + 1 unidirectionnelle ou bidirectionnelle

Le canal actif 1 est dérivé de manière permanente vers la section active et vers la section de protection dans l'architecture 1 + 1, de sorte qu'aucune commande de la dérivation n'est nécessaire.

7.1.1.6.2 Architecture 1:n unidirectionnelle

Dans l'architecture 1:n unidirectionnelle, le signal dont le numéro est indiqué par l'octet K1 reçu est dérivé vers la section de protection. Si le trafic supplémentaire est pris en charge et si l'octet K1 reçu n'indique pas une demande de verrouillage de la protection, le trafic supplémentaire est alors dérivé vers la section de protection.

Si la section de protection se trouve dans la condition SF à l'extrémité de la dérivation, cette dernière est alors "gelée" (la dérivation existante est conservée).

7.1.1.6.3 Architecture 1:n bidirectionnelle

La commande de dérivation est faite dans une architecture 1:n bidirectionnelle en comparant les numéros de signal de l'octet K1 émis et de l'octet K1 reçu:

- a) si les numéros de signal de l'octet K1 émis et de l'octet K1 reçu indiquent le même signal de trafic actif, le signal correspondant de trafic actif est alors dérivé vers la section de protection;
- b) si le trafic supplémentaire est pris en charge, si le numéro de signal de l'octet K1 reçu est égal à 0 ou 15 et si le numéro de l'octet K1 émis est aussi égal à 0 ou 15 (les quatre combinaisons possibles étant autorisées) et si en outre aucun des octets K1 émis ou reçus n'indique une demande "verrouillage de la protection", le signal de trafic supplémentaire est alors dérivé vers la section de protection;
- c) si aucune des conditions a) ou b) n'est satisfaite ou si la section de protection se trouve dans la condition SF, la dérivation est alors libérée (signal nul dérivé).

7.1.1.7 Commande du sélecteur

7.1.1.7.1 Architecture 1 + 1 unidirectionnelle

La commande du sélecteur est faite, dans une architecture 1 + 1 avec fonctionnement unidirectionnel, par la demande locale de priorité la plus élevée. Le sélecteur est libéré si la section de protection se trouve dans la condition SF.

7.1.1.7.2 Architecture 1 + 1 bidirectionnelle

La commande du sélecteur est faite, dans une architecture 1 + 1 avec fonctionnement bidirectionnel, en comparant les numéros de signal indiqués par les octets K2 reçus et les octets K1 émis. Le signal indiqué est pris dans la section de protection en cas de concordance; le sélecteur est libéré dans le cas contraire. Une concordance avec la valeur 0000 provoque également la libération. Une indication de discordance est faite au niveau du point de référence MSP_MP si la discordance se prolonge pendant plus de 50 ms. Le sélecteur est libéré et l'indication de discordance est désactivée si la section de protection se trouve dans la condition SF.

7.1.1.7.3 Architecture 1:n unidirectionnelle ou bidirectionnelle

La commande du sélecteur est faite dans une architecture 1:n en comparant les numéros de signal de l'octet K2 reçu et de l'octet K1 émis:

- a) si les numéros de signal de l'octet K2 reçu et de l'octet K1 émis indiquent le même signal de trafic actif, le signal de trafic actif est alors pris dans la section de protection;
- b) si le numéro de signal de l'octet K2 reçu est égal à 15 et si le numéro de signal de l'octet K1 émis est égal à 0 ou 15, le signal de trafic supplémentaire est alors pris dans la section de protection;
- c) le sélecteur est libéré (aucun signal n'est sélectionné) si aucune des conditions a) ou b) n'est satisfaite. Un compte rendu de discordance K1/K2 est fourni au niveau du point de référence MSP_MP si cette situation se prolonge pendant plus de 50 ms;
- d) le sélecteur est libéré (aucun signal n'est sélectionné) et l'indication de discordance K1/K2 est désactivée le cas échéant si la section de protection se trouve dans la condition SF.

NOTE – Dans la définition du protocole 1:n dans la Recommandation G.783, le trafic supplémentaire était supprimé dans la section de protection en cas de condition SD pour cette section. Dans le cas d'interfonctionnement d'un équipement pour lequel le protocole 1:n est conçu conformément à la définition de la Recommandation G.783 avec un équipement pour lequel le protocole est conçu conformément à la nouvelle définition fournie par la présente Recommandation, le premier de ces équipements rendra compte d'une discordance K1/K2 en cas de condition SD pour la section de protection. Une telle erreur sera ignorée par la gestion.

7.1.1.8 Emission et réception des octets APS

L'octet K1 et les bits 1 à 5 de l'octet K2 seront transmis sur la section de protection. Bien qu'ils peuvent être transmis de la même manière sur les sections actives, les récepteurs ne doivent pas s'attendre à ce que cela soit le cas et doivent être en mesure d'ignorer ces informations sur les sections actives.

Les octets APS seront considérés comme valides s'ils sont reçus avec des valeurs identiques dans trois trames consécutives.

Les trois situations suivantes feront l'objet d'un compte rendu de défaillance APS au niveau du point MSP_MP et conduiront à la libération du sélecteur, en plus de conditions définies dans le 7.1.1.7:

- discordance du bit 5 dans les octets K2 émis et reçus pendant une durée égale à 50 ms (de manière optionnelle);
- code non approprié dans les bits 1 à 4 des octets K1 reçus pendant 50 ms dans le cas d'un fonctionnement bidirectionnel. Les codes appropriés sont ceux qui ont une priorité de demande supérieure à celle de la demande locale, une demande identique à celle de la demande locale ou une demande en retour pour toute demande locale sauf "absence de demande". Toute autre valeur qui persiste plus de 50 ms est considérée comme un code non approprié;
- dans le cas de fonctionnement bidirectionnel, un numéro de signal de trafic non valide ou non approprié qui persiste pendant 50 millisecondes dans les bits 5 à 8 de l'octet K1.

7.1.2 Commandes de protection MSP

La fonction de protection MSP reçoit, au niveau du point de référence MSP_MP, des paramètres de commande de protection MSP et des demandes de basculement en provenance de la fonction synchrone de gestion d'équipement. Une commande de basculement émet une demande externe adéquate à destination de la fonction de protection MSP. Une seule demande de basculement peut

être émise au niveau du point MSP_MP. Une commande positionne ou modifie des paramètres de protection MSP ou demande le statut de protection MSP.

Une commande de basculement externe qui n'a pas reçu d'accusé de réception de l'extrémité distante dans un laps de temps de 2,5 secondes doit faire l'objet d'un compte rendu de défaillances; la commande et la demande d'octet K doivent être abandonnées. Si une commande de basculement externe a reçu un accusé de réception mais a été annulée par la suite, la commande externe est alors supprimée en conséquence.

NOTE – Ce comportement n'était pas défini complètement dans les versions précédentes des Recommandations G.841 et G.783.

7.1.2.1 Commandes de basculement

Une commande de basculement émise par l'interface de commande de basculement APS de protection MSP initialise une demande de dérivation à des fins d'évaluation, comme décrit dans le 7.1.1.1.1. La liste qui suit énumère les commandes de basculement dans l'ordre des priorités décroissantes et décrit les fonctions de chacune d'elles.

- 1) *Annulation* – Cette commande supprime toutes les commandes de basculement initialisées de manière externe dont la liste est donnée ci-dessous ainsi que la condition WTR présente au niveau du nœud qui était destinataire de la commande.

NOTE – Dans la définition de la protection MSP linéaire donnée dans la Recommandation G.783, la commande de libération ne supprimait pas la condition WTR. Un équipement qui a été conçu conformément à la définition G.783 ne supprimera pas la condition WTR lorsqu'il reçoit une commande de libération. Il est toutefois possible d'obtenir un comportement similaire au moyen d'une succession de commandes externes soigneusement choisies (par exemple, un basculement manuel suivi d'une annulation).

- 2) *Verrouillage de la protection* – Refuse l'accès à la section de protection pour tous les signaux de trafic normal (et le cas échéant pour le signal de trafic supplémentaire) en émettant une demande "verrouillage de la protection", sauf si une commande de basculement de protection de niveau égal est en vigueur.
- 3) *Basculement forcé n° n* – Bascule le signal de trafic normal numéro n vers la section de protection en émettant une demande de basculement forcé pour ce signal de trafic, sauf si une commande de basculement de priorité supérieure ou égale est en vigueur ou si la condition SF est présente sur la section de protection.

Le basculement forcé du signal de trafic nul pour des systèmes 1 + 1 ou des systèmes 1:n sans trafic supplémentaire transfère le signal de trafic normal de la section de protection vers la section active, sauf si une demande de priorité supérieure ou égale est en vigueur. Etant donné que le basculement forcé possède une priorité supérieure à celle des conditions SF ou SD sur une section active, cette commande sera effectuée quelle que soit la condition présente sur la ou les sections actives. La commande "basculement forcé du signal de trafic nul" possède une priorité supérieure à celle de la commande "basculement forcé du signal de trafic normal n° n " lorsque les deux commandes sont détectées simultanément.

Pour des systèmes 1:n avec du trafic supplémentaire, le basculement forcé du trafic supplémentaire transférera le signal de trafic normal de la section de protection vers la section active et restaurera le signal de trafic supplémentaire sur la section de protection, sauf si une demande de priorité supérieure ou égale est en vigueur.

- 4) *Basculement manuel n° n* – Bascule le signal de trafic normal n° n vers la section de protection en émettant une demande de basculement manuel pour ce signal, sauf si une condition de défaillance existe sur d'autres sections (y compris la section de protection) ou si une demande de priorité supérieure ou égale est en vigueur.

Le basculement manuel du signal de trafic nul pour des systèmes 1 + 1 ou des systèmes 1:n sans trafic supplémentaire transfère le signal de trafic normal de la section de protection vers la section active, sauf si une demande de priorité supérieure ou égale est en vigueur. Etant donné que le basculement manuel possède une priorité inférieure à celle des conditions SF ou SD sur une section active, cette commande ne sera effectuée que si la section active ne se trouve pas dans une condition SF ou SD. La commande "basculement manuel du signal de trafic nul" possède une priorité supérieure à celle de la commande "basculement manuel du signal de trafic normal n° n" lorsque les deux commandes sont détectées simultanément.

- 5) *Essai n° n* – Emet une demande d'essais pour le signal en question et vérifie les réponses contenues dans les octets APS, sauf si la section de protection est en cours d'utilisation. Le basculement n'est pas réellement effectué, c'est-à-dire que le sélecteur est libéré par une demande d'essais lors de l'émission, de la réception et de l'accusé de réception de l'octet K1. La fonctionnalité d'essais n'existe pas nécessairement pour toutes les fonctions de protection MSP.

Il convient de noter qu'une fonctionnalité et une commande adéquate pour le "gel" du statut actuel de la fonction de protection MSP appellent une étude ultérieure.

7.1.2.2 Commandes de pilotage

Les commandes de pilotage positionnent et modifient le fonctionnement du protocole MSP. Les commandes de pilotage définies actuellement ne s'appliquent qu'au basculement 1:n (unidirectionnel ou bidirectionnel).

Annulation du verrouillage du basculement de protection du signal de trafic normal – Annule la commande de verrouillage du basculement de protection du signal de trafic normal spécifié (ou des signaux spécifiés).

Verrouillage du basculement de protection du signal de trafic normal – Interdit le basculement du signal de trafic normal spécifié (ou des signaux de trafic normal) vers la section de protection.

Ces commandes ne doivent pas être confondues avec la demande "verrouillage de la protection" qui interdit l'utilisation de la section de protection à tout signal de trafic normal ou supplémentaire. La demande de verrouillage du basculement de la protection d'un signal de trafic normal individuel ou de la suppression d'un tel verrouillage sera reçue au niveau du point de référence MSP_MP. Le verrouillage du basculement de la protection du signal de trafic normal peut être activé ou supprimé de manière indépendante pour chaque signal de trafic normal et un nombre quelconque de tels signaux peut être verrouillé simultanément. Le statut de verrouillage de la protection d'un signal de trafic normal n'est pas indiqué directement dans les octets K.

Le fonctionnement du verrouillage du basculement de la protection d'un signal de trafic normal dépend du mode de fonctionnement de la sous-couche de protection de la section de multiplexage. Si le fonctionnement est bidirectionnel, le fonctionnement du verrouillage l'est également. Si une commande de verrouillage du basculement de la protection est appliquée au signal de trafic normal, les demandes de dérivation locales ne sont pas émises pour le signal de trafic normal verrouillé (c'est-à-dire que les conditions locales associées à la section active et les demandes externes pour le signal de trafic normal ne sont pas prises en considération dans le processus de génération de l'octet K1) et les demandes de dérivation distantes pour le signal ne reçoivent pas d'accusé de réception (c'est-à-dire que les demandes distantes pour le signal ne sont pas prises en considération dans le processus de génération de l'octet K1 et que la dérivation demandée n'est pas effectuée). Il convient de noter que pour le fonctionnement bidirectionnel, la commande de verrouillage pour le signal de trafic normal doit être appliquée aux deux extrémités pour obtenir un fonctionnement convenable.

Si le fonctionnement est unidirectionnel, le fonctionnement du verrouillage l'est également. Si une commande de verrouillage du basculement de la protection est appliquée au signal de trafic normal, les demandes de dérivation locales ne sont pas émises pour le signal de trafic normal verrouillé. Les demandes de dérivation distantes pour ce signal de trafic normal font toutefois l'objet d'un accusé de réception par la réalisation de la dérivation et sa signalisation dans l'octet K2.

7.1.3 Conditions de protection MSP

Les conditions de protection MSP suivantes peuvent déclencher la protection de sécurité:

La condition SF est définie comme étant la présence de la condition TSFprot générée par la fonction "terminaison de chemin MS" définie dans la Recommandation G.783.

NOTE – La condition SF est étendue à la section de protection. Voir 7.1.1.8.

La condition SD est définie comme étant la présence de la condition TSD générée par la fonction "terminaison de chemin MS" définie dans la Recommandation G.783.

7.1.4 Fonctionnement du basculement

7.1.4.1 Basculement 1:n bidirectionnel sans trafic supplémentaire

Le Tableau 7-4 illustre les actions de basculement de protection s'effectuant entre deux sites de multiplexage A et C, pour un système de basculement bidirectionnel de protection 1:n sans trafic supplémentaire.

Le signal nul est indiqué dans les octets K1 et K2 émis lorsque la section de protection n'est pas en cours d'utilisation. La génération du signal nul est fonction de l'équipement. Le signal nul peut être, par exemple, un signal non équipé, un signal AIS ou tout signal de trafic normal dérivé sur la section de protection au niveau de l'extrémité de tête. L'extrémité de queue ne doit pas faire l'hypothèse de l'existence d'un signal spécifique sur la section de protection ou avoir besoin d'un tel signal. Dans l'exemple du Tableau 7-4, le site C peut effectuer la dérivation du signal de trafic normal numéro 3 sous la forme du signal nul, alors que le site A peut effectuer la dérivation du signal de trafic normal 4 sous la forme du signal nul.

Lorsqu'une condition de défaillance est détectée ou qu'une commande de basculement est reçue par l'extrémité de queue de la section de multiplexage, la logique de protection compare alors la priorité de cette nouvelle condition avec la priorité de demande du signal de trafic sur la section de protection. La comparaison porte sur la priorité de tout ordre de dérivation, c'est-à-dire d'une demande figurant dans l'octet K1 reçu. Si la nouvelle demande possède une priorité supérieure, cette demande et le numéro du signal qui demande l'utilisation de la section de protection sont alors placés dans l'octet K1. La condition est détectée au niveau du site C dans la section 2 active et elle est émise dans l'octet K1 comme un ordre de dérivation pour le site A.

Lorsque ce nouvel octet K1 arrivant à l'extrémité de tête a été vérifié (après réception de valeurs identiques dans trois trames successives) et analysé (par la logique de priorité), le signal de trafic normal demandé est alors dérivé sur la section de protection, l'octet K2 (bits 1 à 4) est émis pour confirmer la dérivation demandée et l'octet K1 est émis avec une demande en retour pour ordonner à l'extrémité de queue d'effectuer une dérivation du signal de trafic normal, ce qui démarre un basculement bidirectionnel. Il convient de noter qu'une demande en retour est renvoyée pour les essais ainsi que pour toutes les autres demandes de priorité élevée. Ce renvoi identifie clairement l'entité qui est à l'origine de la demande de basculement. Si l'extrémité de tête a également démarré pour le même signal (qui n'a pas encore été confirmé par une demande en retour), les deux extrémités continuent alors à émettre le même octet K1 et effectuent l'action de basculement demandée.

Le signal de trafic demandé est également dérivé vers la protection au niveau de l'extrémité de tête. L'octet K2 est émis une fois que le signal est dérivé afin d'indiquer le numéro du signal de trafic protégé.

Lorsque le signal de trafic de l'octet K2 reçu au niveau de l'extrémité de queue correspond au numéro du signal de trafic qui demande le basculement, ce dernier signal est alors choisi dans la protection. Ceci achève le basculement de protection d'un signal de trafic pour une direction. L'extrémité de queue effectue également la dérivation telle qu'elle est prescrite par l'octet K1 et indique le signal dérivé dans l'octet K2.

L'extrémité de tête achève le basculement bidirectionnel et choisit le signal issu de la protection lorsqu'elle reçoit un octet K2 en concordance.

Si le basculement ne se termine pas parce que les signaux demandés et dérivés ne concordent pas au bout d'un laps de temps de 50 ms, les sélecteurs restent alors libres et l'échec du protocole est signalé. Ceci peut se produire lorsque l'une des extrémités est fournie dans le mode bidirectionnel et l'autre dans le mode unidirectionnel. Une discordance peut également se produire lorsqu'un signal de trafic est verrouillé au niveau de l'une des extrémités et n'est pas verrouillé au niveau de l'autre. Il convient de noter qu'une discordance peut également se produire lorsqu'une architecture 1 + 1 se connecte à une architecture 1:1 (qui n'est pas fournie avec le mode 1 + 1) en raison d'une discordance du bit 5 dans les octets K2. Ce procédé peut être utilisé pour fournir le fonctionnement d'une architecture 1:1 dans le mode 1 + 1.

L'exemple illustre en outre un basculement prioritaire, lorsqu'une condition SF sur la section 1 active préempte le basculement du signal de trafic normal 2. Il convient de noter que les sélecteurs sont libérés de manière transitoire avant la sélection de protection du signal de trafic normal 1 du fait d'une discordance temporaire entre les numéros de signal de l'octet K1 émis et de l'octet K2 reçu. L'exemple présente également le basculement en retour du signal de trafic normal 2 vers la protection une fois que la défaillance de la section 1 a été réparée.

Lorsque le basculement n'est plus nécessaire, par exemple lorsque la section active défectueuse a effectué une reprise après erreur et que la temporisation d'attente pour rétablissement est écoulée, l'extrémité de queue indique alors un état "absence de demande" pour le signal nul dans l'octet K1 (0000 0000). Ceci provoque la libération du sélecteur en raison d'une discordance de numéro de section.

L'extrémité de tête libère alors la dérivation et fournit en réponse la même indication dans l'octet K1 et une indication de signal nul dans l'octet K2. Le sélecteur de l'extrémité de tête est également libéré en raison d'une discordance.

La réception d'un signal nul dans l'octet K1 provoque la libération de la dérivation par l'extrémité de queue. Comme les octets K2 indiquent maintenant un signal nul qui concorde avec le signal nul dans les octets K1, les sélecteurs restent libres sans indication d'aucune discordance et le rétablissement est terminé.

Tableau 7-4/G.841 – Exemple de basculement de protection 1:n bidirectionnel sans trafic supplémentaire

Condition de défaillance ou état de la commande	Octets APS				Action	
	C → A		A → C		Site C	Site A
	Octet K1	Octet K2	Octet K1	Octet K2		
Pas de défaillance (section de protection non utilisée)	0000 0000	0000 1000	0000 0000	0000 1000	Le signal nul est dérivé vers l'entité de protection, Le sélecteur est libéré.	Le signal nul est dérivé vers l'entité de protection, Le sélecteur est libéré.
La section 2 active est dégradée dans la direction A → C	1010 0010	0000 1000	0000 0000	0000 1000	Défaillance détectée, Demande de dérivation du signal de trafic normal 2 – condition SD.	
	1010 0010	0000 1000	0010 0010	0010 1000		Dérivation du signal de trafic normal 2. Demande en retour de dérivation du signal de trafic normal 2.
	1010 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000	Basculement du signal de trafic normal 2 depuis la section de protection. Dérivation du signal de trafic normal 2 vers l'entité de protection.	
	1010 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000		Basculement du signal de trafic normal 2 depuis la protection. Basculement bidirectionnel terminé.
La section 1 active a eu une défaillance dans la direction C → A (Ceci préempte le basculement du signal de trafic normal 2)	1010 0010	0010 1000	1100 0001	0000 1000		Défaillance détectée. Demande de dérivation du signal de trafic normal 1 – condition SF. Abandon du basculement du signal de trafic normal 2.
	0010 0001	0001 1000	1100 0001	0010 1000	Dérivation du signal de trafic normal 1 vers l'entité de protection. Demande en retour de dérivation du signal de trafic normal 1. Abandon du basculement du signal de trafic normal 2.	
	0010 0001	0001 1000	1100 0001	0001 1000		Basculement du signal de trafic normal 1. Dérivation du signal de trafic normal 1.
	0010 0001	0001 1000	1100 0001	0001 1000	Basculement du signal de trafic normal 1. Basculement bidirectionnel terminé.	

Tableau 7-4/G.841 – Exemple de basculement de protection 1:n bidirectionnel sans trafic supplémentaire (fin)

Condition de défaillance ou état de la commande	Octets APS				Action	
	C → A		A → C		Site C	Site A
	Octet K1	Octet K2	Octet K1	Octet K2		
La section 1 active est réparée (La section 2 active reste dégradée)	0010 0001	0001 1000	0110 0001	0001 1000		Attente pour rétablissement.
	1010 0010	0001 1000	0110 0001	0001 1000	Demande de dérivation du signal de trafic normal 2. Abandon du basculement du signal de trafic normal 1.	
	1010 0010	0001 1000	0010 0010	0010 1000		Dérivation du signal de trafic normal 2. Demande en retour de dérivation du signal de trafic normal 2. Abandon du basculement du trafic normal 1.
	1010 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000	Dérivation du signal de trafic normal 2. Basculement du signal de trafic normal 2.	
	1010 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000		Basculement du signal de trafic normal 2. Basculement bidirectionnel terminé.
La section 2 active est réparée	0110 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000	Attente pour rétablissement, signal de trafic normal 2.	
Expiration de l'attente pour rétablissement (sans erreur)	0000 0000	0010 1000	0010 0010	0010 1000	Abandon de l'ordre de dérivation du signal de trafic normal 2. Abandon du basculement du signal de trafic normal 2.	
	0000 0000	0010 1000	0000 0000	0000 1000		Abandon de la dérivation du signal de trafic normal 2. Abandon de la demande de basculement du signal de trafic normal 2. Abandon du basculement du signal de trafic normal 2.
	0000 0000	0000 1000	0000 0000	0000 1000	Abandon de la dérivation du signal de trafic normal 2. Le signal nul est dérivé vers l'entité de protection.	Le signal nul est dérivé vers l'entité de protection.

7.1.4.2 Basculement 1:1 bidirectionnel en présence de trafic supplémentaire

Le Tableau 7-5 présente une action de basculement de protection s'effectuant entre deux sites de multiplexage A et C, pour un système de basculement de protection 1:n bidirectionnel en présence de trafic supplémentaire.

Le signal de trafic supplémentaire est transféré par la section de protection lorsque cette dernière n'est pas utilisée.

Lorsqu'une condition de défaillance ou de dégradation de signal est détectée ou qu'une commande de basculement est reçue au niveau de l'extrémité de queue d'une section de multiplexage, la logique de protection compare alors la priorité de cette nouvelle condition avec la priorité demandée éventuellement pour le signal sur la protection. La priorité inclut la priorité de tout ordre de dérivation; c'est-à-dire d'une demande figurant dans l'octet K1 reçu. Si la nouvelle demande possède une priorité supérieure, cette demande et le numéro du signal qui demande l'utilisation de la section de protection sont alors placés dans l'octet K1. La condition SD est détectée dans l'exemple au niveau du site C sur la section 2 active et cette condition est présente dans l'octet K1 émis pour indiquer un ordre de dérivation au niveau du site A.

Lorsque ce nouvel octet K1 a été vérifié et évalué (par la logique de priorité) au niveau de l'extrémité de tête, le contenu de l'octet K1 est alors positionné sur une demande en retour qui confirme l'utilisation de la protection par le signal et constitue un ordre de dérivation du signal au niveau de l'extrémité de queue. Ceci démarre un basculement bidirectionnel. Il convient de noter qu'une demande en retour est renvoyée pour les essais ainsi que pour toutes les autres demandes de priorité élevée. Il convient également de noter qu'une demande en retour est renvoyée dans le cas d'une demande d'essais et pour toutes les autres demandes de priorité supérieure. Ce renvoi identifie clairement l'entité qui est à l'origine de la demande de basculement. Si l'extrémité de tête a également démarré une demande identique (qui n'a pas encore été confirmée par une demande en retour) pour le même canal, les deux extrémités continuent à émettre le même octet K1 et procèdent à l'action de basculement demandée.

Le signal indiqué est également dérivé vers la protection au niveau de l'extrémité de tête. L'octet K2 est alors positionné de manière à indiquer le numéro du signal véhiculé sur la protection.

Lorsque le numéro de signal reçu dans l'octet K2 au niveau de l'extrémité de queue concorde avec le numéro du signal qui demande le basculement, ce signal est alors sélectionné dans la protection. Ceci complète le basculement de protection dans une direction. L'extrémité de queue effectue la dérivation telle qu'elle est ordonnée par l'octet K1 et indique le signal dérivé dans l'octet K2.

L'extrémité de queue achève le basculement bidirectionnel en sélectionnant le signal dans la protection dès qu'elle reçoit un octet K2 en concordance.

Si le basculement ne s'achève pas parce que les signaux demandés et dérivés ne concordent pas au bout d'un laps de temps de 50 ms, les sélecteurs restent alors libres et l'échec du protocole est signalé. Ceci peut se produire lorsque l'une des extrémités est fournie dans le mode bidirectionnel et l'autre dans le mode unidirectionnel. Une discordance peut également se produire lorsqu'un signal de trafic est verrouillé au niveau de l'une des extrémités et n'est pas verrouillé au niveau de l'autre. Il convient de noter qu'une discordance peut également se produire lorsqu'une architecture 1 + 1 se connecte à une architecture 1:1 (qui n'est pas fournie avec le mode 1 + 1) en raison d'une discordance du bit 5 dans les octets K2. Ce procédé peut être utilisé pour fournir le fonctionnement d'une architecture 1:1 dans le mode 1 + 1.

L'exemple illustre en outre un basculement prioritaire, lorsqu'une condition SF sur la section 1 active préempte le basculement du signal de trafic normal 2. Il convient de noter que les sélecteurs sont libérés de manière temporaire avant la sélection de protection du signal de trafic normal 1 du fait d'une discordance transitoire entre les numéros de signal de l'octet K1 émis et de l'octet K2 reçu. L'exemple présente également le basculement en retour du signal de trafic normal 2 vers la protection une fois que la défaillance de la section 1 a été réparée.

Lorsque le basculement n'est plus nécessaire, par exemple lorsque la section active défectueuse a effectué une reprise après erreur et que la temporisation d'attente pour rétablissement est écoulée,

l'extrémité de queue indique un état "absence de demande" pour le signal nul dans l'octet K1 (signal nul si un trafic supplémentaire n'est pas fourni). Ceci provoque la libération du sélecteur et de la dérivation en raison d'une discordance de numéro de section. L'extrémité de tête libère alors le sélecteur ainsi que la dérivation du signal de trafic supplémentaire et fournit en réponse la même indication dans l'octet K1 et une indication de signal nul dans l'octet K2. L'extrémité de tête sélectionne et dérive ensuite le signal de trafic supplémentaire et répond en indiquant le signal de trafic supplémentaire dans l'octet K2, ce qui achève le basculement bidirectionnel vers le signal de trafic supplémentaire.

Tableau 7-5/G.841 – Exemple de basculement de protection 1:n bidirectionnel en présence de trafic supplémentaire

Condition de défaillance ou état de la commande	Octets APS				Action	
	C → A		A → C		Site C	Site A
	Octet K1	Octet K2	Octet K1	Octet K2		
Pas de défaillance (trafic supplémentaire sur la section de protection)	0000 1111	1111 1000	0000 1111	1111 1000	Le signal de trafic supplémentaire est dérivé et sélectionné.	Le signal de trafic supplémentaire est dérivé et sélectionné.
La section 2 active est dégradée dans la direction A → C	1010 0010	0000 1000	0000 1111	1111 1000	Défaillance détectée. Ordre de dérivation du signal de trafic, normal 2 – condition SD. Libération de la dérivation. Libération du sélecteur.	
	1010 0010	0000 1000	0010 0010	0010 1000		Libération du sélecteur. Ordre en retour de dérivation du signal de trafic normal 2.
	1010 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000	Sélection de la section 2 active. Dérivation de la section 2 active.	
	1010 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000		Sélection de basculement bidirectionnel terminé.
La section 1 active a eu une défaillance dans la direction C → A (ceci préempte basculement de la section 2 active)	1010 0010	0010 1000	1100 0001	0000 1000		Défaillance détectée. Ordre de dérivation de la section 1 active – condition SF. Libération du sélecteur. Libération de la dérivation.
	0010 0001	0001 1000	1100 0001	0000 1000	Libération du sélecteur de la section 2 active. Ordre en retour de dérivation de la section 1 active. Dérivation de la section 1 active.	
	0010 0001	0001 1000	1100 0001	0001 1000		Sélection de la section 1 active. Dérivation de la section 1 active.
	0010 0001	0001 1000	1100 0001	0001 1000	Sélection de la section 1 active. Dérivation bidirectionnelle terminée.	
La section 1 active est réparée	0010 0001	0001 1000	0110 0001	0001 1000		Attente pour rétablissement.

**Tableau 7-5/G.841 – Exemple de basculement de protection 1:n
bidirectionnel en présence de trafic supplémentaire (*fin*)**

Condition de défaillance ou état de la commande	Octets APS				Action	
	C → A		A → C		Site C	Site A
	Octet K1	Octet K2	Octet K1	Octet K2		
(La section 2 active reste dégradée)	1010 0010	0000 1000	0110 0001	0001 1000	Ordre de dérivation de la section 2 active. Libération du sélecteur. Libération de la dérivation.	
	1010 0010	0000 1000	0010 0010	0010 1000		Ordre en retour de dérivation de la section 2 active. Dérivation de la section 2 active. Libération du sélecteur.
	1010 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000	Dérivation de la section 2 active. Sélection de la section 2 active.	
	1010 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000		Sélection de la section 2 active. Basculement bidirectionnel terminé.
La section 2 active est réparée	0110 0010	0010 1000	0010 0010	0010 1000	Attente pour rétablissement de la section 2 active.	
Expiration de l'attente pour rétablissement (pas d'erreur, trafic supplémentaire sélectionné)	0000 1111	0000 1000	0010 0010	0010 1000	Ordre de dérivation du trafic supplémentaire – condition NR. Libération du sélecteur. Libération de la dérivation.	
	0000 1111	0000 1000	0000 1111	1111 1000		Ordre de dérivation du trafic supplémentaire – condition NR. Dérivation du trafic supplémentaire. Libération du sélecteur.
	0000 1111	1111 1000	0000 1111	1111 1000	Dérivation du trafic supplémentaire. Sélection du trafic supplémentaire.	
	0000 1111	1111 1000	0000 1111	1111 1000		Sélection du trafic supplémentaire. Basculement bidirectionnel terminé.

7.1.4.3 Basculement unidirectionnel 1:n

Toutes les actions sont identiques à celles décrites au 7.1.4.1, sauf pour le basculement unidirectionnel qui est effectué lorsque l'extrémité de queue choisit dans la protection la section pour laquelle elle a émis une demande. Un fonctionnement différent est obtenu en ignorant les demandes distantes dans la logique de priorité, ce qui conduit à ne pas émettre de demande en retour.

7.1.4.4 Basculement 1 + 1 unidirectionnel

Dans le cas d'un basculement 1 + 1 unidirectionnel, la sélection est basée sur des conditions et des demandes locales. Il en résulte que chaque extrémité fonctionne de manière indépendante et que les octets K1 et K2 ne sont pas nécessaires pour la coordination des actions de basculement. L'octet K1 est néanmoins utilisé pour fournir à l'autre extrémité des informations concernant des actions locales et le bit 5 de l'octet K2 est positionné sur zéro.

7.1.4.5 Basculement 1 + 1 bidirectionnel

Le fonctionnement du basculement 1 + 1 bidirectionnel peut être optimisé pour un réseau dans lequel le basculement de protection 1:n est largement utilisé et qui est basé en conséquence sur une compatibilité avec une architecture 1:n; une variante d'optimisation est possible pour un réseau dans lequel le basculement 1 + 1 est utilisé de manière prépondérante. Ceci conduit à deux modes de fonctionnement possibles pour le basculement qui sont décrits ci-dessous et dans l'Annexe B.

7.1.4.5.1 Basculement 1 + 1 bidirectionnel compatible avec un basculement 1:n bidirectionnel

Les octets K1 et K2 sont échangés pour réaliser le basculement comme décrit au 7.1.4.1. Etant donné que la dérivation est permanente, c'est-à-dire que le signal de trafic normal est toujours dérivé vers la section de protection, le signal de trafic normal 1 est indiqué dans l'octet K2, sauf si l'octet K1 indique un signal nul (0). Le basculement est réalisé lorsque les deux extrémités choisissent le signal dans la protection et peut nécessiter un temps moindre parce que l'indication dans l'octet K2 ne dépend pas de l'action de dérivation.

La restauration peut être effectuée comme décrit au 7.1.4.1 dans le cas d'un basculement en retour. Le Tableau 7-6 présente le fonctionnement d'un basculement de protection 1 + 1 bidirectionnel sans restauration.

Si on fait l'hypothèse, dans le cas d'un fonctionnement non réversible, que le signal de trafic normal est sur la protection lorsque la section active est réparée, ou lorsqu'une commande de basculement est annulée, l'extrémité de queue conserve alors la sélection et indique l'état "pas de retour en arrière" pour le signal de trafic normal. L'extrémité de tête conserve également la sélection et continue à indiquer l'état "demande de retour". L'indication de l'état "pas de retour en arrière" est supprimée dans le cas d'une préemption par une condition de défaillance ou par une demande externe.

**Tableau 7-6/G.841 – Exemple de basculement 1 + 1 bidirectionnel compatible
avec un basculement 1:n bidirectionnel**

Condit.ion de défaillance ou état de la commande	Octets APS				Action	
	C → A		A → C		Site C	Site A
	Octet K1	Octet K2	Octet K1	Octet K2		
Pas de défaillance (hypothèse: section de protection non utilisée)	0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 0000	Le sélecteur est libéré.	Le sélecteur est libéré.
La section 1 active a eu une défaillance dans la direction A → C	1101 0001	0000 0000	0000 0000	0000 0000	Défaillance détectée. Demande de dérivation du signal de trafic normal 1 – condition SF.	
	1101 0001	0000 0000	0010 0001	0001 0000		Indication de dérivation du signal de trafic normal 1. Demande en retour de dérivation du signal de trafic normal 1.
	1101 0001	0001 0000	0010 0001	0001 0000	Indication de dérivation du signal de trafic normal 1. Sélection du signal de trafic normal dans la section de protection.	
	1101 0001	0001 0000	0010 0001	0001 0000		Sélection du signal de trafic normal depuis la section de protection. Basculement bidirectionnel terminé.
La section 1 active est réparée. Maintien du basculement (non réversible)	0001 0001	0001 0000	0010 0001	0001 0000	Emission "pas de retour en arrière".	
La section de protection est dégradée dans la direction A → C	1011 0000	0001 0000	0010 0001	0001 0000	Défaillance détectée, Demande de dérivation du signal nul – condition SD. Sélection du signal de trafic normal dans la section active.	
	1011 0000	0001 0000	0010 0000	0000 0000		Demande en retour de dérivation du signal nul. Annulation de l'indication de dérivation du signal de trafic normal. Sélection du signal de trafic normal depuis la section active.
	1011 0000	0000 0000	0010 0000	0000 0000	Supprimer l'indication de dérivation du signal de trafic normal.	
Section de protection réparée	0000 0000	0000 0000	0010 0000	0000 0000	Emission "absence de demande".	
	0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 0000		Emission "absence de demande".

7.2 Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage (MS)

7.2.1 Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à deux fibres et à quatre fibres

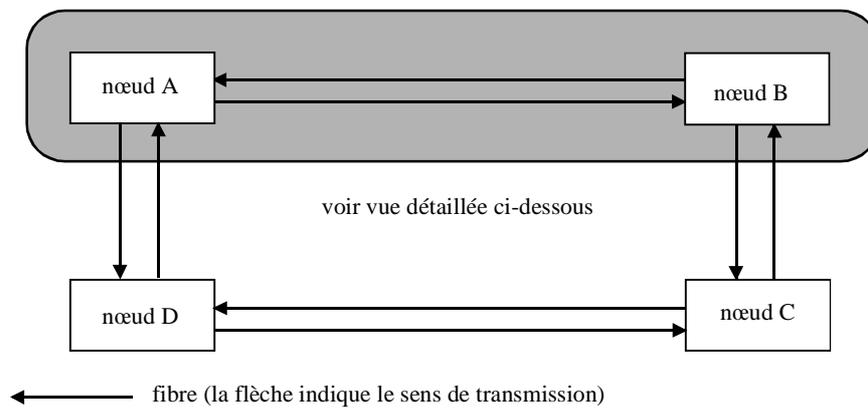
Tous les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage prennent en charge le basculement d'anneau. En outre, les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à quatre fibres prennent en charge le basculement d'arc.

7.2.1.1 Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à deux fibres

Les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à deux fibres ne nécessitent que deux fibres pour chaque arc de l'anneau. Chaque fibre véhicule à la fois les canaux actifs et les canaux de protection. Sur chaque fibre, la moitié des canaux sont définis comme étant des canaux actifs et l'autre moitié comme des canaux de protection. Le trafic normal véhiculé sur les canaux actifs d'une fibre donnée est protégé par les canaux de protection dans la direction inverse sur l'anneau (Voir la Figure 7-2). Cela permet de transporter le trafic normal dans les deux directions. Un seul ensemble de canaux d'en-tête est utilisé sur chaque fibre.

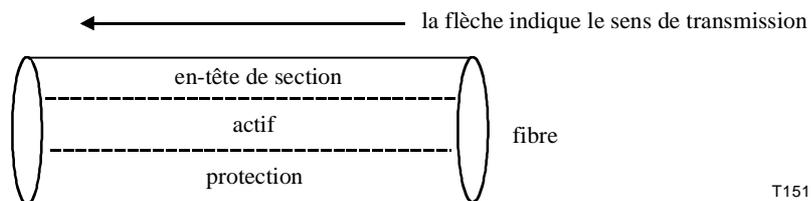
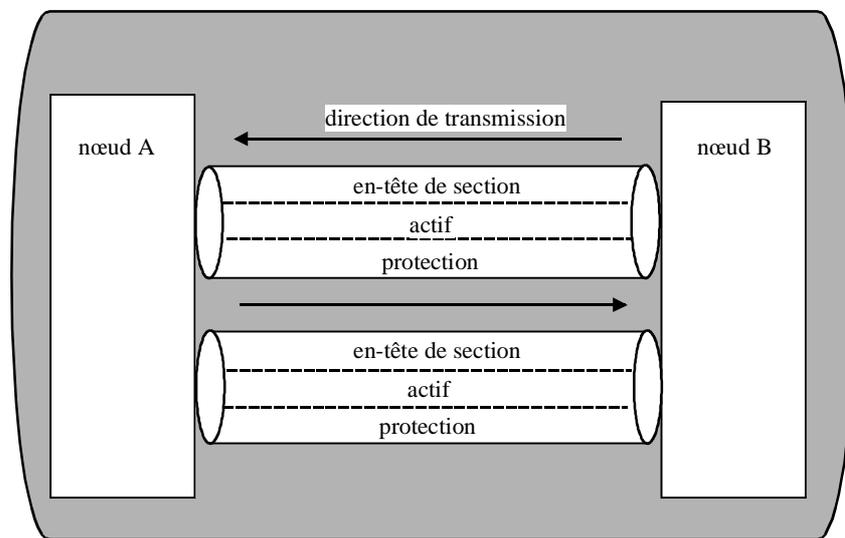
Les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à deux fibres ne prennent en charge que le basculement d'anneau. Le trafic normal est basculé des canaux actifs vers les canaux de protection allant dans l'autre direction lorsqu'un basculement d'anneau est invoqué.

Si du trafic non protégé non interruptible (NUT, *non-pre-emptable unprotected traffic*) est pris en charge, des canaux non protégés non interruptibles peuvent être fournis en choisissant des canaux dans la largeur de bande active ainsi que leurs canaux de protection correspondants. Les autres canaux actifs restent protégés par leurs canaux de protection. Les canaux non protégés non interruptibles n'auront pas de protection APS-BLSR.



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



T1516780-94

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

Figure 7-2/G.841 – Anneau à deux fibres avec protection partagée de section de multiplexage

7.2.1.2 Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à quatre fibres

Les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à quatre fibres nécessitent quatre fibres pour chaque arc de l'anneau. Comme illustré sur la Figure 7-3, les canaux actifs et de protection sont véhiculés sur des fibres différentes: deux sections de multiplexage acheminent dans chaque direction les canaux actifs et deux autres sections de multiplexage acheminent les canaux de protection dans chaque direction. Ceci permet le transport du trafic normal dans les deux directions. L'en-tête des sections de multiplexage est dédié, soit aux canaux actifs, soit aux canaux de protection, puisque ces canaux n'empruntent pas les mêmes fibres.

Les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à quatre fibres permettent le basculement de protection d'anneau ainsi que le basculement d'arc, mais pas les deux simultanément. Plusieurs basculements d'arc peuvent coexister sur le même anneau puisque chacun de ces basculements n'utilise que les canaux de protection d'un seul arc. Certaines défaillances multiples (qui n'affectent que les canaux actifs d'un arc), telles que les défaillances d'équipement électronique et les coupures de câble n'affectant que des canaux actifs, peuvent être entièrement protégées par basculement d'arc.

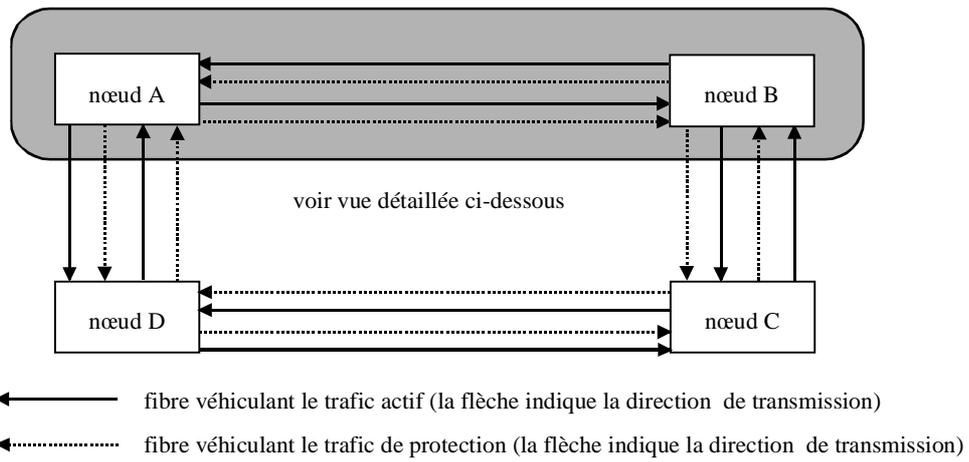
Si du trafic NUT est pris en charge, des canaux pris dans la bande passante active et leurs canaux de protection correspondants peuvent être fournis pour chaque arc sous la forme de canaux non protégés non interruptibles. Les autres canaux actifs restent protégés par leurs canaux de protection correspondants pour les basculements d'arc ou d'anneau. L'effet du basculement sur un canal non protégé non interruptible est le suivant:

- le basculement d'anneau est désactivé pour tout canal situé à tout emplacement de l'anneau (comme dans le cas avec deux fibres);
- le basculement d'arc est désactivé pour ce canal sur l'arc fourni.

