

# UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

# Y.2614

(08/2011)

SÉRIE Y: INFRASTRUCTURE MONDIALE DE  
L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET, RÉSEAUX  
DE PROCHAINE GÉNÉRATION, INTERNET DES  
OBJETS ET VILLES INTELLIGENTES

Réseaux de prochaine génération – Réseaux de  
transmission par paquets

---

**Fiabilité de réseau dans les réseaux publics de  
télécommunication pour les données en mode  
paquet**

Recommandation UIT-T Y.2614

## RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y

**INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET, RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION, INTERNET DES OBJETS ET VILLES INTELLIGENTES**

<b>INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION</b>	
Généralités	Y.100–Y.199
Services, applications et intergiciels	Y.200–Y.299
Aspects réseau	Y.300–Y.399
Interfaces et protocoles	Y.400–Y.499
Numérotage, adressage et dénomination	Y.500–Y.599
Gestion, exploitation et maintenance	Y.600–Y.699
Sécurité	Y.700–Y.799
Performances	Y.800–Y.899
<b>ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET</b>	
Généralités	Y.1000–Y.1099
Services et applications	Y.1100–Y.1199
Architecture, accès, capacités de réseau et gestion des ressources	Y.1200–Y.1299
Transport	Y.1300–Y.1399
Interfonctionnement	Y.1400–Y.1499
Qualité de service et performances de réseau	Y.1500–Y.1599
Signalisation	Y.1600–Y.1699
Gestion, exploitation et maintenance	Y.1700–Y.1799
Taxation	Y.1800–Y.1899
Télévision IP sur réseaux de prochaine génération	Y.1900–Y.1999
<b>RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION</b>	
Cadre général et modèles architecturaux fonctionnels	Y.2000–Y.2099
Qualité de service et performances	Y.2100–Y.2199
Aspects relatifs aux services: capacités et architecture des services	Y.2200–Y.2249
Aspects relatifs aux services: interopérabilité des services et réseaux dans les réseaux de prochaine génération	Y.2250–Y.2299
Améliorations concernant les réseaux de prochaine génération	Y.2300–Y.2399
Gestion de réseau	Y.2400–Y.2499
Architectures et protocoles de commande de réseau	Y.2500–Y.2599
<b>Réseaux de transmission par paquets</b>	<b>Y.2600–Y.2699</b>
Sécurité	Y.2700–Y.2799
Mobilité généralisée	Y.2800–Y.2899
Environnement ouvert de qualité opérateur	Y.2900–Y.2999
<b>RÉSEAUX FUTURS</b>	<b>Y.3000–Y.3499</b>
<b>INFORMATIQUE EN NUAGE</b>	<b>Y.3500–Y.3999</b>

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

## Recommandation UIT-T Y.2614

### Fiabilité de réseau dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet

#### Résumé

La Recommandation UIT-T Y.2614 définit les objectifs, l'architecture et les mécanismes relatifs à la fiabilité de réseau dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN), et décrit les mécanismes de protection de liaison, de protection de chemin, de détection de défaillance dans le réseau, de déclenchement de la commutation de protection et de coordination de la protection.

#### Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T Y.2614	2011-08-06	13	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11363">11.1002/1000/11363</a>

#### Mots clés

FPBN, protection de liaison, PTDN, fiabilité, protection de chemin.

---

\* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <http://handle.itu.int/> dans votre navigateur Web, suivi de l'identifiant unique, par exemple <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) 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.

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

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

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

## NOTE

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

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et on considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2019

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
1	Domaine d'application ..... 1
2	Références..... 1
3	Termes et définitions ..... 1
3.1	Termes définis ailleurs ..... 1
3.2	Termes définis dans la présente Recommandation ..... 2
4	Abréviations et acronymes ..... 3
5	Objectifs de fiabilité du réseau ..... 3
5.1	Temps de commutation ..... 3
5.2	Temps d'attente..... 3
5.3	Types de protection ..... 3
5.4	Types de commutation ..... 4
5.5	Types de fonctionnement ..... 4
5.6	Protection manuelle ..... 4
5.7	Critères de déclenchement de la commutation..... 4
6	Architecture de fiabilité du réseau ..... 4
6.1	Protection de liaison ..... 4
6.2	Protection de chemin ..... 5
6.3	Types de commutation ..... 6
6.4	Types de fonctionnement ..... 6
6.5	Mécanisme de détection de défaillance dans le réseau ..... 6
6.6	Mécanisme de déclenchement de la commutation de protection ..... 6
7	Protection de liaison ..... 7
8	Protection de chemin ..... 7
8.1	Modèle de routage à deux trajets..... 7
8.2	Modèle de routage par le trajet le plus court ..... 8
8.3	Modèle de routage alternatif..... 9
9	Mécanisme de coordination de la protection ..... 9
10	Considérations relatives à la sécurité..... 9
	Appendice I – Décomposition en oreilles ..... 10
	Bibliographie..... 11

## Introduction

La fiabilité de réseau dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN) est assurée au moyen de mécanismes de protection de liaison et de protection de chemin. Pour ces deux mécanismes, deux types de protection, à savoir 1:1 et 1:n, sont pris en considération. Pour le mécanisme de protection de chemin, trois modèles de routage peuvent être mis en œuvre.