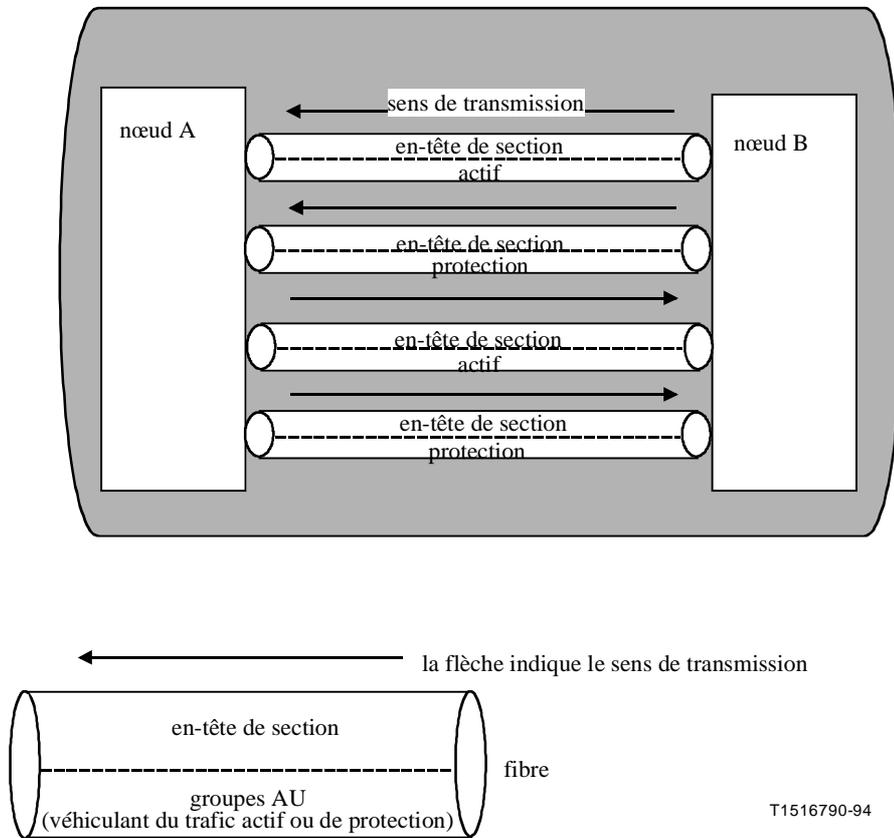
Il s'ensuit que le canal NUT ne possède pas de protection APS d'anneau de section de multiplexage sur l'arc fourni; pour les autres arcs, le même canal (s'il n'est pas fourni comme canal NUT) ne peut utiliser que le basculement d'arc. Il convient de noter que si ces canaux sont fournis comme des canaux actifs sur d'autres arcs, il auront une capacité de survie moindre que celle des autres canaux actifs car il ne bénéficient pas du basculement d'anneau.

La prise en charge de canaux non protégés non interruptibles nécessite la présence d'une table NUT au niveau de chacun des nœuds d'un anneau de section de multiplexage. La Figure 7-4 fournit une représentation conceptuelle et un exemple de table NUT. Cette dernière contient des informations permettant d'identifier les canaux fournis en mode NUT et identifie le type de basculement (d'anneau ou d'arc) qui est interdit par le mode NUT. Etant donné que la fourniture d'un canal actif non protégé et non interruptible garantit que le canal de protection correspondant est également non protégé et non interruptible, la table NUT peut se limiter au stockage de l'identificateur du canal actif. La table correspondante pour un fonctionnement avec deux fibres ne contient qu'une seule colonne pour le basculement d'anneau.

Les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage à quatre fibres peuvent avoir la capacité de fonctionner comme une chaîne linéaire de multiplexeurs ADM, s'ils ne sont pas entièrement connectés sous la forme d'un anneau continu (c'est-à-dire qu'ils peuvent verrouiller les basculements de protection d'anneau et n'utiliser que des basculements 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.

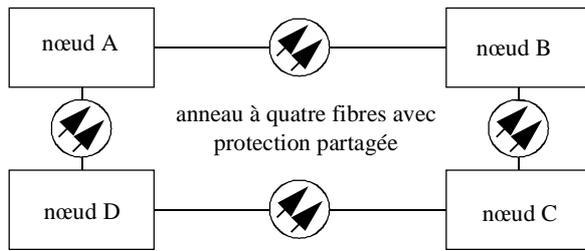


a) Vue d'ensemble de l'anneau



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

Figure 7-3/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage



- Tous les arcs écoulent du trafic NUT pour l'unité AU-4 n° 1
- L'arc entre les nœuds B et C écoule du trafic NUT pour l'unité AU-4 n° 2

Nœud A

AU-4 n°	Bascu- lement d'anneau	Basculement d'arc	
		Est	Ouest
1	-	-	-
2	-		
3			
4			
5			

Nœud B

AU-4 n°	Bascu- lement d'anneau	Basculement d'arc	
		Est	Ouest
1	-	-	-
2	-	-	
3			
4			
5			

Nœud C

AU-4 n°	Bascu- lement d'anneau	Basculement d'arc	
		Est	Ouest
1	-	-	-
2	-		-
3			
4			
5			

Nœud D

AU-4 n°	Bascu- lement d'anneau	Basculement d'arc	
		Est	Ouest
1	-	-	-
2	-		
3			
4			
5			

T1529650-98

- Indique que cet équipement n'est pas disponible pour le basculement de protection.

NOTE - Ouest fait référence, dans cet exemple, à la direction inverse des aiguilles d'une montre pour l'anneau.

Figure 7-4/G841 – Représentation conceptuelle et exemple de table NUT

7.2.2 Objectifs réseau

Les objectifs suivants s'appliquent au réseau:

- 1) *Temps de basculement* – Dans les anneaux sans trafic supplémentaire, tous les nœuds qui se trouvent dans l'état "libre" (sans défaillances détectées, sans commandes automatiques ou externes actives et qui ne reçoivent que des octets K vides) et d'une longueur de fibre inférieure à 1200 km, auront un temps de basculement (d'anneau et d'arc) inférieur à 50 ms. Le temps de réalisation du basculement peut excéder cette valeur pour des anneaux qui se trouvent dans toute autre situation (la durée spécifique fait l'objet d'une étude) afin de fournir le temps nécessaire à la suppression du trafic supplémentaire ou à la négociation et la prise en compte d'autres demandes de basculements APS simultanées.
- 2) *Délai de transmission* – Il n'y a pas d'objectif réseau en termes de délai de transmission.
- 3) *Temps de garde* – Il n'y a pas d'objectif réseau en termes de temps de garde.
- 4) *Etendue de la protection*
 - a) Pour une défaillance ponctuelle, l'anneau rétablira tout le trafic qui aurait été transféré en fonctionnement normal.
 - 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 basculement* – Le basculement bidirectionnel sera fourni.
- 6) *Protocole et algorithme de basculement APS*
 - a) Le protocole de basculement permettra de traiter jusqu'à 16 nœuds dans un anneau.
 - b) Le protocole de basculement APS comportera un mécanisme de basculement d'arc afin de fournir un degré de protection supplémentaire dans un anneau à quatre fibres.
 - c) Le protocole de basculement APS sera optimisé pour le niveau d'exploitation AU-3/4.
 - d) Le protocole de basculement APS et les fonctions OAM&P associées doivent tenir compte de la possibilité de modifier et d'étendre l'anneau, avec en particulier, la possibilité d'ajouter et de supprimer des nœuds dans l'anneau.
 - e) Un procédé déterministe sera utilisé afin d'éviter toute connexion erronée de trafic.
 - f) Tous les arcs d'un anneau auront une priorité égale. Aucun arc de priorité supérieure ne doit donc exister, car ceci permettrait aux demandes de dérivation d'anneau pour cet arc de remplacer (de manière automatique) d'autres basculements d'arc du même type (par exemple sur défaillance de signal, dégradation de signal ou commande de basculement forcé).
 - g) L'état de l'anneau (c'est-à-dire l'état normal ou l'état protégé) sera connu de chaque nœud.
 - h) Une demande de dérivation d'arc aura priorité sur une demande de dérivation d'anneau du même type.
 - i) Si un basculement d'anneau existe et si une défaillance d'égale priorité se produit sur un autre arc nécessitant un basculement d'anneau (y compris la combinaison FS-R et SF-R), et si la priorité de la demande de dérivation est du niveau défaillance de signal (d'anneau) ou supérieure, les deux basculements de protection d'anneau seront alors effectués, ce qui conduit à une partition de l'anneau en deux segments distincts.
 - j) La suppression du trafic au moyen de signaux AUG sera effectuée dans les nœuds de basculement.

- 7) *Modes de fonctionnement*
 - a) Le basculement de protection en mode réversible sera fourni. Un tel basculement rétablira uniquement les canaux actifs sans affecter tout autre ensemble de canaux de protection.
 - b) La signalisation APS sur l'anneau fournira un basculement de protection partagée pour les sections de multiplexage à deux fibres et à quatre fibres.
- 8) *Commande manuelle* – Les commandes d'origine externe suivantes seront prises en charge: verrouillage du basculement vers l'entité de protection (LP), basculement forcé de protection d'arc (FS-S), basculement forcé de protection d'anneau (FS-R), basculement manuel d'arc (MS-S), basculement manuel d'anneau (MS-R), testeurs d'arc (EXER-S) et testeurs d'anneau (EXER-R).
- 9) *Critères d'initialisation du basculement* – Les commandes suivantes avec initialisation automatique seront prises en charge: défaillance de signal dans les canaux de protection (SF-P), défaillance de signal d'arc (SF-S), défaillance 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 canaux de protection (SD-P), demande en retour d'arc (RR-S), demande en retour d'anneau (RR-R), attente pour rétablissement (WTR) et absence de demande (NR).
- 10) *Critères d'utilisation d'un anneau* – L'échange d'intervalle de temps (TSI, *time slot interchange*) permettra une meilleure utilisation de 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 défaillance pourra ne pas être rétabli. Une étude ultérieure déterminera si l'échange TSI sera autorisé et si, dans ce cas, le trafic, dont les intervalles de temps auront été échangés à partir du point de défaillance, sera rétabli.

7.2.3 Architecture d'application

Les groupes d'unités administratives qui traversent l'arc joignant deux nœuds adjacents sont répartis entre canaux actifs et 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 seront attribuées aux canaux actifs et les unités AU-4 numérotées de (N/2) + 1 à N seront attribuées aux canaux de protection. Par ailleurs, le trafic normal véhiculé sur le canal actif m est protégé par le 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 canaux actifs et les unités AU-4 numéro trois et numéro quatre aux canaux de protection. Cette affectation s'applique aux deux directions de transmission et à tous les arcs.

Dans le cas d'un anneau à quatre fibres, chaque module STM-n – actif et de protection – est acheminé par une fibre distincte.

Le protocole APS de l'anneau sera véhiculé par les octets K1 et K2 dans l'en-tête de section de multiplexage. Dans le cas d'un anneau à quatre fibres, le protocole de basculement APS n'est actif que sur les fibres qui véhiculent les canaux de protection. Les fonctions qui sont nécessaires en temps réel pour effectuer un basculement de protection seront définies par les octets K1 et K2 dans le protocole APS de l'anneau. D'autres canaux 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 basculement de protection sans contrainte temporelle (par exemple des fonctions qui n'ont pas besoin d'être effectuées dans un délai de 50 ms).

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

Tout nœud de l'anneau peut insérer du trafic normal ou supplémentaire dans des canaux dans une direction ou dans l'autre, extraire des canaux de trafic normal ou supplémentaire, ou transférer directement des canaux afin de permettre la connexion d'autres nœuds. Etant donné que les anneaux de protection partagée de section de multiplexage peuvent prendre en charge du trafic supplémentaire, il est possible que cette capacité puisse s'appliquer non seulement au canal actif, mais également de manière optionnelle aux canaux de protection. Chaque nœud possède une carte de la topologie de l'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 canaux gérés par le nœud. La Figure 7-5 présente un exemple d'une telle carte de la topologie de l'anneau et la Figure 7-6 un exemple de table de suppression de signal.

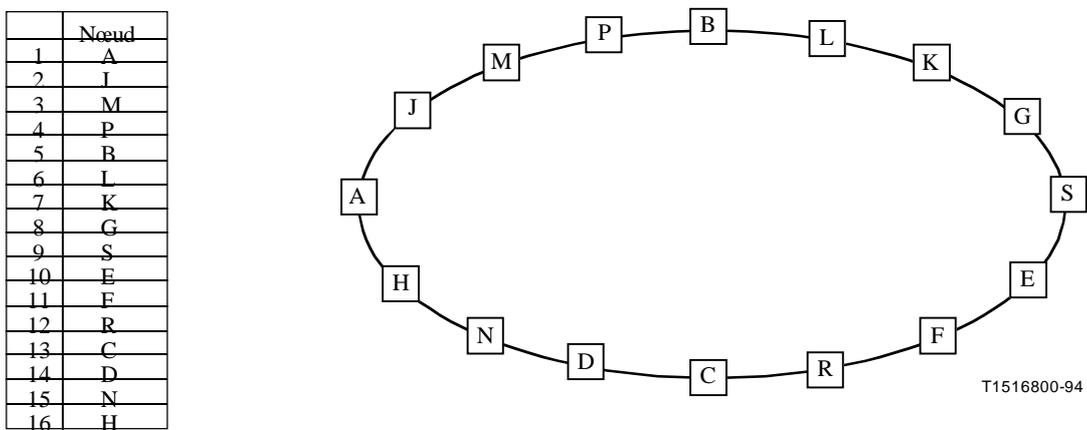


Figure 7-5/G.841 – Représentation conceptuelle d'une carte de la topologie de l'anneau

nombre d'unités AU	← ouest A B nœud C D est →
1	← VC →
2	← VC →
3	← VC →
4	← VC →
5	← VC →
6	← VC →

échantillon de routage de trafic pour un anneau à quatre fibres

nœud A							nœud B						
	ouest			est				ouest			est		
	Src	Dst	VC	Src	Dst	VC		Src	Dst	VC	Src	Dst	VC
1				A	B	✓	1	B	A	✓	B	D	✓
2				A	D	✓	2	D	A	✓	A	D	
3	A	C	✓	A	C		3	C	A		A	C	
4	A	D		A	B		4	B	A		B	C	
5	A	B					5				B	A	
6	B	C		C	B		6	B	C		B	C	

nœud C							nœud D						
	ouest			est				ouest			est		
	Src	Dst	VC	Src	Dst	VC		Src	Dst	VC	Src	Dst	VC
1	D	B	✓	B	D	✓	1	D	B				
2	D	A	✓	A	D	✓	2	D	A				
3	C	A	✓	C	A	✓	3	A	C	✓	C	A	✓
4	C	B		C	D		4	D	C	✓	D	A	
5	A	B		B	A		5	A	B		B	A	
6	C	B		C	B		6	B	C		C	B	

T1516810-94

Src nœud où un conteneur virtuel d'ordre supérieur entre dans l'anneau ou est émis dans l'anneau

Dst nœud où un conteneur virtuel d'ordre supérieur sort de l'anneau ou aboutit à l'anneau

✓ unité administrative organisée en conteneurs virtuels d'ordre inférieur

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

Figure 7-6/G.841 – Représentation conceptuelle d'une carte de brassage de nœud

Si aucun basculement de protection n'est effectué sur l'anneau, chaque nœud émet dans les deux directions des octets K ne contenant aucune demande de dérivation. En général, les canaux de protection qui partent de chaque nœud contiennent un message "conduit non équipé", comme spécifié dans la Recommandation G.707. Ce point appelle une étude ultérieure. L'exception à cette règle est que du trafic supplémentaire peut être inséré, extrait ou transféré directement, comme dans le cas du trafic normal.

Un basculement de protection sera déclenché par l'un des critères spécifiés au 7.2. Une défaillance du protocole de basculement APS ou du contrôleur APS ne déclenchera pas de basculement de protection. On suppose toutefois que les alarmes appropriées seront émises.

Un anneau à deux fibres n'utilisera que les basculements de protection d'anneau pour rétablir le trafic. Un anneau à quatre fibres offre la possibilité supplémentaire d'un basculement d'arc. Plus précisément, il existe du point de vue d'un nœud d'anneau à quatre fibres, deux canaux de protection: un conduit court sur l'arc utilisé pour le basculement d'arc et un conduit long sur l'anneau utilisé lors d'un basculement d'anneau. Dans le cas du basculement d'arc, tout arc peut se comporter comme un système linéaire avec protection 1:1. Les défaillances qui n'affectent que les canaux actifs et non les canaux de protection peuvent donc être rétablies au moyen d'un basculement d'arc. Les anneaux à quatre fibres doivent utiliser le basculement d'arc chaque fois que possible, de manière à permettre la coexistence de basculements d'arc multiples. Le basculement d'arc a donc priorité sur le basculement d'anneau en réponse à des demandes de dérivation du même type (par exemple en cas de défaillance de signal, de dégradation de signal ou de basculement forcé). Les basculements d'arc de plus faible priorité ne seront pas conservés en présence d'une demande de dérivation d'anneau de priorité supérieure.

Lorsqu'un nœud détermine qu'un basculement de protection est nécessaire, il émet alors dans les deux directions la demande de dérivation correspondante dans les octets K, c'est-à-dire sur le conduit court et sur le conduit long.

Dans le cas de défaillances unidirectionnelles, la signalisation par le conduit court permet d'effectuer plus rapidement le basculement. Etant donné que le nœud situé sur l'arc défaillant recevra normalement le statut de demande de dérivation (ou la demande de dérivation) signalée par le conduit court bien avant la demande de dérivation signalée sur le conduit long, 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 sur le conduit long informera les autres nœuds de l'anneau qu'il existe un basculement d'arc en un autre point sur l'anneau. Ce mécanisme interdit les basculements d'anneau 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 un nœud de destination reçoit une demande de dérivation de priorité supérieure, il passe dans l'état de transfert approprié. De cette façon, les nœuds de basculement peuvent maintenir une communication directe par octets K sur le conduit long. On notera qu'en cas de défaillance bidirectionnelle, telle qu'une rupture de câble, le nœud de destination aura détecté lui-même la défaillance et aura émis une demande de dérivation dans la direction opposée sur l'anneau.

Un nœud effectue la dérivation lorsqu'il en reçoit la demande. Si la demande de dérivation concerne l'anneau, le nœud dirige alors les canaux qui entraient dans l'arc défaillant pour les acheminer vers les canaux de protection allant dans la direction opposée. En outre, dans le cas de basculements d'anneau sur condition de défaillance de signal (SF), le nœud effectue également le basculement vers les 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 par la Figure 7-7. Dans un

anneau à deux fibres, le nœud B dérivera le trafic normal des canaux d'unités AU-4 numérotés de 1 à $N/2$ (actif) – émis de B à C – vers les canaux d'unités AU-4 numérotés $(N/2) + 1$ à N (de protection) – émis de B à A, pour revenir au nœud C après parcours inverse de l'anneau. Cette action est appelée dérivation. Le nœud C basculera le trafic normal des canaux de protection reçus de B par l'intermédiaire de A vers les canaux actifs allant vers D. Cette action est appelée basculement.

Si, dans cet exemple, le basculement d'anneau s'effectue sur un anneau à quatre fibres, le nœud B dérivera le trafic normal des canaux qui sont en cours d'acheminement sur la fibre de trafic allant de B à C, vers les canaux qui sont en cours d'acheminement sur la fibre de protection allant de B à A. De même, le nœud C basculera le trafic normal des canaux acheminés sur la fibre de protection reçus de D, vers les canaux qui sont en cours d'acheminement sur la fibre de trafic allant vers D.

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

Lorsque la défaillance a été résolue, les nœuds émettant ces demandes de dérivation abandonneront leurs demandes et basculements respectifs. D'autres nœuds du réseau mettront fin au transfert des canaux de protection et des octets K. En général, le trafic normal repasse seulement des canaux de protection vers les canaux actifs. Plus précisément, dans un anneau à quatre fibres, si un basculement d'anneau est actif sur les canaux de protection du conduit long et que les canaux de protection du conduit court deviennent disponibles, le service ne sera pas basculé sur les canaux de protection du conduit court, sauf si une nouvelle demande de dérivation vient préempter les canaux de protection du conduit long.

Les basculements de protection d'anneau ou d'arc peuvent être préemptés par des demandes de dérivation de priorité supérieure, comme indiqué par le Tableau 7-8. Prenons par exemple le cas d'une initialisation de basculement d'arc en raison d'une dégradation du signal sur cet arc, alors qu'un basculement d'anneau est nécessaire à la suite d'une défaillance sur un autre arc, affectant à la fois les canaux actifs et les canaux de protection. Dans ce cas, une demande de dérivation d'anneau sera émise, le basculement d'arc sera abandonné et le basculement de l'anneau sera effectué.

Des commandes d'origine externe ne peuvent pas être mises en attente si elles sont préemptées par une demande APS de priorité supérieure au niveau du nœud.

Le trafic supplémentaire est préempté dès qu'une demande d'anneau nécessitant un basculement d'anneau, de priorité supérieure à une "absence de demande" et autre que EXER-R est reçue par le nœud ou demande l'utilisation des canaux de protection véhiculant le trafic supplémentaire.

Si un basculement d'anneau est en cours et qu'une défaillance de priorité égale se produit sur un autre arc (y compris la combinaison des conditions SF-R et FS-R), nécessitant un basculement d'anneau, les deux basculements d'anneau seront alors effectués si la priorité de la demande de basculement est supérieure ou égale à celle d'une défaillance de signal d'anneau, ce qui conduira à une partition de l'anneau en deux segments distincts. Dans le cas contraire, si la priorité de la demande de basculement est inférieure à celle d'une défaillance de signal d'anneau, la nouvelle demande de dérivation d'anneau ne sera pas exécutée et le premier basculement sera abandonné.

Un fonctionnement correct de l'anneau nécessite en général que tous les nœuds soient tenus informés de l'état de l'anneau afin d'éviter qu'ils effectuent la préemption d'une demande de dérivation s'ils ne disposent pas d'une demande de dérivation de priorité supérieure. Une signalisation sur le conduit long est nécessaire pendant la demande de dérivation en plus de celle faite sur le conduit court pour satisfaire ce besoin d'information au sujet de l'état de l'anneau. Par exemple, bien que l'on puisse établir des dérivations d'arcs avec seulement une signalisation sur le conduit court, une indication de dérivation est envoyée sur le conduit long 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 et prendre connaissance de détails relatifs à l'état de l'anneau.

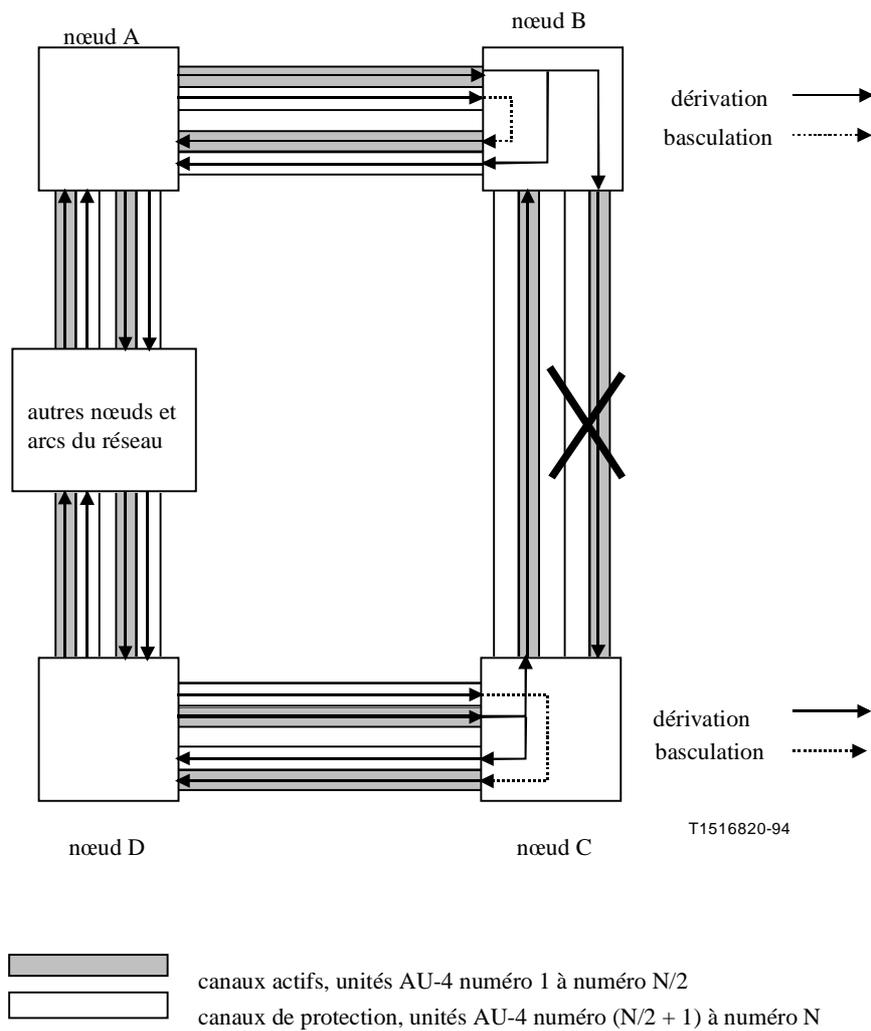
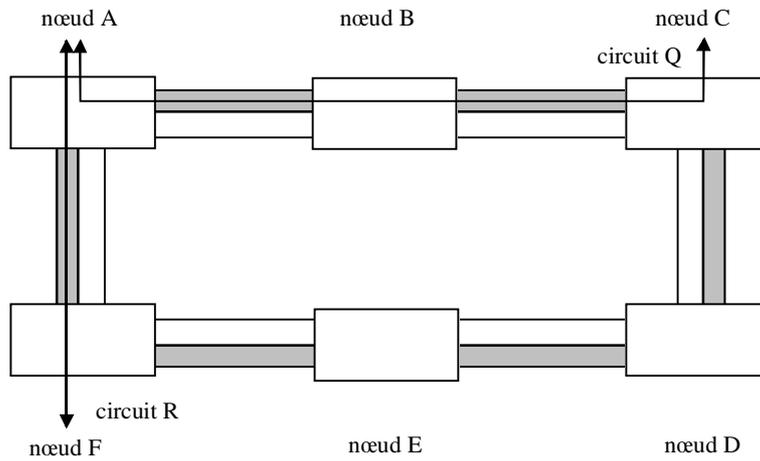
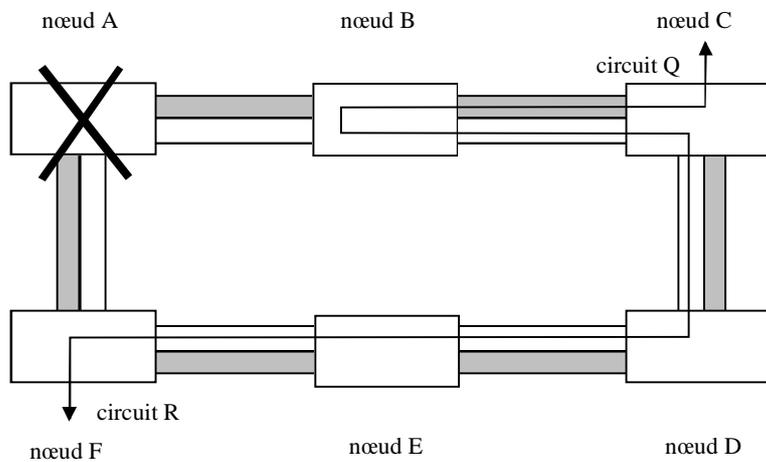


Figure 7-7/G.841 – Déviation et basculement pour un anneau à deux fibres avec protection partagée de section de multiplexage



b) Etat normal avant une défaillance de nœud

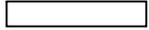


T1516830-94

b) Connexion défectueuse après une défaillance de nœud

circuit	affectation de l'intervalle temporel	canal
---------	--------------------------------------	-------

Q	1W	actif
R	1W	actif

 actif
 protection
 service de transport de circuits

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

Figure 7-8/G.841 – Exemple de connexion erronée

7.2.3.1 Trafic supplémentaire

Il est possible d'utiliser, en-dehors des situations de défaillance, des canaux de protection pour véhiculer un trafic additionnel. Ce trafic additionnel, appelé trafic supplémentaire, possède une priorité inférieure à celle du trafic normal sur les canaux actifs et ne dispose d'aucun moyen de protection. Le trafic supplémentaire est établi en fournissant les nœuds d'insertion et d'extraction pour le trafic. Les nœuds intermédiaires sur l'anneau sont fournis de manière à ce que les canaux de protection AU-3/4 qui véhiculent du trafic supplémentaire soient transférés au niveau du nœud (les canaux de protection qui ne véhiculent pas de trafic supplémentaire se terminent au niveau du nœud intermédiaire). Les nœuds qui insèrent, extraient et transfèrent du trafic supplémentaire indiquent la présence de ce dernier sur les arcs concernés en insérant le code "trafic supplémentaire" dans l'octet K2. Il convient de noter que le trafic non protégé non interruptible n'est pas considéré comme trafic supplémentaire et que le code "trafic supplémentaire" ne sera pas positionné dans l'octet K2.

Le trafic supplémentaire est préempté lorsque la dérivation du trafic normal sur les canaux de protection devient nécessaire (à la suite d'une défaillance ou d'une commande d'origine externe); il est alors extrait au niveau des arcs dont les canaux de protection sont nécessaires au basculement de protection. Les circuits de trafic dont la source a été supprimée par cette préemption seront rendus silencieux au moyen du signal AU-AIS. Le trafic supplémentaire est rétabli lorsque les nœuds concernés reviennent dans l'état "libre".

7.2.3.2 Suppression de signal en vue d'éviter des connexions défectueuses du trafic

Les canaux de protection sont partagés de manière intrinsèque entre tous les arcs de l'anneau afin de permettre un basculement d'anneau. De même, les canaux de protection peuvent acheminer du trafic supplémentaire lorsqu'ils ne servent pas à rétablir du trafic normal transporté par les canaux actifs. Chaque intervalle temporel des canaux de protection est donc susceptible d'être utilisé pour divers services (services répartis sur le même intervalle temporel mais pour des arcs différents ou services issus du trafic supplémentaire). En l'absence de trafic supplémentaire sur l'anneau et en présence de défaillances multiples, (comme celles qui provoquent l'isolement d'un ou de plusieurs nœuds), certains services (issus du même intervalle temporel mais sur des arcs différents) peuvent entrer en conflit pour l'accès au même intervalle temporel d'un 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 défaillances ponctuelles, le trafic normal acheminé par les canaux actifs peut entrer en conflit pour accès au même intervalle temporel dans le canal de protection acheminant le trafic supplémentaire, ce qui se traduira également par une possibilité de connexion erronée du trafic.

En l'absence de mécanisme de prévention des connexions erronées, le scénario de dérangement ci-après provoquerait des connexions erronées. Sur la Figure 7-8, 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 n°1P sur les canaux de protection.

Une possibilité de connexion erronée sera déterminée par identification des nœuds qui feront office de nœuds de basculement pour une demande de dérivation et par examen du trafic qui sera affecté par le basculement de protection. Ces nœuds de basculement pourront être déterminés d'après les adresses de nœud indiquées dans les octets K1 et K2. Les nœuds de basculement déterminent le trafic affecté par le basculement de protection à partir des informations contenues dans leurs cartes de topologie de l'anneau et des identificateurs des nœuds de basculement. Les connexions erronées possibles seront supprimées par insertion des signaux AU-AIS appropriés dans les intervalles temporels pouvant donner lieu à un trafic erroné. En particulier le trafic sera supprimé s'il a son origine ou s'il est extrait au niveau d'un ou de plusieurs nœuds isolés sur l'anneau à la suite d'une défaillance. Pour les anneaux fonctionnant au niveau des unités AU-4, cette suppression est effectuée dans les nœuds de basculement. Cette opération s'effectue pour le trafic normal ou le trafic supplémentaire inséré ou extrait au niveau des canaux de protection (ce qui signifie que le trafic

normal inséré ou extrait au niveau de canaux actifs n'est jamais supprimé). L'emplacement des points de suppression pour les anneaux utilisant un accès de conteneurs virtuels de niveau inférieur appelle une étude ultérieure.

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 émettront des demandes de dérivation à destination du nœud B. Lorsque le nœud A voit la demande de dérivation venant de C et voit (d'après sa carte de topologie) 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 quels canaux sont ajoutés ou supprimés par le nœud B. Les nœuds A et C supprimeront le signal sur canaux en insérant des signaux AU-AIS avant l'exécution du basculement de protection. Tout nœud de l'anneau qui était connecté au nœud B recevra donc des signaux AIS sur ces canaux.

Chacune des cartes de topologie de l'anneau contiendra donc au minimum:

- 1) une carte de la topologie de l'anneau contenant des informations concernant l'ordre dans lequel les nœuds apparaissent sur l'anneau;
- 2) une carte de la topologie de brassage contenant 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 transférées en transparence par ce nœud;
- 3) une carte de la topologie de suppression de signal contenant, pour chacun des intervalles temporels des unités AU-4, les adresses des nœuds au niveau desquels le trafic de ces unités AU entre ou sort de l'anneau;
- 4) une indication facultative précisant si un accès par conteneur virtuel de niveau inférieur est fait à l'unité AU à un certain endroit sur l'anneau.

Les Figures 7-3 et 7-4 donnent un exemple de telles cartes de topologie de l'anneau. Les prescriptions pour les cartes de topologie pour l'accès aux conteneurs virtuels de niveau inférieur appellent une étude ultérieure.

Un anneau de section de multiplexage peut prendre en charge de manière optionnelle un trafic unidirectionnel qui peut être de l'un des types suivants:

- une connexion unidirectionnelle simple dont la source se trouve dans un nœud et la terminaison dans un autre nœud;
- un circuit avec extractions multiples (comme dans le cas d'extraction et de prolongement utilisés dans l'interfonctionnement d'anneau, [se référer à la Recommandation G.842]);
- un circuit avec sources multiples (telles que l'extraction et le prolongement utilisé dans l'interfonctionnement d'anneau dans la direction inverse).

La suppression effectuée pour ces circuits dans le cas d'une défaillance de nœud est basée uniquement sur les règles suivantes:

- pour une connexion unidirectionnelle simple: défaillance du nœud source ou du nœud de destination;
- pour un circuit avec extractions multiples: défaillance de nœud source ou du dernier nœud d'extraction;
- pour un circuit avec sources multiples: défaillance du premier nœud source ou du nœud de destination.

Les opérations de dérivation ou de basculement ne sont effectuées que lorsque les nœuds de basculement constatent que le code de trafic supplémentaire a été supprimé pour les arcs nécessaires ou le basculement de protection, afin d'éviter des connexions erronées du trafic supplémentaire.

Un nœud qui préempte du trafic supplémentaire supprimera le signal sur les canaux de trafic supplémentaire affectés de l'une des manières suivantes:

- dans le cas d'un nœud effectuant un basculement d'arc qui remplace un trafic supplémentaire sur cet arc, la suppression du trafic supplémentaire est réalisée par l'insertion de signaux AU-AIS sur les canaux de trafic supplémentaire qui sont extraits au niveau de ce nœud (c'est-à-dire du côté à bas débit) tant que ces canaux de protection ne sont pas nécessaires pour un basculement de protection;
- dans le cas d'un nœud qui effectue un basculement d'anneau, la suppression du trafic supplémentaire est réalisée par l'insertion de signaux AU-AIS sur les canaux de trafic supplémentaire qui sont extraits au niveau de ce nœud (c'est-à-dire du côté à bas débit);
- dans le cas d'un nœud qui passe dans le mode de transfert total, la suppression du signal du trafic supplémentaire est réalisée par l'insertion de signaux AU-AIS sur les canaux de trafic supplémentaire qui sont extraits au niveau de ce nœud (c'est-à-dire du côté à bas débit).

7.2.3.3 Accès aux conteneurs LOVC

Certains nœuds de l'anneau, appelés "nœuds d'accès aux conteneurs LOVC", peuvent être en mesure d'assurer l'insertion, l'extraction ou le brassage de conteneurs LOVC entre unités AU. Lorsque des nœuds multiples de l'anneau insèrent des conteneurs LOVC ou effectuent un brassage de conteneurs LOVC entre unités AU, la charge utile d'une unité AU peut correspondre à des sources multiples ou peut être extraite par des nœuds multiples. De telles unités AU sont appelées dans la présente Recommandation "unités AU accédées par des conteneurs LOVC". L'accès aux conteneurs LOVC appelle une étude ultérieure.

7.2.4 Critères d'initialisation du basculement

Les demandes d'exécution d'un basculement de protection peuvent être initialisées, soit de l'extérieur, soit de manière automatique. Les commandes d'origine externe sont introduites au moyen du système d'exploitation (OS) ou de l'interface locale de l'exploitant. Le sous-paragraphe 7.2.4.1 décrit ces commandes d'origine externe, qui sont à la disposition du système d'exploitation, de l'exploitant ou des deux. Les commandes avec initialisation automatique peuvent également l'être sur la base de critères relatifs à la qualité des sections de multiplexage et de l'équipement, des demandes de dérivation reçues et des informations de statut de demande de dérivation reçues. Le sous-paragraphe 7.2.4.2 indique les critères d'initialisation des commandes automatiques.

Les demandes de dérivation relatives à un basculement d'arc (sauf pour le verrouillage du basculement vers l'entité de protection) ne sont utilisées que pour les anneaux avec protection partagée de section de multiplexage.

Le code "absence de demande" (NR) est émis lorsqu'il n'est pas nécessaire d'utiliser les canaux de protection.

7.2.4.1 Commandes d'origine externe

Les commandes d'origine externe sont initialisées dans un élément du réseau, soit par le système d'exploitation, soit par l'exploitant. La commande d'origine externe peut être transmise à l'élément de réseau approprié au moyen des octets APS, du RGT ou par l'interface de l'exploitant 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 le canal APS

Les commandes d'origine externe sont décrites ci-dessous.

annulation: cette commande annule la commande d'origine externe et l'état "attente pour rétablissement" 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 d'origine externe est faite par le code "absence de demande".

Les deux commandes suivantes sont utiles si un certain arc effectue un nombre trop élevé de basculements vers l'entité de protection. Une autre utilisation de ces commandes est le blocage de l'accès à la protection pour certains arcs qui acheminent uniquement du trafic qui ne nécessite pas de protection. Ces commandes ne sont pas soumises à des contraintes de temps (c'est-à-dire qu'elles n'ont pas besoin d'être suivies d'effet dans un délai de l'ordre de la dizaine de millisecondes). Elles peuvent donc être transmises par les canaux DCC.

verrouillage du basculement d'anneau du canal actif: cette commande empêche (en annulant la capacité du nœud de demander un basculement d'anneau d'un type quelconque) le trafic normal issu des canaux actifs de l'arc examiné d'avoir accès aux canaux de protection pour un basculement d'anneau. Si un trafic normal quelconque est déjà protégé, la dérivation d'anneau est abandonnée, quel que soit l'état des canaux actifs. Si aucune autre demande de dérivation n'est active sur l'anneau, le code "absence de demande" est transmis. Cette commande n'a pas d'incidence sur l'emploi de canaux de protection pour un autre arc. Le nœud peut par exemple passer à l'un quelconque des modes de transfert du trafic.

verrouillage du basculement d'arc du canal actif: cette commande empêche le trafic normal issu des canaux actifs de l'arc examiné d'avoir accès aux canaux de protection pour un basculement d'arc. Si un trafic normal quelconque est déjà protégé, la dérivation d'arc est abandonnée, quel que soit l'état des canaux actifs. Si aucune autre demande de dérivation n'est active sur l'anneau, le code "absence de demande" est transmis. Cette commande n'a pas d'incidence sur l'emploi des canaux de protection pour un autre arc.

verrouillage de la protection – tous arcs: cette commande empêche tout basculement de protection dans l'ensemble de l'anneau. Si un trafic normal quelconque utilise déjà ce processus de protection sur un arc quelconque, cette commande provoque le basculement en retour du trafic normal sur les canaux actifs, quel que soit l'état de ces derniers. 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 APS

Les commandes suivantes sont véhiculées par les octets APS:

verrouillage de la protection d'arc (LP-S, *lockout of protection-span*): cette commande interdit l'utilisation d'un arc pour toute activité de protection ainsi que l'utilisation du basculement d'anneau pour tout emplacement dans l'anneau. Elle provoque l'annulation de tout basculement d'anneau en vigueur sur l'anneau, ainsi que de tout basculement d'arc en vigueur sur cet arc. Elle interdit en conséquence et préempte tout basculement d'anneau, mais interdit le basculement d'arc uniquement sur l'arc verrouillé.

basculement forcé de protection d'anneau (FS-R, *forced switch to protection-ring*): cette commande effectue le basculement d'anneau du trafic normal issu des canaux actifs vers les canaux de protection, pour l'arc compris entre le nœud duquel provient la commande et le nœud adjacent auquel la commande est destinée. Ce basculement se produit quel que soit l'état des canaux de protection, à moins que ceux-ci ne répondent à une demande de dérivation de priorité supérieure.

basculement forcé de protection d'arc (FS-S, *forced switch to protection-span*): cette commande bascule le trafic normal des canaux actifs vers les canaux de protection de cet arc. Ce basculement se produit quel que soit l'état des canaux de protection, à moins que ceux-ci ne répondent à une

demande de dérivation de priorité supérieure ou à un défaut de signal (ou d'octet K), sur les canaux de protection de cet arc.

basculement manuel de protection d'anneau (MS-R, *manual switch to protection-ring*): cette commande effectue le basculement d'anneau du trafic normal des canaux actifs vers les canaux de protection, pour l'arc compris entre le nœud duquel la commande provient et le nœud adjacent auquel la commande est destinée. Ce basculement se produit si les 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 canaux de protection).

basculement manuel de protection d'arc (MS-S, *manual switch to protection-span*): cette commande effectue le basculement du trafic normal issu des canaux actifs vers les canaux de protection pour l'arc dans lequel cette commande a été émise. Ce basculement se produit si les canaux de protection ne sont pas dans une condition SD et ne répondent pas déjà à une demande de dérivation de priorité égale ou supérieure (y compris la défaillance des canaux de protection).

testeur d'anneau (EXER-R, *exercise-ring*): cette commande effectue un essai de basculement d'anneau pour le canal demandé, sans effectuer la dérivation et le basculement proprement dit. Cette commande est émise et les réponses sont contrôlées, mais le trafic normal n'est pas affecté.

testeur d'arc (EXER-S, *exercise-span*): cette commande effectue un essai de basculement d'arc pour le canal demandé, sans effectuer la dérivation et le basculement proprement dit. Cette commande est émise et les réponses sont contrôlées, mais le trafic normal n'est pas affecté.

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

7.2.4.2 Commandes avec initialisation automatique

Les demandes de basculement APS sont également initialisées sur la base de critères de qualité des sections de multiplexage et des équipements. Ces critères sont détectés par les éléments de réseau. Tous les canaux, actifs et de protection, sont supervisés quel que soit l'état de défaillance ou de dégradation (c'est-à-dire que toute supervision de qualité appropriée est maintenue après l'exécution d'un basculement). L'élément de réseau lance de manière automatique les demandes de dérivation correspondant aux conditions suivantes: défaillance de signal (SF), dégradation de signal (SD), demande en retour (RR) et attente pour rétablissement (WTR). 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 condition SF est utilisée pour protéger le trafic normal affecté par des défaillances, alors que la demande de dérivation sur condition SD est utilisée pour la protection contre des dégradations de signal provoquées par des erreurs de bit. Ces demandes de dérivation sont transmises aussi bien sur le conduit court que sur le conduit long. Chaque nœud intermédiaire vérifie l'identification du nœud de destination indiqué dans la demande de dérivation sur le conduit long 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 condition de type attente pour rétablissement (WTR) est utilisée pour empêcher une oscillation fréquente entre canaux de protection et canaux actifs car des discontinuités binaires se produisent lors des basculements. La demande de dérivation WTR est émise après élimination de la condition de défaillance sur les canaux actifs. Le message WTR n'est émis qu'à la suite d'un état de défaillance ou de dégradation de signal et ne s'applique donc pas aux commandes d'origine externe.