Ainsi, trois modèles de routage – modèle de routage à deux trajets, modèle de routage selon le trajet le plus court et modèle de routage alternatif – peuvent être utilisés pour mettre en œuvre la protection de chemin dans un réseau PTDN.

- Le modèle de routage à deux trajets précalcule deux trajets distincts sur la base de la décomposition en oreilles, pour assurer une protection 1:1, du nœud d'origine au nœud de destination, en fonction de la topologie du réseau et des informations sur les ressources. Ces deux trajets sont le trajet en service et le trajet de protection.
- Utilisés ensemble, le modèle de routage selon le trajet le plus court et le modèle de routage alternatif assurent une protection 1:n.
- Utilisé seul, le modèle de routage alternatif peut assurer une protection 1:n. Il peut calculer plusieurs trajets, l'un d'eux étant le trajet en service et les autres des trajets de protection.

# Recommandation UIT-T Y.2614

## Fiabilité de réseau dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet

### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation définit les objectifs, l'architecture et les mécanismes relatifs à la fiabilité de réseau dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN), et décrit les mécanismes de protection de liaison, de protection de chemin, de détection de défaillance dans le réseau, de déclenchement de la commutation de protection et de coordination de la protection.

### 2 Références

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. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [UIT-T Y.2601]      Recommandation UIT-T Y.2601 (2006), *Caractéristiques fondamentales et spécifications des futurs réseaux de transmission par paquets.*
- [UIT-T Y.2611]      Recommandation UIT-T Y.2611 (2006), *Architecture de haut niveau des futurs réseaux de transmission par paquets.*
- [UIT-T Y.2612]      Recommandation UIT-T Y.2612 (2009), *Exigences génériques et cadre concernant l'adressage, le routage et le renvoi dans les futurs réseaux en mode paquet.*
- [UIT-T Y.2613]      Recommandation UIT-T Y.2613 (2010), *Architecture technique générale du réseau public de télécommunication pour les données en mode paquet.*

### 3 Termes et définitions

#### 3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

**3.1.1 commutation de protection bidirectionnelle** [b-UIT-T I.630]: architecture de commutation de protection dans laquelle, pour une défaillance unidirectionnelle, les deux sens (du "chemin", de la "connexion de sous-réseau", etc.), à savoir le sens affecté et le sens non affecté, font l'objet d'une commutation de protection.

**3.1.2 temps d'attente** [b-UIT-T G.870]: durée qui s'écoule entre la déclaration d'une dégradation du signal ou d'une défaillance de signal (SF) et l'initialisation de l'algorithme de commutation de protection.

**3.1.3 protection manuelle** [b-UIT-T M.2102]: lancement de rétablissement par commutation forcée ou manuelle sur chemin de secours et retour à la configuration initiale par commutation forcée ou manuelle sur (service) normal.

**3.1.4 fonctionnement (de protection) irréversible** [b-UIT-T G.870]: fonctionnement de commutation de protection dans lequel le transport et la sélection du signal de trafic normal ne reviennent pas à l'entité de transport en service si les requêtes de commutation sont terminées.

**3.1.5 commutation de protection** [b-UIT-T I.630]: technique de survivabilité de réseau associée à une politique d'attribution de ressources de protection dédiées.

**3.1.6 réseau public de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN)** [UIT-T Y.2613]: réseau de données en mode paquet conçu pour la strate de transport NGN, devant être sécurisé, fiable, contrôlable et gérable, et respectant toutes les exigences décrites dans la Recommandation [UIT-T Y.2601]. Un réseau PTDN est un réseau hiérarchique pouvant être subdivisé en plusieurs couches réseau.

**3.1.7 fonctionnement (de protection) réversible** [UIT-T G.870]: fonctionnement de commutation de protection dans lequel le transport et la sélection du signal de trafic normal (service) reviennent (ou restent) au niveau de l'entité de transport en service si les requêtes de commutation sont terminées; c'est-à-dire lorsque l'entité de transport en service s'est rétablie après le dérangement ou lorsque la requête externe est relevée.

**3.1.8 temps de commutation** [UIT-T G.870]: durée s'écoulant entre l'initialisation de l'algorithme de commutation de protection et le moment où le trafic est extrait de l'entité de transport en réserve.