Les demandes de dérivation initialisées de manière automatique sont définies ci-après avec leurs critères de déclenchement:

défaillance de signal d'arc (SF-S, *signal fail-span*): une défaillance de signal est définie comme étant la présence de la condition TSFprot générée par la fonction "terminaison d'itinéraire de section de multiplexage" définie dans la Recommandation G.783. L'extrémité de queue détecte la défaillance et émet la demande de dérivation. Pour les anneaux à quatre fibres, si la défaillance n'affecte que les canaux actifs, le trafic peut être rétabli par basculement sur les canaux de protection du même arc. La demande de dérivation sur défaillance de signal sert à déclencher un basculement d'arc lors d'une défaillance de signal sur les canaux actifs d'un anneau à quatre fibres.

défaillance de signal d'anneau (SF-R, *signal fail-ring*): pour les anneaux à deux fibres, toutes les défaillances de signal (telles que définies ci-dessus pour le basculement d'arc) sont protégées par basculement d'anneau. Pour les anneaux à quatre fibres, le basculement d'anneau n'est utilisé que si le trafic ne peut pas être rétabli au moyen d'un basculement d'arc. Si des défaillances existent sur les canaux actifs comme sur les 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 un basculement d'anneau en cas de défaillance de signal. Dans le cas d'un anneau à quatre fibres, la défaillance SF-R est le résultat de la combinaison d'un signal LOW-S et d'une défaillance détectée ou reçue pour la ligne active sur le même arc ou de la combinaison suivante de conditions détectées et reçues sur les lignes actives et de protection:

- défaillance de ligne active et de ligne de protection sur le même arc;
- défaillance de ligne active et dégradation de ligne de protection sur le même arc;
- dégradation de ligne active et défaillance de ligne de protection sur le même arc.

défaillance de signal dans les canaux de protection (SF-P, *signal fail-protection*): cette commande sert à indiquer à un nœud adjacent que les canaux de protection sont dans un état de défaillance de signal (tel qu'il a été défini précédemment pour le basculement d'arc), ce qui équivaut à un verrouillage du basculement vers l'entité de protection pour l'arc affecté par cette défaillance. 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.

dégradation de signal d'arc (SD-S, *signal degrade span*): la dégradation d'un signal est définie comme la présence de la condition TSD générée par la fonction "terminaison d'itinéraire de section de multiplexage" définie dans la Recommandation G.783. Dans les anneaux à quatre fibres, les canaux actifs dans l'arc dégradé peuvent être protégés par les canaux de protection de cet arc. Cette demande de dérivation est utilisée pour basculer le trafic normal sur les canaux de protection du même arc, lorsque la défaillance est ponctuelle.

dégradation de signal d'anneau (SD-R, *signal degrade-ring*): pour les anneaux à deux fibres, chaque section de multiplexage dégradée est protégée par basculement d'anneau. (La dégradation est définie ci-dessus sous SD-S.) Pour les anneaux à quatre fibres, une condition SD-R résulte de la combinaison d'un signal LOW-S et d'une dégradation de ligne active détectée ou reçue sur le même arc, ou encore de la combinaison de conditions de signal dégradé détectées ou reçues sur les lignes actives et de protection sur le même arc.

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

demande en retour – arc (RR-S, *reverse request-span*): cette commande est transmise par le conduit court à l'élément de réseau de l'extrémité de queue sous la forme d'un accusé de réception de la demande de dérivation d'arc par conduit court. Elle n'est transmise que sur le conduit court.

demande en retour – anneau (RR-R, *reverse request-ring*): cette commande est transmise par le conduit court à l'élément de réseau de l'extrémité de queue sous la forme d'un accusé de réception de la demande de dérivation d'anneau par conduit court.

attente pour rétablissement (WTR, *wait to restore*): cette commande est émise lorsque les canaux actifs satisfont au seuil de rétablissement à la suite d'un état de dégradation ou de défaillance de signal. Elle sert à conserver cet état pendant la période de temporisation d'attente de rétablissement, à moins qu'elle ne soit préemptée par une demande de dérivation de priorité supérieure.

7.2.5 Protocole de basculement de protection

Deux octets APS, K1 et K2, seront utilisés pour le basculement automatique de protection. Voir le 7.2.6 pour les détails d'utilisation de ces octets en exploitation.

Les octets K1 et K2 seront transmis dans l'en-tête de section de multiplexage du module STM-n qui véhicule les canaux de protection. On notera cependant que les bits 6 à 8 de l'octet K2 sont utilisés par tous les signaux de ligne STM-n afin d'acheminer l'indication MS-RDI et le signal MS-AIS.

Les octets APS seront considérés comme valides s'ils sont reçus avec des valeurs identiques dans trois trames consécutives.

7.2.5.1 Octet K1

Les bits de cet octet seront attribués conformément au Tableau 7-7. Les bits 1 à 4 de l'octet K1 véhiculent des codes de demande de dérivation, dont le Tableau 7-7 donne la liste par ordre décroissant de priorité. Les bits 5 à 8 de l'octet K1 véhiculent l'identité du nœud de destination pour le code de demande de dérivation indiqué dans les bits 1 à 4 de cet octet.

Tableau 7-7/G.841 – Fonctions de l'octet K1

Code "demande de dérivation" (bits 1 à 4)	Identification du nœud de destination (bits 5 à 8)
Bits <u>1234</u>	
1111 Verrouillage de la protection d'arc (LP-S) ou défaillance de signal dans les canaux de protection (SF-P)	L'identificateur du nœud de destination est codé avec la valeur d'identification du nœud auquel l'octet K1 est destiné. L'identificateur du nœud de destination vise toujours un nœud adjacent (exception faite des octets APS par défaut).
1110 Basculement forcé de protection d'arc (FS-S)	
1101 Basculement forcé de protection d'anneau (FS-R)	
1100 Défaillance de signal d'arc (SF-S)	
1011 Défaillance de signal d'anneau (SF-R)	
1010 Dégradation de signal dans les canaux de protection (SD-P)	
1001 Dégradation de signal d'arc (SD-S)	
1000 Dégradation de signal d'anneau (SD-R)	
0111 Basculement manuel d'arc (MS-S)	
0110 Basculement manuel d'anneau (MS-R)	
0101 Attente pour rétablissement (WTR)	
0100 Testeur d'arc (EXER-S)	
0011 Testeur d'anneau (EXER-R)	
0010 Demande en retour – arc (RR-S)	
0001 Demande en retour – 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 sera codé comme indiqué au Tableau 7-8.

Tableau 7-8/G.841 – Fonctions de l'octet K2

Code de l'identificateur du nœud d'origine (bits 1 à 4)	Long/court (bit 5)	Statut (bits 6 à 8)
L'identificateur du nœud d'origine est positionné sur la valeur d'identificateur propre à ce nœud.	Bit	Bits
	<u>5</u>	<u>678</u>
	0 code du conduit court (S)	111 MS-AIS
	1 code du conduit long (L)	110 MS-RDI
		101 réservé pour utilisation future
		100 réservé pour utilisation future
		011 trafic supplémentaire sur les canaux de protection
		010 dérivation et basculement effectués (Br&Sw)
	001 dérivation effectuée (Br)	
	000 Repos	

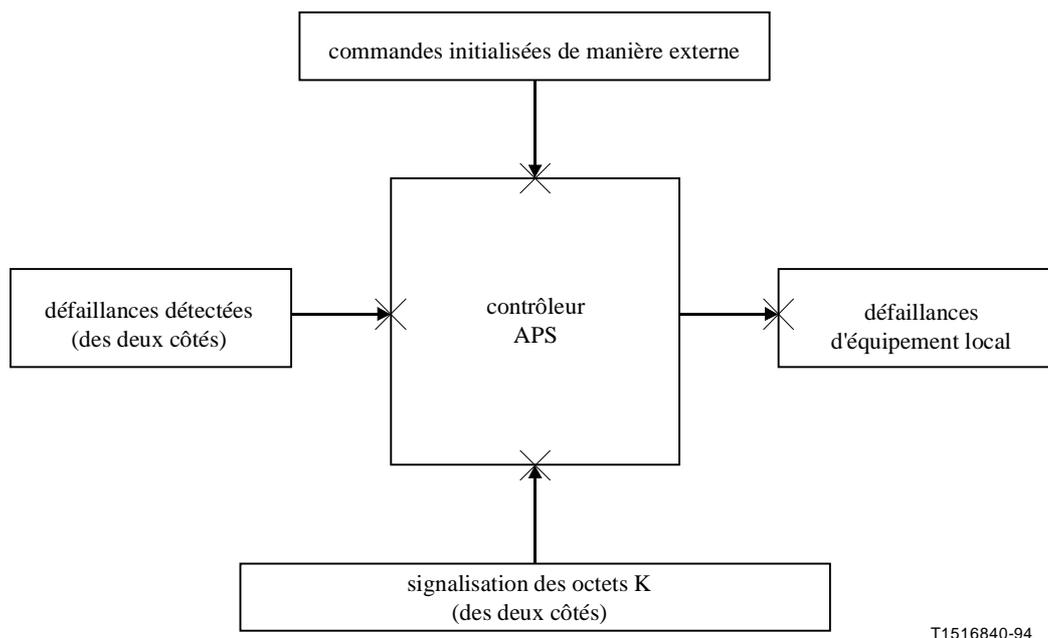
7.2.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection

Le présent sous-paragraphe est structuré comme suit:

Tout d'abord, on donnera un certain nombre de règles générales concernant l'algorithme APS, suivies de règles détaillées. Le sous-paragraphe 7.2.6.1 décrira les trois classes d'état "basculement" de protection automatique sur nœud d'anneau ainsi que le comportement du nœud stabilisé dans ces états. Le sous-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 avec protection partagée de section de multiplexage, fonctionnant dans un nœud. Ce contrôleur choisit les actions de basculement 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 directions, des détections de défaillance de chaque côté, des défaillances ponctuelles d'équipement et des commandes d'origine externe. En général, ce contrôleur examine de manière conceptuelle toutes les informations entrantes, choisit l'entrée ayant la priorité la plus élevée et prend les mesures correspondant à ce choix.

La Figure 7-9 présente le fonctionnement conceptuel d'un contrôleur APS d'anneau avec protection partagée de section de multiplexage.



T1516840-94

Figure 7-9/G.841 – Représentation conceptuelle du contrôleur d'un anneau avec protection partagée de section de multiplexage

L'ensemble suivant de règles générales s'applique:

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

Règle G n° 1a: (demande de dérivation) les informations contenues dans les bits 1 à 4 de l'octet K1 seront considérées comme représentant 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 "conduit long";
- ces bits indiquent un des codes de demande de dérivation d'anneau et le bit 5 de l'octet K2 indique un code "conduit court";
- ces bits indiquent un des codes de demande de dérivation d'arc et le bit 5 de l'octet K2 indique un code "conduit court".

Règle G n° 1b: (statut d'une demande de dérivation) les informations contenues dans les bits 1 à 4 de l'octet K1 seront considérées comme constituant 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 "conduit long".

Règle G n° 1c: lorsqu'un nœud à quatre fibres se trouve dans une condition SF-R ou SD-R et que la demande SF-R ou SD-R n'a pas encore été signalée parce qu'elle ne peut pas coexister avec une autre demande APS de priorité supérieure pour ce nœud, ce dernier considérera la condition détectée ou reçue sur la ligne de protection comme une deuxième entrée à destination du contrôleur APS.

La relation entre codes de demande de dérivation, informations de statut de demande de dérivation et indications par octet K est indiquée dans le Tableau 7-9.

Tableau 7-9/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 l'octet K2	Bits 1 à 4 de l'octet K1	
	Code de dérivation d'anneau	Code de dérivation d'arc
Conduit long	Demande de dérivation	Statut de demande de dérivation
Conduit court	Demande de dérivation	Demande de dérivation

A noter que les signaux MS-RDI et MS-AIS aboutissent à des éléments de terminaison pour des sections de multiplexage, comme spécifié dans la Recommandation G.783.

7.2.6.1 Etats APS d'un nœud de l'anneau

Il y a trois classes d'état de nœud d'anneau: l'état "libre", l'état "basculement" et l'état "transfert".

7.2.6.1.1 Etat "libre"

Un nœud est dans l'état "libre" s'il n'est pas en cours d'émission ou de réception d'une demande APS ou d'une demande de statut de déviation et s'il reçoit des codes "libre" ou "trafic supplémentaire" en provenance des deux directions.

Règle I n° 1 – OCTETS K ÉMIS DANS L'ÉTAT "LIBRE":

Règle I n° 1a: tout nœud dans l'état "libre" qui ne procède pas à l'insertion, à l'extraction ou au transfert de trafic supplémentaire émettra les octets K dans les deux directions comme indiqué dans le Tableau 7-10.

Tableau 7-10/G.841 – Valeurs des octets K1 et K2 émis dans l'état "libre"

K1 (bits 1 à 4)	=	0000 (code "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 "conduit court")
K2 (bits 6 à 8)	=	000 (code "libre")

Règle I n° 1b: tout nœud dans l'état "libre" qui procède à l'insertion, à l'extraction ou au transfert de trafic supplémentaire émettra les octets K dans les deux directions comme indiqué dans le Tableau 7-10, à l'exception des bits 6 à 8 de l'octet K2 transmis sur tout arc contenant du trafic supplémentaire et qui contiendront la valeur 011 (code "trafic supplémentaire").

En attendant d'être informé de la carte de topologie de l'anneau, le nœud appliquera la règle I-S n° 3. La signalisation dans l'état de démarrage appelle une étude ultérieure.

Règle I n° 2 – OCTETS K REÇUS DANS L'ÉTAT "LIBRE": tout nœud dans l'état "libre" effectuera la terminaison des octets K1 et K2 transmis dans les deux directions.

7.2.6.1.2 Etat "basculement"

Un nœud qui ne se trouve pas dans l'état "libre" ou dans l'état "transfert" est dit se trouver dans l'état "basculement". Ceci inclut le statut de signalisation par défaut lorsque aucune carte de topologie de l'anneau n'est disponible.

Règle S n° 1 – OCTETS K ÉMIS DANS L'ÉTAT "BASCULEMENT":

Règle S n° 1a: tout nœud se trouvant dans l'état "basculement" émettra les octets K comme indiqué au Tableau 7-11.

Tableau 7-11/G.841 – Valeurs des octets K1 et K2 émis par un nœud dans l'état "basculement"

K1 (bits 1 à 4)	=	code "(statut) 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 "conduit court" ou "conduit long")
K2 (bits 6 à 8)	=	code "statut"

Règle S n° 1b: tout nœud se trouvant dans l'état "basculement" (pour des demandes de dérivation d'arc ou d'anneau) émettra une demande de dérivation (ou une demande de statut de dérivation) sur le conduit court et une demande de dérivation sur le conduit long. La demande de dérivation et la demande de statut de dérivation ont la même priorité (sauf si l'une d'elles est une demande en retour) et protègent le même arc. Des exceptions sont possibles lorsque plus d'une demande de basculement est active au niveau d'un nœud. Les exceptions suivantes peuvent se présenter:

- cas de nœud isolé, décrits dans les règles S n° 1c et S n° 1d;
- cas d'une demande de dérivation d'arc pour les deux côtés du nœud, pour laquelle le nœud émet une demande de dérivation sur chaque conduit court – les bits de statut indiquent alors l'état de la dérivation et du basculement pour l'arc correspondant;
- cas d'une demande de dérivation d'anneau qui préempte d'une demande de dérivation d'arc sur un arc adjacent, comme décrit dans la règle S n° 2b;
- cas de coexistence de conditions de défaillances SF-P et SD-P avec un basculement d'anneau sur le même arc. Le Tableau 7-12 définit le processus de signalisation pour ces cas.

Tableau 7-12/G.841 – Coexistence sur le même arc de conditions SD-P et SF-P avec des basculements d'anneau

Demande d'anneau de priorité la plus élevée	Conditions sur le conduit court		Priorité signalée sur le conduit court
	Actif	Protection	
FS-R	libération, SD ou SF	SF	LP-S
FS-R	libération, SD ou SF	SD	SD-P
FS-R	libération, SD ou SF	LP-S ou SD-P (octet K)	RR-S
SF-R(octet K)	libération	SF	LP-S
SF-R(octet K)	libération ou SD	SD	SD-P
SD-R(octet K)	libération	SD	SD-P
MS-R ou EXER-R	libération	SF	LP-S
MS-R ou EXER-R	libération	SD	SD-P
MS-R ou EXER-R	libération	LP-S ou SD-P (octet K)	RR-S

Règle S n° 1c: chaque fois qu'un nœud se trouvant dans l'état "basculement" reçoit, d'un nœud adjacent, une nouvelle demande de dérivation par octets K sur le conduit court, ayant une priorité égale ou supérieure à la demande de dérivation qui est en cours d'exécution sur le même arc, ce nœud émettra une demande de dérivation de même priorité, sur le conduit long correspondant. Chaque fois qu'un nœud reçoit des demandes de dérivation d'anneau provenant de ses nœuds adjacents sur le conduit court, la demande de dérivation sur le conduit long sera signalée à la place de la demande en

retour de dérivation sur le conduit court. Cette règle est prioritaire par rapport à la règle S n° 1b dans le cas de demandes multiples de dérivation sur le même nœud [voir la Figure 7-10 a)].

Règle S n° 1d: chaque fois qu'un nœud détecte une condition nécessitant un basculement d'anneau ou une commande d'origine externe pour un basculement d'anneau appliqué à ce nœud, il émettra dans tous les cas sur le conduit court une demande de dérivation d'anneau par conduit court tant que cette demande de dérivation d'anneau n'est pas préemptée par une demande de dérivation de priorité supérieure [voir la Figure 7-10 b)]. Cette règle a priorité sur la règle S n° 1c. On notera que, lorsqu'un nœud reçoit dans une direction une demande de dérivation sur le conduit court pour l'un des côtés et détecte une des conditions indiquées ci-dessus sur l'autre côté, il signalera la demande de dérivation associée à cette condition [voir la Figure 7-10 c)].

Règle S n° 1e: un nœud qui se trouve dans l'état "basculement" insérera le code "trafic supplémentaire" dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 pour les arcs qui véhiculent du trafic supplémentaire.

Règle S n° 2 – OCTETS K REÇUS DANS L'ÉTAT "BASCULEMENT": tout nœud se trouvant dans l'état "basculement" fournira la terminaison des octets K1 et K2 dans les deux directions.

Règle S n° 3 – ACCUSÉ DE RÉCEPTION DE DEMANDE DE DÉRIVATION UNIDIRECTIONNELLE: dès qu'il a reçu un code de demande ou statut de demande de dérivation, le nœud auquel cette indication est adressée accusera réception de la demande de dérivation en modifiant les bits 1 à 4 de l'octet K1 pour indiquer le code "demande en retour" sur le conduit court et la priorité de la demande de dérivation reçue sur le conduit long.

Règle S n° 4 – AUTORISATION DE COEXISTENCE DE BASCULEMENTS DE PROTECTION:

Règle S n° 4a: la coexistence des basculements suivants est autorisée:

- dégradation SD-P avec tout basculement d'arc;
- verrouillage LP-S ou dégradation SF-P avec tout basculement d'arc pour un autre arc;
- défaillance SF-P ou dégradation SD-P avec tout basculement d'anneau pour le même arc;
- verrouillage LP-S avec une dégradation SD-P;
- verrouillage LP-S avec un autre verrouillage LP-S;
- dégradation SD-P avec une autre dégradation SD-P;
- basculement FS-R avec un autre basculement FS-R (anneau segmenté en plusieurs anneaux partiels);
- défaillance SF-R avec une défaillance SF-R (anneau segmenté en plusieurs anneaux partiels);
- basculement FS-R avec une défaillance SF-R (anneau segmenté en plusieurs anneaux partiels);
- basculement d'arc quelconque avec tout autre basculement d'arc.

Règle S n° 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 aucun basculement ne sera effectué et ceux qui existent seront abandonnés. (On notera qu'en cas de défaillances multiples de type dégradation SD-R, toutes les défaillances feront l'objet d'un compte rendu ou d'une alarme. Ce comportement peut toutefois être considéré comme attendu par l'utilisateur.) Les nœuds signaleront la demande de dérivation d'anneau dans l'octet K1 et les bits 6 à 8 de l'octet K2 seront positionnés sur l'état "libre".

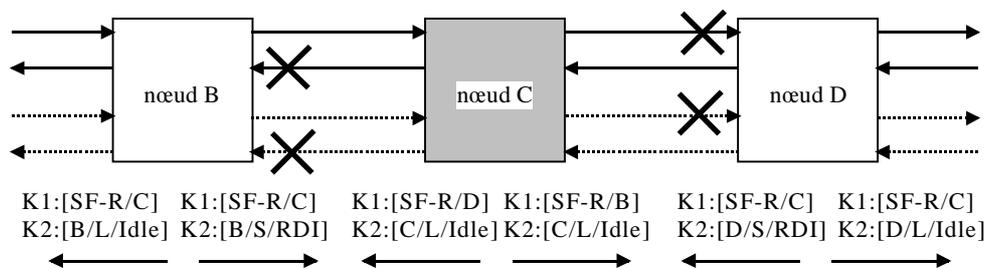
Règle S n° 5 – PERTE D'UNE DEMANDE DE DÉRIVATION D'ANNEAU: si un nœud qui exécute une dérivation et un basculement d'anneau ne reçoit plus de demande de dérivation d'anneau valide sur le conduit long, ce nœud abandonnera sa dérivation et son basculement d'anneau et effectuera la signalisation et les opérations correspondant à son entrée de priorité la plus élevée.

Règle S n° 6 – PERTE D'UNE DEMANDE DE DÉRIVATION D'ARC: si un nœud qui exécute une dérivation et un basculement d'arc ne reçoit plus de demande de dérivation d'arc valide (par le conduit court), ce nœud abandonnera sa dérivation et son basculement d'arc et effectuera la signalisation et les opérations correspondant à son entrée de priorité la plus élevée.

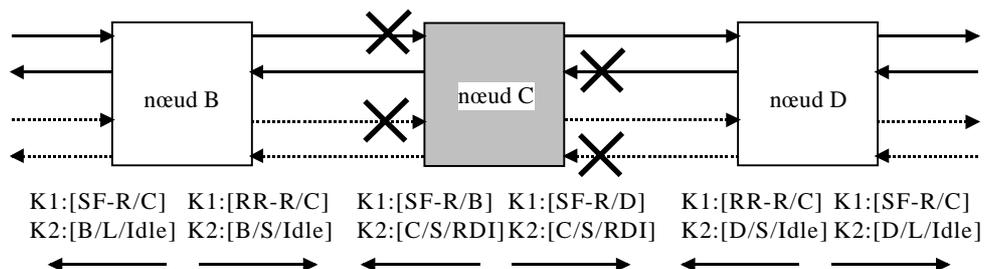
Règle S n° 7 – TRAFIC SUPPLÉMENTAIRE: un nœud qui se trouve dans l'état "basculement" ne transférera pas de trafic supplémentaire, à moins qu'il n'ait atteint cet état à la suite d'une demande LP-S (protection pour défaillance de signal) ou d'une demande SD-P. Un nœud qui se trouve dans l'état "basculement" à la suite d'une condition WTR pour un basculement d'arc, ou pour toute demande d'arc à l'exception des demandes LP-S, SD-P ou EXER-S, n'émettra ou ne recevra pas de trafic supplémentaire. Un nœud qui se trouve dans l'état "basculement" à la suite d'une condition WTR pour un basculement d'anneau ou de toute demande d'anneau à l'exception de la demande EXER-R, n'émettra ou ne recevra pas de trafic supplémentaire.

Règle S n° 8 – TERMINAISON DE L'ÉTAT WTR: lorsqu'un nœud qui se trouve dans l'état WTR libère sa dérivation et effectue le basculement avant l'expiration de la temporisation, il mettra immédiatement fin à l'état WTR et traitera son entrée de priorité la plus élevée.

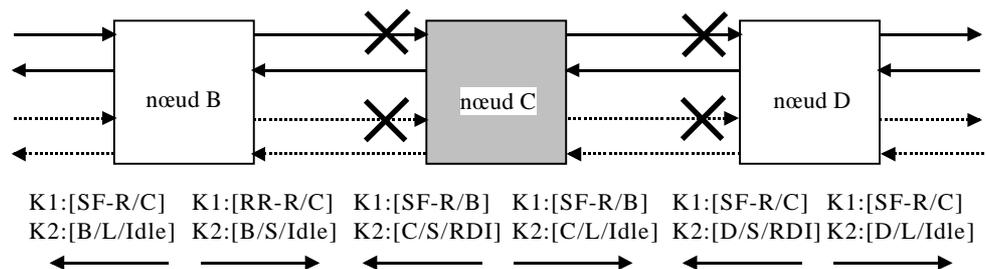
Règle S n° 9 – Lorsqu'un nœud qui se trouve dans un état "basculement" d'anneau reçoit la commande d'origine externe LOW-R pour l'arc concerné, il mettra fin à sa dérivation et émettra l'un des signaux "absence de demande", SF-P, ou SD-P. Lorsqu'il reçoit un signal "absence de demande" conjointement à un code "libre" ou "trafic supplémentaire" ou une demande de statut de dérivation en provenance de l'arc partant de l'arc concerné par la commande LOW-R, le nœud reprendra l'insertion du trafic supplémentaire qui avait été préempté sur l'arc en question.



a) Le nœud C est informé de coupures



b) Le nœud C détecte les coupures



T1516850-94

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

—————> canaux actifs
> canaux de protection

Figure 7-10/G.841 – Signalisation d'un nœud isolé (états de signalisation avant l'établissement d'une dérivation et d'un basculement entre les nœuds B et D)

7.2.6.1.3 Etat "transfert"

Un nœud est dans l'état "transfert" lorsque sa demande APS de priorité la plus élevée est une demande de dérivation ou une demande de statut de dérivation qui ne lui est pas destinée ou qu'il n'a pas émis. Le transfert peut être unidirectionnel ou bidirectionnel. Il existe trois types de transfert: le transfert unidirectionnel total, le transfert bidirectionnel total et le transfert d'octets K (voir le paragraphe 3 en ce qui concerne la définition des différents types de transfert).

Règle P n° 1 – OCTETS K ÉMIS ET REÇUS DANS L'ÉTAT "TRANSFERT": lorsqu'un nœud est dans l'état "transfert", il émet d'un côté tout ou partie des octets K1 et K2 qu'il reçoit de l'autre côté. Un nœud qui se trouve dans l'état "transfert des octets K" émettra le code "trafic supplémentaire" dans les bits 6 à 8 sur les arcs qui véhiculent du trafic supplémentaire. Un nœud transférant l'octet K

qui reçoit le code "trafic supplémentaire" émettra un signal "libre" dans la direction opposée si aucun trafic supplémentaire n'est présent dans cette direction, à l'exception des bits 6 à 8 de l'octet K2 qui contiennent le code de statut adéquat.

Règle P n° 2 – MAINTIEN DANS L'ÉTAT "TRANSFERT" PENDANT DES TRANSITIONS DE SIGNALISATION: un nœud qui est dans l'état "transfert" ne changera pas d'état lorsqu'il reçoit une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long qui lui est destinée et une autre demande de dérivation d'anneau sur le conduit long de même priorité mais destinée à un autre nœud (cette règle est nécessaire pour la séquence d'annulation de l'état de défaillance du nœud; voir la Figure I.5).

Règle P n° 3 – TRAFIC SUPPLÉMENTAIRE: un nœud qui se trouve dans l'état "transfert" total n'émettra et ne recevra pas de trafic supplémentaire. Un nœud qui se trouve dans l'état "transfert des octets K" peut émettre, recevoir et transférer du trafic supplémentaire.

7.2.6.2 Règles de transition entre les états APS d'un nœud de l'anneau

Le sous-paragraphe 7.2.6.1 précédent décrivait les trois états d'un nœud. Le présent sous-paragraphe décrira les règles de transition entre ces différents états. On notera que, comme pour un basculement APS d'arc, les règles fondamentales suivantes s'appliquent:

Règle fondamentale n° 1 – DÉCLENCHEMENTS DE TRANSITIONS ENTRE ÉTATS: toutes les transitions entre états sont initialisées par une modification de l'octet K entrant, par une expiration de la temporisation WTR, par une expiration du délai d'attente de rétablissement entrante, par une commande d'origine externe, par une détection locale dans la section de multiplexage ou en fonction d'un critère de performance d'équipement.

Règle fondamentale n° 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 n° 3 – MISE A JOUR DES BITS 6 à 8 DE L'OCTET K2: toutes les actions de dérivation et de basculement se traduiront par une mise à jour des bits 6 à 8 de l'octet K2, à moins qu'il n'y ait une indication MS-RDI ou que l'arc ne véhicule du trafic supplémentaire. Le code MS-RDI aura 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 du basculement. La réception terminale de l'indication MS-RDI et du signal MS-AIS se fait au niveau de la section de multiplexage qui termine les éléments comme spécifié dans la Recommandation G.783. Un nœud indiquera le code "trafic supplémentaire" sur tout arc qui véhicule du trafic supplémentaire.

Règle fondamentale n° 4 – les demandes APS à la suite d'une détection locale de défaillance, d'une commande d'origine externe ou de la réception d'octets K préempteront des autres demandes APS conformément aux priorités indiquées dans le Tableau 7-7, à moins que la coexistence des demandes de dérivation soit autorisée. Les actions résultant de la réception de demandes de dérivation auront priorité par rapport aux actions résultant de la réception de demandes de statut de dérivation, quelles que soient leurs priorités respectives. La signalisation du statut des demandes de dérivation ne provoquera en aucun cas la préemption d'une demande de dérivation.

7.2.6.2.1 Transitions entre les états "libre" et "transfert"

Règle I-P n° 1 – TRANSITION DE L'ÉTAT "LIBRE" VERS L'ÉTAT "TRANSFERT":

Règle I-P n° 1a: la transition de l'état "libre" vers les états "transfert total" ou "transfert des octets K" sera déclenchée par une modification valide d'octets K, dans une direction ou dans l'autre, pour passer du code "absence de demande" à tout autre code "demande de dérivation", à condition que cette nouvelle demande ne soit pas destinée au nœud qui l'émet. L'acheminement dans les deux

directions passe alors dans l'état "transfert total" ou "transfert des octets K" conformément à la règle I-P n° 1b suivante.

Règle I-P n° 1b: pour toute demande de dérivation d'arc ou pour la demande de dérivation EXER-R, les nœuds intermédiaires se trouvant sur le conduit long passeront dans l'état "transfert des octets K". Les actions suivantes sont effectuées au niveau d'un nœud intermédiaire qui reçoit une demande de dérivation d'anneau valide autre qu'une demande EXER-R:

- dans le cas d'une entité de réseau qui n'écoule pas de trafic supplémentaire, le nœud passera dans l'état "transfert total" bidirectionnel lorsqu'il se trouve dans l'état "libre" et qu'il reçoit une demande valide de dérivation d'anneau qui ne lui est pas destinée;
- dans le cas d'une entité de réseau qui écoule un trafic bidirectionnel, le nœud mettra fin au trafic supplémentaire dans les deux directions lorsqu'il reçoit une demande de dérivation d'anneau pour une direction quelconque et qui ne lui est pas destinée; il passera dans l'état "transfert total" unidirectionnel dans la direction indiquée par la demande de dérivation. Il passera dans l'état "transfert total" bidirectionnel lorsqu'il reçoit les octets K transférés.

Règle I-P n° 2 – TRANSITION DE L'ÉTAT "TRANSFERT" A L'ÉTAT "LIBRE": un nœud reviendra d'un quelconque état "transfert" dans l'état "libre" lorsqu'il détecte, dans les bits 1 à 4 de l'octet K1, des codes "absence de demande" et des codes "libre" ou des codes "trafic supplémentaire" dans les bits 6 à 8 de l'octet K2, en provenance des deux directions. Les deux directions de transfert repassent simultanément de l'état "transfert" dans l'état "libre". Le trafic supplémentaire qui avait été préempté est de nouveau inséré et le code "trafic supplémentaire" est émis comme défini par la règle I n° 1b.

7.2.6.2.2 Transitions entre les états "libre" et "basculement"

Règle I-S n° 1 – TRANSITION DE L'ÉTAT "LIBRE" VERS L'ÉTAT "BASCULEMENT":

Règle I-S n° 1a: le passage d'un élément réseau de l'état "libre" vers l'état "basculement" sera déclenché par l'une des conditions suivantes:

- réception d'une modification valide d'un octet K pour passer du code "absence de demande" à tout code de demande de dérivation d'anneau, soit sur le conduit long, soit sur le conduit court, cette modification étant destinée à cet élément de réseau;
- réception sur le conduit court d'une modification valide d'un octet K pour passer du code "absence de demande" à tout code de demande de dérivation d'arc, cette modification étant destinée à cet élément de réseau;
- réception d'une commande d'origine externe pour cet élément de réseau;
- détection d'une défaillance dans cet élément de réseau.

Règle I-S n° 1b: actions effectuées dans un élément de réseau de basculement lors de la réception d'une demande valide de dérivation. (On notera que, pour exécuter une dérivation et un basculement d'anneau, la demande de dérivation sera reçue sur le conduit long. Voir la règle I-S n° 1c):

- pour les demandes de dérivation sur condition FS-R, vérification par le nœud de l'existence éventuelle d'un besoin de suppression de signal et, si c'est le cas, exécution de cette suppression, puis d'une dérivation et insertion du code "dérivation effectuée" dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 dans les deux directions (sauf s'il y a une indication MS-RDI ou un signal MS-AIS). Dès réception d'un code "dérivation effectuée" dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 sur le conduit de demande de dérivation, l'élément de réseau exécutera un basculement et mettra à jour en conséquence les bits 6 à 8 de l'octet K2 sur les deux trajets;
- pour les demandes de dérivation sur condition SF-R, le nœud vérifiera s'il y a un besoin de suppression de signal et, si c'est le cas, exécutera cette suppression, effectuera une dérivation

et un basculement et insérera dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 le code "dérivation et basculement effectués", aussi bien sur le conduit long que sur le conduit court (sauf indication MS-RDI ou signal MS-AIS);

- pour toutes les autres demandes de dérivation, sauf des types SD-P, EXER-S, EXER-R et LP-S, le nœud exécutera une dérivation et insérera dans les deux directions le code "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 "dérivation effectuée" dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 sur le conduit de demande de dérivation, l'élément de réseau effectuera un basculement et mettra à jour en conséquence les bits 6 à 8 de l'octet K2 sur les deux trajets;
- pour les demandes SD-P, EXER-S, EXER-R et LP-S, le nœud émettra les mêmes signaux que pour toute autre demande de dérivation, mais sans effectuer la dérivation ou le basculement. Voir 7.2.1.2;
- le trafic supplémentaire sera extrait immédiatement sur tous les arcs dans le cas d'un basculement d'anneau, ou sur l'arc dont les canaux de protection sont nécessaires dans le cas d'un basculement d'arc;
- aucune dérivation ou basculement ne sera effectué tant que le code "trafic supplémentaire" est reçu sur l'arc dont les canaux de protection sont nécessaires pour cette dérivation et ce basculement.

Règle I-S n° 1c: un basculement d'arc ne sera effectué ou supprimé que par des demandes de dérivation sur le conduit court. Un basculement d'anneau ne sera effectué ou supprimé que par des demandes de dérivation sur le conduit long.

Règle I-S n° 2 – TRANSITION DE L'ÉTAT "BASCULEMENT" VERS L'ÉTAT "LIBRE": un nœud reviendra de l'état "basculement" dans l'état "libre" lorsqu'il détecte des codes "absence de demande" dans les bits 1 à 4 de l'octet K1 et des codes "libre" ou "trafic supplémentaire" dans les bits 6 à 8 de l'octet K2, en provenance des deux directions. La transition de l'état "basculement" vers l'état "libre" s'effectuera en trois étapes:

- Etape 1 – Lorsqu'une temporisation WTR expire ou qu'une commande d'origine externe est annulée au niveau d'un nœud et que ce dernier reçoit une demande en retour en provenance du conduit court, le nœud libérera son basculement et signalera le code "absence de demande" dans les bits 1 à 4 de l'octet K1 et le code "dérivation effectuée" dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 (il convient de noter que cette étape peut être effectuée lors de transitions de l'état "basculement" vers l'état "transfert").
- Etape 2 – Dès réception du code "absence de demande" et de l'indication d'abandon de basculement, le nœud de l'extrémité de tête abandonnera sa dérivation et son basculement puis émettra, dans les deux directions, le code "libre". L'indication d'abandon du basculement est reçue sur le conduit court pour les demandes de dérivation d'arc et sur le conduit long pour les demandes de dérivation d'anneau.
- Etape 3 – Une fois que l'extrémité de queue a détecté les codes "libre" entrants, cette extrémité abandonnera également sa dérivation et son basculement puis émettra le code "libre" dans les deux directions. Le trafic supplémentaire qui était préempté sera inséré de nouveau et le code "trafic supplémentaire" émis, comme défini dans la règle I n° 1b. Un code LP-S correspondant à une protection de défaillance sera également de nouveau inséré s'il a été préempté.
- Etape 4 – L'extrémité reviendra dans l'état "libre" lorsqu'elle détecte les codes "libre" ou "trafic supplémentaire" en provenance des deux directions. Le trafic supplémentaire qui était préempté sera inséré de nouveau et le code "trafic supplémentaire" émis, comme défini dans

la règle I n° 1b. Un code LP-S correspondant à une protection de défaillance sera également inséré de nouveau s'il a été préempté.

- On notera qu'il existe des cas où aucune dérivation ou basculement ne sera effectué en raison d'autres conditions sur l'anneau. L'élément de réseau qui a émis la demande (c'est-à-dire l'extrémité de queue) signalera le code "absence de demande". Une fois que l'extrémité de tête a reçu ce code, elle émettra également le code "libre".

Règle I-S n° 3 – Un nœud émettra le code APS par défaut jusqu'à ce qu'il soit en mesure d'émettre une signalisation APS correcte conforme à l'état actuel de l'anneau. Le code APS par défaut sera utilisé pour indiquer que le nœud ne peut pas signaler correctement les octets APS et ne peut donc pas exécuter correctement le basculement de protection.

Règle I-S n° 4 – Un nœud de basculement d'anneau (ou d'arc) qui reçoit le code APS par défaut sur le conduit court (ou long) ne modifiera pas ses signaux et n'effectuera aucune action pour ce conduit tant qu'il n'a pas de codes APS corrects. Un nœud de basculement d'anneau (ou d'arc) qui reçoit le code APS par défaut sur le conduit long (ou court) abandonnera sa dérivation et son basculement.

Règle I-S n° 5 – Un nœud de basculement qui n'est pas dérivé ou basculé et qui reçoit sur le conduit long des demandes de dérivation d'anneau qui lui sont envoyées par ses deux nœuds voisins n'effectuera aucune action concernant ces demandes de dérivation.

Règle I-S n° 6 – Un nœud de basculement passera dans l'état "libre" s'il reçoit dans les deux directions les octets APS qu'il émet lui-même et s'il ne reçoit aucune autre demande APS. Dans le cas contraire, il effectuera une signalisation conformément à ses informations en entrée de priorité la plus élevée.

Règle I-S n° 7 – Lorsqu'un nœud reçoit un code "demande en retour" sur l'arc qu'il protège, alors qu'il émet lui-même un code "demande en retour", il abandonnera sa dérivation et son basculement comme décrit dans la règle I-S n° 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 abandonnera le basculement et la dérivation après l'expiration de la temporisation WTR, conformément à la règle S-S n° 3.

7.2.6.2.3 Transitions entre états de basculement

Le présent sous-paragraphe définit un ensemble de prescriptions et d'objectifs que tout nœud de l'anneau respectera afin d'être en mesure d'exécuter un basculement sans créer de connexions défectueuses. Il fournit également l'ensemble des règles nécessaires pour coordonner une transition entre les états du basculement.

7.2.6.2.3.1 Carte de topologie de l'anneau et table de suppression de signal

Tout nœud gèrera une carte de topologie de l'anneau qui décrit la connectivité de l'anneau, ainsi qu'une table locale de suppression de signal indiquant la source et la destination de toutes les unités AU-3/4 qui sont insérées, extraites et transférées.

7.2.6.2.3.2 Suppression de signal

Une suppression de signal sera effectuée pour les unités AU-3/4 au niveau des nœuds de basculement par insertion de signaux AU-AIS.

Le nœud de basculement identifiera les nœuds manquants en comparant les adresses des octets K (octets K de croisement) avec les informations contenues dans la carte de topologie de l'anneau. Ces informations et le contenu de la table de suppression de signal lui permettront d'identifier les unités AU-3/4 qui sont insérées au niveau des nœuds et d'effectuer la suppression de leur signal dans les deux directions.

7.2.6.2.3.3 Règles de transition

Les règles de transition suivantes s'appliquent:

Règle S-S n° 1 – TRANSITION D'UN ÉTAT "BASCULEMENT" VERS UN ÉTAT "BASCULEMENT":

Règle S-S n° 1a: lorsqu'un élément de réseau qui exécute un basculement sur condition SF-R reçoit une autre demande de dérivation sur condition SF-R ou une autre demande de dérivation sur condition FS-R sur le conduit long, qui ne lui est pas destinée, il vérifiera si une suppression de signal est nécessaire et effectuera cette suppression le cas échéant. L'élément de réseau mettra fin à la suppression lorsque la dérivation et le basculement sont abandonnés.

Règle S-S n° 1b: lorsqu'un élément de réseau qui exécute un basculement sur condition FS-R reçoit une autre demande de dérivation sur condition FS-R ou une autre demande de dérivation sur condition SF-R sur le conduit long, qui ne lui est pas destinée, il vérifiera si une suppression de signal est nécessaire et effectuera cette suppression le cas échéant. L'élément de réseau mettra fin à la suppression lorsque la dérivation et le basculement sont abandonnés.

Règle S-S n° 1c: lorsqu'un élément de réseau qui exécute un basculement d'anneau reçoit une demande APS d'anneau de priorité supérieure pour le même arc (à la suite d'une détection locale de défaillance, d'une commande d'origine externe ou d'une demande de dérivation d'anneau le concernant), il mettra à jour la priorité du basculement d'anneau en cours pour la rendre égale à la priorité de la demande de dérivation d'anneau reçue.

Règle S-S n° 1d: lorsqu'un élément de réseau qui exécute un basculement d'arc reçoit une demande APS d'arc de priorité supérieure pour le même arc (à la suite d'une détection locale de défaillance, d'une commande d'origine externe ou d'une demande de dérivation d'anneau le concernant), il mettra à jour la priorité du basculement d'arc en cours pour la rendre égale à la priorité de la demande de dérivation d'arc reçue.

Règle S-S n° 1e: lorsqu'un élément de réseau qui exécute une demande EXER-R reçoit une demande APS d'anneau de priorité supérieure pour le même arc (à la suite d'une détection locale de défaillance, d'une commande d'origine externe ou d'une demande de dérivation d'anneau le concernant), il supprimera tout trafic supplémentaire. Le nœud procédera ensuite à l'exécution de la nouvelle demande APS d'anneau conformément à la règle I-S n° 1.

Règle S-S n° 1f: lorsqu'un élément de réseau qui exécute une demande EXER-R reçoit une demande APS d'arc de priorité supérieure pour le même arc (à la suite d'une détection locale de défaillance, d'une commande d'origine externe ou d'une demande de dérivation d'anneau le concernant), à l'exception des demandes LP-S et SD-P, il supprimera tout trafic supplémentaire sur le conduit court. Il signalera ensuite la nouvelle demande de dérivation d'arc au moyen du code "libre" dans les bits 6 à 8 de l'octet K2 sur le conduit court et la nouvelle demande de dérivation d'arc sur le conduit long. S'il existe du trafic supplémentaire sur le conduit long, le code "trafic supplémentaire" sera alors signalé dans les bits 6 à 8 de l'octet K2. Le nœud procédera ensuite à l'exécution de la nouvelle demande APS d'anneau conformément à la règle I-S n° 1.

Règle S-S n° 2 – PRÉEMPTION DU BASCULEMENT:

Règle S-S n° 2a: lorsqu'un élément de réseau qui exécute un basculement d'arc reçoit une demande APS d'anneau de priorité supérieure pour le même arc (à la suite d'une détection locale de défaillance, d'une commande d'origine externe ou d'une demande de dérivation d'anneau le concernant), il procédera comme suit:

- abandon de la dérivation d'arc et basculement immédiat;
- exécution de la demande APS d'anneau (comme indiqué par la règle I-S n° 1).

Règle S-S n° 2b: lorsqu'un nœud qui exécute un basculement de protection d'arc reçoit une demande APS d'anneau qui lui est destinée concernant son arc adjacent (due à une détection de défaillance locale, à une commande d'origine externe ou à une demande APS d'anneau qui lui est destinée) et de priorité supérieure à celle du basculement de protection d'arc qu'il est en train d'effectuer, ce nœud abandonnera celle-ci, signalera dans l'octet K1 le code "absence de demande" et dans l'octet K2 le code "dérivation effectuée", dans la même direction que la demande APS d'arc et signalera cette demande dans l'octet K1 dans la direction de cette demande APS et, dans l'octet K2, le code "dérivation effectuée".

Règle S-S n° 2c: lorsqu'un nœud, qui exécute un basculement de protection d'arc, reçoit sur le conduit long, pour un arc non adjacent, une demande de dérivation d'anneau de priorité supérieure à celle du basculement d'arc qu'il est en train d'effectuer, il abandonnera ce basculement et signalera dans les deux directions, le code "absence de demande" dans l'octet K1 et le code "dérivation effectuée" dans l'octet K2.

Règle S-S n° 2d: si un nœud de basculement d'arc reçoit, après dérivation et basculement, un code "absence de demande" et l'indication d'abandon du basculement pour cet arc, il abandonnera sa dérivation et son basculement et exécutera le cas échéant l'une des opérations suivantes en fonction de la priorité la plus élevée présente pour ce nœud:

- un statut de demande de dérivation d'arc qui lui est destiné ou un code "absence de demande" provoquera l'émission dans les deux directions du code "absence de demande" dans l'octet K1 et du code "libre" dans l'octet K2;
- une demande APS d'arc pour un arc adjacent (due à une détection de défaillance locale, à une commande d'origine externe ou à une demande de dérivation d'arc qui lui est destinée) provoquera une signalisation conforme à cette demande;
- une demande APS d'anneau pour un arc adjacent (due à une détection de défaillance locale, à une commande d'origine externe ou à une demande de dérivation d'anneau qui lui est destinée) provoquera l'exécution de cette demande de dérivation d'anneau;
- une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long destinée à un autre nœud provoquera une signalisation conformément aux règles S-P n° 1a ou S-P n° 1d en fonction de l'indication "dérivation établie" reçue;
- un statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud provoquera une signalisation conformément aux règles S-P n° 1c ou S-P n° 1d en fonction de l'indication "dérivation établie" reçue;
- une demande APS d'arc pour le même arc (due à une détection de défaillance locale ou à une commande d'origine externe) conduira à la signalisation de cette demande de dérivation d'arc dans l'octet K1 et de l'état "libre" dans l'octet K2.

Règle S-S n° 2e: si un nœud, effectuant un basculement d'arc reçoit après la dérivation une indication "absence de demande" et une indication d'abandon du basculement pour cet arc, il abandonnera alors sa dérivation et exécutera le cas échéant l'une des opérations suivantes en fonction de la priorité la plus élevée présente pour ce nœud:

- un statut de demande de dérivation d'arc destiné à ce nœud ou un code "absence de demande" conduira à l'émission dans les deux directions du code "absence de demande" dans l'octet K1 et du code "libre" dans l'octet K2;
- une demande APS d'arc (due à une détection de défaillance locale, à une commande d'origine externe ou à une demande de dérivation d'arc qui lui est destinée) pour un arc adjacent conduira à l'émission d'un signal conforme à cette demande;

- une demande APS d'arc (due à une détection de défaillance locale, à une commande d'origine externe ou à une demande de dérivation d'arc qui lui est destinée) pour un arc adjacent conduira à l'exécution de cette demande;
- une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long destinée à un autre nœud provoquera une signalisation conformément aux règles S-P n° 1a ou S-P n° 1b en fonction de l'indication "dérivation établie" reçue;
- un statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud provoquera une signalisation conformément aux règles S-P n° 1c ou S-P n° 1d en fonction de l'indication "dérivation établie" reçue;
- une demande APS d'arc (due à une détection de défaillance locale ou à une commande d'origine externe) pour le même arc provoquera une signalisation de la demande de dérivation d'arc dans l'octet K1 et de l'état "libre" dans l'octet K2.

Règle S-S n° 2f: lorsqu'un élément de réseau qui exécute un basculement d'anneau reçoit pour un arc adjacent une demande APS d'arc ou d'anneau (due à une détection de défaillance locale, à une commande d'origine externe ou à une demande de dérivation d'arc ou d'anneau destinée à cet élément) et de priorité supérieure à celle du basculement d'anneau en cours, il procédera comme suit:

- abandon immédiat de la dérivation et du basculement;
- exécuter la demande APS de priorité supérieure (comme indiqué par la règle I-S n° 1).

Règle S-S n° 2g: lorsqu'un élément de réseau qui exécute une dérivation et un basculement d'anneau reçoit pour le même arc une demande de dérivation APS d'arc de priorité supérieure (due à une détection de défaillance locale, à une commande d'origine externe ou à une demande de dérivation d'arc destinée à cet élément), il procédera comme suit:

- abandon immédiat de la dérivation et du basculement;
- exécuter la demande APS d'arc.

Règle S-S n° 2h: dans le cas d'un anneau à quatre fibres: si un nœud de basculement d'anneau reçoit une demande APS de priorité supérieure à la demande APS d'anneau qu'il est en train d'exécuter et si les deux demandes n'ont pas l'autorisation de coexister, il rejettera alors la demande de priorité la plus faible et traitera la condition de protection de ligne détectée ou reçue correspondante comme venant s'ajouter à la demande de priorité supérieure. Si la demande détectée ou reçue peut coexister avec la demande APS de priorité supérieure et si en outre, soit la demande APS de priorité supérieure concerne un basculement d'arc sur l'arc adjacent à celui correspondant à la demande de canal de protection détectée ou reçue, soit la demande APS supérieure concerne un basculement d'anneau d'arc sur l'arc correspondant à la demande de canal de protection détectée ou reçue, le nœud répondra alors à la demande de canal de protection et à la demande APS de priorité supérieure concernant les arcs respectifs. Cette règle est prioritaire par rapport aux règles S-S n° 1c et S-S n° 2f.

Règle S-S n° 3 – RÉSOLUTION D'UN BASCULEMENT D'ANNEAU OU D'ARC (SANS PRÉEMPTION):

Règle S-S n° 3a: lorsqu'une condition de défaillance est résolue au niveau d'un nœud, ce dernier passera dans l'état "attente de rétablissement" et y restera pendant la temporisation appropriée, sauf si l'une des conditions suivantes se manifeste:

- 1) réception d'une nouvelle demande de dérivation de priorité supérieure à celle de l'attente pour rétablissement;
- 2) détection d'une nouvelle défaillance;
- 3) activation d'une commande d'origine externe.

Le nœud émettra un code "attente pour rétablissement" sur le conduit long et sur le conduit court.

Règle S-S n° 3b: lorsqu'un nœud qui effectue un basculement en réponse à une demande entrante de dérivation SD-S, SD-R, SF-S, ou SF-R (pour une raison autre que la détection d'une défaillance locale) reçoit un code "attente pour rétablissement" (cas de défaillance unidirectionnelle), il émettra un code "demande en retour" sur le conduit court et un code "attente pour rétablissement" sur le conduit long.

Règle S-S n° 4 – TEMPORISATION DE BASCULEMENT D'ARC: dans un anneau à quatre fibres, s'il n'est pas possible d'exécuter une demande de dérivation SD-S ou SF-S parce qu'aucun accusé de réception n'a été reçu sur le conduit court (au bout d'une temporisation dépendant de l'équipement), ou parce que les canaux de protection sont devenus indisponibles – y compris à la suite de la dégradation ou de la défaillance de la ligne de protection ou d'un signal LOW-S – une tentative appropriée de protection d'anneau sera alors effectuée.

Règle S-S n° 5: un nœud de basculement qui reçoit des demandes de dérivation d'anneau le concernant en provenance de ses deux nœuds adjacents abandonnera sa dérivation et son basculement.

Règle S-S n° 6: lorsqu'une entité de réseau qui est en cours de réception ou d'émission d'une demande de dérivation LP-S à la suite d'une protection de défaillance de signal reçoit une commande de dérivation d'anneau d'origine externe ou détecte une défaillance sur la ligne active pour le même arc, elle fera l'hypothèse que la demande de dérivation d'anneau est prioritaire.

7.2.6.2.4 Transitions entre les états "basculement" et "transfert"

Règle S-P n° 1 – RÈGLES DE PRÉEMPTION DE BASCULEMENT (transition de l'état "basculement" vers l'état "transfert"):

Règle S-P n° 1a: si un nœud de basculement d'arc qui n'a par fait l'objet d'une dérivation et d'un basculement, est en train de recevoir un code "dérivation effectuée" pour cet arc et que son entrée de priorité la plus élevée est une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long destinée à un autre nœud, il signalera (dans les deux directions) le code "absence de demande" dans l'octet K1 et l'état "libre" dans l'octet K2.

Règle S-P n° 1b: si un nœud de basculement d'arc qui n'a pas fait l'objet d'une dérivation et d'un basculement reçoit l'indication que la dérivation a été abandonnée pour cet arc et que son entrée de priorité la plus élevée est une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long destinée à un autre nœud, l'une des actions suivantes s'appliquera:

- dans le cas d'un élément de réseau qui n'écoule pas de trafic supplémentaire, le nœud passera dans l'état "transfert total" bidirectionnel;
- dans le cas d'un élément de réseau qui écoule du trafic supplémentaire, le nœud extraira le trafic supplémentaire dans les deux directions et passera dans l'état "transfert total" unidirectionnel uniquement dans la direction de la demande de dérivation. Le nœud passera ensuite dans l'état "transfert total" bidirectionnel une fois qu'il reçoit les octets K de croisement.

Règle S-P n° 1c: si un nœud de basculement d'arc qui n'a pas fait l'objet d'une dérivation et basculement reçoit un code "dérivation effectuée" pour cet arc et que son entrée de priorité la plus élevée est un statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud, il signalera alors (dans les deux directions) le code "absence de demande" dans l'octet K1 et l'état "libre" dans l'octet K2.

Règle S-P n° 1d: si un nœud de basculement d'arc qui n'a pas fait l'objet d'une dérivation et basculement reçoit l'indication que la dérivation a été abandonnée pour cet arc et que son entrée de priorité la plus élevée est un statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud, il passera alors dans l'état "transfert des octets K". Le nœud réinsérera ensuite tout trafic supplémentaire qui avait été préempté.

Règle S-P n° 1e: lorsqu'un nœud qui exécute un basculement d'anneau reçoit une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long pour un arc non adjacent de priorité supérieure à celle du basculement d'anneau qu'il est en train d'effectuer, il abandonnera immédiatement sa dérivation et son basculement et passera dans l'état "transfert total" bidirectionnel.

Règle S-P n° 1f: lorsqu'un nœud qui exécute un basculement d'anneau a comme entrée de priorité la plus élevée des demandes (dans les deux directions) de dérivation d'anneau sur le conduit long qui ne lui sont pas destinées, il abandonnera alors immédiatement sa dérivation et son basculement et passera dans l'état "transfert total" bidirectionnel.

Règle S-P n° 1g: lorsqu'un nœud de basculement d'anneau a comme entrée de priorité la plus élevée un statut de demande de dérivation d'arc destiné à un autre nœud, il passera alors dans l'état "transfert des octets K". Le nœud réinsérera ensuite tout trafic supplémentaire qui avait été préempté.

Règle S-P n° 2 – TRANSITIONS DE L'ÉTAT "TRANSFERT" VERS L'ÉTAT "BASCULEMENT":

Règle S-P n° 2a: la transition d'un nœud de l'état "transfert total" vers l'état "basculement" sera déclenchée par l'un des événements suivants:

- 1) commande d'origine externe de priorité égale ou supérieure, ou dont la coexistence est autorisée;
- 2) détection d'une défaillance de priorité égale ou supérieure, ou dont la coexistence est autorisée;
- 3) réception d'une demande de dérivation de priorité égale ou supérieure, ou dont la coexistence est autorisée;
- 4) détection d'un octet APS émis par cet élément de réseau.

Règle S-P n° 2b: la transition dans un nœud de l'état "transfert des octets K" vers l'état "basculement" sera déclenchée par l'un des événements suivants:

- 1) toute commande d'origine externe;
- 2) toute détection de défaillance;
- 3) réception de toute demande de dérivation destinée à cet élément de réseau.

Règle S-P n° 2c: si un nœud qui se trouve dans l'état "transfert total" émet une demande de dérivation d'arc du fait de l'application de la règle S-P n° 2a, il insérera alors un signal AU-AIS sur les canaux de protection de l'arc adjacent à l'arc concerné tant qu'il n'a pas reçu une indication d'annulation du basculement d'anneau.

Règle S-P n° 3: si un nœud, qui était dans l'état "transfert total" 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 n° 2a), ce nœud procédera comme suit:

- 1) vérifier si une suppression de signal est nécessaire et effectuer cette suppression le cas échéant;
- 2) effectuer la dérivation et le basculement de l'anneau.

Règle S-P n° 4: si un nœud de transfert reçoit d'au moins une direction un octet APS dont l'identité de la source coïncide avec la sienne, il émettra alors le code "libre" dans les deux directions.

7.2.6.2.5 Transitions entre états de transfert

Le présent sous-paragraphe contient l'ensemble des règles qui s'appliquent à la transition de l'état "transfert des octets K" vers l'état "transfert total" et vice versa.

Les règles de transition suivantes s'appliquent:

Règle P-P n° 1 – TRANSITION DE L'ÉTAT "TRANSFERT DES OCTETS K" VERS L'ÉTAT "TRANSFERT TOTAL":

- dans le cas d'un élément de réseau qui n'écoule pas de trafic supplémentaire, un nœud dans l'état "transfert des octets K" qui reçoit une demande de dérivation d'anneau pour le conduit long autre qu'une demande EXER-R qui ne lui est pas destinée passera dans l'état "transfert total" bidirectionnel;
- dans le cas d'un élément de réseau qui écoule du trafic supplémentaire le nœud extraira le trafic supplémentaire dans les deux directions et passera dans l'état "transfert total" unidirectionnel dans la direction de la demande de dérivation. Le nœud passera ensuite dans l'état "transfert total" bidirectionnel une fois qu'il reçoit les octets K de croisement.

Règle P-P n° 2 – TRANSITION DE L'ÉTAT "TRANSFERT TOTAL" VERS L'ÉTAT "TRANSFERT DES OCTETS K":

Un nœud qui se trouve dans l'état "transfert total" bidirectionnel et qui reçoit (dans une direction ou dans l'autre) un statut de demande de dérivation d'arc qui ne lui est pas destiné passera dans l'état "transfert des octets K".

7.2.7 Exemples

L'Appendice I contient un ensemble d'exemples de base qui décrit de quelle manière s'appliquent les règles précédentes.

7.3 Anneaux avec protection dédiée de section de multiplexage

Ce point appelle une étude ultérieure.

7.4 Protection linéaire d'un chemin de conteneur virtuel

7.4.1 Architecture réseau

La protection de conteneurs virtuels de niveau inférieur ou supérieur est un mécanisme de secours dans la couche Conduit 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 protection dédiée de bout en bout qui peut être utilisé dans différentes structures de réseau: réseaux maillés, réseaux en anneau, etc. Le basculement de secours peut être unidirectionnel ou bidirectionnel.

La protection d'un chemin s'applique en général à des défaillances dans la couche Serveur ainsi qu'à des défaillances ou à des dégradations dans la couche Client.

La protection peut être soit de type 1 + 1 pour lequel le chemin de protection dédiée n'est utilisé que pour la protection, soit du type 1:1 pour lequel le chemin de protection dédiée peut prendre en charge du trafic supplémentaire. Le basculement de protection bidirectionnel et le basculement de protection 1:1 nécessitent l'utilisation d'un protocole APS pour assurer la coordination entre opérations locales et distantes de dérivation et de basculement.

Etant donné que la protection 1:1 d'un chemin de conteneur virtuel est un procédé de protection linéaire, les fonctions de terminaison pour les itinéraires de trafic normal de trafic supplémentaire se chevauchent. Dans une application de réseau, cela implique que les structures de prise en charge du trafic normal et du trafic supplémentaire doivent coïncider. Etant donné que la protection d'un chemin de conteneur virtuel est un procédé de protection de chemin dédiée, le nombre d'éléments de réseau constituant la connexion dans la couche Réseau n'est soumis à aucune limite.

7.4.2 Objectifs réseau

Les objectifs réseau suivants s'appliquent:

- 1) *Temps de basculement* – L'algorithme APS pour la protection de conteneur virtuel de niveau inférieur ou supérieur fonctionnera le plus rapidement possible. Une valeur de 50 ms a été proposée comme objectif. Des préoccupations ont été exprimées au sujet de cette proposition d'objectif dans le cas où de nombreux conteneurs virtuels sont impliqués. Ce point appelle une étude ultérieure. Le temps de basculement exclut le temps de la détection nécessaire pour déclencher le basculement de protection, ainsi que la temporisation de garde.
- 2) *Délai de transmission* – Le délai de transmission dépend de la longueur physique de l'itinéraire et des fonctions de traitement présentes sur cet itinéraire. La valeur maximale du délai de transmission pour une structure dédiée d'itinéraire secouru de conteneur virtuel appelle une étude ultérieure. Des limites pourront être imposées au délai de transmission s'il est nécessaire de respecter un objectif de temps pour une commutation de protection bidirectionnelle.
- 3) *Temps de garde* – Les temps de garde sont utiles en cas d'interfonctionnement de plusieurs procédés de protection. L'objectif visé est que ces durées puissent être déterminées au niveau des conteneurs virtuels individuels. Une temporisation de garde est démarrée lorsqu'une condition de défaillance est déclarée et se poursuit pendant un laps de temps fixe dont la durée peut être définie entre 0 et 10 s par incréments de 100 ms. Un basculement de protection est démarré si la défaillance est encore présente au moment de l'expiration de la temporisation. Il convient de noter qu'il n'est pas nécessaire que la condition de défaillance soit présente de manière continue pendant toute la durée du temps de garde, seul l'état au moment de l'expiration de la temporisation est significatif. Il n'est pas nécessaire non plus que la défaillance qui a démarré la temporisation soit du même type que celui qui se manifeste au moment de l'expiration.
- 4) *Etendue de la protection* – La protection de chemin de conteneur LOVC ou HOVC rétablira tout le trafic qui a été interrompu à la suite d'une défaillance sur une maille réseau qui a été désignée comme appartenant à une configuration de protection du chemin de conteneur virtuel. Le trafic aboutissant à un nœud perturbé peut être interrompu mais le trafic transféré vers d'autres nœuds peut survivre par basculement sur le chemin de protection.
- 5) *Types de protection* – La protection d'un chemin en mode 1 + 1 ou 1:1 doit être compatible avec le basculement unidirectionnel, bidirectionnel ou les deux.
- 6) *Protocole et algorithme APS* – Les protocoles APS pour la protection de chemin de conteneur LOVC ou HOVC seront identiques pour toutes les applications réseau. La prescription minimale pour le protocole est la prise en charge de la protection dédiée 1 + 1. L'option souhaitable de basculement de protection bidirectionnel 1:1 réversible avec trafic supplémentaire appelle une étude ultérieure.
- 7) *Modes de fonctionnement* – Le basculement de protection unidirectionnel 1 + 1 prendra en charge le basculement en mode réversible, le basculement en mode non réversible ou les deux. Le basculement de protection bidirectionnel 1:1 réversible avec trafic supplémentaire appelle une étude ultérieure. (Il convient de noter que le principal avantage d'une architecture 1:1 est la capacité de véhiculer du trafic supplémentaire.)
- 8) *Commande manuelle* – Des commandes d'origine externe peuvent être fournies pour la commande manuelle du basculement effectuée par un système d'exploitation ou un exploitant. Les commandes d'origine externe sont l'ensemble (ou un sous-ensemble) de celles qui sont utilisées pour la protection linéaire de sections de multiplexage.

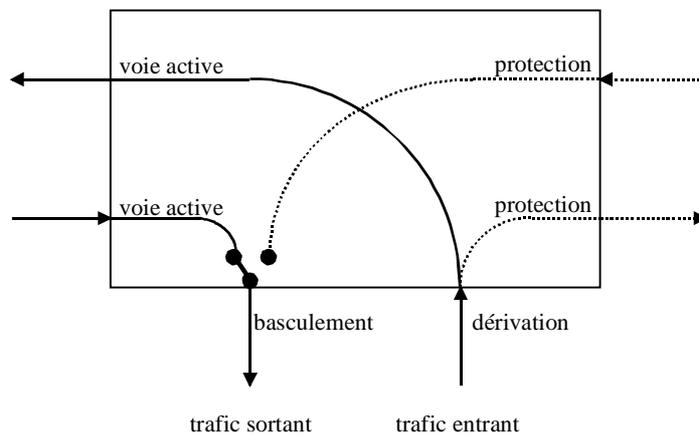
- 9) *Critères d'initialisation d'un basculement* – Les critères d'initialisation d'une défaillance de signal (SF) ou d'une dégradation de signal (SD) seront en accord avec les définitions utilisées dans la Recommandation G.783. Les critères d'initialisation du basculement de protection d'un chemin de conteneur virtuel seront identiques à ceux qui sont définis pour la protection SNC/N correspondante.

7.4.3 Architecture d'application

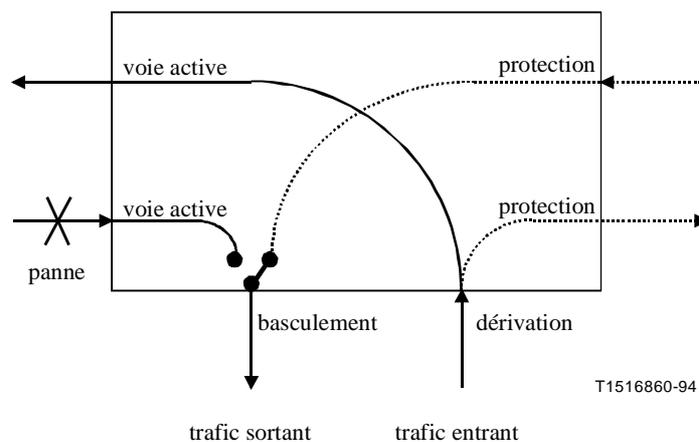
7.4.3.1 Acheminement

Le principe général est que l'acheminement dans les deux directions de transmission des canaux de protection et des canaux actifs doit être effectué sur des itinéraires différents.

La Figure 7-11 a) représente un nœud en exploitation normale. Une dérivation est utilisée pour transmettre simultanément des signaux de trafic normal sur les itinéraires actifs et de protection. Le récepteur effectue un basculement en vue de sélectionner le signal de l'itinéraire actif dans une situation d'exploitation normale. La Figure 7-11 b) représente l'état du nœud en cas de défaillance sur l'itinéraire actif. Dans ce cas, le récepteur détectera la perte de signal et basculera sur l'itinéraire de protection.



a) Situation normale – Dérivation du trafic émis vers les conduits actifs et de protection – Le basculement du récepteur sélectionne le canal de protection



b) Défaillance du canal actif pour le trafic entrant – Le basculement du récepteur sélectionne le canal de protection

Figure 7-11/G.841 – Nœud utilisant une protection en mode 1 + 1 pour un itinéraire ou une connexion SNC

7.4.3.2 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnel

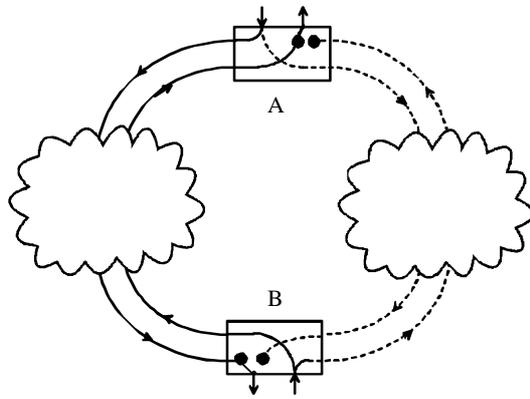
La Figure 7-12 représente un basculement de protection unidirectionnel pour une architecture 1 + 1. Ce cas est identique au basculement de protection bidirectionnel à part le fait que la direction de transmission non affectée n'est pas basculée en cas de défaillance unidirectionnelle. Aucun canal APS n'est donc nécessaire pour coordonner un basculement dans la direction de transmission non affectée.

La Figure 7-12 a) présente un nœud avec une protection de chemin 1 + 1 avec du trafic transmis entre les nœuds A et B. Le trafic inséré au niveau du nœud A est transmis au nœud B sur des itinéraires différents dans les deux directions. En exploitation normale avec un mode de fonctionnement réversible, le récepteur situé au nœud B sélectionne le trafic de l'itinéraire actif. Le trafic inséré au niveau du nœud B est également transmis vers le nœud A dans les deux directions.

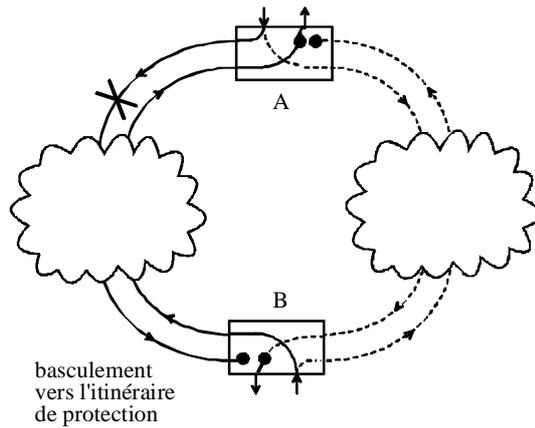
Lorsqu'une défaillance unidirectionnelle se manifeste dans l'une des deux directions pour l'itinéraire actif, comme indiqué sur la Figure 7-12 b), l'extrémité de queue bascule pour sélectionner le signal en provenance de l'itinéraire de protection. Si une défaillance ponctuelle interrompt la transmission

dans les deux directions, l'itinéraire actif présente alors une défaillance dans les deux directions de transmission qui basculent de manière automatique sur l'itinéraire de protection.

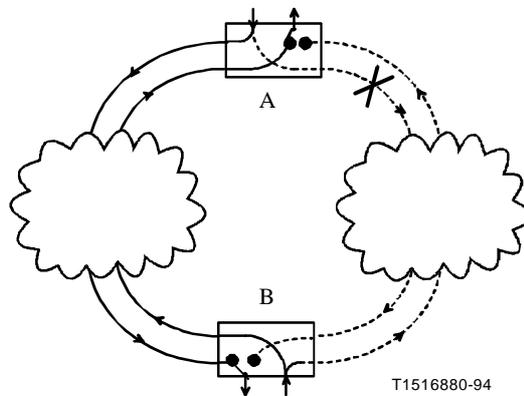
Le trafic peut être rétabli lorsque des défaillances multiples affectent le trafic d'un seul des itinéraires (actifs ou de protection). Le trafic ne peut pas être rétabli lorsque certaines défaillances affectent les deux itinéraires. Le trafic aboutissant à un nœud défaillant est interrompu mais celui qui est transféré vers d'autres nœuds peut survivre grâce à un basculement sur l'itinéraire de protection.



a) Conditions normales



b) Défaillance unidirectionnelle de la fibre 1



T1516880-94

b) Défaillance unidirectionnelle de la fibre 2

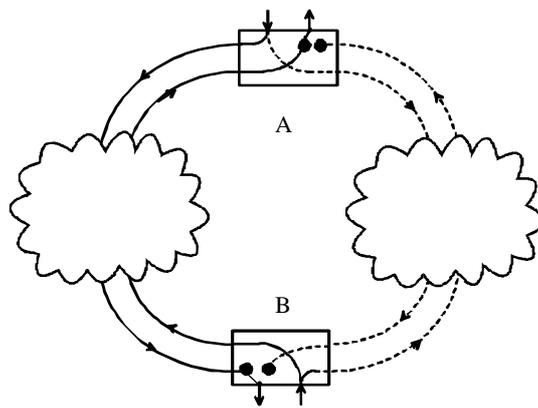
Figure 7-12/G.841 – Nœud utilisant une protection 1 + 1 pour un itinéraire ou une connexion SNC avec un basculement de protection unidirectionnel

7.4.3.3 Basculement de protection 1 + 1 bidirectionnel

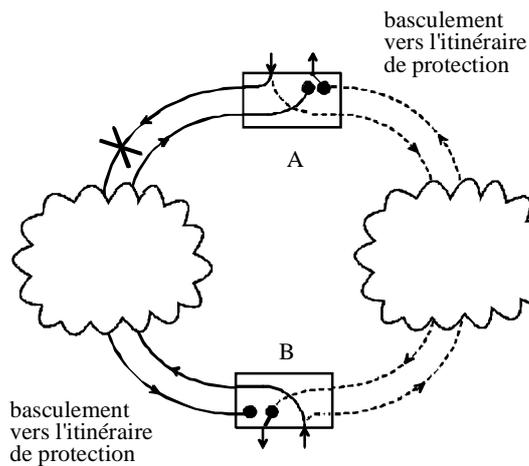
La Figure 7-13 a) présente un réseau avec protection 1 + 1 dans lequel du trafic est transmis entre les nœuds A et B. Le trafic inséré au niveau du nœud A est envoyé vers le nœud B sur des itinéraires différents pour les deux directions. En condition d'exploitation normale avec mode réversible, le récepteur situé au nœud N sélectionne le trafic de l'itinéraire actif. Le trafic inséré au niveau du nœud B est également transmis vers le nœud A dans les deux directions.

Lorsqu'il y a un dérangement dans l'une des directions de l'itinéraire actif, comme indiqué sur la Figure 7-13 b), l'extrémité de queue bascule pour sélectionner le signal en provenance de l'itinéraire de protection. Dans le cas d'un basculement de protection bidirectionnel, une indication est émise par le biais du protocole APS afin d'effectuer également un basculement forcé sur l'itinéraire de protection dans la direction non affectée. Si une défaillance ponctuelle interrompt la transmission dans les deux directions, l'itinéraire actif présente alors une défaillance dans les deux directions de l'itinéraire de transmission qui basculent alors de manière automatique sur l'itinéraire de protection.

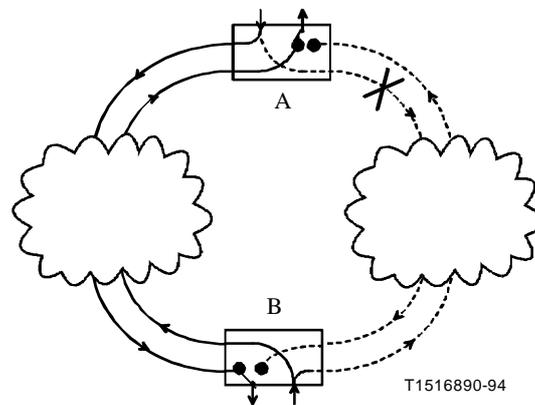
Le trafic peut être rétabli lorsque des défaillances multiples affectent le trafic d'un seul des itinéraires (actifs ou de protection). Le trafic ne peut pas être rétabli lorsque certaines défaillances affectent les deux itinéraires. Le trafic aboutissant à un nœud défaillant est interrompu mais celui qui est transféré vers d'autres nœuds peut survivre grâce à un basculement sur l'itinéraire de protection.



a) Conditions normales



b) Défaillance unidirectionnelle de la fibre 1



b) Défaillance unidirectionnelle de la fibre 2

Figure 7-13/G.841 – Nœud utilisant une protection 1 + 1 pour un itinéraire ou une connexion SNC avec un basculement de protection bidirectionnel

7.4.3.4 Protection 1:1

Ce procédé de protection appelle une étude ultérieure.

7.4.3.5 Connexion erronée du trafic

Ce point appelle une étude ultérieure.

7.4.4 Critères d'initialisation du basculement

Les demandes de basculement de protection de chemin de conteneur LOVC ou HOVC sont initialisées de manière automatique en fonction des commandes SF et SD de l'itinéraire (telles que des signaux AU-AIS et les caractéristiques d'erreur) et des commandes APS.

7.4.4.1 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnel

Une demande peut prendre l'une des formes suivantes:

- 1) commande avec initialisation automatique (sur état SF ou SD) associée à un chemin de conteneur virtuel;
- 2) indication d'état du processus de protection de conteneur virtuel (attente de rétablissement, absence de demande);
- 3) commande d'origine externe (annulation, verrouillage, basculement forcé, basculement manuel).

Pour l'architecture 1 + 1, toutes les demandes sont locales. Le Tableau 7-13 indique la priorité des demandes.

Tableau 7-13/G.841 – Priorité des demandes locales

Demande locale (soit: commande déclenchée de manière automatique, indication d'état ou commande d'origine externe)	Niveau de priorité
Annulation	Le plus élevé
Verrouillage de protection	↑
Basculement forcé	·
Défaillance de signal	·
Dégradation de signal	·
Basculement manuel	·
	·
Attente pour rétablissement	↓
Absence de demande	Le moins élevé
<p>NOTE 1 – Un basculement forcé de protection ne sera pas préempté par une indication de défaillance de signal sur le canal de protection. Comme il s'agit d'un basculement de protection unidirectionnel et qu'aucun protocole APS n'est pris en charge sur le canal de protection, l'indication d'une défaillance de signal sur le canal de protection n'affecte pas la possibilité d'effectuer un basculement forcé vers l'entité de protection.</p> <p>NOTE 2 – Le numéro du canal actif n'a pas besoin de faire partie des commandes de basculement car un système avec protection 1 + 1 ne possède qu'un seul canal actif et un seul canal de protection.</p>	

7.4.4.1.1 Commandes d'origine externe

Les commandes d'origine externe sont énumérées ci-dessous dans l'ordre décroissant des priorités. Ces commandes s'appliquent aux opérations en mode réversible ou non réversible. Selon le mode

opérateur, certaines commandes pourront cependant aboutir au même résultat pratique. Les fonctionnalités de chaque commande sont décrites ci-après:

annulation: cette commande annule toutes les commandes de basculement initialisées de manière externe dont la liste est donnée ci-dessous ainsi que la condition WTR présente au niveau du nœud destinataire de la commande.

NOTE – Dans la définition de la protection de chemin de conteneur virtuel donnée dans la version 1995 de la Recommandation G.841, la commande "annulation" ne supprimait pas la condition WTR lorsqu'elle était émise à destination d'un équipement. Les équipements conçus conformément à cette définition ne supprimeront pas la condition WTR lorsqu'ils reçoivent cette demande. Il est toutefois possible d'obtenir un comportement similaire au moyen d'une succession de commandes externes soigneusement choisies (par exemple, un basculement manuel suivi d'une annulation).

verrouillage du basculement vers l'entité de protection (LP, *lockout of protection*): cette commande interdit au sélecteur le basculement du trafic normal vers l'itinéraire de protection de conteneur virtuel en émettant une demande "verrouillage de la protection".

basculement forcé vers l'entité de protection (FS-P, *forced switch to protection*): bascule le sélecteur du trafic normal du chemin de conteneur virtuel actif vers le chemin de conteneur virtuel de protection (à moins qu'une demande de basculement de priorité égale ou supérieure ne soit en vigueur).

basculement forcé vers l'entité active (FS-W, *forced switch to working*): bascule le sélecteur du trafic normal du chemin de conteneur virtuel de protection vers le chemin de conteneur virtuel actif (à moins qu'une demande de basculement de priorité égale ou supérieure ne soit en vigueur).

NOTE – La commande FS-W n'est unique que pour les systèmes avec protection 1 + 1 en mode non réversible car la commande LP produirait le même effet pour un système réversible. Comme le basculement forcé a une priorité plus élevée que les commandes sur défaillance de signal ou dégradation de signal sur le chemin de conteneur virtuel actif, cette commande sera effectuée quel que soit l'état de cet itinéraire.

basculement manuel vers l'entité de protection (MS-P, *manual switch to protection*): bascule le sélecteur du trafic normal du chemin de conteneur virtuel actif vers le chemin de conteneur virtuel de protection (à moins qu'une demande de basculement de priorité égale ou supérieure ne soit en vigueur).

basculement manuel vers l'entité active (MS-W, *manual switch to working*): bascule le sélecteur du trafic normal du chemin de conteneur virtuel de protection vers le chemin de conteneur virtuel actif (à moins qu'une demande de basculement de priorité égale ou supérieure ne soit en vigueur).

NOTE – La commande MS-W n'est unique que pour les systèmes avec protection 1 + 1 en mode non réversible, car la commande LP produirait le même effet pour un système réversible. Comme le basculement forcé a une priorité plus élevée que les commandes sur défaillance de signal ou dégradation de signal sur le chemin de conteneur virtuel actif, cette commande ne sera effectuée que si ce chemin n'est pas dans l'état SF ou SD.

7.4.4.1.2 Commande avec initialisation automatique

Les deux commandes avec initialisation automatique sont la défaillance de signal (SF) et la dégradation de signal (SD).

7.4.4.1.2.1 Commandes de niveau supérieur initialisées de manière automatique

Pour les conteneurs HOVC, la commande initialisée de manière automatique sur défaillance de signal est définie comme signalant la présence de la condition TSFprot générée par la fonction "terminaison d'itinéraire de niveau supérieur" définie dans la Recommandation G.783.

Pour les conteneurs HOVC, la commande initialisée de manière automatique sur dégradation de signal est définie comme signalant la présence de la condition TSD générée par la fonction "terminaison d'itinéraire de niveau inférieur" définie dans la Recommandation G.783.

7.4.4.1.2.2 Commandes de niveau inférieur initialisées de manière automatique

Pour les conteneurs LOVC, la commande initialisée de manière automatique sur défaillance de signal est définie comme signalant la présence de la condition TSFprot générée par la fonction "terminaison d'itinéraire de niveau inférieur" définie dans la Recommandation G.783.

Pour les conteneurs LOVC, la commande initialisée de manière automatique sur défaillance de signal est définie comme signalant la présence de la condition TSD générée par la fonction "terminaison d'itinéraire de niveau inférieur" définie dans la Recommandation G.783.

7.4.4.2 Basculement de protection 1 + 1 bidirectionnel

Appelle une étude ultérieure.

7.4.4.3 Basculement de protection 1:1

Appelle une étude ultérieure.

7.4.5 Protocole de basculement de protection

7.4.5.1 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnel

Aucun canal APS n'est nécessaire dans cette architecture.

7.4.5.2 Basculement de protection 1 + 1 bidirectionnel

Le canal APS peut utiliser les bits 1 à 4 de l'octet K3 (ancien octet Z4) au niveau des conteneurs HOVC. Le canal APS peut utiliser les bits 1 à 4 de l'octet K4 (ancien octet Z7) au niveau des conteneurs LOVC. Le protocole spécifique appelle une étude ultérieure.

Le processus d'acceptation APS appelle une étude ultérieure.

7.4.5.3 Basculement de protection 1:1

Appelle une étude ultérieure.

7.4.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection

7.4.6.1 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnel

7.4.6.1.1 Commande de la dérivation

Dans l'architecture 1 + 1, le trafic normal est dérivé de manière permanente vers les canaux actifs et de protection.

7.4.6.1.2 Commande du sélecteur

Dans l'architecture 1 + 1 en fonctionnement avec basculement de protection unidirectionnel, le sélecteur est commandé par la situation locale, l'état ou la commande d'origine externe qui possède la priorité la plus élevée. Chaque extrémité fonctionne donc indépendamment de l'autre. Le basculement ne sera pas effectué si une condition de situation de priorité égale (par exemple SF, SD) existe sur les deux canaux. (Il convient de noter que cet algorithme ne prend pas en considération la gravité d'une dégradation de signal mais seulement l'existence de cette condition.)

Le temps nécessaire au basculement de protection sera aussi court que possible pour les commandes avec initialisation automatique. Une valeur de 50 ms a été proposée comme objectif. Des

préoccupations ont été exprimées au sujet de cette proposition d'objectif dans le cas où de nombreux itinéraires sont impliqués. Ce point appelle une étude ultérieure. Le temps de basculement exclut le temps de la détection nécessaire pour déclencher le basculement de protection, ainsi que la temporisation de garde.

7.4.6.1.2.1 Mode réversible

Le signal de trafic normal sera rétabli dans le mode de fonctionnement réversible, c'est-à-dire que le signal de trafic normal acheminé sur l'itinéraire de protection sera basculé sur l'itinéraire actif lorsque celui-ci aura été rétabli.

L'itinéraire redevenu actif après une défaillance doit être exempt de fautes afin d'éviter un fonctionnement intempestif du sélecteur en cas de faute intermittente. Une fois que l'itinéraire satisfait à cette condition (et si aucune autre commande d'origine externe n'est présente), un laps de temps fixe devra s'écouler avant qu'il puisse être utilisé de nouveau pour véhiculer le trafic de signal actif. Cette durée est appelée "attente pour rétablissement" (WTR). Sa valeur sera comprise entre 5 et 12 minutes et pourra être positionnée avec une précision d'une seconde. Aucun basculement ne se produit pendant cette attente. Un état SF ou SD aura priorité par rapport à l'état WTR. Un état "absence de demande" est signalé une fois que la temporisation WTR est écoulée. Le trafic normal est ensuite basculé du canal de protection sur le canal actif normal.

NOTE – Le mode réversible est utilisable éventuellement pour prendre en charge certains services lorsque l'itinéraire physique le plus court est conservé dans des conditions d'absence de défaillance pour une connexion bidirectionnelle.

7.4.6.1.2.2 Mode non réversible

Un état NR est signalé une fois que l'itinéraire défaillant n'est plus dans l'état SD ou SF et qu'aucune autre commande d'origine externe n'est plus présente. Aucun basculement ne se produit durant cet état.

7.4.6.2 Basculement de protection 1 + 1 bidirectionnel

Appelle une étude ultérieure.

7.4.6.3 Basculement de protection 1:1

Appelle une étude ultérieure.

8 Protection de connexion de sous-réseau SDH

8.1 Architecture réseau

La protection SNC/I fournit une protection générique contre des défaillances dans la couche Serveur. Les processus de protection et de détection de défaillance sont effectués par deux couches adjacentes. La couche Serveur effectue le processus de détection de défaillance et retransmet un statut à destination de la couche Client par le biais du signal "défaillance de signal du serveur" (SSF, *server signal fail*).

La protection SNC/N fournit une protection générique contre des défaillances dans la couche SNC/N et des dégradations dans la couche Client.

La protection SNC de niveau inférieur ou supérieur est un autre mode de protection au niveau de la couche Conduit. Ce mécanisme de protection dédiée peut être utilisé dans diverses structures de réseau: maillés, en anneau, etc.

Il s'agit d'une protection dédiée de type 1 + 1 ou 1:1 dans laquelle le trafic émis au niveau de l'extrémité d'une connexion de sous-réseau est transmis de manière distincte sur l'itinéraire actif et sur l'itinéraire de protection. La protection partagée 1:1 peut prendre en charge du trafic supplémentaire.

L'extrémité émettrice est dérivée en permanence dans le cas d'une protection dédiée 1 + 1; le trafic correspondant sera émis à la fois sur les connexions de sous-réseau actives et de protection. Un basculement de secours est effectué au niveau de l'extrémité réceptrice de la connexion SNC pour sélectionner l'un des signaux sur la base d'informations purement locales. Aucun protocole APS n'est nécessaire pour ce procédé de basculement de protection si ce dernier est unidirectionnel.

Un protocole APS est nécessaire dans le cas d'un basculement de protection 1:1 bidirectionnel ou véhiculant du trafic supplémentaire sur l'itinéraire de protection, afin de coordonner les interventions locales et distantes de basculement et de dérivation. Ce point peut nécessiter la mise en œuvre de sous-couches et appelle une étude ultérieure.

8.2 Objectifs réseau

Les objectifs suivants s'appliquent au réseau:

- 1) *Temps de basculement* – L'algorithme pour la protection de connexion SNC de niveau inférieur ou supérieur fonctionnera le plus rapidement possible. Une valeur de 50 ms a été proposée comme objectif. Des préoccupations ont été exprimées au sujet de cette proposition d'objectif dans le cas où de nombreuses connexions de sous-réseau sont en jeu. Ce point appelle une étude ultérieure. Le temps de basculement exclut le temps de la détection nécessaire pour déclencher le basculement de protection, ainsi que la temporisation de garde.
- 2) *Délai de transmission* – Le basculement de protection unidirectionnel 1 + 1 ne nécessite pas de signalisation APS de sorte qu'il n'existe pas de délai de transmission de signalisation.
- 3) *Temps de garde* – Les temps de garde sont utiles pour l'interfonctionnement de plusieurs procédés de protection. L'objectif visé est que ces durées puissent être déterminées au niveau des conteneurs virtuels individuels. Une temporisation de garde est démarrée lorsqu'une condition de défaillance est déclarée et se poursuit pendant un laps de temps fixe dont la durée peut être définie entre 0 et 10 s par incréments de 100 ms. Un basculement de protection est démarré si la défaillance est encore présente au moment de l'expiration de la temporisation. Il convient de noter qu'il n'est pas nécessaire que la condition de défaillance soit présente de manière continue pendant toute la durée du temps de garde, seul l'état au moment de l'expiration de la temporisation est significatif. Il n'est pas nécessaire non plus que la défaillance qui a démarré la temporisation soit du même type que celui qui se manifeste au moment de l'expiration.
- 4) *Étendue de la protection* – La protection de connexion SNC de niveau inférieur ou supérieur rétablira tout le trafic (à l'exception du trafic supplémentaire) protégé correspondant qui a été interrompu à la suite d'une défaillance d'une connexion de liaison qui a été désignée comme appartenant à une configuration de protection SNC.
- 5) *Types de basculement* – La protection SNC 1 + 1 prendra en charge le basculement de protection unidirectionnel. D'autres architectures appellent une étude ultérieure.
- 6) *Protocole et algorithme APS* – Le processus de protection SNC doit fonctionner de manière similaire dans les couches de niveau supérieur et de niveau inférieur.
- 7) *Modes de fonctionnement* – Le basculement de protection unidirectionnel 1 + 1 prendra en charge le basculement réversible, non réversible ou les deux. Le basculement de protection bidirectionnel 1:1 avec trafic supplémentaire appelle une étude ultérieure. (Il convient de

noter que l'un des principaux avantages de l'architecture 1:1 est sa capacité de transport de trafic supplémentaire.)