**3.1.9 protection de chemin** [UIT-T G.780]: le trafic normal est acheminé sur un chemin de protection ou sélectionné à partir d'un chemin de protection à la place d'un chemin en service en cas de défaillance de ce dernier ou si sa performance devient inférieure à un niveau prescrit.

**3.1.10 commutation de protection unidirectionnelle** [UIT-T I.630]: architecture de commutation de protection dans laquelle, pour une défaillance unidirectionnelle (c'est-à-dire une défaillance affectant un seul sens de transmission), seul le sens affecté (du chemin, de la connexion de sous-réseau, etc.) fait l'objet d'une commutation de protection.

## **3.2 Termes définis dans la présente Recommandation**

La présente Recommandation définit les termes suivants:

**3.2.1 protection 1:1**: mécanisme de protection pour lequel le trafic est transmis soit sur le trajet en service, soit sur le trajet de protection.

**3.2.2 modèle de routage alternatif**: modèle de routage fournissant plusieurs trajets entre un nœud d'origine et un nœud de destination de réseau public de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN).

NOTE – Ces trajets ne sont pas obligatoirement déterministes et uniques. Dans ce modèle, le trajet d'émission et le trajet de réception ne sont pas nécessairement composés des mêmes nœuds et liaisons.

**3.2.3 modèle de routage à deux trajets**: modèle de routage fournissant deux trajets totalement distincts entre un nœud d'origine et un nœud de destination de réseau public de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN).

NOTE – Les deux trajets ne sont pas nécessairement les trajets les plus courts.

**3.2.4 protection de liaison**: mécanisme de protection point à point.

NOTE – La commutation de protection et le reroutage ne devraient pas être déclenchés au niveau de la couche réseau sauf en cas de défaillance de la protection de liaison.

**3.2.5 modèle de routage par le trajet le plus court**: modèle de routage fournissant un trajet déterministe et unique, qui est le trajet le plus court depuis un nœud d'origine jusqu'à un nœud de destination de réseau public de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN).

NOTE – Dans ce modèle, le trajet depuis le nœud d'origine jusqu'au nœud de destination est le même que le trajet depuis le nœud de destination jusqu'au nœud d'origine.

## 4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

IP	protocole Internet ( <i>Internet protocol</i> )
OAM	exploitation, administration et maintenance ( <i>operations, administration and maintenance</i> )
PTDN	réseau public de télécommunication pour les données en mode paquet ( <i>public packet telecommunication data network</i> )
QoS	qualité de service ( <i>quality of service</i> )
SDH	hiérarchie numérique synchrone ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## 5 Objectifs de fiabilité du réseau

Le présent paragraphe décrit les objectifs de fiabilité de réseau pour un réseau PTDN.

### 5.1 Temps de commutation

Conformément aux modèles de routage pris en charge dans un réseau PTDN, le trafic de service peut être commuté du trajet en service vers un trajet de protection en cas de défaillance d'une liaison ou d'un nœud. Le temps de commutation se compose de deux parties: le temps mis par un nœud pour recevoir le message de notification de défaillance dans le réseau envoyé par le nœud le plus proche du point de défaillance et le temps mis pour la commutation de protection du trajet en service vers le trajet de protection.

Dans un réseau PTDN, le temps de commutation ne devrait pas dépasser 50 ms.

### 5.2 Temps d'attente

Le réseau PTDN est un réseau en couches. Un mécanisme de protection est prévu dans chaque couche. Il faut donc tenir compte de la coordination de la protection entre les couches, afin d'éviter des commutations de protection dans un sens puis dans l'autre. Le temps d'attente est utile en cas d'interfonctionnement de plusieurs mécanismes de protection. Une temporisation d'attente est déclenchée lorsqu'une condition de dérangement est déclarée, et la durée de la temporisation peut être configurée. Lorsque la temporisation d'attente expire, la commutation de protection est déclenchée si la condition de dérangement est toujours présente à ce moment. Il convient de noter qu'une condition de dérangement ne doit pas nécessairement être présente pendant toute la durée du temps d'attente; seul importe l'état au moment de l'expiration de la temporisation d'attente.

Dans un réseau PTDN, le temps d'attente devrait être plus long que le temps de commutation dans la couche réseau inférieure.

### 5.3 Types de protection

Il existe deux types de protection, à savoir 1:1 et 1:n. Le trafic de service est transmis soit sur le trajet en service, soit sur le trajet de protection. Pour le type de protection 1:1, il existe deux trajets distincts entre le nœud d'origine et le nœud de destination, à savoir le trajet en service et le trajet de protection. Pour le type de protection 1:n, il existe 1+ n trajets entre le nœud d'origine et le nœud de destination, l'un d'eux étant le trajet en service et les n autres trajets étant des trajets de protection.

Dans un réseau PTDN, le type de protection 1:1 et le type de protection 1:n pour la protection de chemin sont recommandés.