- 8) *Commande manuelle* – Des commandes d'origine externe peuvent être fournies pour la commande manuelle du basculement effectuée par un système d'exploitation ou un exploitant. Les commandes d'origine externe sont l'ensemble (ou un sous-ensemble) de celles qui sont utilisées pour la protection linéaire de sections de multiplexage.
- 9) *Critères d'initialisation d'un basculement* – Les critères d'initialisation d'un basculement à la suite d'une défaillance de signal (SF, *signal fail*) ou d'une dégradation de signal (SD, *signal degrade*) – la qualité étant exprimée en termes de taux d'erreurs de bits ou de taux d'erreurs de bloc – seront en accord avec les définitions utilisées dans la Recommandation G.783. Les critères d'initialisation du basculement de protection d'une connexion SNC seront identiques à ceux qui sont définis pour la protection du chemin de conteneur virtuel correspondante.

8.3 Architecture d'application

8.3.1 Acheminement

Le principe général est que l'acheminement dans les deux directions de transmission des canaux de protection et des canaux actifs doit être effectué sur des itinéraires différents.

La Figure 7-11 a) représente un nœud en exploitation normale. Une dérivation est utilisée pour transmettre simultanément des signaux de trafic normal sur les connexions SNC actives et de protection. Le récepteur effectue un basculement en vue de sélectionner le signal de la connexion SNC en exploitation normale avec un mode de fonctionnement réversible. La Figure 7-11 b) représente l'état du nœud en cas d'une défaillance sur la connexion active. Le récepteur détectera dans ce cas la perte de signal et basculera automatiquement sur la connexion SNC de protection.

8.3.2 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnel

La Figure 7-12 a) représente une connexion SNC avec transmission de trafic entre les nœuds A et C. Le trafic inséré au niveau du nœud A est envoyé au nœud B sur des connexions différentes SNC dans les deux directions (par exemple une connexion SNC active et une connexion SNC de protection). En exploitation normale avec un mode de fonctionnement réversible, le récepteur situé au nœud B sélectionne le signal de trafic de la connexion SNC active. Lorsque cette dernière présente une défaillance, comme représenté sur la Figure 7-12 b), l'extrémité de queue sélectionne alors la connexion SNC de protection. Si la défaillance affecte la connexion SNC de protection, comme représenté sur la Figure 7-12 c), le récepteur n'aura alors pas besoin d'effectuer un basculement et continuera à détecter le trafic en provenance de la connexion SNC active.

8.3.3 Autres architectures

Le basculement de protection 1:1 bidirectionnel réversible avec trafic supplémentaire appelle une étude ultérieure.

8.4 Critères d'initialisation du basculement

8.4.1 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnel

Une demande peut prendre l'une des formes suivantes:

- 1) commande avec initialisation automatique (sur état SF ou SD) associée à une connexion SNC de conteneur virtuel;

- 2) indication d'état du processus de protection SNC (attente de rétablissement, absence de demande);
- 3) commande d'origine externe (annulation, verrouillage, basculement forcé, basculement manuel).

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

Tableau 8-1/G.841 – Priorité des demandes locales

Demande locale (soit: commande initialisée de manière automatique, indication d'état ou commande d'origine externe)	Niveau de priorité
Annulation	Le plus élevé
Verrouillage de l'entité de protection	↑
Basculement forcé	·
Défaillance de signal	·
Dégradation de signal	·
Basculement manuel	·
	·
Attente de rétablissement	↓
Absence de demande	Le moins élevé
<p>NOTE 1 – Un basculement forcé de protection ne sera pas préempté par une indication de défaillance de signal sur le canal de protection. Comme il s'agit d'un basculement de protection unidirectionnel et qu'aucun protocole APS n'est pris en charge sur le canal de protection, l'indication d'une défaillance de signal sur le canal de protection n'affecte pas la possibilité d'effectuer un basculement forcé vers l'entité de protection.</p> <p>NOTE 2 – Le numéro du canal actif n'a pas besoin de faire partie des commandes de basculement car un système avec protection 1 + 1 ne possède qu'un seul canal actif et un seul canal de protection.</p>	

8.4.1.1 Commandes d'origine externe

Les commandes d'origine externe sont énumérées ci-dessous dans l'ordre décroissant des priorités. Ces commandes s'appliquent aux opérations en mode réversible ou non réversible. Selon le mode opératoire, certaines commandes pourront cependant aboutir au même résultat pratique. Les fonctionnalités de chaque commande sont décrites ci-après.

annulation: cette commande annule toutes les commandes de basculement d'origine externe dont la liste est donnée ci-dessous ainsi que la condition WTR présente au niveau du nœud destinataire de la commande.

NOTE – Dans la définition de la protection de chemin de connexion SNC donnée dans la version 1995 de la Recommandation G.841, la commande "annulation" ne supprimait pas la condition WTR lorsqu'elle était émise à destination d'un équipement. Les équipements conçus conformément à cette définition ne supprimeront pas la condition WTR lorsqu'ils reçoivent cette demande. Il est toutefois possible d'obtenir un comportement similaire au moyen d'une succession de commandes externes soigneusement choisies (par exemple, un basculement manuel suivi d'une annulation).

verrouillage du basculement vers l'entité de protection (LP): cette commande interdit au sélecteur le basculement vers la connexion SNC de conteneur virtuel de protection.

basculement forcé vers l'entité de protection (FS-P): cette commande demande au sélecteur de basculer la connexion SNC de conteneur virtuel active sur la connexion SNC de conteneur virtuel de protection (sauf si une demande de basculement de priorité égale ou supérieure est en vigueur).

basculement forcé vers l'entité de protection (FS-W): cette commande demande au sélecteur de basculer la connexion SNC de conteneur virtuel de protection sur la connexion SNC de conteneur virtuel active (sauf si une demande de basculement de priorité égale ou supérieure est en vigueur).

NOTE – La commande FS-W n'est unique que dans les systèmes avec protection 1 + 1 en mode non réversible car la commande LP produirait le même effet dans un système réversible. Comme le basculement forcé a une priorité plus élevée que les commandes sur défaillance de signal ou dégradation de signal sur la connexion SNC de conteneur virtuel active, cette commande sera suivie d'effet quel que soit l'état de cette connexion.

basculement manuel vers l'entité de protection (MS-P): cette commande demande au sélecteur de basculer la connexion SNC de conteneur virtuel active sur la connexion SNC de conteneur virtuel de protection (sauf si une demande de basculement de priorité égale ou supérieure est en vigueur).

basculement manuel vers l'entité active (MS-W): cette commande demande au sélecteur de basculer la connexion SNC de conteneur virtuel de protection sur la connexion SNC de conteneur virtuel active (sauf si une demande de basculement de priorité égale ou supérieure est en vigueur).

NOTE – La commande MS-W n'est unique que dans les systèmes 1 + 1 en mode non réversible car la commande d'annulation conduirait le même effet dans un système réversible. Comme le basculement manuel a une priorité plus élevée que les commandes sur défaillance de signal ou dégradation de signal sur une connexion SNC de conteneur virtuel active, cette commande ne sera suivie d'effet que si cette connexion active n'a pas reçu de commande avec initialisation automatique sur état SF ou SD.

8.4.1.2 Commande avec initialisation automatique

Les deux commandes avec initialisation automatique sont la défaillance de signal (SF) et la dégradation de signal (SD).

8.4.1.2.1 Commandes de niveau supérieur avec initialisation automatique

Pour les conteneurs HOVC, la commande "défaillance de signal" avec initialisation automatique est définie comme étant la présence de l'une des conditions suivantes:

- pour une connexion SNC/I, la condition SSF générée par le serveur à destination de la fonction d'adaptation de conduit de niveau supérieur (par exemple une adaptation MS/Sn telle qu'elle est définie dans la Recommandation G.783);
- pour une connexion SNC/N, la condition TSFprot générée par la fonction d'adaptation de conduit de niveau supérieur dans la Recommandation G.783.

Pour les conteneurs HOVC utilisant les connexions SNC/N, la commande initialisée de manière automatique sur dégradation de signal est définie comme signalant la présence de la condition TSD générée par la fonction de terminaison de conduit de niveau supérieur définie dans la Recommandation G.783.

8.4.1.2.2 Commandes de niveau inférieur avec initialisation automatique

Pour les conteneurs LOVC, la commande initialisée de manière automatique sur défaillance de signal est définie comme signalant la présence de l'une des conditions suivantes:

- pour une connexion SNC/I, la condition SSF générée par le serveur à destination de la fonction d'adaptation de conduit de niveau inférieur (par exemple une adaptation Sn/Sm telle qu'elle est définie dans la Recommandation G.783);
- pour une connexion SNC/N, la condition TSFprot générée par la fonction d'adaptation de conduit de niveau inférieur définie dans la Recommandation G.783.

Pour les conteneurs LOVC utilisant les connexions SNC/N, la commande initialisée de manière automatique sur dégradation de signal est définie comme signalant la présence de la condition TSD générée par la fonction de terminaison de conduit de niveau inférieur définie dans la Recommandation G.783.

8.4.2 Autres architectures

Appellent une étude ultérieure.

8.5 Protocole de basculement de protection

8.5.1 Basculement de protection 1 + 1 unidirectionnelle

Aucun canal de basculement APS n'est nécessaire dans cette architecture.

8.5.2 Autres architectures

Appellent une étude ultérieure.

8.6 Fonctionnement de l'algorithme de protection

8.6.1 Algorithme de basculement de protection 1 + 1 unidirectionnelle

8.6.1.1 Commande de la dérivation

Dans l'architecture 1 + 1, le signal de trafic normal est dérivé en permanence vers des signaux actifs et de protection.

8.6.1.2 Commande du sélecteur

Dans l'architecture avec fonctionnement en commutation de protection unidirectionnelle 1 + 1, le sélecteur est commandé par la situation locale, par l'état ou par la commande d'origine externe qui possède la priorité la plus élevée. Chaque extrémité fonctionne donc indépendamment de l'autre. Si une situation de priorité égale (par exemple SF, SD) existe sur les deux canaux, le basculement ne sera pas effectué. (Il convient de noter que cet algorithme ne prend pas en considération la gravité d'une dégradation de signal mais seulement l'existence de cette condition.)

Le temps nécessaire au basculement de protection sera aussi court que possible pour les commandes avec initialisation automatique. Une valeur de 50 ms a été proposée comme objectif. Des préoccupations ont été exprimées au sujet de cette proposition d'objectif dans le cas où de nombreuses connexions SNC sont impliquées. Ce point appelle une étude ultérieure. Le temps de basculement exclut le temps de la détection nécessaire pour déclencher le basculement de protection, ainsi que la temporisation de garde.

8.6.1.2.1 Mode réversible

Dans le mode de fonctionnement réversible, le signal de trafic actif sera rétabli, c'est-à-dire que le signal acheminé par la connexion SNC de protection sera basculé en retour sur la connexion SNC active lorsque celle-ci aura été rétablie.

La connexion SNC redevenue active après une défaillance doit être exempte de fautes afin d'éviter un fonctionnement intempestif du sélecteur en cas de faute intermittente. Une fois que la connexion satisfait à cette condition (et si aucune autre commande d'origine externe n'est présente), un laps de temps fixe devra s'écouler avant que le signal de trafic normal soit rétabli sur cette connexion SNC. Cette durée est appelée "attente pour rétablissement" (WTR). Sa valeur sera comprise entre 5 et 12 minutes et pourra être positionnée avec une précision de 1 s. Aucun basculement ne se produit pendant cette attente. Un état SF ou SD aura priorité par rapport à l'état WTR. Un état "absence de demande" est signalé une fois que la temporisation WTR est écoulée. Le basculement se fait ensuite du canal de protection vers le canal actif.

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 défaillance pour une connexion bidirectionnelle.

8.6.1.2.2 Mode non réversible

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

8.6.2 Autres architectures

Appellent une étude ultérieure.

ANNEXE A

Anneaux avec protection partagée de section de multiplexage (*application transocéanique*)

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 avec protection partagée de section de multiplexage n'est pas suffisante. Lors de certains types de défaillances, une adaptation totale des anneaux avec protection générique partagée de section 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 basculement dans les nœuds du réseau. Il convient de noter que ces problèmes ne se manifesteront que sur des réseaux de transmission à grandes distances entre nœuds, supérieures à 1500 km. La présente annexe a été élaborée pour satisfaire aux besoins de l'application transocéanique, mais les modifications de protocole qu'elle décrit peuvent être utilisées pour prendre en charge les besoins d'autres arcs avec des délais élevés au sein d'un anneau de protection MS, par exemple dans le cas de transmissions au moyen de systèmes par satellite.

Lorsqu'un basculement de protection se produit dans un réseau d'anneau intercontinental, toutes les unités AU-4 affluentes qui sont affectées par la défaillance sont dérivées, par leur nœud d'origine, vers les canaux de protection qui s'éloignent du point de défaillance. Une fois que les unités

affluents affectées sont parvenues à leur nœud de destination final, elles y sont basculées vers leur point d'extraction initial, comme le montre la Figure A.1. Cette intervention s'effectue au moyen de cartes de topologie de l'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 canaux de protection.

Pour les réseaux d'anneau non intercontinentaux, le trafic supplémentaire reste à l'extérieur de l'anneau tant que la défaillance n'a pas été supprimée. Comme seuls les affluents AU-4 affectés font l'objet du basculement pour le réseau en anneau intercontinental, le trafic supplémentaire préempté peut être rétabli sur les canaux de protection qui ne sont pas utilisés pour le rétablissement du trafic normal. Le canal de signalisation utilisé pour rétablir le trafic supplémentaire est le canal DCC.

A.2 Objectifs réseau

Pour les applications transocéaniques des anneaux avec protection partagée de section de multiplexage, certains objectifs supplémentaires s'appliquent aux réseaux.

- 1) *Temps de basculement* – Cet intervalle sera 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 rétablira tout le trafic possible, même en conditions de demandes de dérivation multiples de même priorité.
- 3) *Protocole et algorithme APS*
 - a) La suppression de signal par groupes AUG n'est pas nécessaire. Cette prescription remplace l'objectif 6 j) du 7.2.2.
 - b) Pendant la durée d'une défaillance, le trafic supplémentaire préempté peut être basculé sur les canaux de protection non utilisés pour rétablir le trafic normal.
 - c) Dans les applications transocéaniques, des cartes de topologie de l'anneau sont utilisées pour basculer le trafic affecté par un dérangement dans les nœuds intermédiaires. Il y a lieu de mettre au point un mécanisme permettant de fournir de manière automatique les données requises pour ces cartes et pour le maintien de leur cohérence. 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 un basculement d'anneau existe, qu'une défaillance d'égale priorité se produise sur un autre arc nécessitant un basculement d'anneau et que la priorité de la demande de dérivation soit du type défaillance de signal (d'anneau) ou supérieure, les deux basculements sur protection d'anneau seront effectués, ce qui se traduit par une segmentation de l'anneau en deux segments distincts.

A.3 Architecture d'application

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

En cas de défaillance, tout nœud dont le trafic en est affecté effectue des basculements sur la protection. A la différence des méthodes génériques exposées plus haut, aucun bouclage n'est établi. Des bouclages et des basculements aux seuls nœuds adjacents à une défaillance 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 basculer et à utiliser le protocole existant, en liaison avec leurs cartes de topologie de l'anneau. Comme dans les cas généraux décrits aux 7.2.1.1 et 7.2.1.2, le trafic affecté est réacheminé au-delà de la défaillance sur les canaux 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 basculement. C'est le rebouclage sur les nœuds de basculement qui crée l'éventualité d'une connexion erronée. En conséquence, la suppression de signal décrite pour les anneaux avec protection générique partagée de section de multiplexage n'est pas nécessaire. En outre, les défaillances ponctuelles et multiples qui sont à l'origine des basculements sur protection font l'objet d'un traitement identique, qui est une simple opération de dérivation et de basculement tirant parti des informations contenues dans les cartes de topologie de l'anneau mentionnées plus haut.

A.4 Critères de basculement

Les critères indiqués au 7.2.4 s'appliquent, avec les interprétations supplémentaires suivantes:

basculement forcé vers l'entité de protection-anneau (FS-R, *forced switch to protection-ring*): cette commande effectue un basculement d'anneau des signaux de trafic normal des canaux actifs vers les canaux de protection, pour l'arc allant du nœud émetteur de la commande au nœud adjacent auquel la commande est destinée. Ce basculement se produit quel que soit l'état des canaux de protection, à moins que ceux-ci ne répondent à une demande de dérivation de priorité supérieure ou qu'il n'y ait une défaillance de signal (ou une défaillance d'octets K) sur le conduit, le long des canaux de protection. Dans les applications transocéaniques, la commande FS-R est supposée provoquer la même réponse de basculement que pour une coupure 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 coupures de câble, aucun bouclage n'est cependant effectué. Le trafic normal entre deux nœuds quelconques qui utilisaient l'arc affecté est alors réacheminé à l'extérieur de cet arc par les canaux de protection.

basculement manuel vers l'entité de protection-anneau (MS-R): pour les applications transocéaniques, la note qui suit la description de la commande FS-R est applicable.

essais d'anneau (EXER-R): pour les applications transocéaniques, aucun trafic supplémentaire n'est affecté non plus.

essais d'arc (EXER-S): pour les applications transocéaniques, aucun trafic supplémentaire n'est affecté non plus.

Comme décrit au 7.4.2, la demande de dérivation sur défaillance de signal (SF) est utilisée pour protéger le trafic normal affecté par une défaillance persistante, alors que la demande de dérivation sur dégradation de signal (SD) est utilisée pour protéger le trafic affecté par une défaillance intermittente. Les demandes de dérivation sont transmises sur les deux types de conduit long et court. Chaque nœud intermédiaire vérifie l'identificateur du nœud de destination contenu dans la demande de dérivation sur le conduit long 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 "dérivation effectuée". Pour les applications transocéaniques, cette activité se produit aussi bien dans les nœuds de basculement 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 canaux de protection et canaux actifs. Le but est de minimiser ces oscillations, car les basculements provoquent des perturbations. La demande de dérivation sur délai WTR est émise une fois que le taux BER des canaux actifs a atteint le seuil de restauration. La

demande de dérivation sur délai WTR n'est émise qu'à la suite d'une condition SF ou SD et ne s'applique donc pas dans le cas de commandes de dérivation d'origine externe. Pour les basculements d'anneau en application transocéanique, une demande de dérivation sur délai WTR, reçue dans les deux directions par un nœud intermédiaire transmettant du trafic dérivé et basculé, 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 basculement. Pour les applications transocéaniques, le délai WTR est positionné sur la même valeur dans tous les nœuds.

A.5 Protocole de basculement 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 basculement lorsque des basculements d'anneau sont requis, comme décrit ci-dessous.

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

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

Règle fondamentale n° 3 – MISE A JOUR DES BITS 6 à 8 DE L'OCTET K2: étant donné que toutes les actions de dérivation et de basculement se traduiront par une mise à jour 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 basculement dans les applications transocéaniques. Le reste de cette règle s'applique comme indiqué au 7.2.6.2.

Règle fondamentale n° 4: pour les applications transocéaniques, ce qui suit remplace la règle fondamentale n° 4: les demandes de dérivation (dues à une détection de défaillance locale, à une commande d'origine externe ou à la réception d'octets K) auront priorité sur d'autres demandes de dérivation selon l'ordre de préséance indiqué au 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 n'auront jamais priorité sur une demande de dérivation.

Règle I-S n° 1b: comme les applications transocéaniques ne nécessitent pas de suppression de signal, les opérations de suppression de signal décrites dans cette règle ne sont pas applicables.

Règle S-S n° 1a: comme les applications transocéaniques ne nécessitent pas de suppression de signal, les opérations de suppression de signal décrites dans cette règle ne sont pas applicables. Pour les applications transocéaniques seulement, ce qui suit remplace la règle S-S n° 1a:

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

- 2) Lorsqu'un nœud de basculement d'anneau reçoit la nouvelle demande de dérivation sur un anneau protégé avec un code de statut "libre", ce nœud doit soit:
 - a) conserver son trafic dérivé et basculé (et extraire le trafic supplémentaire, qui sera rétabli si possible) puis faire passer le code de statut à la valeur "libre" pour les deux directions si le nœud était en train d'émettre le code "dérivation et basculement effectués"; soit
 - b) faire passer le code de statut à la valeur "dérivation et basculement effectués" pour les deux directions, si le nœud était en train d'émettre le code "libre".
- 3) Lorsque le nœud qui effectue l'opération 2) reçoit la demande de dérivation sur un anneau protégé avec un code de statut "dérivation et basculement effectués", il fait passer ce code de statut à la valeur "dérivation et basculement effectués" dans les deux directions, si le nœud était en train d'émettre le code "libre".

Règle S-S n° 1b: comme les applications transocéaniques ne nécessitent pas de suppression de signal, les opérations de suppression de signal décrites dans cette règle ne sont pas applicables. Pour les applications transocéaniques seulement, ce qui suit remplace la règle S-S n° 1b:

- 1) La coexistence des commandes FS-R et SF-R n'est pas applicable aux applications transocéaniques.
- 2) Lorsqu'un nœud de basculement d'anneau reçoit la nouvelle demande de dérivation sur un anneau protégé avec un code de statut "libre", ce nœud doit soit:
 - a) conserver son trafic dérivé et basculé (et extraire le trafic supplémentaire, qui sera rétabli si possible) puis faire passer le code de statut à la valeur "libre" pour les deux directions, si le nœud était en train d'émettre le code "dérivation et basculement effectués"; soit
 - b) faire passer le code de statut à la valeur "dérivation et basculement effectués" dans les deux directions, si le nœud était en train d'émettre le code "libre".
- 3) Lorsque le nœud qui effectue l'opération 2) reçoit la demande de dérivation sur un 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 long si le nœud était en train d'émettre le code "libre"; soit
 - b) faire passer le code de statut à la valeur "dérivation et basculement effectués" dans les deux directions, si le nœud était en train d'émettre le code "dérivation effectuée".
- 4) Lorsque le nœud qui effectue l'opération 3) reçoit la demande de dérivation sur un anneau protégé avec le code de statut "dérivation et basculement effectués", il fait passer ce code de statut à la valeur "dérivation et basculement effectués" dans les deux directions, si le nœud était en train d'émettre le code "dérivation effectuée".

Règle S n° 4a: pour les coexistences de basculements sur conditions FS-R et FS-R ou SF-R et SF-R, l'anneau ne se fragmente pas en plusieurs anneaux partiels. Dans les applications transocéaniques des anneaux avec protection partagée de section de multiplexage, le basculement d'anneau utilisé pour les systèmes intercontinentaux n'exige pas que le trafic soit bouclé sur les nœuds de basculement. Par conséquent, l'anneau sera segmenté, mais pas en anneaux de taille plus réduite. La segmentation se fera de manière linéaire en chaînes distinctes avec extraction et insertion, séparées par des coupures de câble ou par le nombre de basculements forcés (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 n° 2c: cette règle n'est pas nécessaire pour les applications transocéaniques.

Règle S n° 1d: pour les applications transocéaniques, l'ancienne règle S n° 1d est remplacée par ce qui suit: chaque fois qu'un nœud détecte une défaillance entrante sur les canaux actifs et sur les canaux de protection, il émettra sur le conduit court une demande de dérivation d'anneau par conduit court, même dans le cas de défaillances multiples, aussi longtemps que cette demande de dérivation

d'anneau n'est pas préemptée par une demande de dérivation de priorité supérieure (voir la [Figure 7-10 b]). Cette règle a priorité sur la règle S n° 1c. On notera que, chaque fois qu'un nœud reçoit dans une direction une demande de dérivation d'anneau par conduit court (indiquant que le signal qu'il envoie a subi une défaillance) et que ce nœud détecte de l'autre côté une défaillance entrante sur les canaux actifs et de protection, ce nœud signalera la défaillance détectée aussi bien sur le conduit court que sur le conduit long [voir la Figure 7-10 c)].

Règle S-S n° 2d: pour les applications transocéaniques, l'ancienne règle S-S n° 2d est remplacée par ce qui suit: si une demande de dérivation sur un arc différent (due à une détection de défaillance locale, à une commande d'origine externe ou à la réception d'octets K) préempte une demande de dérivation sur condition SF-R, le nœud de basculement qui émet la demande de dérivation sur condition SF-R doit continuer à signaler sa demande de dérivation, abandonner sa dérivation et son basculement d'anneau et insérer les signaux AU-AIS dans les affluents défectueux.

Règle S-P n° 1e: pour les applications transocéaniques, ce qui suit remplace la règle S-P n° 1e: lorsqu'un nœud qui effectue un basculement d'anneau reçoit une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long pour un arc non adjacent de priorité supérieure à celle du basculement d'anneau qu'il est en train d'effectuer, ce nœud doit soit:

- 1) maintenir les dérivations et basculements d'anneau sur les affluents affectés par la première défaillance, si la demande de dérivation d'anneau sur le conduit long est encore en train de signaler cette défaillance; soit
- 2) abandonner immédiatement ses dérivations et basculements d'anneau sur les affluents affectés par la première défaillance, si la demande de dérivation d'anneau sur le conduit long n'est plus en train de signaler cette défaillance. Le nœud doit ensuite passer dans l'état "transfert total".

Règle S-P n° 1f: pour les applications transocéaniques, ce qui suit remplace la règle S-P n° 1f: lorsqu'un nœud qui effectue un basculement d'anneau a comme entrée de priorité la plus élevée des demandes (dans les deux directions) de dérivation d'anneau sur le conduit long non destinées à lui-même, ce nœud doit soit:

- 1) maintenir les dérivations et les basculements d'anneau sur les affluents affectés par la première défaillance, si les demandes de dérivation d'anneau sur le conduit long sont encore en train de signaler cette défaillance; soit
- 2) abandonner immédiatement ses dérivations et basculements d'anneau sur les affluents affectés par la première défaillance, si la demande de dérivation d'anneau sur le conduit long n'est plus en train de signaler cette défaillance. Le nœud passera ensuite dans l'état "transfert total".

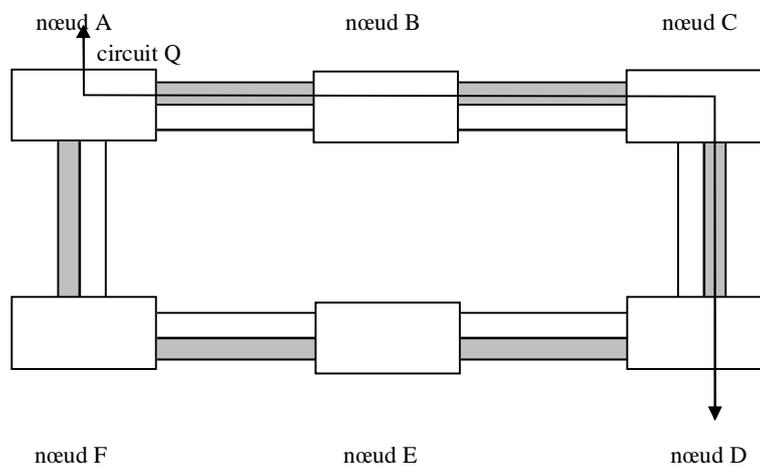
Règle S-P n° 1g: cette règle n'est pas applicable aux liaisons transocéaniques.

Règle S-P n° 2a: pour les applications transocéaniques, l'ancienne règle S-P n° 2a est remplacée par ce qui suit:

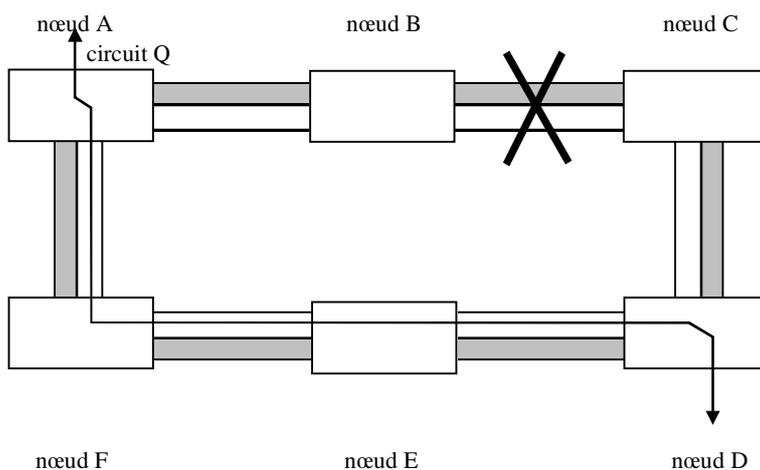
La transition dans un nœud de l'état "transfert total" vers l'état "basculement" sera déclenchée:

- 1) par une commande d'origine externe de priorité égale ou supérieure;
- 2) par la détection d'une défaillance 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'une condition SF-R (même s'il a une priorité inférieure);
- 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.

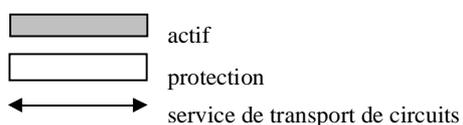
Règle S-P n° 3: pour les applications transocéaniques, l'ancienne règle S-P n° 3 est remplacée par ce qui suit: si un nœud dans l'état "transfert total" en raison d'une demande de dérivation sur condition SF-R ou FS-R commence à émettre une demande SF-R ou FS-R (conformément à la règle S-P n° 2a), ce nœud abandonnera le trafic supplémentaire et maintiendra sa demande de dérivation et de basculement d'anneau pour la première défaillance.



a) Etat normal



b) Etat après défaillance



T1516920-94

Figure A.1/G.841 – Exemple d'acheminement de circuit dans le cas de défaillance pour un basculement d'anneau (application transocéanique)

Protocole optimisé de protection de section de multiplexage (MSP) 1 + 1, commandes de fonctionnement

B.1 Basculement 1 + 1 bidirectionnel optimisé pour un réseau utilisant de manière prépondérante le basculement 1 + 1 bidirectionnel

Cet algorithme utilise les sections actives 1 et 2 afin de réaliser un basculement de protection 1 + 1 non réversible à haute vitesse. En d'autres termes, les actions de retour sont évitées par un basculement entre des sections actives.

Les octets K1 et K2 (bits 1 à 5) sont échangés pour réaliser un basculement. Etant donné que la dérivation est permanente (voir la Figure B.1), le trafic est toujours dérivé vers la section 1 active et la section 2 active. L'octet K2 indique le numéro de la section qui véhicule le trafic lorsqu'aucun basculement n'est actif. Cette section sera appelée la section primaire. L'autre section, appelée section secondaire, fournit la protection pour la section primaire. L'échange des octets K1 et K2 pour la commande de cette protection s'effectue sur la section secondaire. Le numéro de section figurant dans l'octet K2 sera modifié une fois qu'un basculement a été annulé. L'annulation d'un basculement est terminée lorsque l'extrémité réceptrice effectue le basculement de l'autre section active comme section primaire et reçoit l'indication "absence de demande".

Les sections 1 et 2 sont toutes deux des sections actives dans le basculement 1 + 1 bidirectionnel optimisé. Les octets K1 et K2 sont reçus sur la section secondaire. Ces octets ne sont pas nécessairement toujours reçus sur la section secondaire. Il n'est pas non plus nécessaire de les recevoir toujours sur la section primaire, mais en général les octets K1 et K2 doivent être émis sur les deux sections pour fournir un fonctionnement de libération correct et permettre une récupération lorsqu'une discordance de canal primaire se manifeste (voir B.1.5).

Dans le cas d'un fonctionnement 1 + 1 bidirectionnel optimisé pour un réseau qui utilise de manière prépondérante le basculement 1 + 1 bidirectionnel, le sélecteur se trouve sur la section primaire en l'absence de demande de basculement. Toutes les demandes de basculement se font pour un basculement de la section primaire vers la section secondaire. Une fois qu'une demande de basculement a été libérée de manière normale, le trafic est maintenu sur la section sur laquelle il a été basculé, ce qui fait que cette dernière devient alors la section primaire.

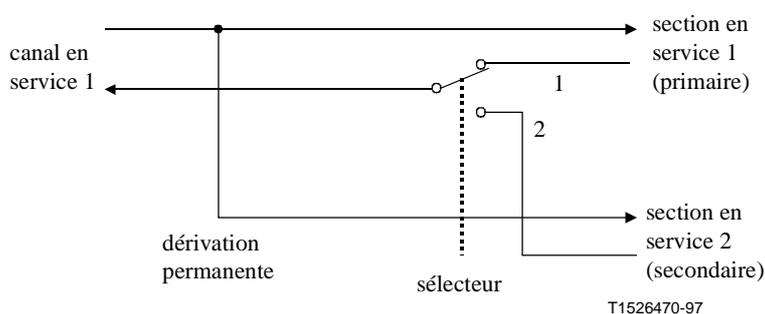


Figure B.1/G.841 – Basculement de protection MSP – Basculement 1 + 1 bidirectionnel optimisé (représenté en position de repos avec la section 1 active comme section primaire)

B.1.1 Verrouillage

Dans le basculement 1 + 1 bidirectionnel optimisé, le verrouillage est considéré comme une demande locale qui n'est pas signalée dans les octets K. Le verrouillage a pour effet de verrouiller la position du sélecteur et les octets K tant que la demande de verrouillage n'a pas été annulée. Lorsque cette demande est annulée, le sélecteur et les octets K transmis seront positionnés en répercutant sur l'état précédent toutes les conditions de section modifiées et les octets K reçus.

B.1.2 Défaillance de section secondaire

La section secondaire est considérée comme défaillante lorsqu'une condition SF ou SD se manifeste ainsi que, de manière optionnelle, lors de la réception d'une indication MS-RDI qui concerne cette section.

Lorsqu'une défaillance se produit sur la section secondaire, aucune demande de basculement ne fera l'objet d'un envoi ou d'un accusé de réception, l'extrémité proche indiquera en permanence l'état "absence de demande" dans l'octet K1 et le sélecteur choisira le service de la section primaire. En outre, si la défaillance de la section secondaire se produit pendant qu'une demande de basculement est en activité et n'est pas verrouillée, cette demande sera abandonnée. Ceci signifie que le sélecteur reviendra dans la section primaire et que l'état "absence de demande" sera émis dans l'octet K1.

B.1.3 Codage des octets K1 et K2

L'octet K1 indique une demande d'action de basculement.

Les bits 1 à 4 indiquent le type de demande, conformément à la liste du Tableau B.1. Les demandes possibles sont les suivantes:

- 1) une condition (SF ou SD) associée à la section primaire. Les conditions ne sont pas indiquées pour la section secondaire;
- 2) un état ("attente pour rétablissement", "absence de demande", ou "demande en retour") de la fonction de protection MSP. Les états "attente pour rétablissement" et "demande en retour" indiquent toujours la section primaire; l'état "absence de demande" indique toujours le signal nul;
- 3) une demande externe (basculement forcé) de basculement de la ligne primaire vers la ligne secondaire.

Tableau B.1/G.841 – Types de demande

Bits	Condition, état ou demande externe	Rang
<u>1 2 3 4</u>		
1 1 1 1	Inutilisé (Note 1)	–
1 1 1 0	Basculement forcé	le plus élevé
1 1 0 1	Inutilisé (Note 1)	↑
1 1 0 0	Défaillance de signal	·
1 0 1 1	Inutilisé (Note 1)	·
1 0 1 0	Dégradation de signal	·
1 0 0 1	Inutilisé (Note 1)	·
1 0 0 0	Inutilisé (Note 1)	·
0 1 1 1	Inutilisé (Note 1)	·
0 1 1 0	Attente pour rétablissement	·
0 1 0 1	Inutilisé (Note 1)	·
0 1 0 0	Inutilisé (Note 1)	·
0 0 1 1	Inutilisé (Note 1)	·
0 0 1 0	Demande en retour	·
		·
0 0 0 1	Inutilisé (Note 1)	↓
0 0 0 0	Absence de demande	le plus faible

NOTE 1 – Un équipement qui reçoit un code inutilisé se comportera comme s'il avait reçu une nouvelle fois le code le plus récemment utilisé.

NOTE 2 – Aucun basculement de protection ne doit se produire en cas de signal dégradé (SD) sur les deux sections actives. Les sélecteurs peuvent être basculés vers la section 1 ou 2 en fonction de l'ordre de succession des signaux SD, mais en aucun cas un basculement sera effectué.

Les bits 5-8 indiquent le numéro de la section qui doit être protégée par le basculement. Il s'agira du signal nul pour l'état "absence de demande" et de la section primaire pour toutes les autres demandes.

Tableau B.2/G.841 – Numéro de canal dans l'octet K1

Numéro de canal	Demande de l'action de basculement
0	Pas de section active (uniquement "absence de demande")
1	Section 1 active Indique une demande de basculement depuis la section numéro 1.
2	Section 2 active Indique une demande de basculement depuis la section numéro 2.

B.1.4 Codage de l'octet K2

L'octet K2 indiquera comme suit la position du sélecteur dans les bits 1 à 4 dans le cas d'un basculement 1 + 1 bidirectionnel optimisé pour un réseau qui utilise de manière prépondérante le basculement 1 + 1 bidirectionnel:

- a) canal numéro 1 (0001) si la section 1 est active;
- b) canal numéro 2 (0010) si la section 2 est active.

Tableau B.3/G.841 – Numéro de canal dans l'octet K2

Numéro de canal	Indication
1	La section 1 est la section primaire
2	La section 2 est la section primaire

B.1.5 Discordance de section primaire

Si l'extrémité distante et l'extrémité locale sont en désaccord au sujet de la section primaire (c'est-à-dire que l'une des extrémités indique la section 1 dans l'octet K2 alors que l'autre indique la section 2), le côté qui indique que la section 2 est la section primaire effectuera la correction de manière à ce que la section 1 devienne sa section primaire et positionnera son état en fonction des conditions de ligne locales et des octets K reçus.

B.2 Commandes de basculement

Basculement forcé

Transfère le service vers la section secondaire, sauf si un verrouillage local est en vigueur, si une demande de priorité égale ou supérieure est en vigueur ou en cas de défaillance de la section secondaire. Etant donné que la priorité du basculement forcé est supérieure à celles des conditions SF ou SD, le basculement forcé sera indiqué comme motif de basculement vers la section secondaire même si la section primaire se trouve dans une condition SF ou SD.

Annulation de basculement forcé

Si aucun verrouillage n'est en vigueur et si un basculement forcé est en activité, ce basculement sera alors annulé en remplaçant l'indication de ligne primaire par celle de la ligne actuellement active et remplaçant la demande par l'indication "absence de demande". La commande d'annulation de basculement forcé n'est pas valide si aucun basculement forcé n'est en vigueur.

B.3 Fonctionnement du basculement

Le Tableau B.4 illustre le fonctionnement d'un système de basculement de protection 1 + 1 bidirectionnel sur la section primaire lorsque la section 1 est la section primaire. Le Tableau B.5 illustre le fonctionnement d'un système de basculement de protection 1 + 1 bidirectionnel optimisé de la section primaire vers la section secondaire lorsque la section 2 est la section primaire. Il convient de noter que l'état "attente pour rétablissement" n'est pas nécessaire pour la libération dans le cas d'une commande de basculement forcé.

**Tableau B.4/G.841 – Exemple de basculement 1 + 1 bidirectionnel optimisé
pour un réseau utilisant de manière prépondérante le basculement 1 + 1
bidirectionnel – condition SF sur la section 1 active**

Condition de défaillance ou état de la commande	Octets APS				Action	
	C → A		A → C		Site C	Site A
	Octet K1	Octet K2	Octet K1	Octet K2		
Trafic sur le canal 1 Pas de condition de faute	0000 0000	0001 0000	0000 0000	0001 0000		
Défaillance de signal sur la section 1, du côté C	1100 0001	0001 0000	0000 0000	0001 0000	Détection de la demande locale. Mise à jour de l'octet K1.	
	1100 0001	0001 0000	0010 0001	0001 0000		Détection de la demande distante. Basculement sur le canal 2. Emission "demande en retour".
	1100 0001	0001 0000	0010 0001	0001 0000	Détection de la demande en retour. Basculement sur le canal 2.	
Disparition de la défaillance de signal sur la section 1, du côté C, contrôle de persistance	0110 0001	0001 0000	0010 0001	0001 0000	Emission de la demande "attente pour rétablissement".	
Expiration de l'attente pour rétablissement	0000 0000	0010 0000	0010 0001	0001 0000	Emission de l'état "absence de demande". Mise à jour des octets K1 et K2.	
Pas de condition de faute Trafic sur la section 2.	0000 0000	0010 0000	0000 0000	0010 0000		Emission de l'état "absence de demande". Mise à jour des octets K1 et K2.

Tableau B.5/G.841 – Exemple de basculement 1 + 1 bidirectionnel optimisé pour un réseau utilisant de manière prépondérante le basculement 1 + 1 bidirectionnel – basculement forcé depuis la section 2 active

Condition de défaillance ou état de la commande	Octets APS				Action	
	C → A		A → C		Site C	Site A
	Octet K1	Octet K2	Octet K1	Octet K2		
Trafic sur le canal 2 Pas de condition de faute	0000 0000	0010 0000	0000 0000	0010 0000		
Basculement forcé depuis la section 2 du côté C	1110 0010	0010 0000	0000 0000	0010 0000	Détection de la demande locale. Mise à jour de l'octet K1.	
	1110 0010	0010 0000	0010 0010	0010 0000		Détection de la demande distante. Basculement sur le canal 2. Emission "demande en retour".
	1110 0010	0010 0000	0010 0010	0010 0000	Détection de la demande en retour. Basculement sur le canal 2.	
Annulation du basculement forcé du côté C	0000 0000	0001 0000	0010 0010	0010 0000	Emission "absence de demande". Mise à jour des octets K1 et K2.	
Pas de basculement actif. Trafic sur la section 1.	0000 0000	0001 0000	0000 0000	0001 0000		Emission "absence de demande". Mise à jour des octets K1 et K2.

APPENDICE I

Exemples de basculement de protection dans un anneau à protection partagée de section de multiplexage

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

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

Voir la Figure I.1.

Dans cet exemple, un basculement d'arc est effectué puis annulé en raison d'une condition SF sur les canaux actifs d'un anneau à quatre fibres. L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". A l'instant T_1 , le nœud F détecte une condition SF sur ses canaux actifs. Il devient alors un nœud de basculement (règle I-S n° 1) et émet dans les deux directions des demandes de dérivation (règle S n° 1). Le nœud G et tous les nœuds intermédiaires successifs sur le conduit long passent dans l'état "transfert des octets K" (règle I-P n° 1). Lorsqu'il reçoit du nœud F la demande de dérivation sur le conduit court, le nœud E effectue une dérivation d'arc et émet sur le conduit long une demande de dérivation d'arc sur condition SF ainsi que, sur le conduit court, un code "demande en retour" (règles S n° 3, S n° 1 et I-S n° 1b). Lorsqu'il reçoit du nœud E par le conduit court l'accusé de réception de la demande de dérivation, le nœud F effectue une dérivation et un basculement d'arc

puis met à jour le contenu des octets K de sa signalisation (règle I-S n° 1b). Lorsqu'il reçoit du nœud F par le conduit court l'accusé de réception de la dérivation et du basculement, le nœud E effectue le basculement. La signalisation atteint un état stable.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de basculement qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de basculement. Le trafic supplémentaire est rétabli par le biais du canal DCC sur tous les canaux de protection de niveau AU-4 qui ne sont pas utilisés pour protéger des canaux actifs.

La condition SF sur l'arc disparaît à l'instant T_2 et le nœud F passe dans l'état "attente pour rétablissement" puis signale ce nouvel état dans les deux directions (règle S-S n° 3a). Lorsqu'il reçoit du nœud F par le conduit court la demande de dérivation avec délai WTR le nœud E émet le code "demande en retour" sur le conduit court et le code WTR sur le conduit long (règle S-S n° 3b). La temporisation WTR expire à l'instant T_3 . Le nœud F abandonne le basculement de protection d'arc et émet des codes "absence de demande" (règle I-S n° 2). Lorsqu'il reçoit du nœud F sur le conduit court le code "absence de demande" le nœud E abandonne sa dérivation et son basculement et émet le code "libre" (règle I-S n° 2). Lorsqu'il reçoit le code "libre" sur le conduit court, le nœud F, abandonne sa dérivation et émet également le code "libre". Tous les nœuds reviennent alors dans l'état "libre", les uns après les autres.

I.2 Défaillance de signal unidirectionnelle (d'anneau)

Voir la Figure I.2.

Cet exemple traite le cas d'une condition SF unidirectionnelle sur un anneau à deux fibres et celui d'une condition SF unidirectionnelle sur les canaux actifs et les canaux de protection d'un anneau à quatre fibres.

L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". A l'instant T_1 , le nœud F détecte une condition SF sur ses canaux actifs et de protection. Il devient alors un nœud de basculement (règle I-S n° 1) et émet des demandes de dérivation dans les deux directions (règle S n° 1). Le nœud G, ainsi que tous les nœuds intermédiaires successifs sur le conduit long, passent dans l'état "transfert total" (règle I-P n° 1). Lorsqu'il reçoit du nœud F, par le conduit court, la demande de dérivation le nœud E émet une demande de dérivation d'anneau sur condition SF sur le conduit long ainsi que, sur le conduit court, un code "demande en retour" (règles S n° 3 et I-S n° 1a). Lorsqu'il reçoit du nœud F, sur le conduit long, la demande de dérivation, le nœud E effectue une dérivation et un basculement d'anneau et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). Lorsqu'il reçoit du nœud E, l'accusé de réception sur le conduit long, le nœud F effectue une dérivation et un basculement d'anneau et met à jour sa signalisation par octets K (règle I-S n° 1b). La signalisation atteint un état stable.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de basculement qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de basculement. Le trafic supplémentaire est rétabli par le biais du canal DCC sur tous les canaux de protection de niveau AU-4 qui ne sont pas utilisés pour protéger des canaux actifs.