## **5.4 Types de commutation**

Il existe deux types de commutation, la commutation unidirectionnelle et la commutation bidirectionnelle. Pour la commutation unidirectionnelle, le trajet d'émission du trafic et le trajet de réception sont différents, de sorte que seul le trajet affecté fait l'objet d'une commutation. Pour la commutation bidirectionnelle, le trajet d'émission du trafic et le trajet de réception sont généralement les mêmes, de sorte que les deux trajets peuvent faire l'objet d'une commutation.

Dans un réseau PTDN, il est recommandé de prévoir la commutation de protection unidirectionnelle et la commutation de protection bidirectionnelle.

## **5.5 Types de fonctionnement**

Il existe deux types de fonctionnement de protection, le fonctionnement irréversible et le fonctionnement réversible. Pour un fonctionnement irréversible, le service ne reviendra pas sur le trajet en service lorsque celui-ci sera rétabli. Le service ne reviendra sur le trajet en service qu'en cas de défaillance du trajet de protection actuel. Pour un fonctionnement réversible, le service reviendra toujours sur le trajet en service si celui-ci est rétabli.

Dans un réseau PTDN, il convient de prévoir les deux types de fonctionnement, réversible et irréversible.

## **5.6 Protection manuelle**

Dans un réseau PTDN, la commutation de protection automatique et la commutation de protection manuelle sont prises en charge. L'opérateur peut effectuer une commutation de protection manuelle, celle-ci étant généralement prioritaire par rapport à la commutation de protection automatique.

## **5.7 Critères de déclenchement de la commutation**

Dans un réseau PTDN, les critères de déclenchement de la commutation de protection suivants sont pris en charge:

- commandes déclenchées de l'extérieur (par exemple en cas de contrôle manuel);
- une défaillance de liaison ou de nœud se produit sur le trajet en service, le trajet de protection est prêt et la temporisation d'attente a expiré;
- le trajet en service est rétabli, pour un fonctionnement réversible.

## **6 Architecture de fiabilité du réseau**

Dans un réseau PTDN, la protection de liaison et la protection de chemin sont requises, comme suit:

- la protection 1:1 et la protection de chemin 1:n doivent être prévues;
- les types de commutation unidirectionnelle et bidirectionnelle doivent être pris en charge; et
- les types de fonctionnement réversible et irréversible doivent être pris en charge.

### **6.1 Protection de liaison**

Un mécanisme de protection est prévu dans chaque couche d'un réseau PTDN qui comprend plusieurs couches. La protection de liaison fonctionne sur la couche liaison. C'est un mécanisme de protection point à point. La commutation de protection et le reroutage ne devraient pas être déclenchés au niveau de la couche réseau sauf en cas de défaillance de la protection de liaison.

L'architecture de la protection de liaison est illustrée dans la Figure 6-1.



Pour le type de protection 1:n, il existe deux solutions:

- 1) On utilise ensemble le modèle de routage par le trajet le plus court et le modèle de routage alternatif, le modèle de routage par le trajet le plus court fournissant un trajet en service et le modèle de routage alternatif fournissant un trajet de protection.
- 2) On utilise le modèle de routage alternatif pour calculer plusieurs trajets, l'un d'eux étant le trajet en service et les autres des trajets de protection.

Des paquets d'essai consécutifs sont utilisés pour détecter les dérangements sur le trajet en service ou sur un trajet de protection. Ils sont insérés à l'extrémité d'origine du chemin de protection et détectés à l'extrémité de destination du chemin de protection.

### **6.3 Types de commutation**

La commutation de protection peut être de type unidirectionnel ou bidirectionnel.

Dans un réseau PTDN, le trajet d'émission et le trajet de réception sont généralement les mêmes, si la route est calculée sur la base du modèle de routage par le trajet le plus court ou du modèle de routage à deux trajets. Dans ces deux cas, on utilise une commutation bidirectionnelle. En revanche, le trajet d'émission et le trajet de réception peuvent être différents si la route est calculée sur la base d'un modèle de routage alternatif. Dans ce cas, on utilise une commutation unidirectionnelle.

### **6.4 Types de fonctionnement**

Le fonctionnement de protection peut être de type irréversible ou réversible.

Pour un fonctionnement irréversible, après la commutation de protection du trajet en service vers le trajet de protection, le trafic de service ne reviendra pas sur le trajet en service lorsque celui-ci sera rétabli. Le service ne reviendra sur le trajet en service que si une défaillance du trajet de protection actuel se produit et que le trajet en service est rétabli.

Pour un fonctionnement réversible, le service reviendra toujours sur le trajet en service si celui-ci est rétabli. Dans un réseau PTDN, le type de fonctionnement réversible est recommandé.