La condition SF disparaît sur l'anneau à l'instant T_2 et le nœud F passe dans l'état "attente pour rétablissement" puis signale ce nouvel état dans les deux directions (règle S-S n° 3a). Lorsqu'il reçoit du nœud F par le conduit court la demande de dérivation avec délai WTR le nœud E émet le code "demande en retour" sur le conduit court et le code WTR sur le conduit long (règle S-S n° 3b). La temporisation WTR expire à l'instant T_3 . Le nœud F abandonne le basculement d'anneau et émet des codes "absence de demande" (règle I-S n° 2). Lorsqu'il reçoit du nœud F sur le conduit long le code "absence de demande", le nœud E abandonne son opération de dérivation et de basculement et émet le code "libre" (règle I-S n° 2). Lorsqu'il reçoit le code "libre" sur le conduit long, le nœud F,

abandonne sa dérivation et émet également le code "libre". Tous les nœuds reviennent alors dans l'état "libre", les uns après les autres.

I.3 Défaillance de signal bidirectionnelle (d'anneau)

Voir la Figure I.3.

Cet exemple traite le cas d'une condition SF bidirectionnelle sur un anneau à deux fibres et celui d'une condition SF bidirectionnelle sur les canaux actifs et les canaux de protection d'un anneau à quatre fibres.

L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". A l'instant T_1 , les nœuds E et F détectent une condition SF sur leurs canaux actifs et de protection. Ils deviennent alors des nœuds de basculement (règle I-S n° 1) et émettent des demandes de dérivation dans les deux directions (règle S n° 1). Les nœuds D et G, ainsi que tous les nœuds intermédiaires successifs sur le conduit long, passent dans l'état "transfert total" (règle I-P n° 1). Lorsqu'il reçoit du nœud F, sur le conduit long la demande de dérivation, le nœud E effectue une dérivation et un basculement d'anneau et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). Lorsqu'il reçoit du nœud E, sur le conduit long, l'accusé de réception, le nœud F, effectue une dérivation et un basculement d'anneau et met à jour sa signalisation par octets K (règle I-S n° 1b). La signalisation atteint un état stable.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de basculement qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de basculement. Le trafic supplémentaire est rétabli par le biais du canal DCC sur tous les canaux de protection de niveau AU-4 qui ne sont pas utilisés pour protéger des canaux actifs.

Lorsque la condition SF-R disparaît à l'instant T_2 , les valeurs d'octet K reçues par les nœuds E et F indiquent à ces derniers qu'ils constituent chacun une extrémité de tête pour une condition SF unidirectionnelle sur qui préempte la temporisation WTR. Dans cette situation, la priorité de la condition SF-R doit être signalée sur le conduit long et celle de la condition RR-R sur le conduit court (règle S n° 3). Ces opérations provoquent un croisement de condition RR-R sur le conduit court entre les nœuds E et F. La temporisation WTR est activée pour les deux extrémités de tête (du fait de l'annulation simultanée) une fois que les deux nœuds ont reçu une condition RR-R croisée à partir du nœud qui était son extrémité de queue. Les temporisations WTR expirent à T_3 . Les deux nœuds réagissent comme extrémités de tête pour la temporisation WTR en signalant la priorité de la temporisation WTR sur le conduit long et celle de la condition RR-R sur le conduit court. Dès qu'ils reçoivent la condition RR-R croisée, les nœuds E et F abandonnent leur basculement d'anneau et émettent des codes "absence de demande" (règle I-S n° 2). Lorsqu'il reçoit du nœud F le code "absence de demande" sur le conduit long, le nœud E abandonne sa dérivation et émet le code "libre" (règle I-S n° 2). Lorsqu'il reçoit du nœud E le code "absence de demande" sur le conduit long, le nœud F, abandonne sa dérivation et émet le code "libre" (règle I-S n° 2). Tous les nœuds reviennent alors dans l'état "libre", les uns après les autres.

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

Voir la Figure I.4.

Dans cet exemple, on effectue un basculement d'anneau à cause d'une condition SD sur un anneau à deux fibres, et à cause d'une condition SD sur les canaux actifs et de protection d'un anneau à quatre fibres.

L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". A l'instant T_1 , le nœud F détecte une condition SD sur ses canaux actifs. Il devient alors un nœud de basculement (règle I-S n° 1) et envoie dans les deux directions des demandes de dérivation (règle S n° 1). Le nœud G et tous les nœuds intermédiaires successifs sur le conduit long passent dans l'état "transfert total" (règle I-P n° 1).

Lorsqu'il reçoit du nœud F la demande de dérivation sur le conduit court le nœud E émet sur le conduit long une demande de dérivation d'anneau par état SD ainsi que, sur le conduit court, une demande de retour (règle S n° 3). Le nœud E, lorsqu'il reçoit du nœud F sur le conduit long l'accusé de réception de la demande de dérivation, effectue une dérivation et un basculement d'anneau puis met à jour les bits 6 à 8 des octets K2 de sa signalisation (règle I-S n° 1b). Lorsqu'il reçoit du nœud E sur le conduit long l'accusé de réception de la dérivation, le nœud F, effectue un basculement d'anneau et actualise sa signalisation par octets K (règle I-S n° 1b). Lorsqu'il reçoit du nœud F sur le conduit long l'accusé de réception de la dérivation le nœud E effectue le basculement. La signalisation atteint un état stable.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de basculement qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de basculement. Le trafic supplémentaire est rétabli par le biais du canal DCC sur tous les canaux de protection de niveau AU-4 qui ne sont pas utilisés pour protéger des canaux actifs.

L'annulation est identique à celle d'une condition SF-R unidirectionnelle.

I.5 Défaillance de nœud

Voir la Figure I.5.

Cet exemple traite le cas d'une défaillance de nœud sur un anneau à deux ou à quatre fibres. Le terme défaillance de nœud signifie ici que toute transmission, entrante et sortante, en direction et en provenance d'un nœud a subi une défaillance affectant aussi bien les canaux actifs que les canaux de protection et que le nœud lui-même a perdu toutes les informations qui lui avaient été fournies.

L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". A l'instant T_1 , les nœuds E et G détectent une condition SF sur leurs canaux actifs et de protection. Ils deviennent alors des nœuds de basculement (règle I-S n° 1) et émettent des demandes de dérivation dans les deux directions, sur les conduits long et court (règle S n° 1). Les nœuds A et D, ainsi que tous les nœuds intermédiaires successifs sur le conduit long, passent dans l'état "transfert total" (règle I-P n° 1). Lorsqu'il reçoit du nœud G, sur le conduit long, la demande de dérivation, le nœud E procède à la suppression de signal pour tout le trafic éventuellement erroné, effectue une dérivation et un basculement d'anneau et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). Lorsqu'il reçoit du nœud E, sur le conduit long, la demande de dérivation, le nœud G, procède à la suppression de signal pour tout le trafic éventuellement erroné, effectue une dérivation et un basculement d'anneau et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). La signalisation atteint un état stable.

Pour les applications transocéaniques, les opérations de basculement qui auraient eu lieu dans les nœuds intermédiaires sont effectuées dans les nœuds de basculement. Le trafic supplémentaire est rétabli par le biais du canal DCC sur tous les canaux de protection de niveau AU-4 qui ne sont pas utilisés pour protéger des canaux actifs.

A l'instant T_2 , le nœud perturbé a été rétabli physiquement mais n'a pas encore récupéré toutes ses informations de configuration, ce qui ne lui permet pas d'émettre une signalisation correcte par octets K. Tant que ce nœud n'est pas capable d'émettre la signalisation correcte par octets K conformément à l'état actuel de l'anneau, il émettra des codes APS par défaut (règle I-S n° 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 la défaillance comme étant corrigée (règle I-S n° 4). La signalisation atteint un état stable.

A l'instant T_3 , le nœud F a été entièrement rétabli et émet la signalisation appropriée. Les nœuds E et G reçoivent les codes APS autres que par défaut et déclarent la défaillance annulée. Les temporisations WTR des nœuds E et G sont préemptées par les demandes de dérivation de priorité

supérieure sur le conduit long, ce qui conduit les nœuds E et G à abandonner leurs opérations de dérivation et de basculement d'anneau, à mettre fin à la suppression de signal et à passer dans l'état "transfert total" (règle S-P n° 1f). Une fois que les nœuds E et G sont dans l'état "transfert total", le nœud F reçoit des demandes de dérivation sur le conduit long qui lui sont envoyées par les nœuds E et G mais n'y donne pas suite (règle I-S n° 5). Lorsque le nœud F reçoit les mêmes signaux que ceux qu'il envoie, il émet le code "libre" dans les deux directions (règle I-S n° 6). Tous les nœuds reviennent alors dans l'état "libre", les uns après les autres.

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

Voir la Figure I.6.

Cet exemple traite le cas d'une condition SF-R unidirectionnelle sur un anneau à quatre fibres qui vient préempter une condition SD-S unidirectionnelle qui existait déjà sur un arc non adjacent.

L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". A l'instant T_1 , le nœud D détecte une condition SD-S sur ses canaux actifs en provenance du nœud C. La signalisation s'effectue comme indiqué dans la Figure I.1 avec les différences suivantes:

- 1) les nœuds C et D deviennent les nœuds de basculement et non les nœuds E et F;
- 2) la demande de dérivation est faite pour une condition SD-S et non SF-S.

La signalisation atteint un état stable.

A l'instant T_2 , le nœud F détecte une condition SF sur ses canaux actifs et de secours, en provenance du nœud G. Le nœud F devient un nœud de basculement (règle S-P n° 2b) et émet des demandes de dérivation dans les deux directions (règle S n° 1). Le nœud G, dès qu'il détecte la demande de dérivation d'anneau sur le conduit court en provenance du nœud F, devient également un nœud de basculement (règle S-P n° 2b). Le nœud G renvoie un code "demande en retour" sur le conduit court et une commande SF-R sur le conduit long (règle S n° 3). Les nœuds intermédiaires A, B et E passent de l'état "transfert des octets K" dans l'état "transfert total" (règle P-P n° 1). Le nœud D, dès qu'il détecte une demande de dérivation d'anneau de priorité supérieure, abandonne son basculement d'arc, met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 et émet dans les deux directions le code "absence de demande" (règle S-S n° 2c). Lorsqu'il reçoit du nœud D le code "absence de demande" et constate l'abandon du basculement d'arc, le nœud C, abandonne sa propre dérivation, met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 et traite son entrée de priorité la plus élevée (règle S-S n° 2d, premier point) afin d'émettre un code "absence de demande". Le nœud C détecte finalement une demande de dérivation d'anneau destinée au nœud F mais cela ne modifie pas la signalisation du nœud C (règle S-P n° 1a). Le nœud D, dès qu'il détecte l'abandon de dérivation au nœud C, abandonne sa propre dérivation et traite son entrée de priorité la plus élevée (règle S-S n° 2e) pour passer dans l'état "transfert total". Le nœud C, dès qu'il détecte l'abandon de dérivation issu du nœud D, traite son entrée de priorité la plus élevée (règle S-P n° 1b) et passe dans l'état "transfert total". Tous les nœuds intermédiaires étant dans l'état "transfert total", les nœuds F et G reçoivent finalement, sur le conduit long, les demandes de dérivation d'anneau et effectuent chacun une dérivation et un basculement (règle I-S n° 1b, deuxième point) avant de mettre à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2. La signalisation atteint un état stable.

La condition SF sur les canaux actifs et de secours signalés du nœud E vers le nœud F est corrigée à l'instant T_3 . Le nœud F passe dans l'état "attente pour basculement" [règle S-S n° 3a)]. Lorsqu'il reçoit du nœud F la demande de dérivation avec temporisation WTR, le nœud G, passe également dans l'état "attente pour basculement" (règle S-S n° 3b). Le nœud D, dès qu'il détecte deux demandes de dérivation avec temporisation WTR de priorité inférieure à celle de sa condition SD détectée de manière locale, devient un nœud de basculement [règle S-P n° 2a, point 2)] et émet la signalisation appropriée. Le nœud C, dès qu'il détecte une demande de dérivation d'arc de priorité supérieure qui

lui est destinée, devient également un nœud de basculement [règle S-P n° 2a, point 2)], effectue une dérivation d'arc et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). Le nœud F perd sa demande de dérivation d'anneau sur le conduit long, en raison du statut de demande d'arc reçu du nœud D. 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 et son basculement (règle S n° 5), met fin à sa signalisation WTR et passe dans l'état "transfert des octets K" (règle S n° 8). De même, lorsque le nœud G perd sa demande de dérivation d'anneau sur le conduit long, ce nœud abandonne sa dérivation et son basculement (règle S n° 5), met fin à sa signalisation WTR et passe dans l'état "transfert des octets K". Le nœud D, dès qu'il détecte un code "dérivation effectuée" issu du nœud C par le conduit court, effectue une dérivation et un basculement d'arc puis met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). Le nœud C, dès qu'il détecte un code "dérivation et basculement effectués" issu du nœud D, termine le processus en exécutant un basculement d'arc et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). Les nœuds intermédiaires A, E et B passent ensuite de l'état "transfert total" vers l'état "transfert des octets K". La signalisation atteint le même état stable qu'à l'instant T_1 .

La condition SD-S est corrigée à l'instant T_4 (non représenté sur la figure) sur les canaux actifs allant du nœud C au nœud D. La signalisation se poursuit de la manière indiquée pour l'instant T_2 sur la Figure I.1 avec les différences suivantes:

- 1) les nœuds C et D deviennent les nœuds de basculement et non les nœuds E et F;
- 2) la demande de dérivation est faite pour une condition SD-S et non SF-S.

I.7 Prémption par une condition SF-S unidirectionnelle d'une condition SF-R unidirectionnelle sur des arcs adjacents conditions SF-S et SF-R détectées sur des nœuds non adjacents

Voir la Figure I.7.

Cet exemple traite le cas d'une condition SF-S unidirectionnelle sur un anneau à quatre fibres qui vient préempter une condition SF-R unidirectionnelle qui existait déjà sur un arc adjacent.

L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". A l'instant T_1 , le nœud C détecte une condition SF sur ses canaux actifs et de secours en provenance du nœud D. La signalisation s'effectue comme indiqué dans la Figure I.2 (à l'instant T_1 de la figure), à par le fait que les nœuds C et D deviennent des nœuds de basculement et non les nœuds E et F. La signalisation atteint un état stable.

A l'instant T_2 , le nœud E détecte une condition SF sur ses canaux actifs en provenance du nœud D. Le nœud E devient un nœud de basculement [règle S-P n° 2a, point 2)] et émet une demande de dérivation d'arc vers le nœud D ainsi qu'un statut de demande de dérivation d'arc vers le nœud F (règle S n° 1 et règle G n° 1). Le nœud C, dès qu'il détecte ce statut de demande de dérivation d'arc, abandonne sa dérivation et son basculement d'anneau parce qu'il ne reçoit plus de demande de dérivation d'anneau sur le conduit long, (règle S n° 5). Le nœud C met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 et émet la commande SF-R dans l'octet K1 qui correspond à son entrée de priorité la plus élevée (règle S n° 5). Le nœud D, dès qu'il détecte la demande de dérivation d'arc de priorité supérieure qui provient du nœud E, abandonne sa dérivation et son basculement d'anneau d'arc, effectue une dérivation d'arc en direction du nœud E (règle S-S n° 2f) et émet les signaux correspondants (règle I-S n° 1b, troisième point, et règle S n° 3). Lorsqu'il reçoit du nœud D le code "dérivation effectuée" le nœud E effectue une dérivation et un basculement d'arc et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b, troisième point). Lorsqu'il détecte le code "dérivation effectuée" en provenance du nœud E, le nœud D effectue un basculement et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 en conséquence (règle I-S n° 1b, troisième point). La signalisation atteint un état stable.

La condition SF sur les canaux actifs signalée par le nœud D vers le nœud E est corrigée à l'instant T_3 . Le nœud E passerait dans l'état "attente pour rétablissement" mais il détecte une autre défaillance (règle S-S n° 3a). Lorsqu'il reçoit la demande de dérivation sur condition SF-R destinée au nœud D (pour un arc non adjacent) le nœud E signale le code "absence de demande" dans l'octet K1 et le code "dérivation effectuée" dans l'octet K2 (règle S-S n° 2c). Le nœud D, dès qu'il détecte les codes "absence de demande" et "dérivation effectuée" issus du nœud E, abandonne sa dérivation et son basculement d'arc et traite l'entrée issue du nœud C en renvoyant à celui-ci une demande de dérivation d'anneau (règle S-S n° 2d). Le nœud E, dès qu'il détecte que le nœud D a abandonné sa dérivation et son basculement, abandonne sa propre dérivation (règle S-S n° 2e). Le nœud E constate également qu'une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long est destinée au nœud D. Le nœud E passe donc aussi dans l'état "transfert total" (règle S-S n° 2e, quatrième point). Le nœud D, dès qu'il détecte cette demande de dérivation d'anneau sur le conduit long en provenance du nœud C, effectue une dérivation et un basculement d'anneau et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). Le nœud C, dès qu'il détecte la demande de dérivation d'anneau sur le conduit long en provenance du nœud D, effectue également une dérivation et un basculement puis met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). La signalisation atteint le même état stable qu'à l'instant T_1 .

A l'instant T_4 , (non représenté sur la figure), la condition SF est corrigée sur les canaux actifs et de secours du nœud D au nœud C. La signalisation se poursuit comme indiqué pour l'instant T_2 sur la Figure I.2, à part le fait que les nœuds C et D deviennent les nœuds de basculement et non les nœuds E et F.

I.8 Préhension par une condition SF-R unidirectionnelle d'une condition SD-S unidirectionnelle sur des arcs adjacents

Voir la Figure I.8.

Cet exemple traite le cas d'une condition SF-R unidirectionnelle sur un anneau à quatre fibres qui vient préempter une condition SD-S unidirectionnelle qui existait déjà sur un arc adjacent.

L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". A l'instant T_1 , le nœud F détecte une condition SD sur ses canaux actifs en provenance du nœud E. La signalisation s'effectue comme indiqué dans la Figure I.1 (à l'instant T_1 sur la figure), à part le fait que la demande de dérivation est faite en raison d'une condition SD-S et non SF-S. La signalisation atteint un état stable.

Le nœud E détecte une condition SF sur ses canaux actifs et de secours en provenance du nœud D à l'instant T_2 . Le nœud E abandonne son basculement d'arc, émet (dans l'octet K1) une demande de dérivation d'anneau sur condition SF-R ainsi que (dans l'octet K2) une indication de défaillance distante dans une section de multiplexage (MS RDI) à destination du nœud D, puis émet à destination du nœud F les codes "absence de demande" (dans l'octet K1) et "dérivation effectuée" (dans l'octet K2), (règle S-S n° 2b). Le nœud D devient un nœud de basculement [règle S-P n° 2b, point 3)] puis émet un code "demande en retour" (RR) sur le conduit court ainsi qu'une demande de dérivation sur condition SF-R sur le conduit long (règle S n° 3). Cette demande de dérivation d'anneau sur le conduit long fait passer les nœuds C, B et A de l'état "transfert des octets K" dans l'état "transfert total" (règle P-P n° 1). Le nœud F, dès qu'il détecte le code "absence de demande" et l'abandon du basculement en provenance du nœud E, abandonne sa propre dérivation, met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 et traite son entrée de priorité la plus élevée (règle S-S n° 2d, dernier point) pour émettre une demande de dérivation sur condition SD-S à destination du nœud E. Celui-ci, dès qu'il constate que le nœud F a abandonné sa dérivation et son basculement, abandonne la sienne, met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 et traite son entrée de priorité la plus élevée (règle S-S n° 2e, troisième point) afin d'émettre des demandes de dérivation d'anneau dans les deux directions. Le nœud F, dès qu'il constate que le nœud E a abandonné sa dérivation et son basculement, traite son

entrée de priorité la plus élevée (règle S-P n° 1b) pour passer dans l'état "transfert total". Cela permet à une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long d'atteindre le nœud G qui passe alors de l'état "transfert des octets K" vers l'état "transfert total" (règle P-P n° 1). Tous les nœuds intermédiaires étant dans l'état "transfert total", les nœuds E et D reçoivent finalement les demandes de dérivation d'anneau sur le conduit long. Les nœuds E et D effectuent chacun une dérivation et un basculement (règle I-S n° 1b, deuxième point) puis mettent à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2. La signalisation passe dans un état stable.

La condition SF sur les canaux actifs et de secours du nœud D vers le nœud E est corrigée à l'instant T_3 . Ce nœud démarre sa temporisation WTR et la signale (règle S-S n° 3a). Le nœud D, constatant que le nœud E a émis une demande de dérivation avec temporisation WTR, démarre également sa temporisation WTR et la signale (règle S-S n° 3b). Le nœud F, détectant des demandes de dérivation avec temporisation WTR issues des deux directions, donne suite au fait que son état local de condition SD-S possède une priorité supérieure et devient un nœud de basculement d'arc [règle S-P n° 2a, point 2)]. Le nœud E, détectant la demande de dérivation d'arc issue du nœud F, abandonne sa demande de dérivation d'anneau sur le conduit long issue du nœud D. Le nœud E abandonne donc sa dérivation et son basculement d'anneau (règle S n° 5) et traite la demande de dérivation d'arc issue du nœud F en exécutant une dérivation d'arc (règle I-S n° 1b, troisième point). Le nœud F, recevant de lui-même le code "dérivation effectuée", effectue une dérivation et un basculement d'arc et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b, troisième point). Le nœud E, recevant du nœud F le code "dérivation et basculement effectués", termine le processus en exécutant un basculement d'arc et en mettant à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b, troisième point). Entre-temps le nœud D, recevant du nœud F la demande de dérivation d'arc, perd sa demande de dérivation d'anneau sur le conduit long issue du nœud E. Le nœud D abandonne donc sa dérivation et son basculement (règle S n° 5) et donne suite au statut de demande de dérivation d'arc destiné au nœud E en passant dans l'état "transfert des octets K" (règle S-P n° 1g). Les nœuds intermédiaires A, B, C et G, dans l'état "transfert total", reçoivent finalement dans les deux directions un statut de demande de dérivation d'arc qui ne leur est pas destiné et passent donc dans l'état "transfert des octets K". La signalisation atteint le même état stable qu'à l'instant T_1 .

La condition SD est corrigée à l'instant T_4 , (non représenté sur la figure), sur les canaux actifs allant du nœud E au nœud F. La signalisation continue de la manière indiquée pour l'instant T_2 sur la Figure I.1, à part le fait que la demande de dérivation est effectuée en raison d'une condition SD-S et non SF-S.

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

Voir la Figure I.9.

Cet exemple traite le cas d'une condition SF-R unidirectionnelle sur un anneau à quatre fibres coexistant avec une autre condition SF-R qui existait déjà sur un arc non adjacent.

L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". A l'instant T_1 , le nœud F détecte une condition SF sur ses canaux actifs et de protection. La signalisation s'effectue comme indiqué dans la Figure I.2 (à l'instant T_1 sur la figure). La signalisation atteint un état stable.

Le nœud C détecte une condition SF à l'instant T_2 sur ses canaux actifs et de protection. Le nœud C devient un nœud de basculement [règle S-P n° 2a, point 2)], et procède, si nécessaire, à la suppression de signal de trafic, effectue une dérivation et un basculement d'anneau et émet dans les deux directions des demandes de dérivation d'anneau [règle S-P n° 3). Le nœud B, recevant du nœud C la demande de dérivation, devient un nœud de basculement [règle S-P n° 2a, point 3)]. Le nœud B procède, si nécessaire, à la suppression du signal de trafic, effectue une dérivation et un basculement d'anneau et émet dans les deux directions des demandes de dérivation d'anneau

(règle S-P n° 3). La demande de dérivation d'anneau sur le conduit long issue des nœuds B et C n'a pas d'incidence sur les dérivations et les basculements effectués aux nœuds E et F car la coexistence de plusieurs dérivations sur condition SF-R est autorisée (règle S n° 4a et règle S n° 5). La signalisation atteint un état stable.

Une signalisation supplémentaire intervient dans le cas des applications transocéaniques. Comme représenté sur la Figure I.10, à l'instant T_2 le nœud C détecte une condition SF sur ses canaux actifs et de protection. Le nœud C devient un nœud de basculement [règle S-P n° 2a, point 2)], abandonne le trafic supplémentaire éventuel, maintient les dérivations et basculements d'anneau sur les affluents affectés par la première défaillance et émet dans les deux directions des demandes de dérivation d'anneau (règle S-P n° 3 de l'Annexe A). Le nœud B, lorsqu'il reçoit la demande de dérivation issue du nœud C, devient un nœud de basculement [règle S-P n° 2a, point 3)]. Il abandonne également le trafic supplémentaire existant éventuellement, maintient les dérivations et basculements d'anneau sur les affluents affectés par la première défaillance et émet dans les deux directions des demandes de dérivation d'anneau (règle S-P n° 3 de l'Annexe A). Lorsqu'il reçoit du nœud C (B) la demande de dérivation d'anneau le nœud E (F), abandonne le trafic supplémentaire éventuellement présent, maintient les dérivations sur les affluents affectés par la première défaillance et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 selon le code "libre" [règle S-S n° 1a, point 2), de l'Annexe A]. Lorsqu'il reçoit du nœud E (F) la demande de dérivation d'anneau et le code "libre", le nœud C (B), met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 pour indiquer le code "dérivation et basculement effectués" [règle S-S N°1a, point 2), de l'Annexe A]. Lorsqu'il reçoit du nœud C (B) la demande de dérivation d'anneau et le code "dérivation et basculement effectués" le nœud E (F) met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 pour indiquer également le code "dérivation et basculement effectués" [règle S-S N°1a, point 3), de l'Annexe A]. La signalisation atteint le même état stable que celui décrit pour la Figure I.9.

La condition SF est corrigée à l'instant T_3 sur les canaux actifs et de protection allant du nœud B au nœud C. Ce dernier reçoit du nœud D une demande de dérivation d'anneau pour un arc non adjacent. Cette demande possède une priorité supérieure à celle de son état local (temporisation WTR), de sorte que le nœud C abandonne sa dérivation et son basculement et passe dans l'état "transfert total" (règle S-P n° 1e). Cela permet au signal RR-R émis par le nœud B sur le conduit court de parvenir au nœud E. Ce dernier continue à considérer cette demande de dérivation d'anneau comme étant valide, si bien qu'il conserve sa dérivation et son basculement (règle S n° 5). Lorsqu'il reçoit les deux demandes de dérivation d'anneau qui ne lui sont pas destinées, le nœud B, abandonne sa dérivation et son basculement et passe dans l'état "transfert total" (règle S-P n° 1f). La signalisation atteint le même état stable que pour l'instant T_1 .

Pour les applications transocéaniques, la signalisation est identique mais les nœuds doivent effectuer des actions supplémentaires. Comme indiqué sur la Figure I.10, la condition SF est corrigée à l'instant T_3 sur les canaux actifs et de protection entre le nœud B et le nœud C. Celui-ci reçoit du nœud D une demande de dérivation d'anneau pour un arc non adjacent due à la première condition SF-R entre les nœuds E et F. Cette demande possède une priorité supérieure à celle de son état local (temporisation WTR), de sorte que le nœud C maintient les dérivations sur les affluents affectés par la première défaillance puis passe dans l'état "transfert total" [règle S-P n° 1e, point 1), de l'Annexe A]. Cela permet au nœud B d'émettre sur le conduit court le signal RR-R à destination du nœud E. Ce dernier continue à considérer cette demande de dérivation d'anneau comme étant valide, de sorte qu'il conserve sa dérivation et son basculement d'anneau (règle S n° 5). Le nœud B reçoit des demandes de dérivation d'anneau qui ne lui sont pas destinées, dues à la première condition SF-R entre les nœuds E et F. Le nœud B conserve les dérivations sur les affluents affectés par la première défaillance puis passe dans l'état "transfert total" [règle S-P n° 1f, point 1), de l'Annexe A]. La signalisation atteint le même état stable que celui décrit pour la Figure I.9.

A l'instant T_4 , (non représenté sur la figure), la condition SF est corrigée sur les canaux actifs et de protection du nœud E au nœud F. La signalisation continue de la manière indiquée pour l'instant T_3 sur la Figure I.2.

I.10 Défaillance de nœud sur un anneau avec une fonctionnalité de trafic supplémentaire (voir la Figure I.11)

La Figure I.11 traite le cas de la suppression du trafic supplémentaire sur un anneau après une défaillance de nœud sur un anneau à deux ou quatre fibres. Une défaillance de nœud signifie dans ce cas que toutes les transmissions, en provenance ou à destination du nœud, ont subi une défaillance qui affecte à la fois les canaux actifs et les canaux de protection et que le nœud lui-même a perdu toutes les informations qui lui ont été fournies.

L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". Le trafic supplémentaire est pris en charge par les canaux de protection sur le parcours de l'anneau. Les nœuds E et G détectent à l'instant T_1 une condition SF sur leurs canaux actifs et de protection. Les nœuds E et G extraient le trafic supplémentaire dans les deux directions et deviennent des nœuds de basculement (règle I-S n° 1a, S n° 7) et émettent des demandes de dérivation sur le conduit long et le conduit court. Tous les nœuds intermédiaires extraient le trafic supplémentaire dans les deux directions (règle I-P n° 1). Les nœuds d'accès à des conduits autres que des conteneurs LOVC passent en transfert total bidirectionnel lorsqu'ils reçoivent les octets K de croisement. Lorsqu'il reçoit la demande de dérivation en provenance du nœud G sur le conduit long, le nœud E procède à la suppression de signal pour le trafic pouvant être connecté de manière déficiente, effectue une dérivation et un basculement sur l'anneau et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). Le nœud G procède de même lorsqu'il reçoit la demande de dérivation en provenance du nœud E sur le conduit long.

Le nœud T_2 a effectué son rétablissement à l'instant T_1 et la séquence de rétablissement se déroule comme un rétablissement normal de nœud. La suppression de signal pour le trafic supplémentaire et se termine lorsque le nœud reçoit dans les deux directions le code "absence de demande" et "libre" ou "trafic supplémentaire" en provenance des deux directions.

I.11 Prémption par une commande SF-S unidirectionnelle d'une commande SF-R unidirectionnelle sur des arcs adjacents – conditions SF-S et SF-R détectées au niveau de nœuds adjacents

Voir la Figure I.11.

Cet exemple traite du cas d'une condition unidirectionnelle de défaillance de signal sur un arc d'un anneau à quatre fibres qui préempte une condition unidirectionnelle de défaillance de signal sur l'anneau qui était présente antérieurement sur un arc adjacent.

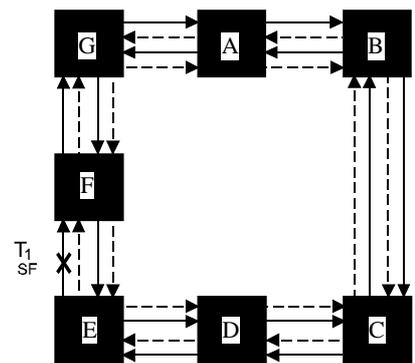
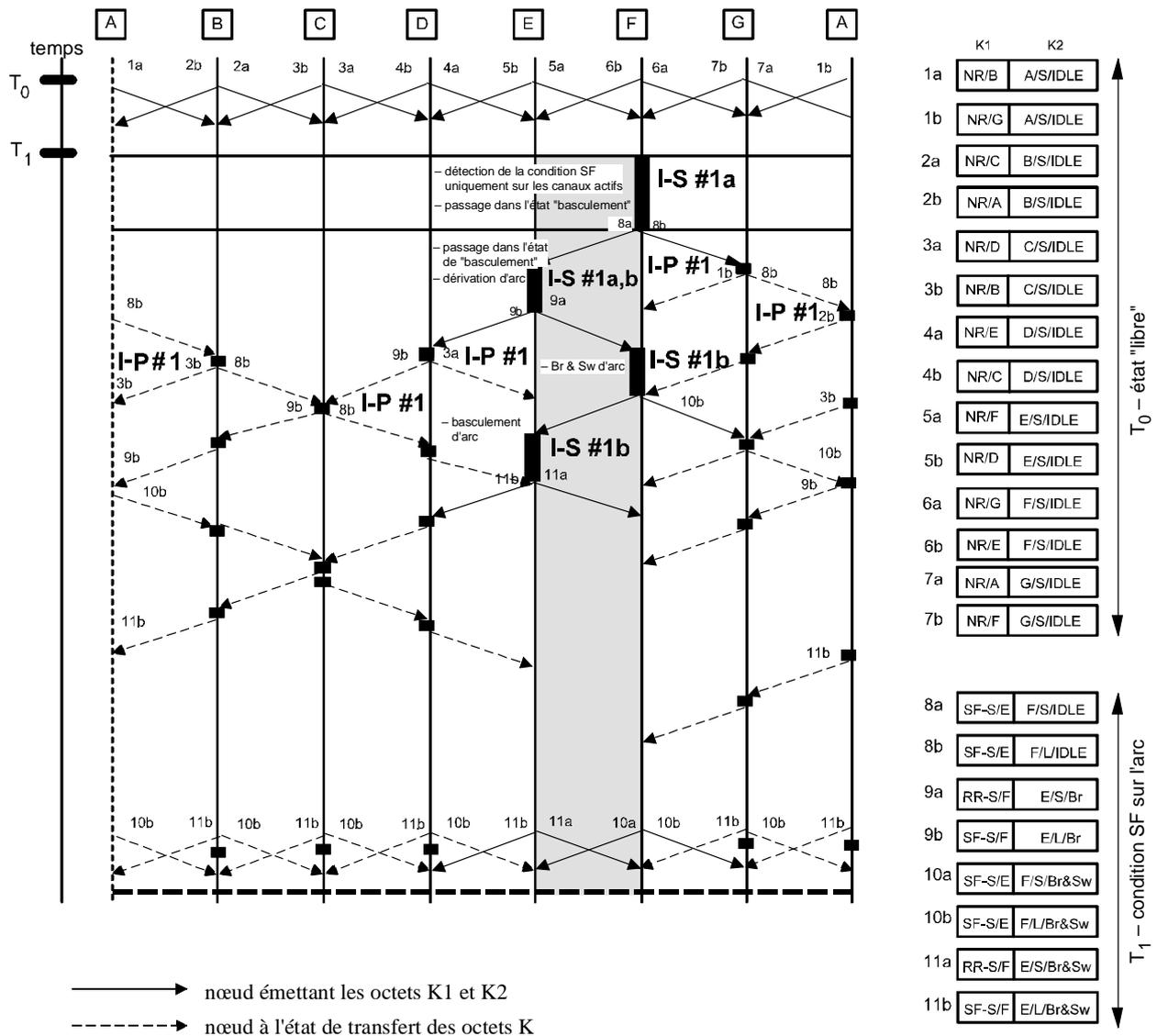
L'anneau se trouve initialement dans l'état "libre". Le nœud D détecte à l'instant T_1 une condition SF sur ses canaux actifs et de protection en provenance du nœud C. La signalisation se déroule comme indiqué dans la Figure I.2 (instant T_1 dans la figure) à par le fait que les nœuds de basculement sont les nœuds C et D au lieu des nœuds E et F. La signalisation atteint alors un état stable.

Le nœud E détecte à l'instant T_2 une condition SF sur son canal actif en provenance du nœud D. Le nœud E devient un nœud de basculement (règle S-P n° 2a) et émet une demande de dérivation d'arc en direction du nœud D et un statut de demande de dérivation d'arc en direction du nœud F, destiné au nœud D (règle S n° 1, G n° 1). Lorsque le nœud D prend connaissance d'une demande de dérivation d'arc de priorité supérieure, il abandonne sa dérivation d'anneau et effectue un basculement; il effectue la signalisation correspondante en utilisant parmi ses demandes APS qui sont autorisées à coexister, celle qui a la priorité la plus élevée (règle G n° 1c, S-S n° 2h). La priorité

la plus élevée autorisée en entrée pour le nœud D est une demande SF-S en provenance du nœud C et une condition SF-P détectée en provenance du nœud C (règle S-S n° 2h). Le nœud D effectue sa dérivation d'arc vers le nœud E (règle S-S n° 2f) et émet la signalisation idoine (règle I-S n° 1b, S n° 3). Il effectue également la signalisation de la condition SF-P et de l'indication RDI en direction du nœud C, étant donné que la coexistence des conditions SF-P et SF-S est autorisée (règle S n° 4a, S-S n° 2h). Lorsque le nœud C perd la demande de dérivation d'anneau et reçoit la condition SF-P qui lui est destinée sur le conduit court, il devient un nœud de basculement d'arc et répond en conséquence à la demande d'arc (règle S-P n° 2b, S n° 1b). Lorsque le nœud E reçoit le code "dérivation effectuée" en provenance du nœud D, il effectue alors une dérivation et un basculement d'arc et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). Les nœuds intermédiaires passent dans l'état "transfert d'octets K" lorsque les octets K de croisement sont détectés (règle P-P n° 2). La signalisation atteint alors un état stable.

La condition SF disparaît à l'instant T_3 sur le canal actif entre le nœud D et le nœud E. Ce dernier passe dans l'état "attente pour rétablissement" et émet la signalisation adéquate (règle S-S n° 3a). Lorsque le nœud D reçoit le code "attente pour rétablissement" en provenance du nœud E, il abandonne sa dérivation et son basculement et traite toutes ses informations présentes en entrée, qui sont une condition SF-R détectée et une demande WTR de priorité plus faible en provenance du nœud E. Le nœud D signale une demande de dérivation d'anneau sur le conduit long et le conduit court à destination du nœud C (règle S-S n° 2d). Le nœud E passe dans un état de transfert bidirectionnel total lorsqu'il reçoit une demande de dérivation d'anneau à destination d'un autre nœud (règle S-P n° 1e). Lorsqu'il perd sa demande de dérivation d'arc et qu'il reçoit sur le conduit long une demande de dérivation issue du nœud D, le nœud C effectue une dérivation et un basculement d'anneau et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle S n° 6, I-S n° 1b). Lorsqu'il reçoit sur le conduit long une demande de dérivation d'anneau issue du nœud C, le nœud D effectue également une dérivation et un basculement d'anneau et met à jour les bits 6 à 8 de l'octet K2 (règle I-S n° 1b). La signalisation atteint alors le même état stable qu'à l'instant T_1 .

La condition SF sur le canal actif et le canal de protection allant du nœud C au nœud D disparaît à l'instant T_4 (non représenté). La signalisation se déroule ensuite comme indiqué dans la Figure I.2 (instant T_2 dans la figure) à par le fait que les nœuds de basculement sont les nœuds C et D au lieu des nœuds E et F.