### **6.5 Mécanisme de détection de défaillance dans le réseau**

Dans un réseau PTDN, il existe deux mécanismes de détection de défaillance dans le réseau. L'un est le mécanisme de détection de défaillance de liaison. Il fonctionne au niveau de la couche liaison et détecte en temps réel l'état d'une liaison en transmettant périodiquement des trames de maintenance de liaison. L'autre est le mécanisme de détection de défaillance de chemin. Il fonctionne au niveau de la couche réseau et détecte en temps réel la connectivité de bout en bout en transmettant périodiquement des paquets OAM.

### **6.6 Mécanisme de déclenchement de la commutation de protection**

Une commutation de protection devrait intervenir:

- 1) lorsqu'elle est déclenchée par une commande de l'opérateur (par exemple commutation manuelle, commutation forcée) en l'absence de toute demande de commutation de priorité supérieure;
- 2) lorsqu'une défaillance de signal est déclarée sur le trajet en service, mais pas sur le trajet de protection, et que la temporisation d'attente a expiré; ou
- 3) lorsque la temporisation d'attente de rétablissement expire (mode réversible) sans qu'aucune défaillance de signal soit déclarée sur le trajet en service.

## **7 Protection de liaison**

Dans un réseau PTDN, deux nœuds peuvent être connectés par plusieurs liaisons physiques pour améliorer la bande passante et la fiabilité entre eux. Les différentes liaisons physiques devraient être regroupées comme une seule liaison logique lors du calcul de la route, et le trafic de service devrait être réparti entre les différentes liaisons physiques en fonction de la bande passante des liaisons. En cas de défaillance d'une ou de plusieurs liaisons de l'agrégation, le trafic de service acheminé par la ou les liaisons défaillantes devrait être transféré vers d'autres liaisons disponibles, sans être commuté du trajet en service vers le trajet de protection, sauf en cas de défaillance de la protection de liaison.

Dans un réseau PTDN, une défaillance de la protection de liaison se produit lorsque:

- 1) toutes les liaisons physiques agrégées tombent en panne;
- 2) la capacité des liaisons restantes ne permet pas de répondre aux exigences du trafic lorsqu'une ou plusieurs liaisons agrégées tombent en panne.

En cas de défaillance de la protection de liaison, on appliquera un mécanisme de protection de chemin.

## **8 Protection de chemin**

Pour mettre en œuvre la protection de chemin dans un réseau PTDN, on utilise trois modèles de routage. Ce sont le modèle de routage à deux trajets, le modèle de routage par le trajet le plus court et le modèle de routage alternatif.

En mode sans connexion, un nœud PTDN détermine le modèle de routage sur la base de la valeur du champ de protection, qui se compose de deux bits dans l'en-tête du paquet [UIT-T Y.2613]. En cas de défaillance dans le réseau (liaison ou nœud) ou de rétablissement du trajet en service, la valeur du champ de protection doit être changée.

Si la valeur du champ de protection est "00", cela signifie que l'on utilise le modèle de routage par le trajet le plus court. Dans ce cas, le trafic de service peut être interrompu en cas de défaillance dans le réseau (liaison ou nœud), sauf si l'on utilise le modèle de routage alternatif, auquel cas la valeur du champ de protection doit être changée, de "00" à "10". Dans le modèle de routage alternatif, on peut garantir l'accessibilité du réseau mais pas la qualité de service.

Si la valeur du champ de protection est "11" ou "01", cela signifie que l'on utilise le modèle de routage à deux trajets. Dans ce cas, le trafic de service basculera du trajet en service vers le trajet de protection en cas de défaillance dans le réseau (liaison ou nœud); ou du trajet de protection vers le trajet en service lorsque le trajet en service sera rétabli pour le type de fonctionnement réversible. En conséquence, la valeur doit être changée, de "11" à "01" ou de "01" à "11". Il est à noter que la qualité de service ne peut être garantie que si les ressources de réseau pour le trajet en service et pour le trajet de protection sont exactement les mêmes.