T1533840-99

Figure I.1/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance unidirectionnelle (arc) de l'entité active du nœud E vers le nœud F

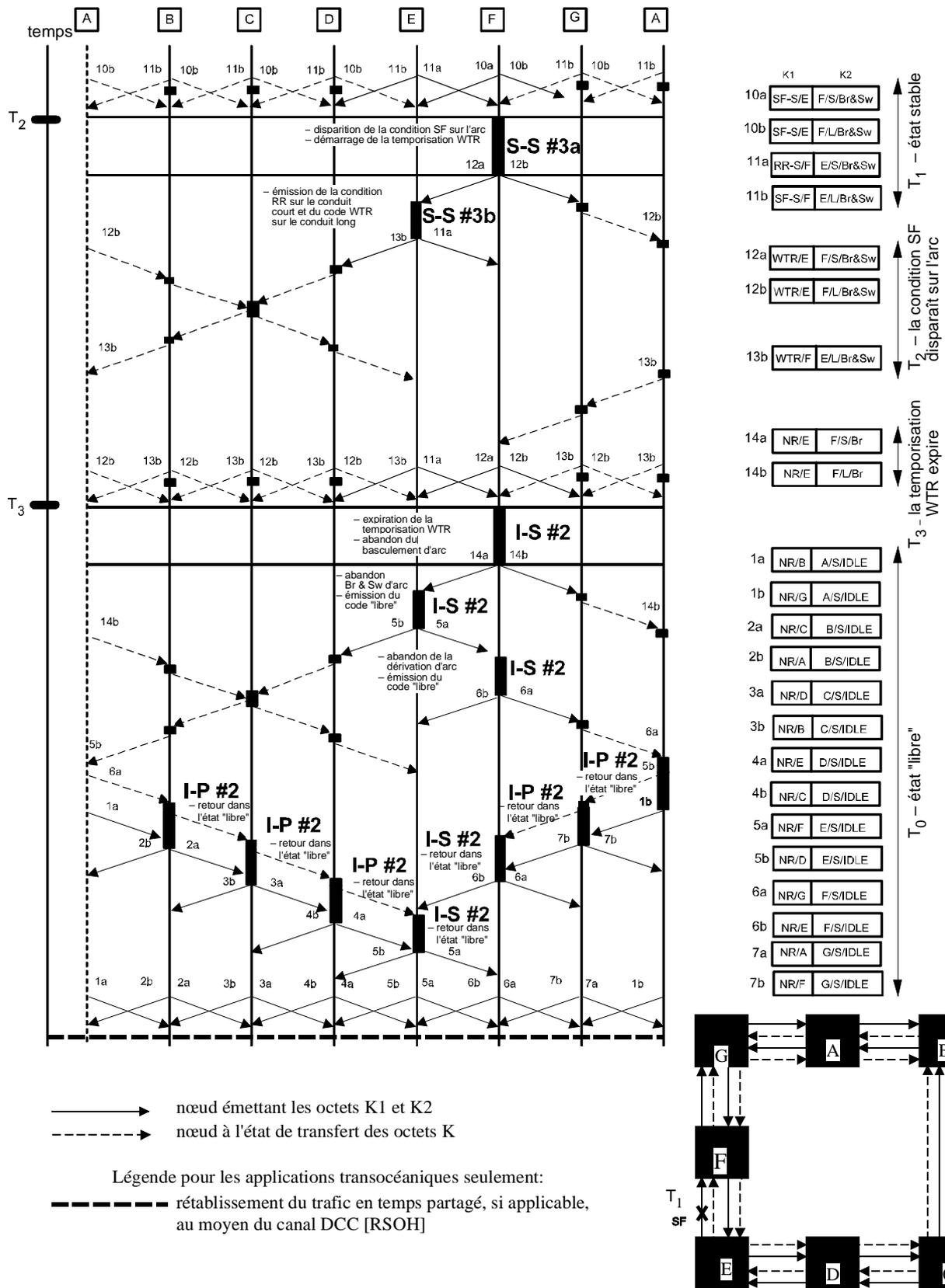
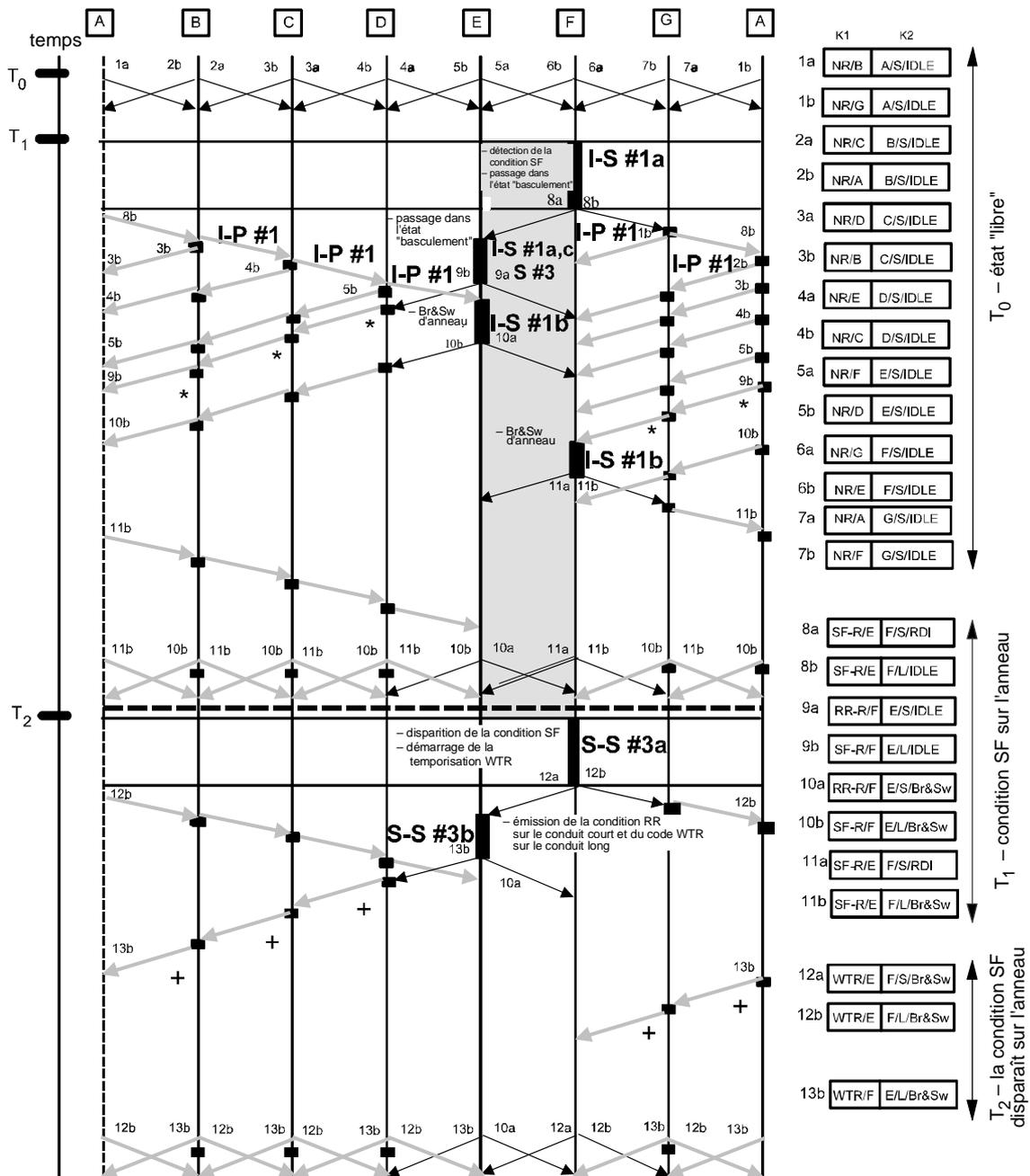


Figure I.1/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance unidirectionnelle (arc) de l'entité active du nœud E vers le nœud F (*fin*)

T1533850-99



→ nœud émettant les octets K1 et K2
 → nœud à l'état de transfert des octets K1-K2 et voies de secours

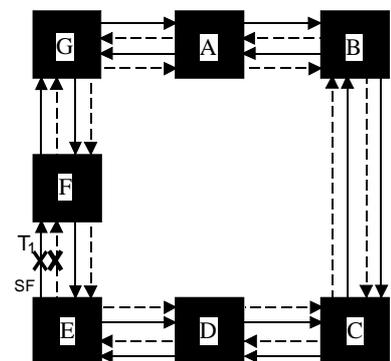
Légende pour les applications intercontinentales seulement:

* BR & Sw au niveau des nœuds intermédiaires si le trafic actif est affecté par une défaillance

--- rétablissement du trafic en temps partiel, si applicable, au moyen du canal DCC [RSOH]

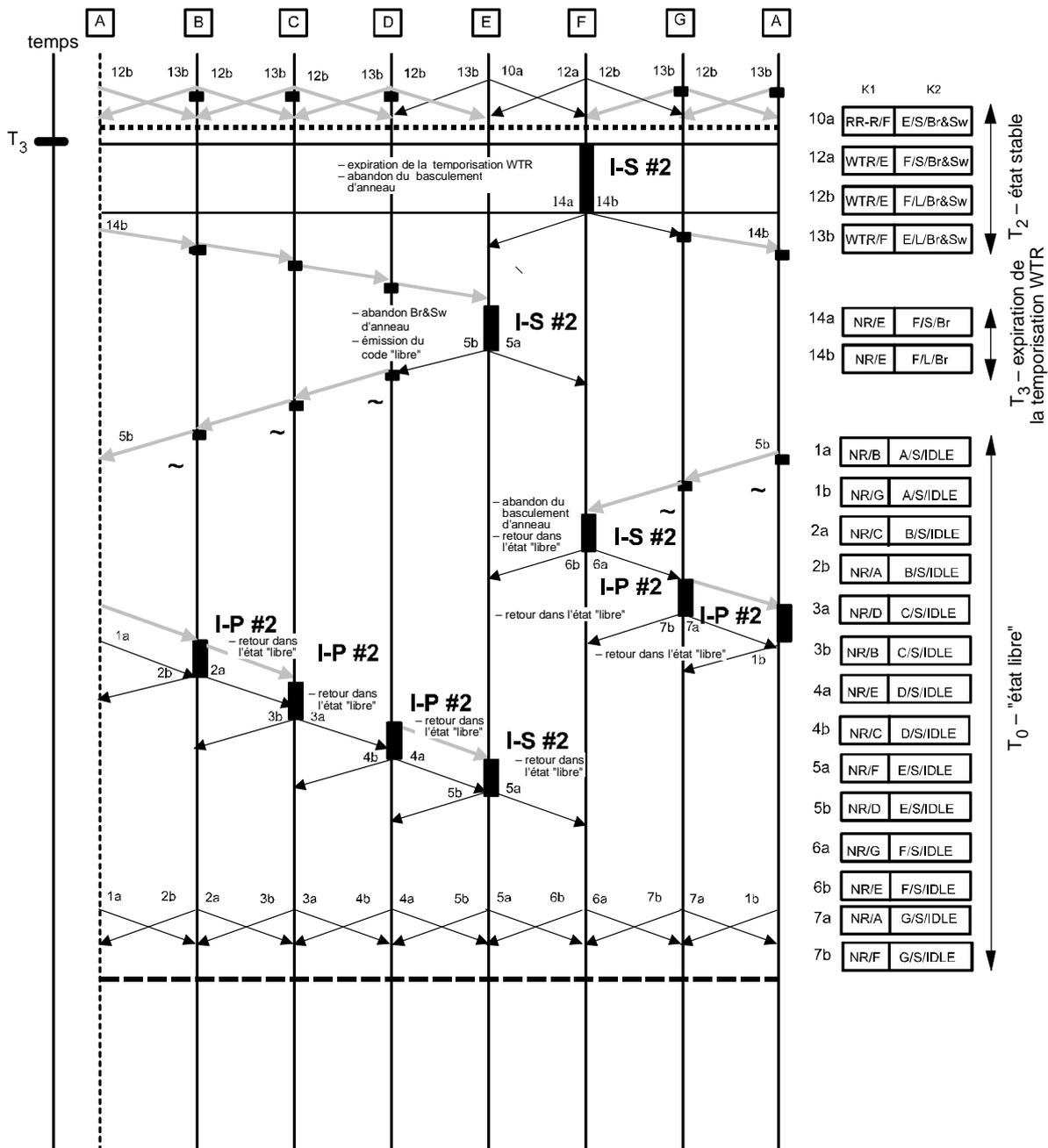
+ démarrage de la temporisation WTR locale dans les nœuds intermédiaires s'ils ont une dérivation et un basculement en activité

NOTE - Voir les Tableaux 7-7 et 7-8 pour le format des octets K1 et K2.

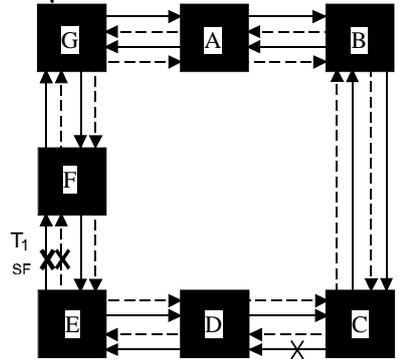


T1533860-99

Figure I.2/G.841 – Anneau à deux ou à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance de signal unidirectionnelle (anneau)

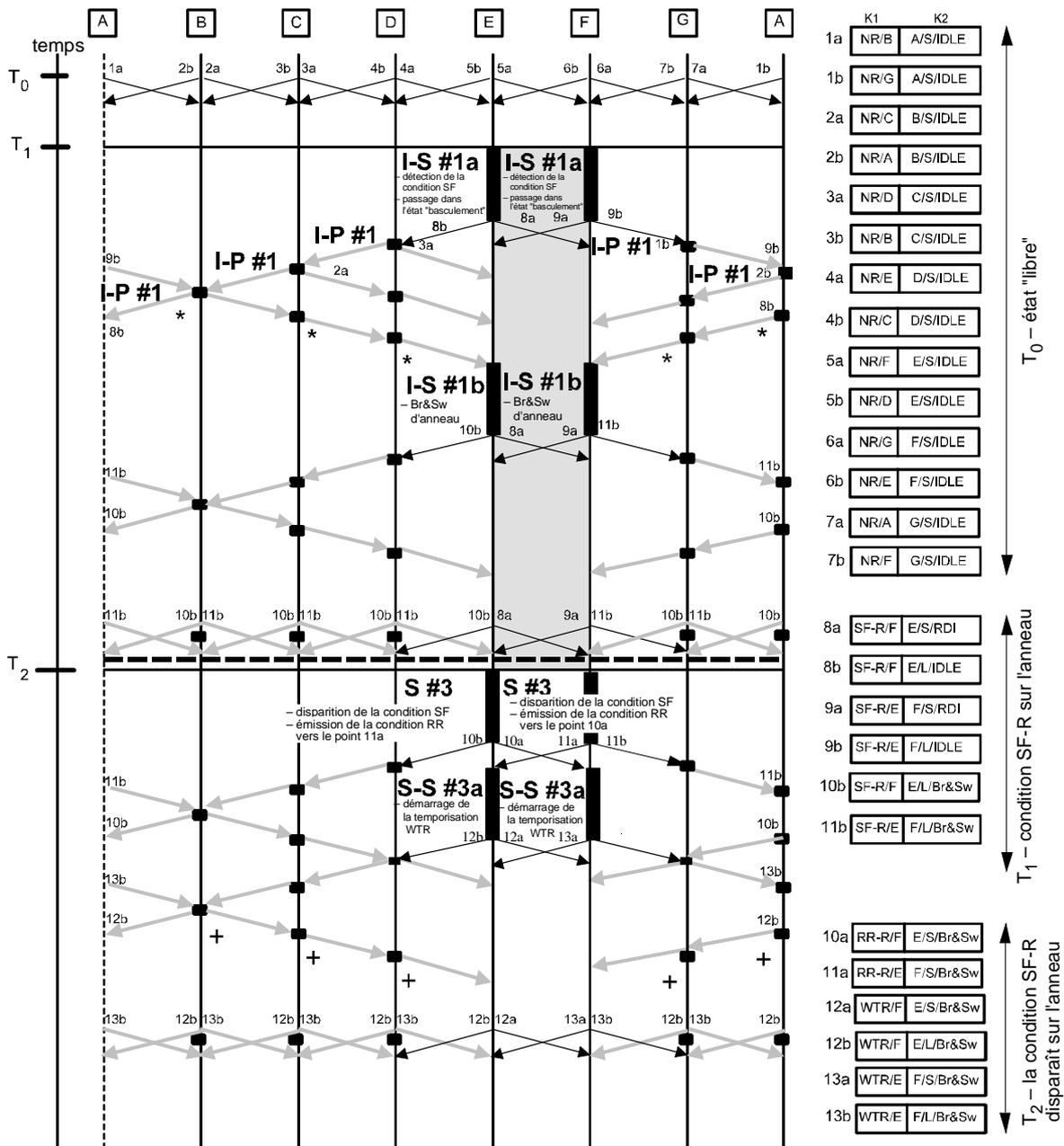


- nœud émettant les octets K1 et K2
 - nœud à l'état de transfert total: octets K1, K2 et canaux de protection
- Légende pour les applications transocéaniques seulement:
- abandon du basculement par les nœuds intermédiaires dans le délai WTR/2, si applicable
 - ~ abandon de la dérivation par les nœuds intermédiaires dans le cas échéant
 - rétablissement du trafic en temps partiel, si applicable, au moyen du canal DCC [RSOH]



T1533870-99

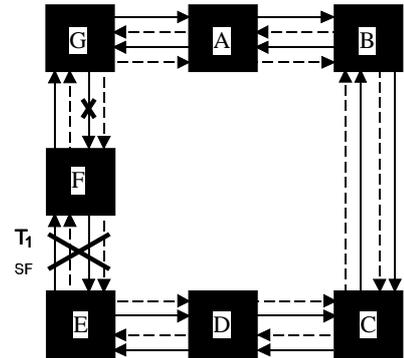
Figure I.2/G.841 – Anneau à deux ou à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance de signal unidirectionnelle (anneau) (fin)



→ noeud émettant les octets K1 et K2
 → noeud à l'état de transfert total: octets K1, K2 et canaux de protection

Légende pour les applications transocéaniques seulement:
 * Br&Sw aux noeuds intermédiaires si le trafic est affecté par une défaillance
 --- rétablissement du trafic en temps partiel, si applicable, au moyen du canal DCC [RSOH]
 + début de la temporisation WTR locale dans les noeuds intermédiaires qui ont une dérivation et un basculement en activité

NOTE – Voir les Tableaux 7-7 et 7-8 pour déterminer la structure des octets K1 et K2.



T1533880-99

Figure I.3/G.841 – Anneau à deux ou à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance de signal bidirectionnelle (anneau)

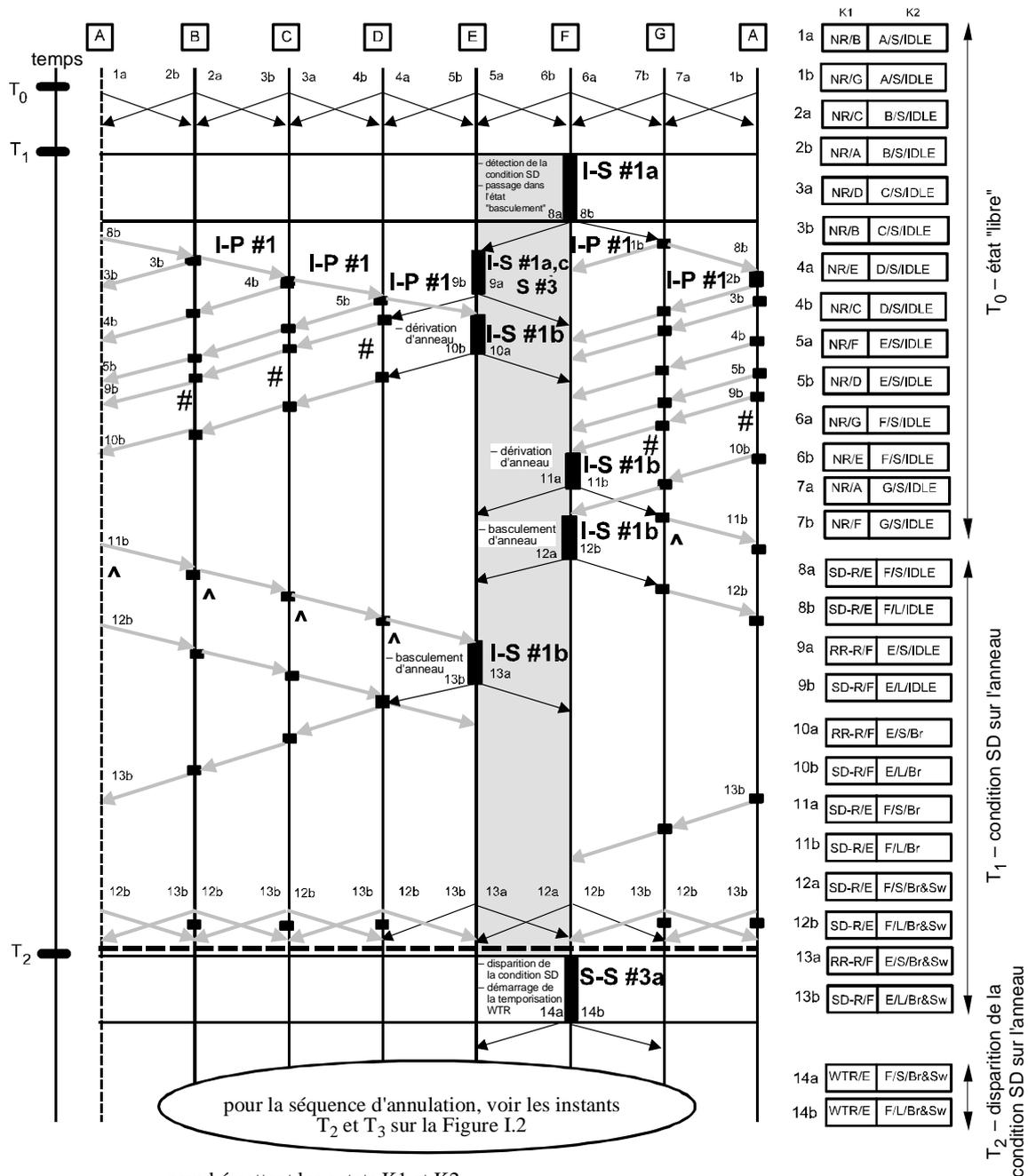
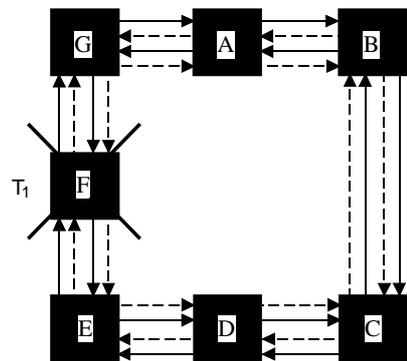
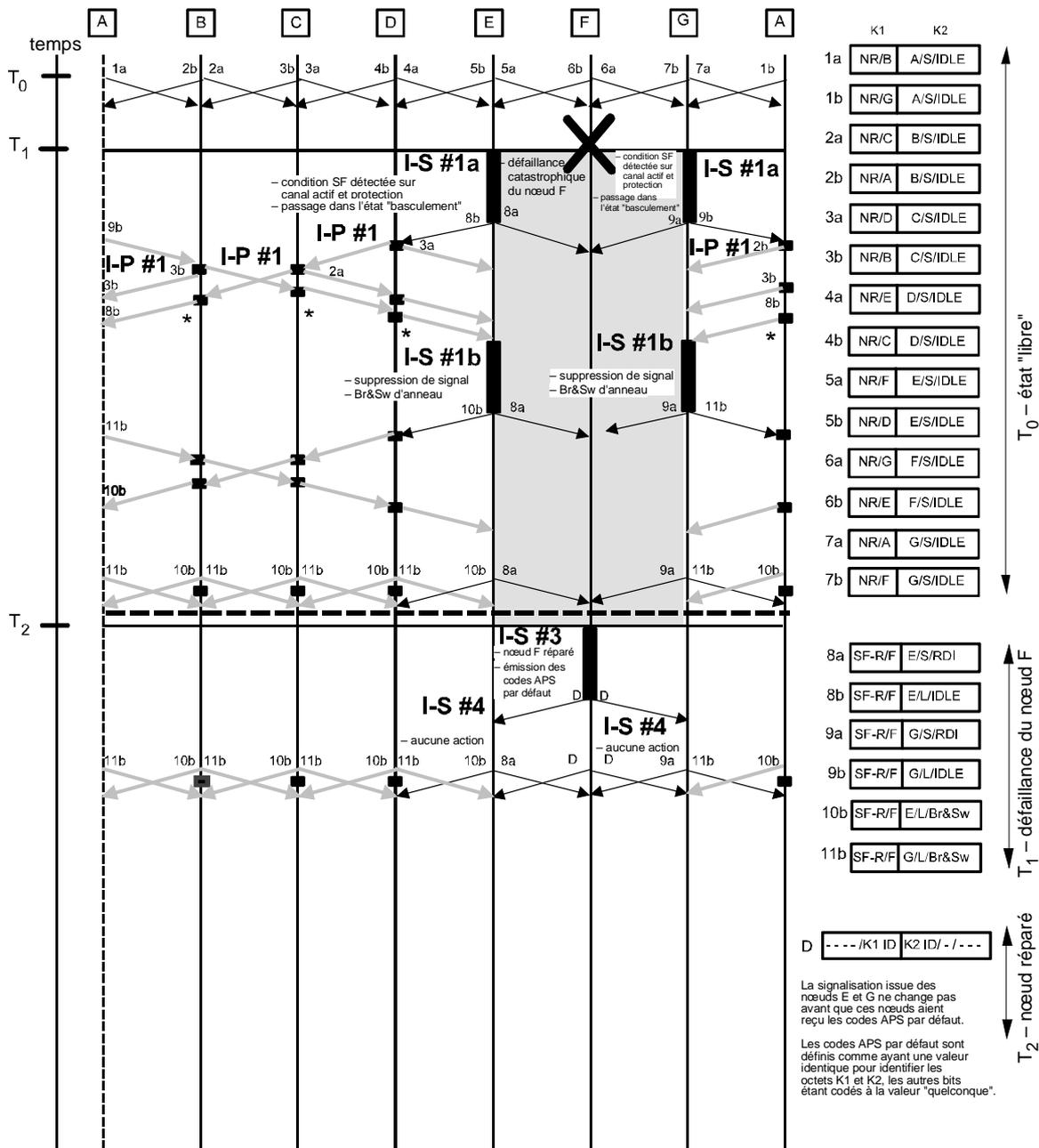
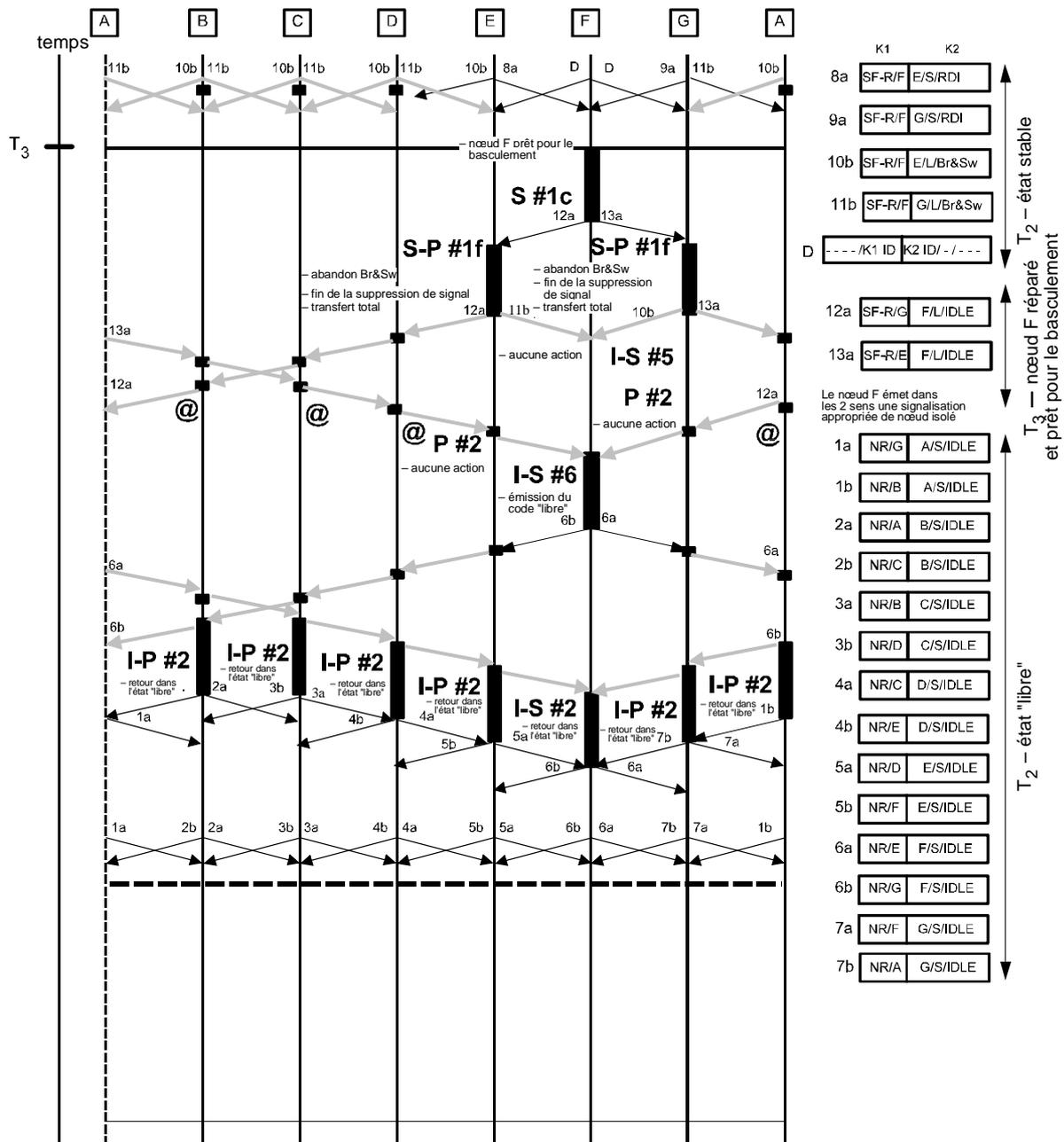


Figure I.4/G.841 – Anneau à deux ou à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Dégradation de signal unidirectionnelle (anneau)

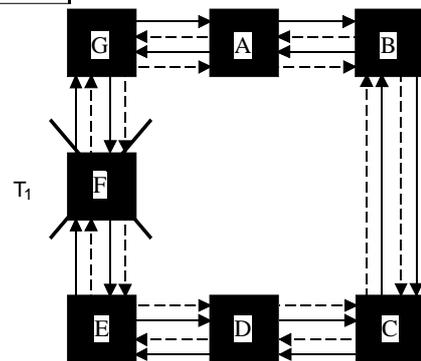


T1533910-99

Figure I.5/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance de nœud

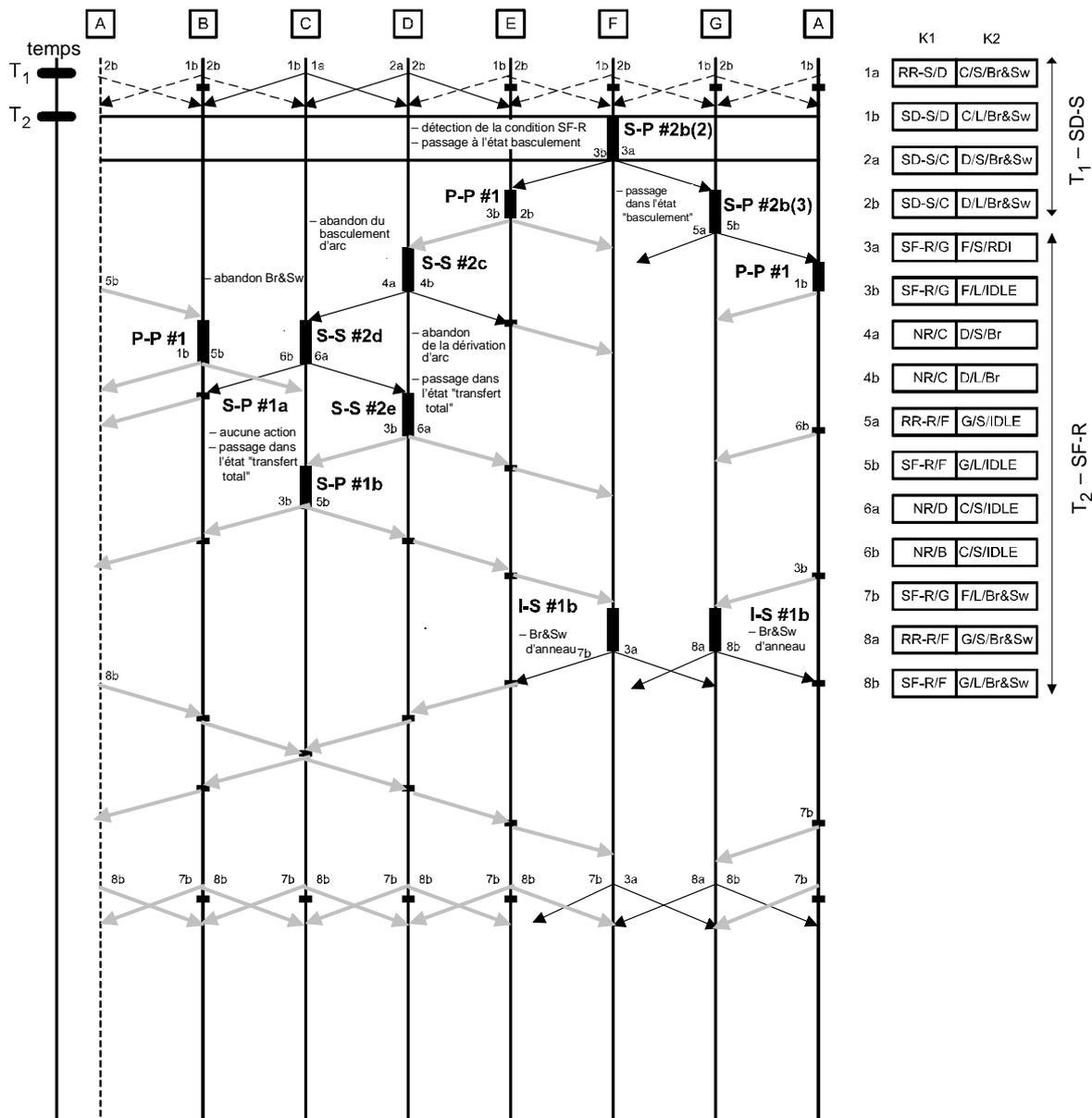


- nœud émettant les octets K1 et K2
 - nœud à l'état de transfert total: octets K1, K2 et canaux de protection
- Légende pour les applications transocéaniques seulement:
- @ abandon éventuel Br&Sw au niveau des nœuds intermédiaires, si applicable
 - rétablissement du trafic en temps partiel, si applicable, au moyen du canal DCC [RSOH]

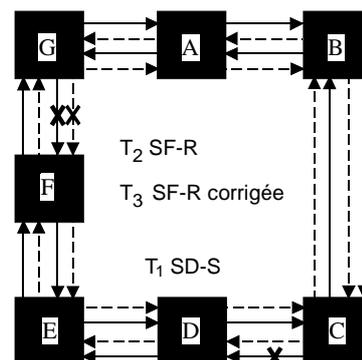


T1533920-99

Figure I.5/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance de nœud (*fin*)



- 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 canaux de protection



T1533930-99

Figure I.6/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance SF-R unidirectionnelle avec préemption d'une dégradation SD-S unidirectionnelle sur des arcs non adjacents

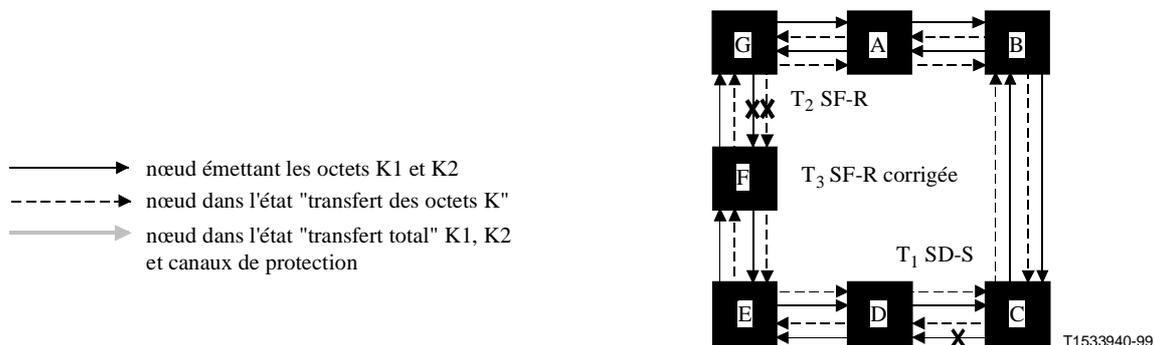
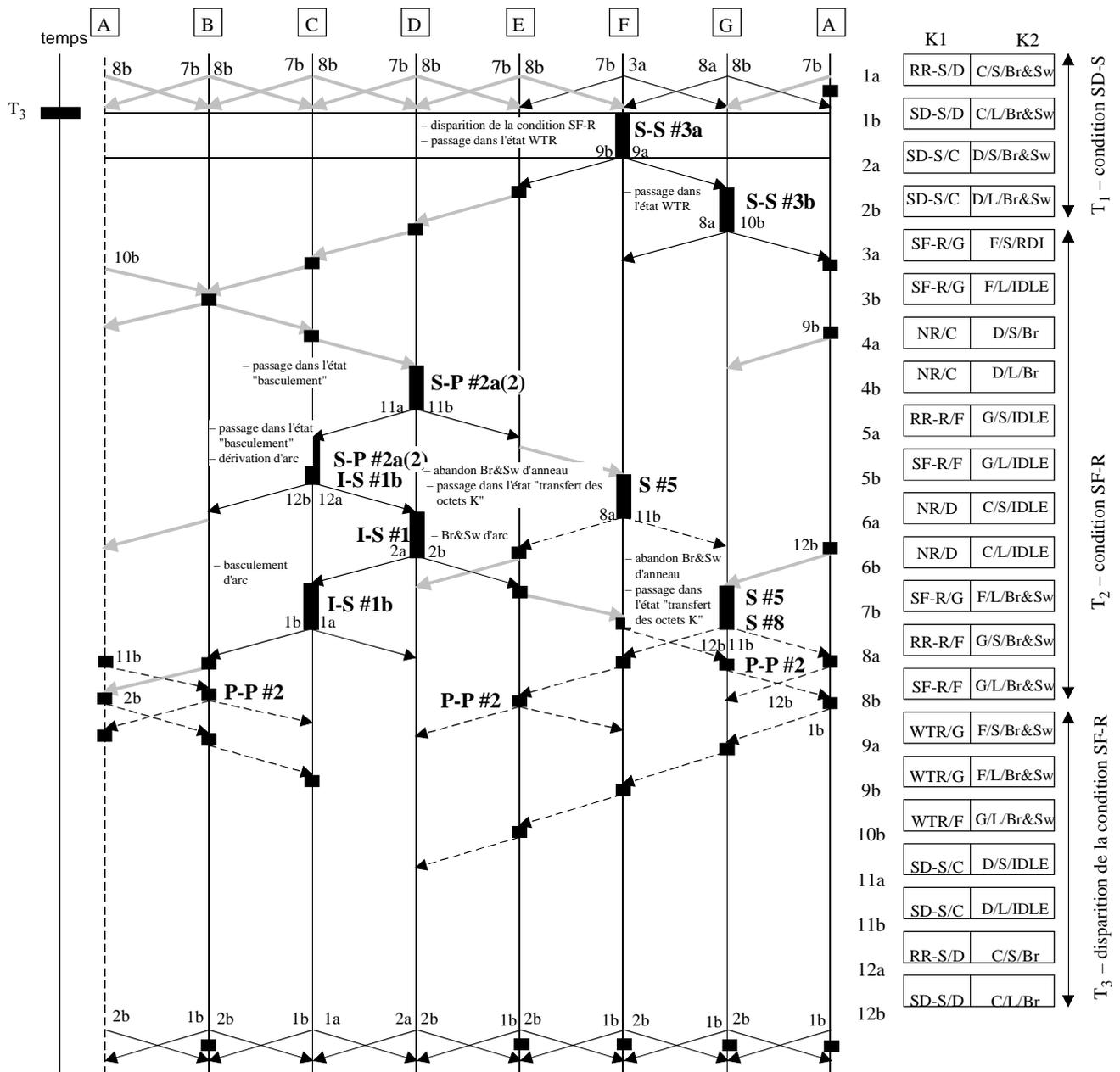
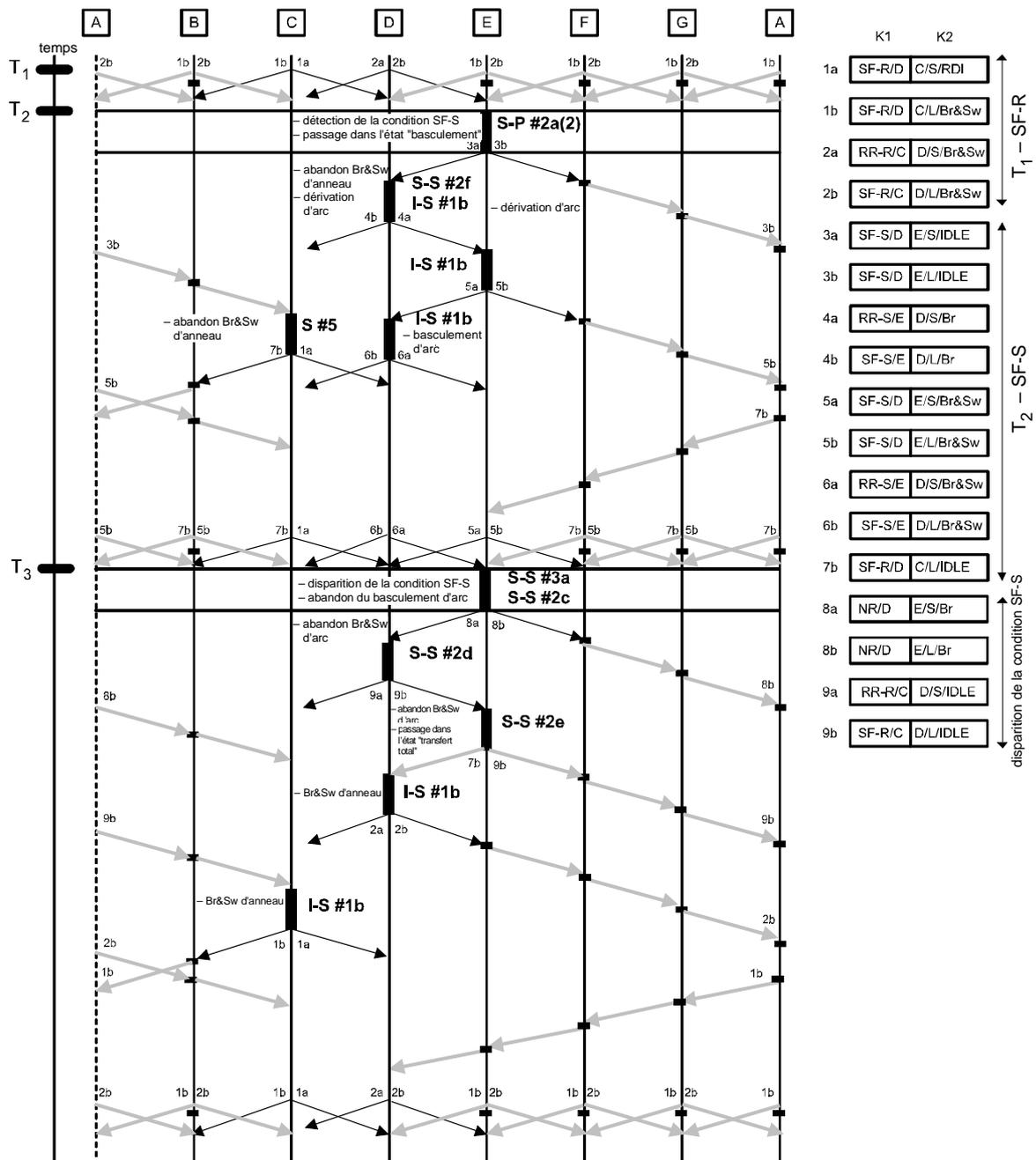
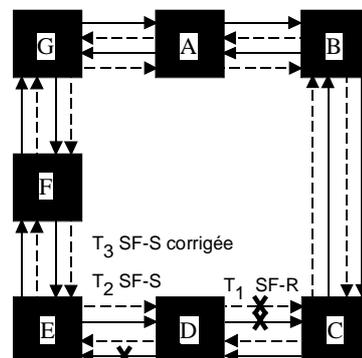


Figure I.6/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance SF-R unidirectionnelle avec préemption d'une dégradation SD-S unidirectionnelle sur des arcs non adjacents (fin)

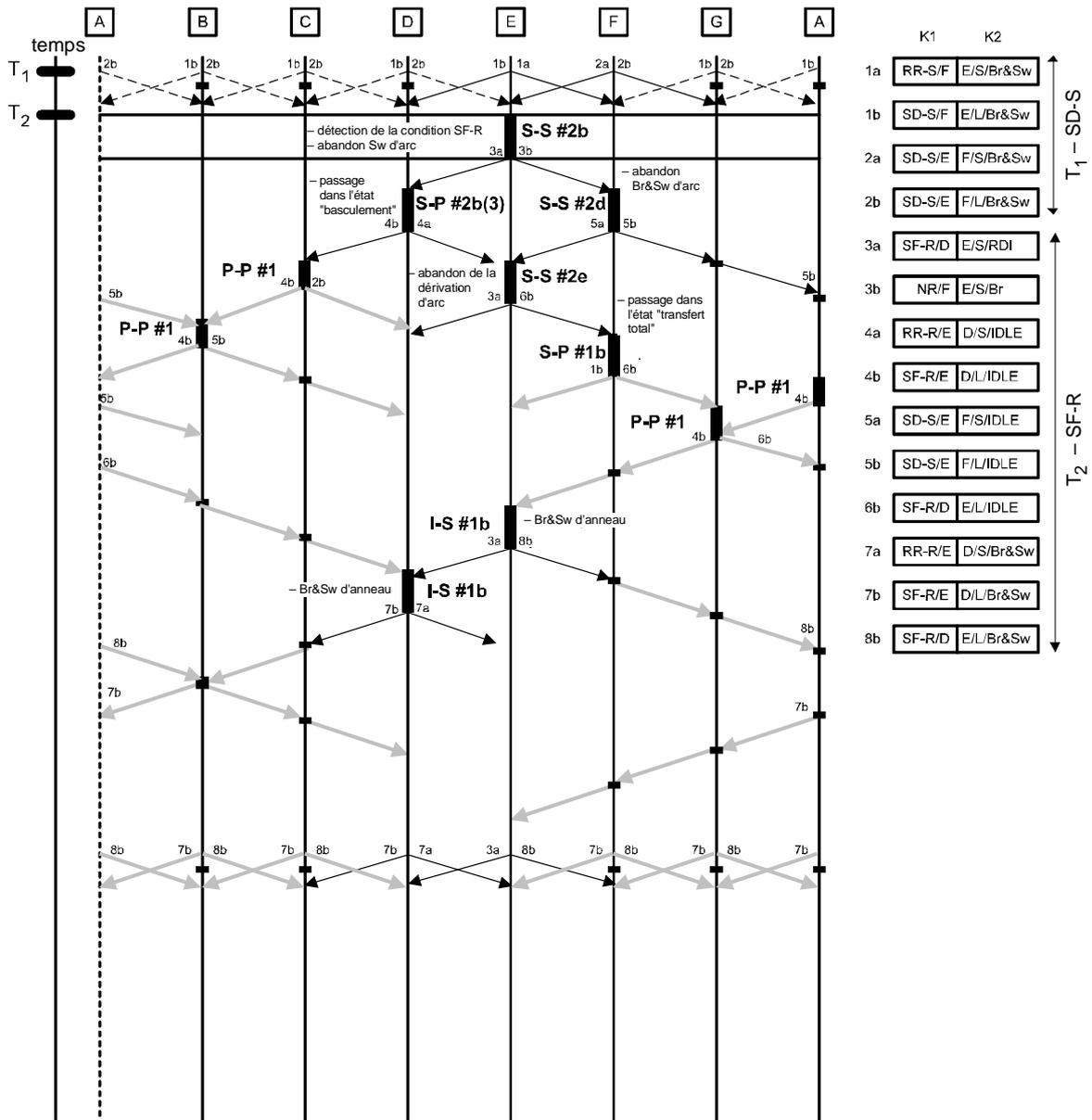


→ nœud émettant les octets K1 et K2
 → nœud à l'état de transfert total: octets K1, K2 et canaux de protection

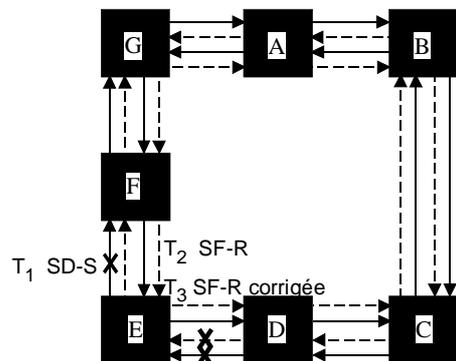


T1533950-99

Figure I.7/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance SF-S unidirectionnelle avec préemption d'une défaillance SF-R unidirectionnelle sur des arcs adjacents