### **8.1 Modèle de routage à deux trajets**

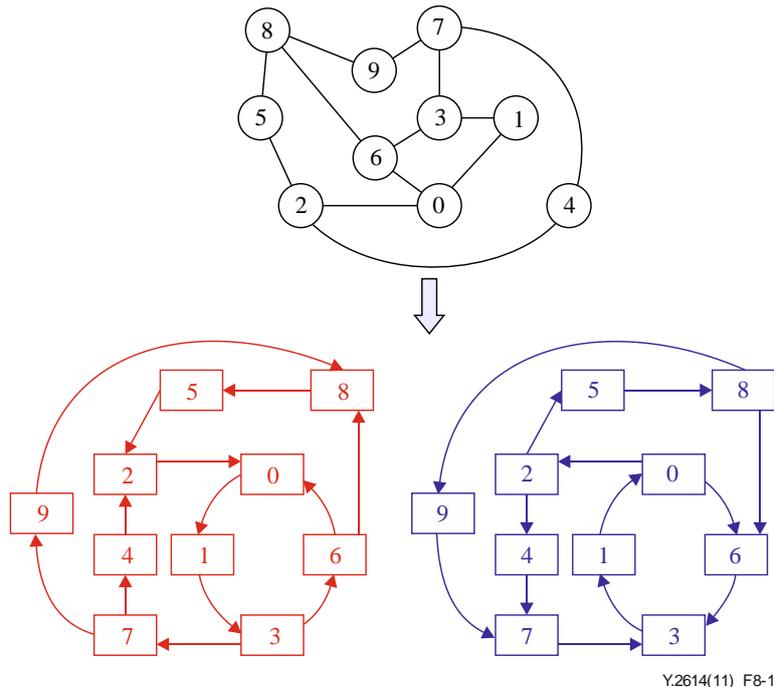
Le modèle de routage à deux trajets précalcule deux trajets distincts du nœud d'origine au nœud de destination en fonction de la topologie du réseau et des informations sur les ressources. Ces trajets sont le trajet en service et le trajet de protection. Mis à part le nœud d'origine et le nœud de destination, le trajet en service et le trajet de protection ont en commun d'autres liaisons ou nœuds.

S'agissant de la topologie du réseau, deux conditions devraient être respectées pour le modèle de routage à deux trajets:

- 1) chaque nœud du réseau PTDN est connecté à au moins deux autres nœuds;
- 2) chaque liaison du réseau PTDN est une liaison bidirectionnelle.

Deux diagrammes orientés complètement distincts (voir la Figure 8-1) peuvent être obtenus par la décomposition en oreilles.

On trouvera dans l'Appendice I de plus amples informations sur la décomposition en oreilles.



**Figure 8-1 – Décomposition en oreilles pour le modèle de routage à deux trajets**

Comme le montre la Figure 8-1, il existe deux trajets distincts d'un nœud à un autre, quels qu'ils soient. Par exemple, du nœud 1 au nœud 7, on a un trajet en service passant par les nœuds 1, 3 et 7 et un trajet de protection passant par les nœuds 1, 0, 2, 4 et 7.

En cas de défaillance du trajet en service, le nœud le plus proche du point de défaillance envoie un message de notification de défaillance dans le réseau au nœud d'origine. Dès réception du message de notification, le nœud d'origine commute le trafic du trajet en service vers le trajet de protection. La valeur du champ de protection dans l'en-tête du paquet doit être réinitialisée de "11" à "01".

Pour le fonctionnement réversible, si le trajet en service est rétabli, le trafic de service reviendra sur le trajet en service; la valeur du champ de protection dans l'en-tête du paquet doit être changée, de "01" à "11".

Pour le fonctionnement irréversible, même si le trajet en service est rétabli, le trafic de service ne reviendra pas sur le trajet en service, sauf en cas de défaillance du trajet de protection.

Dans le modèle de routage à deux trajets, la qualité de service peut être garantie lors de la commutation du trajet en service vers le trajet de protection ou du trajet de protection vers le trajet en service si les ressources de réseau sont les mêmes sur les deux trajets.

## 8.2 Modèle de routage par le trajet le plus court

Le modèle de routage par le trajet le plus court fournit un trajet déterministe et unique, qui est le trajet le plus court du nœud PTDN d'origine au nœud PTDN de destination. Dans ce modèle, le trajet d'émission et le trajet de réception doivent être identiques. Lorsqu'il existe plusieurs connexions entre des domaines PTDN en limite de domaine, une seule connexion ayant la priorité la plus élevée est active.

La valeur du champ de protection dans l'en-tête d'un paquet devrait être "00" lorsque le paquet est transmis en utilisant le modèle de routage par le trajet le plus court.

On utilisera le modèle de routage alternatif pour assurer l'accessibilité du réseau si le modèle de routage par le trajet le plus court ne permet pas de l'assurer. Dans ce cas, la valeur du champ de protection dans l'en-tête du paquet doit être changée, de "00" à "10".

### **8.3 Modèle de routage alternatif**

Dans le modèle de routage alternatif, de nombreux trajets sont précalculés et conservés dans une table de routage; l'un d'eux est le trajet en service. En cas de défaillance du trajet en service, le deuxième trajet de la table de routage sera actif. Ces trajets ne sont pas nécessairement les plus courts, et les trajets d'émission et de réception n'incluent pas obligatoirement les mêmes nœuds et liaisons. On peut utiliser le modèle de routage alternatif dans deux cas:

- 1) Le trajet en service est le trajet le plus court; le modèle de routage alternatif fournit un ou plusieurs trajets de protection.