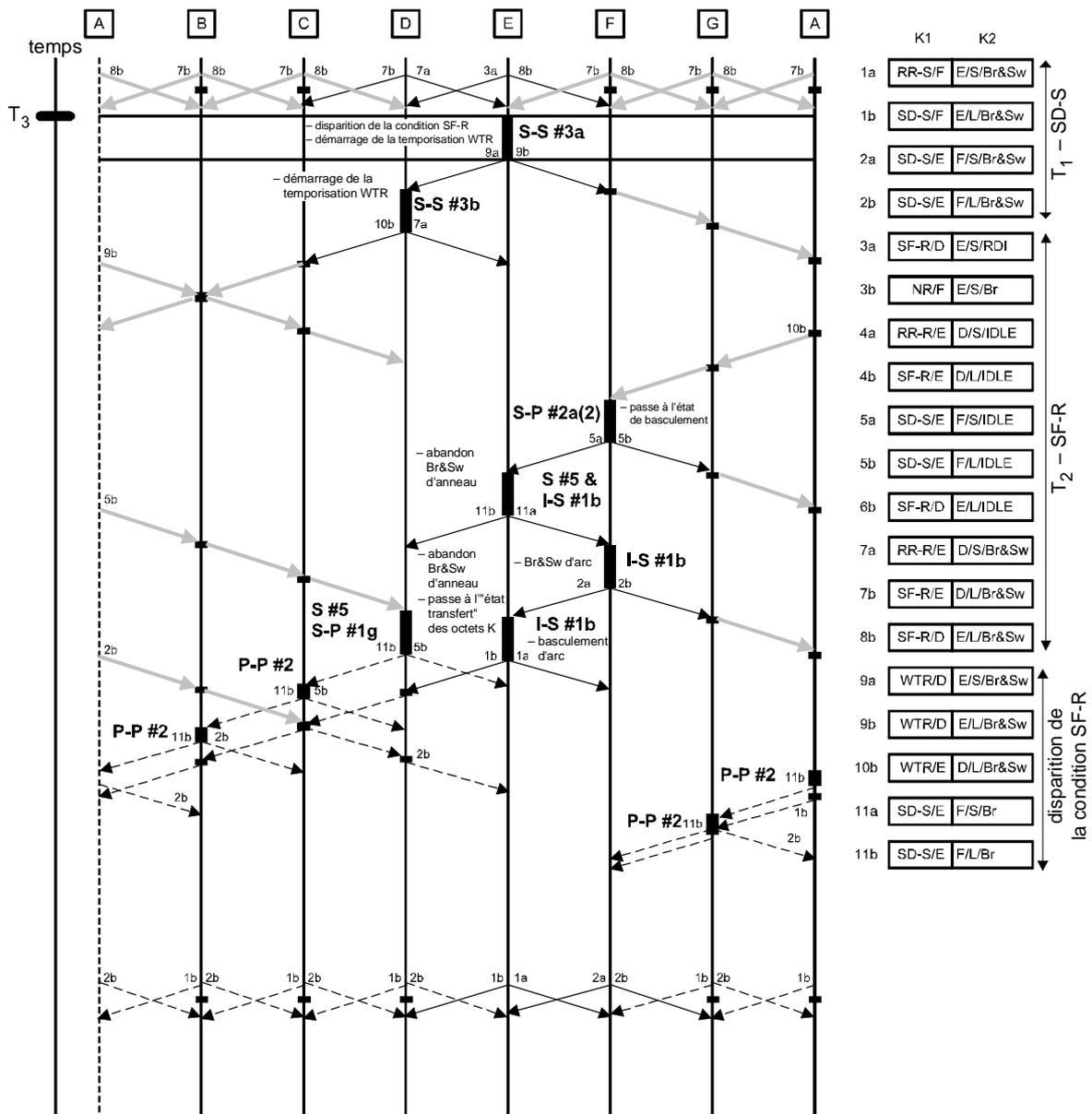


- nœud émettant les octets K1 et K2
- - - - - nœud à l'état de transfert des octets K
- nœud à l'état de transfert total: octets K1, K2 et canaux de protection

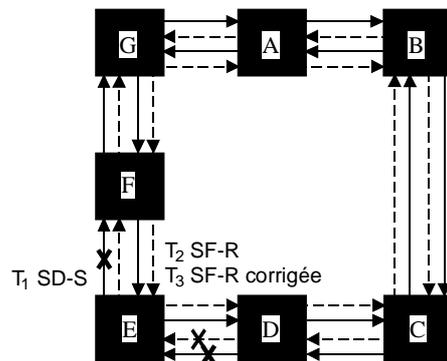


T1533960-99

Figure I.8/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance SF-R unidirectionnelle avec préemption d'une dégradation SD-S unidirectionnelle sur des arcs adjacents

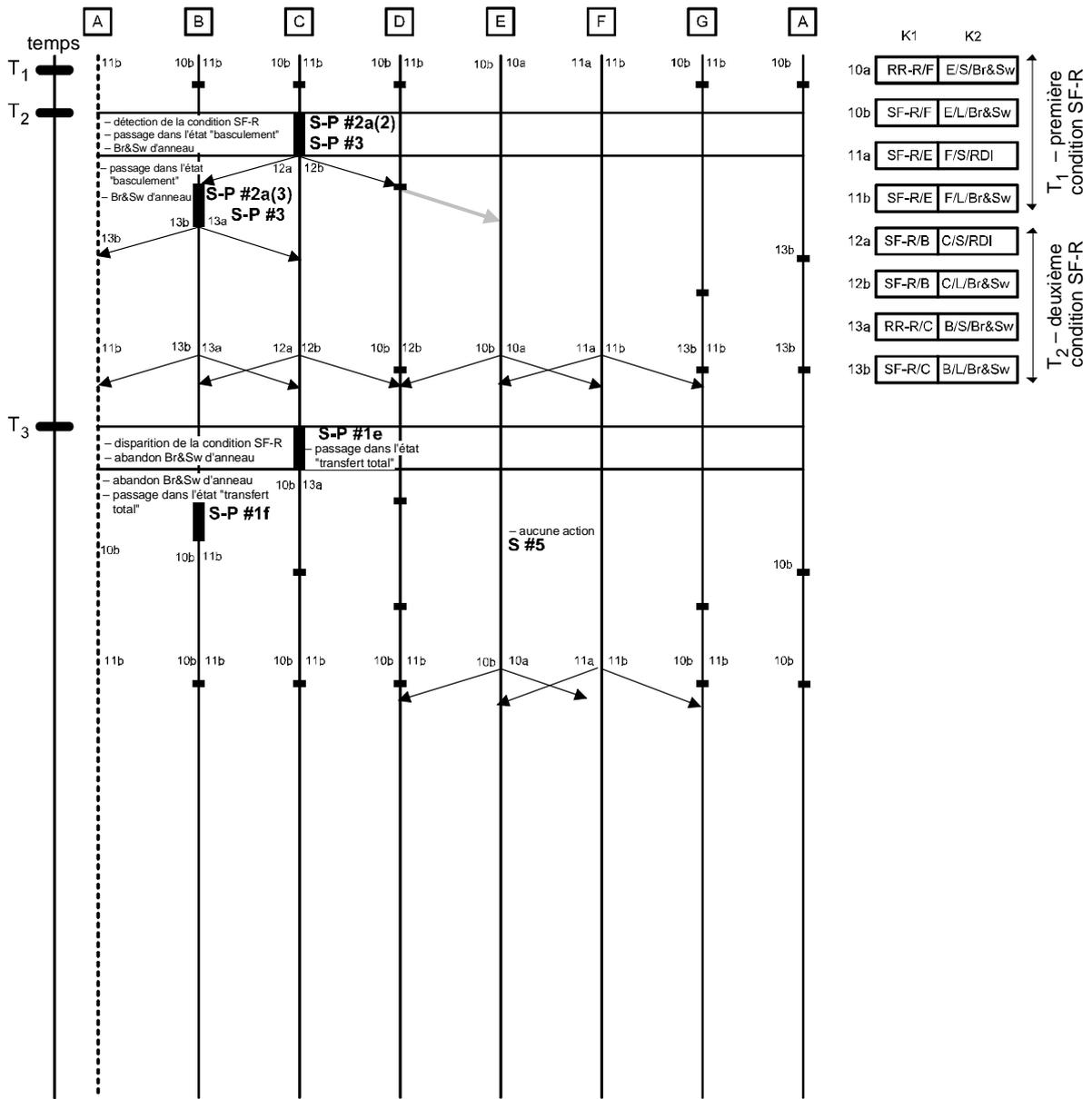


- nœud émettant les octets K1 et K2
- - - - - nœud à l'état de transfert des octets K
- nœud à l'état de transfert total: octets K1, K2 et canaux de protection

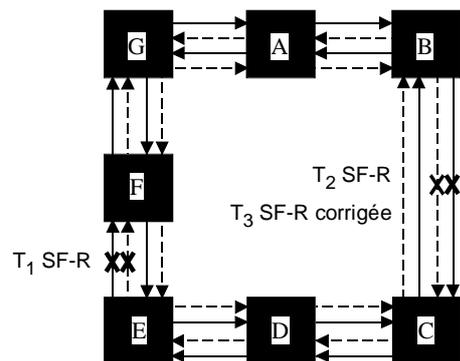


T1533970-99

Figure I.8/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance SF-R unidirectionnelle avec préemption d'une dégradation SD-S unidirectionnelle sur des arcs adjacents (*fin*)

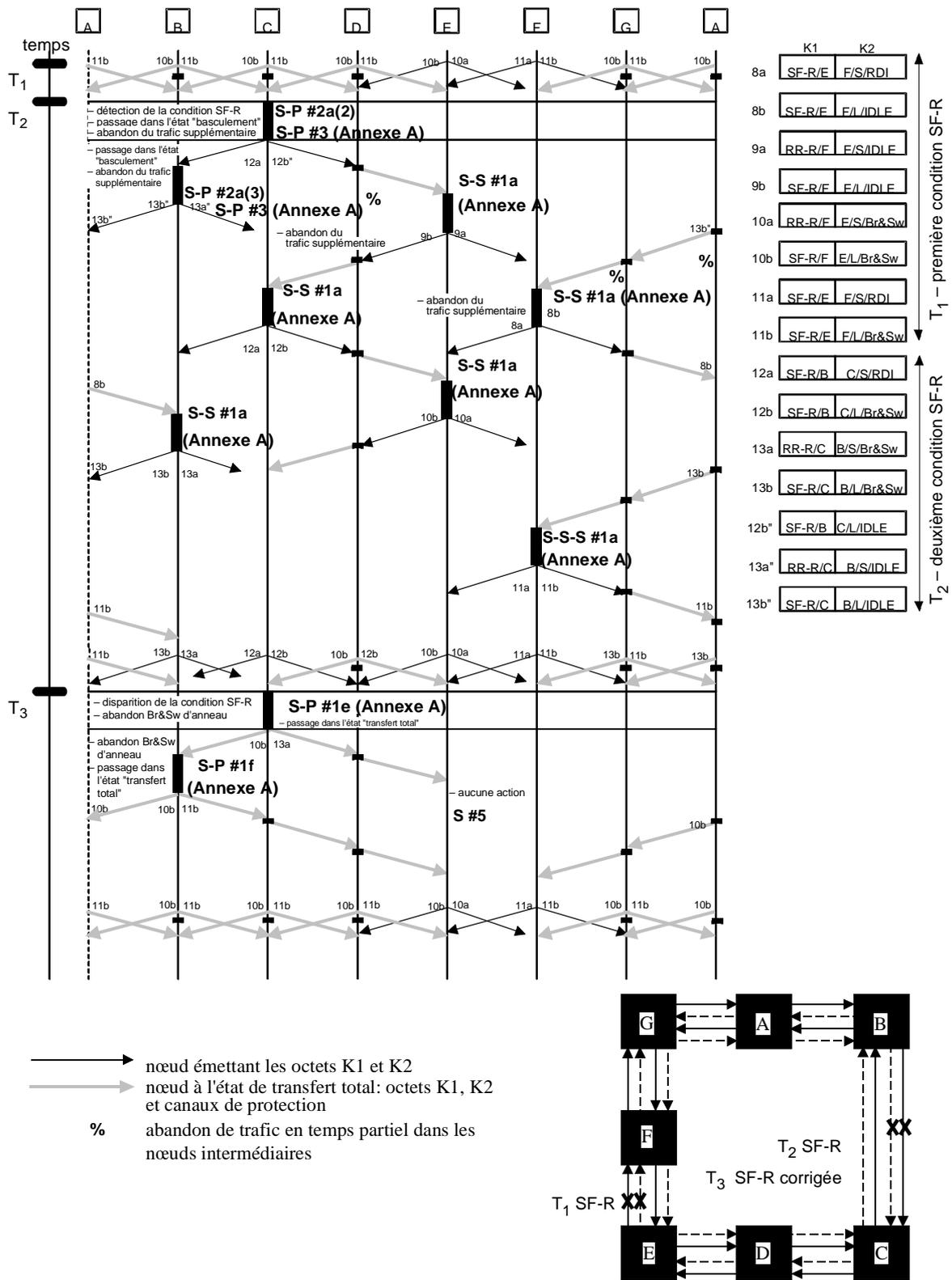


—> nœud émettant les octets K1 et K2
 —> nœud à l'état de transfert total: octets K1, K2 et canaux de protection



T1533980-99

Figure I.9/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance SF-R unidirectionnelle avec préemption d'une défaillance SF-R unidirectionnelle sur des arcs non adjacents



T1533990-99

Figure I.10/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance SF-R unidirectionnelle avec défaillance SF-R unidirectionnelle sur des arcs non adjacents (application transocéanique)

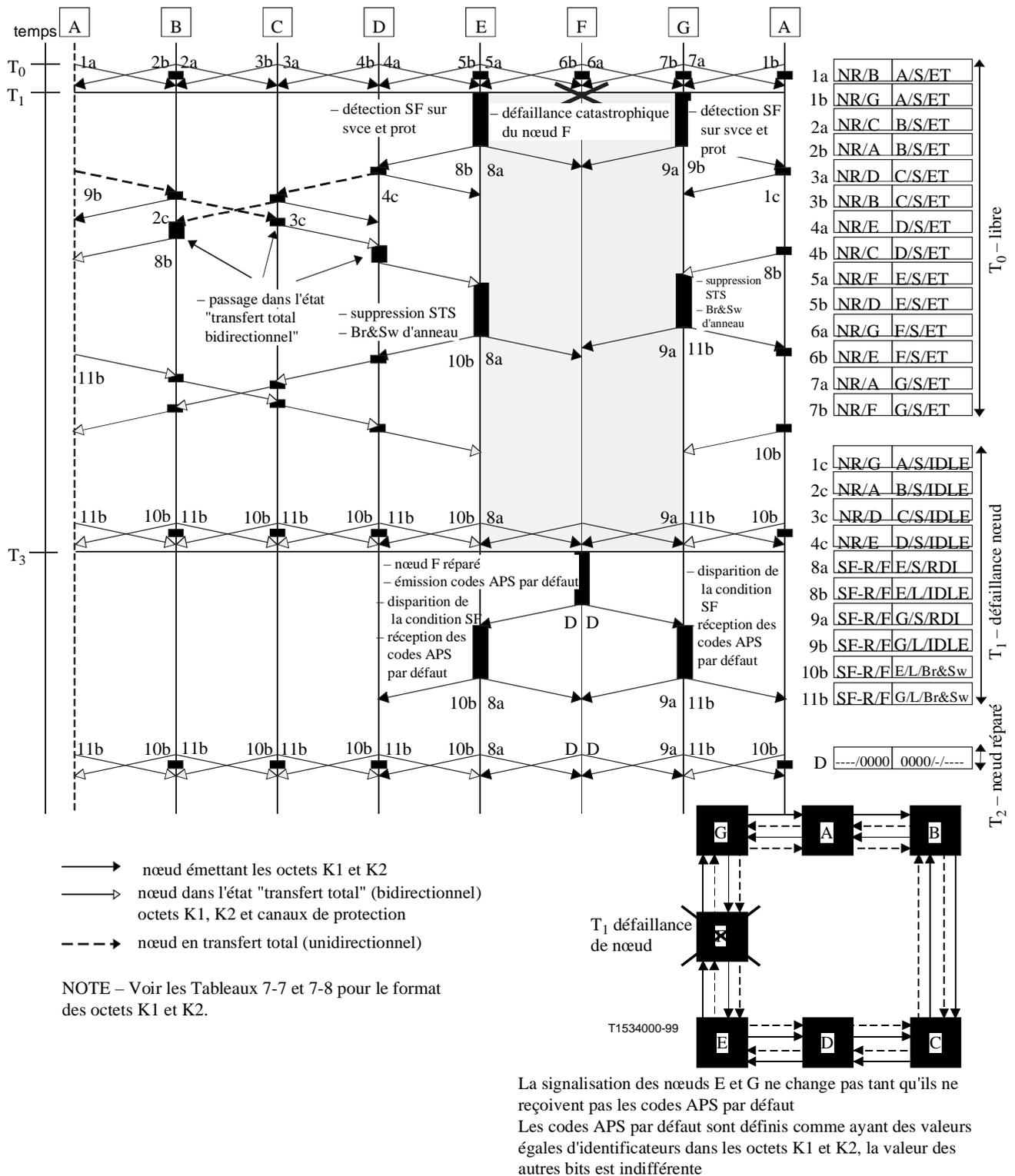


Figure I.11/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Défaillance de nœud sur un anneau en présence de trafic supplémentaire

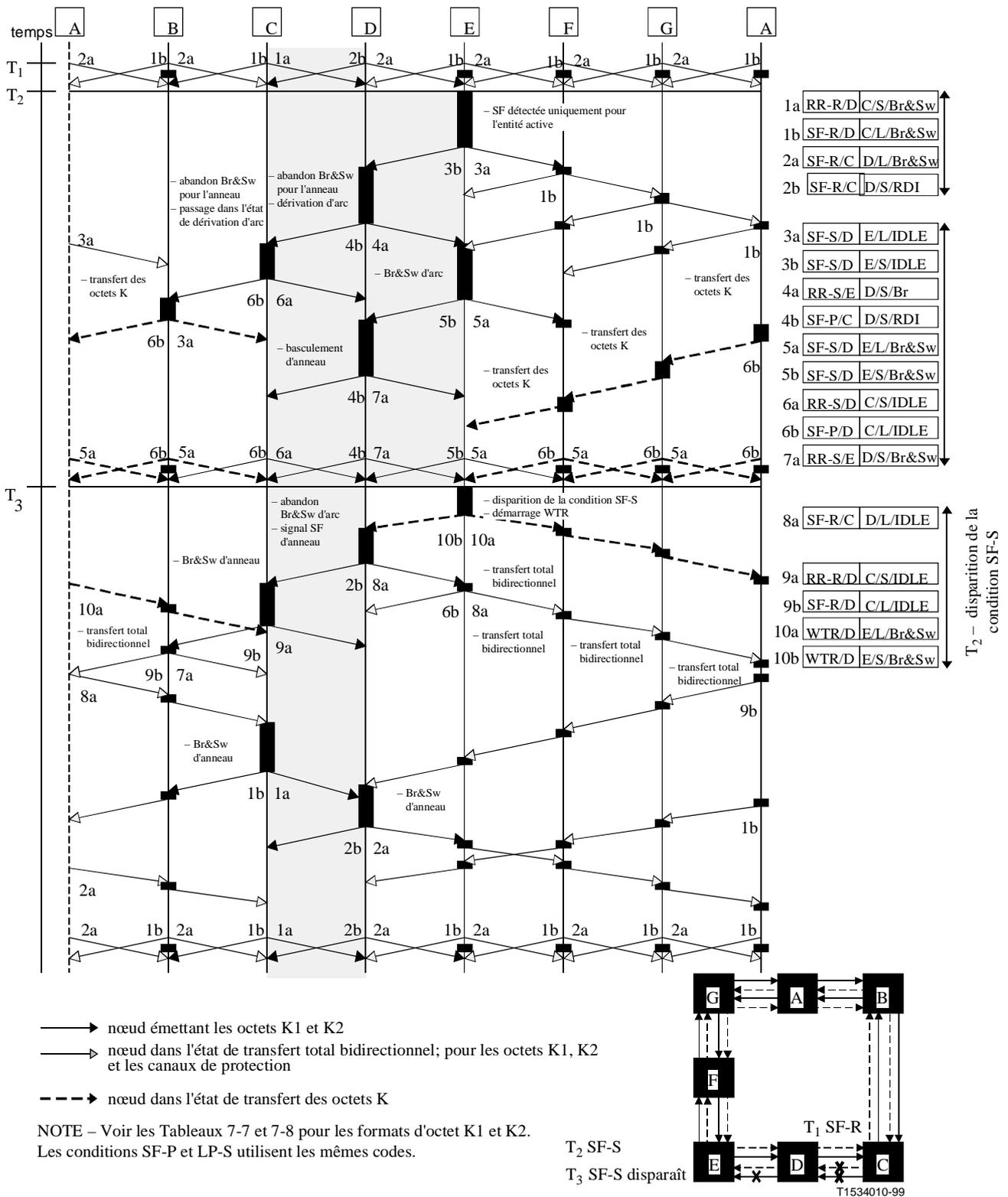


Figure I.12/G.841 – Anneau à quatre fibres avec protection partagée de section de multiplexage – Prémption par une condition SF-S unidirectionnelle d'une condition SF-R unidirectionnelle sur des arcs adjacents – SF-S et SF-R détectées sur des nœuds adjacents

APPENDICE II

Logique généralisée de suppression de signal

Le présent appendice décrit la logique généralisée de suppression de signal pour des circuits qui ne sont pas de nature bidirectionnelle simple. La logique généralisée de suppression de signal peut être déduite des règles de suppression de signal pour des circuits unidirectionnels à extraction multiple et pour des circuits unidirectionnels à sources multiples. Le basculement bidirectionnel et les protocoles de basculement de la protection partagée d'anneau de la section de multiplexage décrits dans d'autres parties de la présente Recommandation ne sont pas touchés par cette généralisation. L'extension de la logique de suppression de signal permet, d'un point de vue formel, de fournir une plus grande variété de services dans le contexte de la présente Recommandation.

Les prescriptions de suppression de signal du présent appendice seront analysées, pour plus de clarté, dans la perspective d'un observateur placé au niveau du nœud de basculement. Les figures se limiteront, pour plus de simplicité, à la représentation du nœud de basculement situé de l'un des côtés de la défaillance de nœud.

II.1 Suppression de signal pour des circuits unidirectionnels (et bidirectionnels)

Les deux règles suivantes sont nécessaires pour la suppression de signal simple pour des circuits unidirectionnels:

- 1) dans l'hypothèse où la défaillance est située dans la direction du circuit unidirectionnel par rapport au nœud de basculement, le signal sera supprimé sur le circuit (par insertion du signal AIS dans le canal de protection correspondant au circuit à partir du moment où il est dérivé dans la direction partant du point de défaillance) si et seulement si le scénario de défaillance du nœud inclut le nœud de sortie pour le circuit unidirectionnel. Voir la Figure II.1;
- 2) dans l'hypothèse où la défaillance est située dans la direction opposée à celle du circuit unidirectionnel par rapport au nœud de basculement, le signal sera supprimé sur le circuit (par insertion du signal AIS dans le canal actif) si et seulement si le scénario de défaillance du nœud inclut le nœud d'entrée pour le circuit unidirectionnel. Voir la Figure II.2.

Il convient de noter que la combinaison des deux règles fournit la règle actuelle pour la suppression de signal pour un circuit bidirectionnel au niveau du nœud de basculement si le circuit se termine au niveau d'un nœud défaillant. Voir la Figure II.3.

II.2 Suppression de signal pour des circuits unidirectionnels avec points d'extraction multiples ou sources multiples

II.2.1 Circuits unidirectionnels avec points d'extraction multiples

La Figure II.4 représente un circuit unidirectionnel avec points d'extraction multiples. D'un point de vue intuitif, la logique de suppression de signal permettra, en présence de défaillances, de fournir le circuit au plus grand nombre possible de points d'extraction. Les règles de suppression de signal correspondantes sont comparables à celles qui s'appliquent dans le cas de circuits unidirectionnels simples:

- 1) dans l'hypothèse où la défaillance est située dans la direction du circuit unidirectionnel avec points d'extraction multiples par rapport au nœud de basculement, le signal sera supprimé sur le circuit (par insertion du signal AIS dans le canal de protection correspondant au circuit à partir du moment où il est dérivé dans la direction partant du point de défaillance) si et

seulement si le scénario de défaillance du nœud inclut le nœud de sortie pour le circuit unidirectionnel avec points d'extraction multiples. Voir la Figure II.5;

- 2) dans l'hypothèse où la défaillance est située dans la direction opposée à celle du circuit unidirectionnel avec points d'extraction multiples par rapport au nœud de basculement, le signal sera supprimé sur le circuit (par insertion du signal AIS dans le canal actif) si et seulement si le scénario de défaillance du nœud inclut le nœud d'entrée pour le circuit unidirectionnel avec points d'extraction multiples. Voir la Figure II.6.

Une diffusion unidirectionnelle est traitée en ce qui concerne la suppression de signal comme deux circuits unidirectionnels indépendants.

II.2.2 Circuits unidirectionnels avec sources multiples

La Figure II.7 représente un circuit unidirectionnel avec sources multiples. L'analyse qui suit est indépendante de la source qui est effectivement transmise à destination du nœud d'extrémité ou de la manière dont cette décision est prise ou implémentée. L'objectif de la logique de suppression de signal est de fournir le circuit à destination du nœud d'extraction en présence de défaillances tant qu'il reste au moins une source. Les règles de suppression de signal correspondantes sont comparables à celles qui s'appliquent dans le cas de circuits unidirectionnels simples:

- 1) dans l'hypothèse où la défaillance est située dans la direction du circuit unidirectionnel avec sources multiples par rapport au nœud de basculement, le signal sera supprimé sur le circuit (par insertion du signal AIS dans le canal de protection correspondant au circuit à partir du moment où il est dérivé dans la direction partant du point de défaillance) si et seulement si le scénario de défaillance du nœud inclut le nœud de sortie pour le circuit unidirectionnel avec sources multiples. Voir la Figure II.8;
- 2) dans l'hypothèse où la défaillance est située dans la direction opposée à celle du circuit unidirectionnel avec sources multiples par rapport au nœud de basculement, le signal sera supprimé sur le circuit (par insertion du signal AIS dans le canal actif) si et seulement si le scénario de défaillance du nœud inclut le nœud d'entrée pour le circuit unidirectionnel avec sources multiples. Voir la Figure II.9.

II.2.3 Application à l'interfonctionnement d'anneau

Le circuit d'interfonctionnement bidirectionnel pour l'interfonctionnement d'anneau tel qu'il est décrit dans la Recommandation G.842 est un circuit avec extraction multiple en deux points (extraction et prolongation) dans l'une des directions et un circuit à sources multiples avec deux sources dans la direction opposée. La suppression de signal pour l'interfonctionnement d'anneau correspond exactement à la suppression de signal pour des circuits à extractions multiples et des circuits à sources multiples. D'une manière plus générale, les règles présentées ici sont des extensions du cas de circuits unidirectionnels avec des combinaisons d'extractions multiples, de sources multiples ou de diffusions multiples.

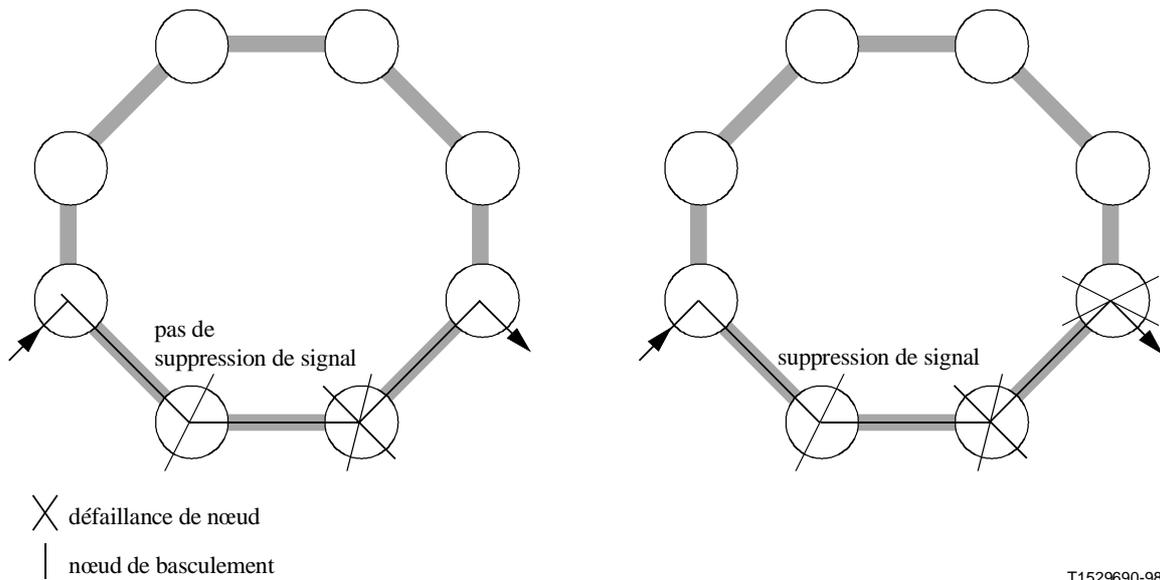


Figure II.1/G.841 – Exemple de suppression de signal pour un circuit unidirectionnel lorsque la défaillance se trouve dans la direction du circuit unidirectionnel

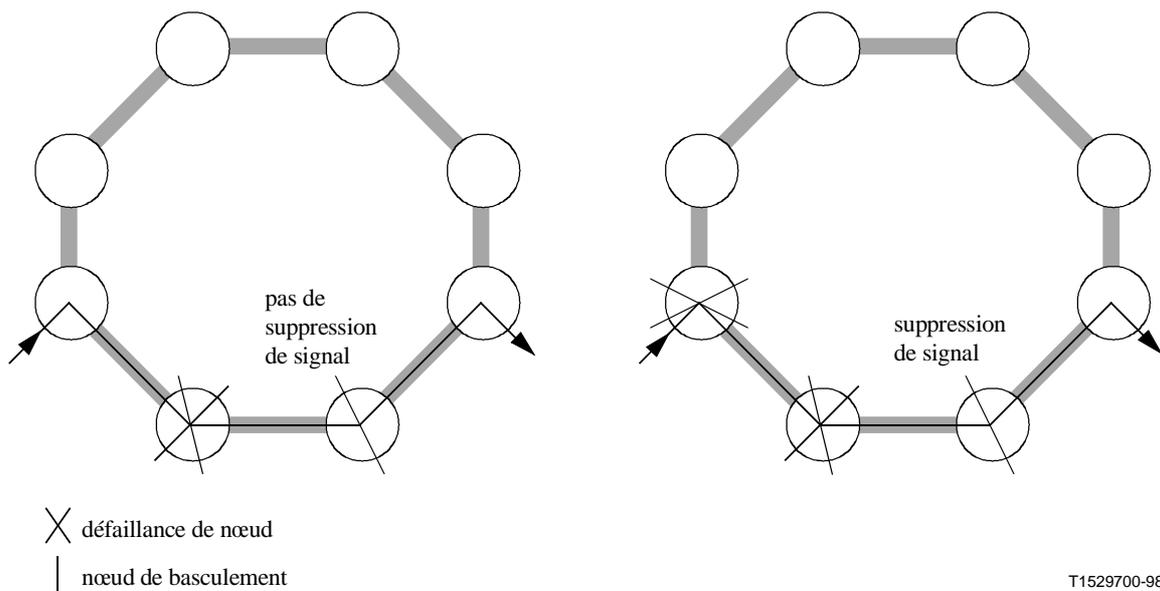
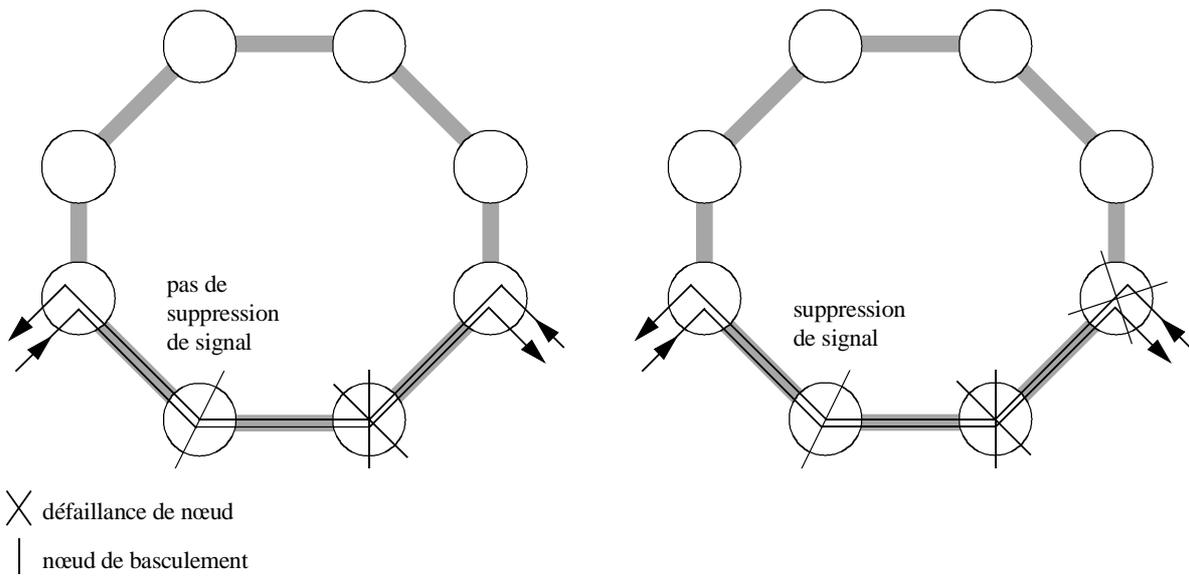


Figure II.2/G.841 – Exemple de suppression de signal pour un circuit unidirectionnel lorsque la défaillance se trouve dans la direction opposée à celle du circuit unidirectionnel



T1529710-98

Figure II.3/G.841 – Exemple de suppression de signal pour un circuit bidirectionnel

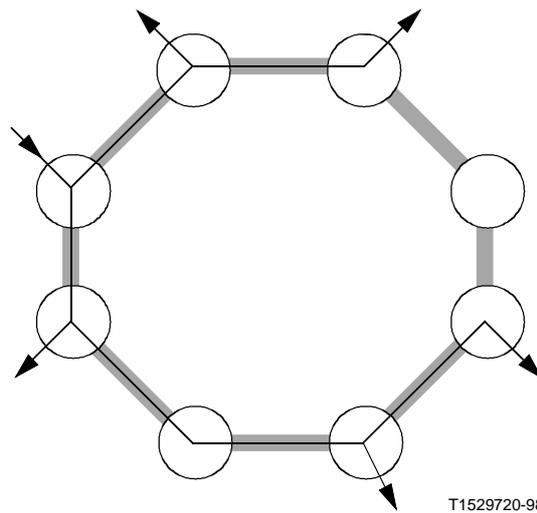


Figure II.4/G.841 – Exemple de circuit unidirectionnel avec extractions multiples

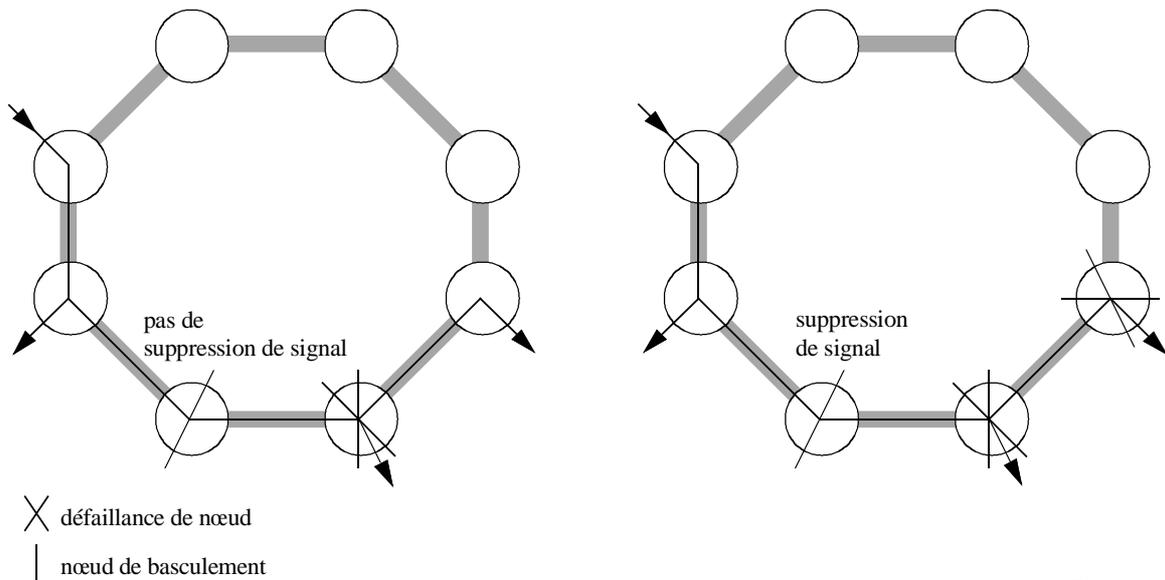


Figure II.5/G.841 – Exemple de suppression de signal pour un circuit avec extractions multiples lorsque la défaillance se trouve dans la direction du circuit unidirectionnel

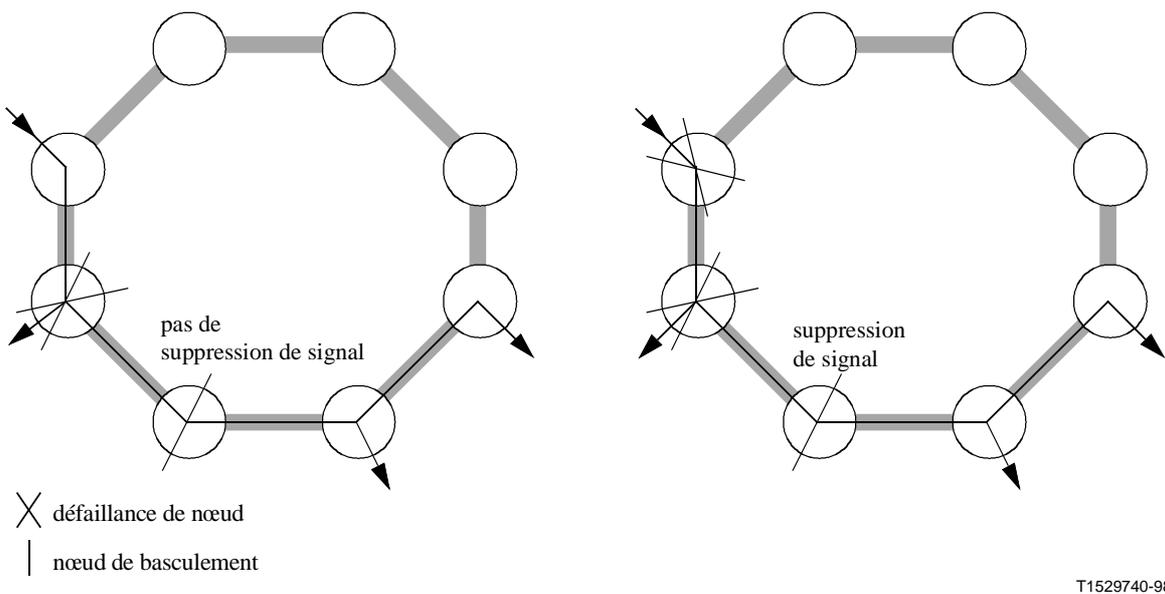
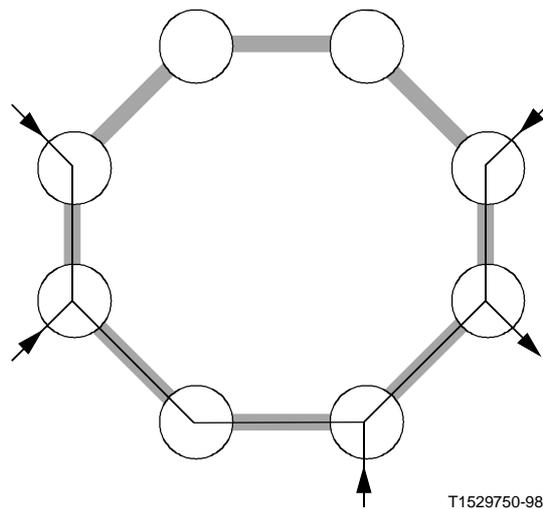
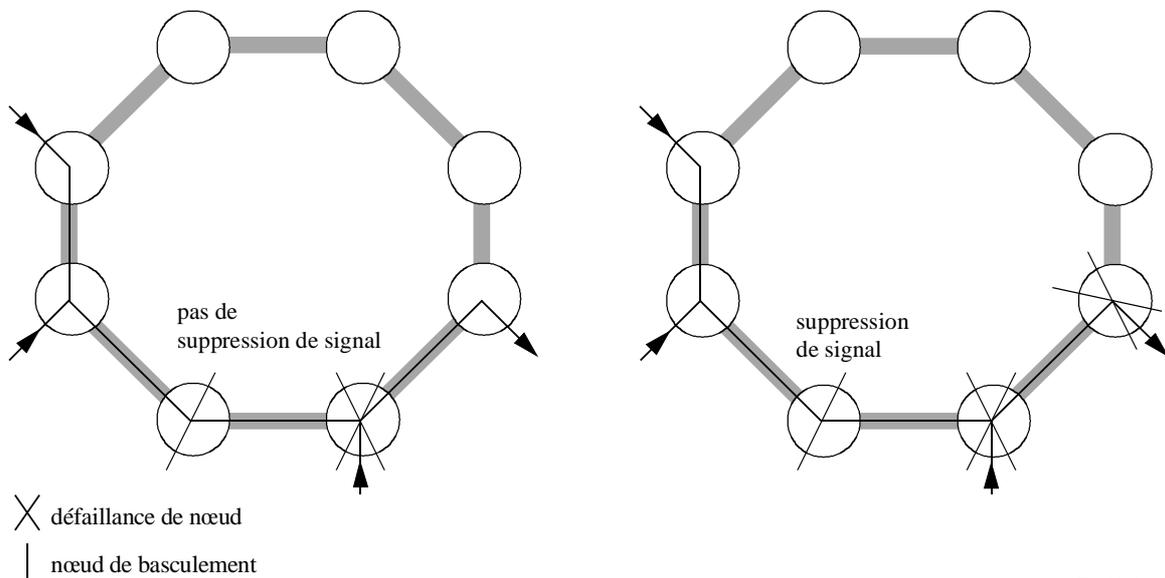


Figure II.6/G.841 – Exemple de suppression de signal pour un circuit avec extractions multiples lorsque la défaillance se trouve dans la direction opposée à celle du circuit unidirectionnel



T1529750-98

Figure II.7/G.841 – Exemple de circuit unidirectionnel avec sources multiples



T1529760-98

Figure II.8/G.841 – Exemple de suppression de signal pour un circuit avec sources multiples lorsque la défaillance se trouve dans la direction du circuit unidirectionnel

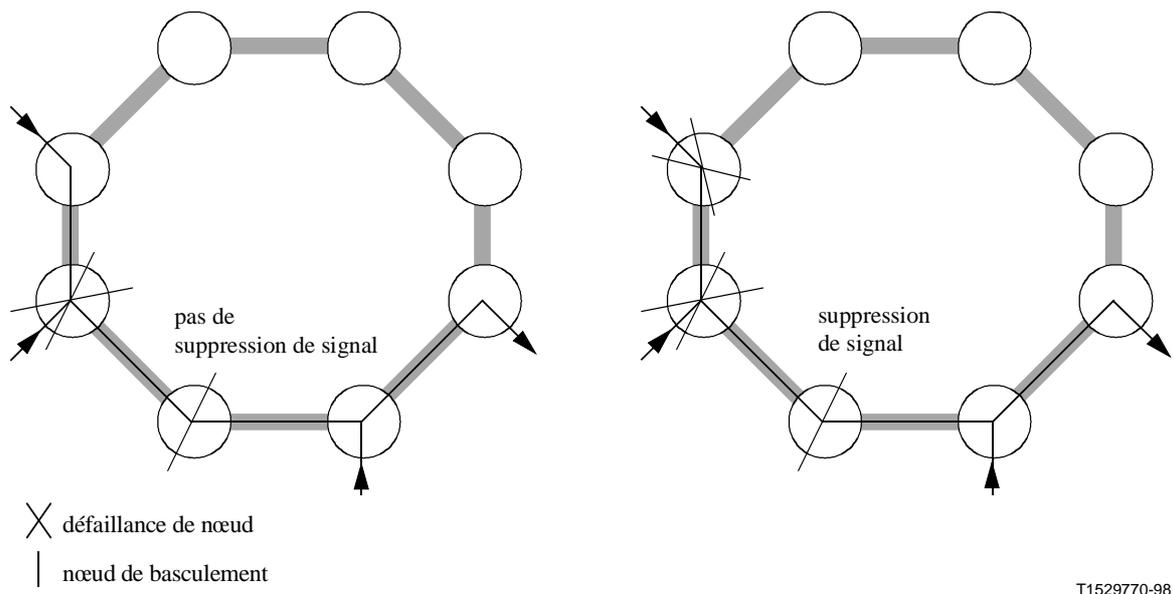


Figure II.9/G.841 – Exemple de suppression de signal pour un circuit avec sources multiples lorsque la défaillance se trouve dans la direction opposée à celle du circuit unidirectionnel

SERIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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