La défaillance d'un nœud ou d'une liaison, ou des changements de topologie peuvent se traduire par une défaillance du trajet en service. Dans cette situation, le modèle de routage alternatif fournira un ou plusieurs trajets de protection. Dans ce cas, la valeur du champ de protection dans l'en-tête du paquet doit être changée, de "01" à "00".

- 2) Le modèle de routage alternatif fournit à la fois le trajet en service et le ou les trajets de protection.

Dans le modèle de routage alternatif, la valeur du champ de protection dans l'en-tête du paquet devrait être mise à "01". De nombreux trajets du nœud d'origine au nœud de destination sont précalculés et stockés dans la table de routage, l'un d'eux étant utilisé comme trajet en service. En cas de défaillance du trajet en service, le trajet de protection est choisi parmi les autres trajets de la table de routage. Dans ce cas, la valeur du champ de protection dans l'en-tête du paquet ne devrait pas être changée.

Dans le modèle de routage alternatif, on peut garantir l'accessibilité du réseau mais pas la qualité de service.

## **9 Mécanisme de coordination de la protection**

Si les nœuds sont reliés par plusieurs liaisons agrégées, en cas de défaillance d'une ou plusieurs d'entre elles, il convient d'appliquer d'abord la protection de liaison, et en cas de défaillance de la protection de liaison, il convient de déclencher la protection de chemin.

En outre, un temps d'attente devrait être prévu entre les protections dans les différentes couches afin d'éviter des commutations de protection dans un sens puis dans l'autre. Par exemple, si un réseau PTDN est basé sur un réseau de transport (par exemple, SDH, WDM), la commutation de protection PTDN ne devrait être déclenchée que si la temporisation d'attente a expiré et qu'une condition de dérangement (par exemple une défaillance de liaison ou de nœud dans le réseau de couche transport) est toujours présente à ce moment.

## **10 Considérations relatives à la sécurité**

La présente Recommandation définit les mécanismes permettant d'obtenir un ou plusieurs trajets de protection pour protéger le trajet en service. Ces mécanismes sont utiles pour améliorer la sécurité d'un réseau PTDN. Les mécanismes de fiabilité décrits dans la présente Recommandation supposent que le trajet en service et les trajets de protection soient établis en même temps et de la même manière. Étant donné que l'établissement des trajets est effectué selon les procédures PTDN normales, aucun risque supplémentaire pour la sécurité propre aux mécanismes de fiabilité décrits dans la présente Recommandation n'est identifié.

En termes d'instabilité, lorsqu'on applique une protection, un temps d'attente et un mécanisme de coordination de la protection sont déjà prévus dans la présente Recommandation.

## Appendice I

### Décomposition en oreilles

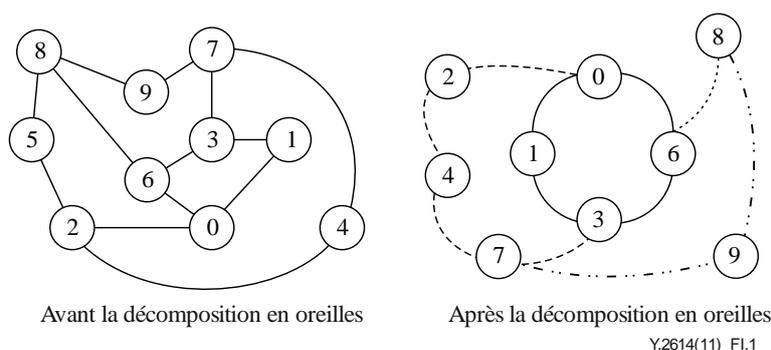
(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Une décomposition en oreilles  $D=\{P_0;P_1;\dots;P_{r-1}\}$  d'un graphe non orienté  $G=(V,E)$  consiste à décomposer  $E$  en un ensemble ordonné de trajets simples à arêtes distinctes  $P_0;P_1;\dots;P_{r-1}$ , appelés oreilles, tels que :

- $P_0$  est un cycle simple.
- $P_i$  ( $i>0$ ) est un trajet simple dont les points d'extrémité appartiennent à des oreilles de numéro inférieur, et dont aucun sommet interne n'appartient à une oreille de numéro inférieur.
- $P_i$  ( $i>0$ ) peut également être un cycle simple. S'il s'agit d'un cycle constitué d'une seule arête, on parle d'oreille triviale.

Une décomposition en oreilles est dite ouverte uniquement en l'absence de cycle pour  $P_i$  ( $i>0$ ).

Dans la Figure I.1, la topologie du réseau, présentée dans la partie gauche, est décomposée en quatre oreilles, présentées dans la partie droite. Au nombre de ces oreilles,  $P_0$  est un cycle simple composé des nœuds 0, 1, 3 et 6;  $P_1$  comprend les nœuds 2, 4 et 7, avec les points d'extrémité 3 et 0 appartenant à l'oreille  $P_0$ , qui est une oreille de numéro inférieur par rapport à  $P_1$ ;  $P_2$  comprend les nœuds 5 et 8, avec les points d'extrémité 2 et 6 appartenant respectivement aux oreilles  $P_1$  et  $P_0$ , qui sont des oreilles de numéro inférieur par rapport à  $P_2$ ;  $P_3$  comprend le nœud 9, avec les points d'extrémité 7 et 8 appartenant respectivement aux oreilles  $P_1$  et  $P_2$ , qui sont des oreilles de numéro inférieur par rapport à  $P_3$ .



**Figure I.1 – Décomposition en oreilles**

Une décomposition en oreilles est possible uniquement dans le cas d'un graphe 2-arête-connexe. Dans un réseau PTDN, un graphe 2-arête-connexe permet d'assurer la protection en cas de défaillance de liaison ou de nœud.

## Bibliographie

- [b-UIT-T G.780] Recommandation UIT-T G.780/Y.1351 (2010), *Termes et définitions des réseaux à hiérarchie numérique synchrone (SDH)*.
- [b-UIT-T G.870] Recommandation UIT-T G.870/Y.1352 (2010), *Termes et définitions pour les réseaux de transport optiques*.
- [b-UIT-T G.8131] Recommandation UIT-T G.8131/Y.1382 (2007), *Commutation de protection linéaire pour le profil de transport MPLS*.
- [b-UIT-T I.322] Recommandation UIT-T I.322 (1999), *Modèle de référence de protocole générique pour réseaux de télécommunication*.
- [b-UIT-T I.630] Recommandation UIT-T I.630 (1999), *Commutation de protection ATM*.
- [b-UIT-T M.2102] Recommandation UIT-T M.2102 (2000), *Seuils et procédures de maintenance pour les mécanismes de rétablissement (protection et rétablissement) des conduits internationaux de conteneurs virtuels et des sections multiplex internationales en hiérarchie numérique synchrone*.
- [b-UIT-T X.25] Recommandation UIT-T X.25 (1996), *Interface entre équipement terminal de traitement de données et équipement de terminaison de circuit de données pour terminaux fonctionnant en mode paquet et raccordés par circuit spécialisé à des réseaux publics pour données*.
- [b-UIT-T X.121] Recommandation UIT-T X.121 (2000), *Plan de numérotage international pour les réseaux publics de données*.
- [b-UIT-T X.136] Recommandation UIT-T X.136 (1997), *Valeurs des performances de précision et de sécurité de fonctionnement applicables aux réseaux publics pour données assurant des services internationaux à commutation par paquets*.
- [b-UIT-T X.137] Recommandation UIT-T X.137 (1997), *Valeurs des performances de disponibilité applicables aux réseaux publics pour données assurant des services internationaux à commutation par paquets*.
- [b-UIT-T X.200] Recommandation UIT-T X.200 (1994) | ISO/CEI 7498-1:1994, *Technologies de l'information – Interconnexion des systèmes ouverts – Modèle de référence de base: le modèle de référence de base*.
- [b-UIT-T X.212] Recommandation UIT-T X.212 (1995) | ISO/CEI 8886:1996, *Technologies de l'information - Interconnexion des systèmes ouverts – Définition du service de liaison de données*.
- [b-UIT-T X.323] Recommandation UIT-T X.323 (1988), *Arrangements généraux applicables à l'interfonctionnement de réseaux publics pour données à commutation par paquets (RPDCP)*.
- [b-UIT-T X.371] Recommandation UIT-T X.371 (2001), *Modalités générales d'interfonctionnement entre les réseaux publics pour données et Internet*.
- [b-UIT-T Y.1001] Recommandation UIT-T Y.1001 (2000), *Cadre général des réseaux IP - Cadre de convergence des technologies des réseaux de télécommunication et des réseaux à protocole Internet*.
- [b-UIT-T Y.1251] Recommandation UIT-T Y.1251 (2002), *Modèle architectural général pour l'interfonctionnement*.
- [b-UIT-T Y.1720] Recommandation UIT-T Y.1720 (2006), *Commutation de protection pour les réseaux MPLS*.

- [b-UIT-T Y.2001] Recommandation UIT-T Y.2001 (2004), *Aperçu général des réseaux de prochaine génération.*
- [b-UIT-T Y.2011] Recommandation UIT-T Y.2011 (2004), *Principes généraux et modèle de référence général pour les réseaux de prochaine génération.*
- [b-UIT-T Y.2012] Recommandation UIT-T Y.2012 (2010), *Prescriptions et architecture fonctionnelles du réseau de prochaine génération.*



## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Équipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
<b>Série Y</b>	<b>Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes</b>
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication