

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Y.2615

(07/2012)

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

Mécanismes de routage dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet

Recommandation UIT-T Y.2615



RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y

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

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION

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

ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET

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

RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

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
Réseaux de transmission par paquets	Y.2600–Y.2699
Sécurité	Y.2700–Y.2799
Mobilité généralisée	Y.2800–Y.2899
Environnement ouvert de qualité opérateur	Y.2900–Y.2999

RÉSEAUX FUTURS

INFORMATIQUE EN NUAGE	Y.3000–Y.3499
	Y.3500–Y.3999

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

Recommandation UIT-T Y.2615

Mécanismes de routage dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet

Résumé

En tant que réseau de transmission de données par paquets hiérarchique pouvant respecter les exigences relatives aux futurs réseaux de transmission par paquets (FPBN), le réseau public de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN) offre des mécanismes de routage efficaces et fiables. La Recommandation UIT-T Y.2615 décrit l'architecture de routage du réseau PTDN, les modèles de routage et les mécanismes de routage correspondants, par exemple la construction de la topologie, le routage intradomaine, le routage interdomaines et les procédures de routage.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	UIT-T Y.2615	29-07-2012	13	11.1002/1000/11703

Mots clés

Routage alternatif, routage à deux trajets, PTDN, architecture de routage, routage par le trajet le plus court.

* 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 (TIC). 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 personnes chargées de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/UIT-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

	Page
1	Domaine d'application..... 1
2	Références 1
3	Définitions 1
3.1	Termes définis ailleurs 1
3.2	Termes définis dans la présente Recommandation 2
4	Abréviations et acronymes 2
5	Architecture de routage 3
5.1	Mécanisme de routage intradomaine 4
5.2	Mécanisme de routage interdomaines 4
6	Modèles de routage 4
6.1	Modèle de routage par le trajet le plus court..... 4
6.2	Modèle de routage à deux trajets 5
6.3	Modèle de routage alternatif 5
7	Modèle de routage par le trajet le plus court 6
7.1	Construction de la topologie 6
7.2	Routage intradomaine 6
7.3	Routage interdomaines..... 6
8	Modèle de routage à deux trajets..... 6
8.1	Construction de la topologie 6
8.2	Routage intradomaine 7
8.3	Routage interdomaines..... 7
9	Modèle de routage alternatif..... 7
9.1	Construction de la topologie 7
9.2	Routage intradomaine 8
9.3	Routage interdomaines..... 8
10	Procédure de routage 8
11	Considérations relatives à la sécurité 9
11.1	Garantie de sécurité pour le plan de commande 9
11.2	Garantie de sécurité pour la connectivité du réseau 9
Annexe A	– Calcul de trajet dans le modèle de routage à deux trajets 10
A.1	Construction des trajets de protection 10
A.2	Décomposition en oreilles 10
A.3	Génération d'un numéro ST 11
A.4	Construction des itinéraires de protection..... 11
A.5	Construction de la base de données d'état des liaisons 12

	Page
A.6 Table de retransmission.....	14
Bibliographie	15

Recommandation UIT-T Y.2615

Mécanismes de routage dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet

1 Domaine d'application

La présente Recommandation porte sur les mécanismes de routage dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN). Elle décrit l'architecture de routage, les modèles de routage et les mécanismes de routage correspondants, par exemple la construction de la topologie, le routage intradomaine, le routage interdomaines et la procédure de routage.

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 la retransmission 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*
- [UIT-T Y.2614] Recommandation UIT-T Y.2614 (2011), *Fiabilité de réseau dans les réseaux publics de télécommunication pour les données en mode paquet (PTDN).*

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

3.1.1 adresse [UIT-T Y.2601]: identifiant d'un point de terminaison particulier, utilisé pour le routage vers ce point.

NOTE – Les identifiants peuvent être utilisés pour l'enregistrement ou l'autorisation. Ils peuvent être publics (totalité des réseaux), partagés (nombre limité de réseaux) ou privés (un seul réseau donné) (les identifiants privés ne sont normalement pas divulgués à des tiers).

3.1.2 modèle de routage alternatif [UIT-T Y.2614]: 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.

3.1.3 modèle de routage à deux trajets [UIT-T Y.2614]: 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.

3.1.4 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.

3.1.5 modèle de routage par le trajet le plus court [UIT-T Y.2614]: 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.

3.1.6 protection de chemin [b-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.

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.2.1 nœud dominant: nœud PTDN d'un domaine, chargé du calcul du routage et de la génération d'une table de routage pour chaque nœud PTDN du domaine.

3.2.2 décomposition en oreilles: 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.

3.2.3 énergie potentielle: valeur numérique déduite de l'adresse du nœud PTDN, qui doit être unique pour le nœud et peut être utilisée pour choisir un trajet parmi plusieurs trajets redondants. Dans le modèle de routage par le trajet le plus court, les valeurs de l'énergie potentielle des nœuds sur les trajets sont utilisées pour choisir un trajet lorsque plusieurs trajets ont le même coût que le trajet le plus court.

3.2.4 numéro ST: après la décomposition en oreilles, les nœuds d'un domaine sont renumérotés en fonction des résultats de la décomposition au moyen de numéros ST (arbre de recouvrement), utilisés pour former deux trajets à nœuds distincts d'un nœud d'origine à un nœud de destination.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

NNI	interface réseau-réseau (<i>network to network interface</i>)
PTDN	réseau public de télécommunication pour les données en mode paquet (<i>public packet telecom data network</i>)
QoS	qualité de service (<i>quality of service</i>)

ST	arbre de recouvrement (<i>spanning tree</i>)
TTL	durée de vie (<i>time to live</i>)
UNI	interface utilisateur-réseau (<i>user to network interface</i>)
VPN	réseau privé virtuel (<i>virtual private network</i>)

5 Architecture de routage

L'espace d'adresses du réseau PTDN est hiérarchique, et les adresses du réseau PTDN sont attribuées en fonction de la répartition géographique. Le préfixe de l'adresse PTDN contient les informations hiérarchiques. Dans le réseau PTDN, un domaine est composé d'un groupe de nœuds relevant d'une seule administration et ayant des politiques de routage communes. Les nœuds d'un domaine ont généralement un préfixe d'adresse identique, utilisent des métriques communes pour le routage des paquets et partagent les mêmes informations relatives à la table de routage. La relation entre des nœuds qui sont situés dans un même domaine est dite intradomaine et la relation entre des nœuds qui sont situés dans des domaines différents est appelée interdomaines.

L'exemple donné à la Figure 1 illustre le concept de domaines. Ce réseau PTDN comprend quatre domaines: le domaine 1, le domaine 2, le domaine 3 et le domaine 4. Les nœuds du domaine 1, qui sont situés dans la couche centrale, ont comme préfixe d'adresse "1000 0000 0000". La couche d'accès comprend deux domaines: le domaine 3 et le domaine 4, et les préfixes sont respectivement "1000 1000 1000" et "1000 1000 2000".

Dans le réseau PTDN, le mécanisme de routage est divisé en deux niveaux: le mécanisme de routage intradomaine et le mécanisme de routage interdomaines.

Le routage à l'intérieur d'un domaine, par exemple du nœud d au nœud h, est appelé routage intradomaine. Le routage entre domaines, par exemple du nœud f au nœud m ou du nœud g au nœud j, est appelé routage interdomaines.

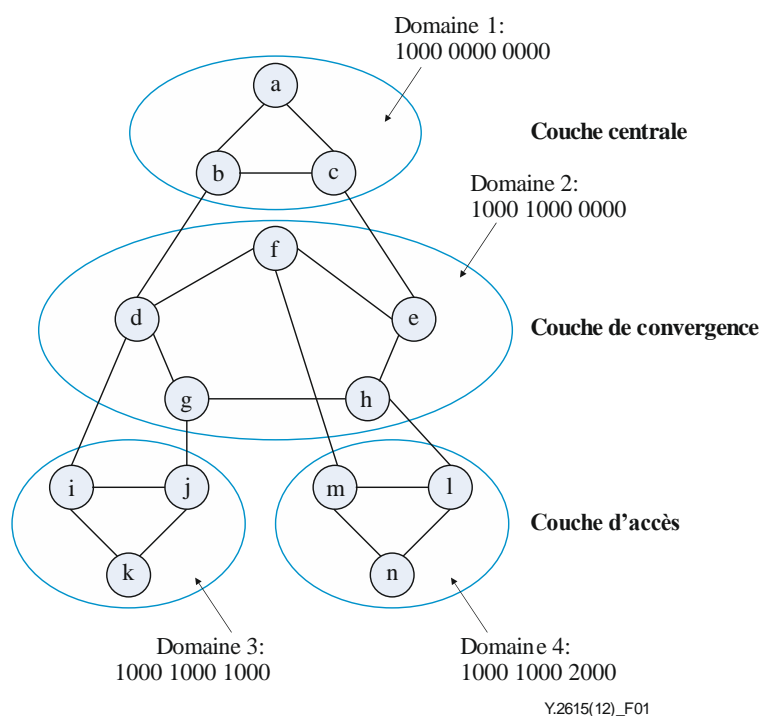


Figure 1 – Illustration des domaines dans le réseau PTDN

5.1 Mécanisme de routage intradomaine

Le mécanisme de routage intradomaine peut être divisé en deux parties: l'une établit la table de routage intradomaine et l'autre produit deux types de tables de retransmission – la table de retransmission interdomaines et la table de retransmission intradomaine.

- (1) Lorsqu'un nœud en limite d'un domaine transfère les informations de routage (par exemple, préfixe de domaine ou adresse) d'autres domaines à l'intérieur du domaine, la table de retransmission interdomaines est établie sur la base de la table de routage intradomaine. Les informations de routage de ces autres domaines sont ensuite transférées, sur la base de la table de retransmission interdomaines, aux autres nœuds en limite du domaine considéré, qui est relié à d'autres domaines.
- (2) Lorsque des paquets arrivent dans le domaine de destination depuis le nœud PTDN d'origine et que le nœud PTDN de destination est situé dans le même domaine, le nœud établit la table de retransmission intradomaine sur la base de la table de routage intradomaine. Les paquets sont retransmis au nœud PTDN de destination sur la base de la table de retransmission intradomaine.

Dans le mécanisme de routage intradomaine du réseau PTDN, l'énergie potentielle des nœuds PTDN est utilisée pour construire la table de routage.

5.2 Mécanisme de routage interdomaines

Le mécanisme de routage interdomaines peut être divisé en deux parties: l'une est la partie intradomaine et l'autre la partie interdomaines.

La partie intradomaine établit des tables de retransmission intradomaine, qui sont généralement utilisées pour transférer à l'intérieur d'un domaine des préfixes d'adresse provenant d'autres domaines. La partie interdomaines transfère les informations de routage (par exemple, préfixes de domaine ou adresses) d'autres domaines entre les nœuds en limite sur la base de la table de retransmission interdomaines.

Il peut y avoir plusieurs connexions interdomaines, et seule la meilleure d'entre elles est active lorsqu'on utilise le modèle de routage par le trajet le plus court ou le modèle de routage à deux trajets. La meilleure connexion interdomaines est choisie sur la base de trois paramètres: priorités, débit de transmission et adresse de nœud. La priorité d'une connexion peut être configurée manuellement. Toutes ces différentes connexions interdomaines sont utilisées dans le cadre du modèle de routage alternatif et les divers trajets sont différenciés en fonction du coût.

6 Modèles de routage

Il existe trois modèles de routage pour le mécanisme de routage dans le réseau PTDN: le modèle de routage par le trajet le plus court, le modèle de routage à deux trajets et le modèle de routage alternatif. Ces trois modèles offrent des fonctions différentes et sont utilisés dans des scénarios différents.

L'en-tête d'un paquet PTDN comprend deux bits pour identifier quatre politiques de routage correspondant aux trois modèles de routage:

- 00: Modèle de routage par le trajet le plus court;
- 01: Modèle de routage à deux trajets (trajet en service);
- 10: Modèle de routage à deux trajets (trajet de protection);
- 11: Modèle de routage alternatif.

6.1 Modèle de routage par le trajet le plus court

Le modèle de routage par le trajet le plus court fournit un chemin déterministe et unique, dont le coût est minimal, entre chaque paire de nœuds PTDN distincts d'un domaine. Dans ce modèle, le trajet du

nœud d'origine au nœud de destination est le même que le trajet du nœud de destination au nœud d'origine. Lorsqu'on utilise le modèle de routage par le trajet le plus court, la qualité de service peut être garantie.

S'il existe plusieurs connexions interdomaines, une seule connexion est active pour acheminer tout le trafic entre les deux domaines, et les autres connexions interdomaines sont désactivées lorsqu'on utilise le modèle de routage par le trajet le plus court.

Il peut y avoir plusieurs trajets dans la table de routage correspondant à différentes connexions interdomaines. Seul le trajet correspondant à la connexion interdomaines active est établi dans la table de retransmission pour faciliter la retransmission des paquets.

6.2 Modèle de routage à deux trajets

Le modèle de routage à deux trajets fournit deux chemins déterministes et totalement distincts entre chaque paire de nœuds PTDN distincts d'un domaine. Dans ce modèle, le trajet d'émission et le trajet de réception sont composés des mêmes nœuds et liaisons. Lorsqu'on utilise le modèle de routage à deux trajets, la qualité de service peut être garantie.

Le modèle de routage à deux trajets peut assurer la fonction de protection de chemin, mais il ne garantit pas que ces deux trajets distincts soient les trajets les plus courts.

S'il existe plusieurs connexions interdomaines, une seule connexion est active pour acheminer tout le trafic entre les deux domaines, et les autres connexions interdomaines sont désactivées lorsqu'on utilise le modèle de routage à deux trajets.

Seule la connexion interdomaines active est établie dans la table de retransmission.

Le modèle de routage à deux trajets ne peut être utilisé que si la topologie du réseau remplit deux conditions:

- (1) le graphe du réseau est un graphe 2-arête-connexe;
- (2) le graphe du réseau est un graphe connexe symétrique.

NOTE – Une arête $e \in E$ dans un graphe connexe $G = (V, E)$ est une arête de coupure si e n'appartient pas à un cycle dans G . Un graphe non orienté connexe $G = (V, E)$ est un graphe 2-arête-connexe s'il ne contient pas d'arête de coupure.

6.3 Modèle de routage alternatif

Le modèle de routage alternatif fournit de nombreux trajets entre chaque paire de nœuds PTDN distincts d'un domaine. Ces trajets ne sont pas nécessairement déterministes et uniques. Dans ce modèle, il n'est pas nécessaire que le trajet d'émission et le trajet de réception soient composés des mêmes nœuds et liaisons. Dans le modèle de routage alternatif, le trajet en service n'est pas nécessairement le trajet le plus court. Lorsqu'on utilise le modèle de routage alternatif, la qualité de service peut ne pas être garantie.

Le modèle de routage alternatif peut assurer la fonction de protection de chemin pour le modèle de routage par le trajet le plus court. En cas de défaillance du modèle de routage par le trajet le plus court, on peut utiliser le modèle de routage alternatif pour garder la communication ouverte entre les nœuds.

S'il existe plusieurs connexions interdomaines, une séquence de toutes ces connexions est établie en fonction du coût de chaque connexion et les tables de retransmission correspondantes sont appliquées en conséquence.

7 Modèle de routage par le trajet le plus court

7.1 Construction de la topologie

Dans le modèle de routage par le trajet le plus court, chaque nœud PTDN conserve la même topologie contenant toutes les informations sur les nœuds du domaine et les liaisons entre eux. La procédure d'établissement de la topologie est définie comme suit.

- (1) Configuration d'une adresse pour chaque nœud actif et d'un coût pour chaque liaison active (le coût est calculé en fonction de la priorité, de la bande passante et d'autres informations de connexion).
- (2) Échange des informations de configuration entre les nœuds voisins.
- (3) Échange des informations d'adresse et d'état des liaisons pour chaque nœud PTDN à l'intérieur d'un domaine.

7.2 Routage intradomaine

Dans un domaine, le nœud dominant est le nœud PTDN chargé de calculer les trajets entre les nœuds et de générer les tables de routage pour les nœuds PTDN du domaine.

Le nœud PTDN ayant l'adresse de nœud minimale dans un domaine se voit assigner le rôle de nœud dominant. Le nœud PTDN ayant la deuxième adresse de nœud minimale dans le domaine se voit assigner le rôle de nœud dominant de secours.

Dans le modèle de routage par le trajet le plus court, le nœud dominant calcule le trajet ayant le coût minimal pour chaque paire de nœuds PTDN distincts. Si plusieurs sauts suivants ont le même coût minimal pour une paire de nœuds PTDN distincts, on choisit comme nœud du saut suivant celui ayant l'énergie potentielle la plus proche du nœud PTDN considéré. La table de routage est établie après ce processus.

Sur la base de la table de routage, le nœud dominant calcule une table de retransmission pour chaque nœud du domaine, qu'il envoie ensuite à tous les nœuds à l'intérieur du domaine.

7.3 Routage interdomaines

Dans le modèle de routage par le trajet le plus court, le routage interdomaines est composé de deux parties, à savoir le protocole de routage interdomaines et le protocole de routage intradomaine.

Le protocole de routage interdomaines, exécuté entre des domaines, est utilisé pour échanger des informations de préfixe entre nœuds en limite de réseau PTDN entre différents domaines. L'utilisation du protocole de routage interdomaines permet d'assurer le routage interdomaines. Dans le modèle de routage par le trajet le plus court, s'il existe plusieurs connexions entre domaines, les connexions sont classées en fonction de leur coût. La connexion ayant le coût minimal est active pour acheminer le trafic de service et les autres sont désactivées. Les priorités entre les connexions interdomaines peuvent être fixées manuellement.

Le protocole de routage intradomaine, exécuté à l'intérieur d'un domaine, est utilisé pour transférer les informations de routage à l'intérieur du domaine.

8 Modèle de routage à deux trajets

8.1 Construction de la topologie

Dans le modèle de routage à deux trajets, chaque nœud PTDN conserve la même topologie contenant toutes les informations sur les nœuds du domaine et les liaisons entre eux. La procédure d'établissement de la topologie est définie comme suit.

- (1) Configuration d'une adresse pour chaque nœud actif et d'un coût pour chaque liaison active, le coût étant calculé en fonction de la priorité, de la bande passante et d'autres informations de connexion.
- (2) Génération de l'arbre de recouvrement, qui couvre tous les nœuds à l'intérieur du domaine.
- (3) Échange des informations d'adresse et d'état des liaisons pour chaque nœud PTDN du domaine.

8.2 Routage intradomaine

Dans le modèle de routage à deux trajets, le nœud dominant calcule deux trajets totalement distincts pour chaque paire de nœuds PTDN distincts, sur la base de la topologie. Dans ce processus, la table de retransmission peut être établie selon un ordre de gestion (centralisé) ou selon un ordre de commande (décentralisé).

Le nœud dominant exécute les étapes suivantes pour générer deux trajets distincts.

- (1) Décomposition en oreilles pour les nœuds et les liaisons du domaine PTDN.
- (2) Génération d'un numéro ST pour chaque nœud PTDN dans le domaine considéré.
- (3) Construction de deux trajets distincts en fonction du résultat de la décomposition en oreilles et du numéro ST, qui sont le trajet en service et le trajet de protection.

NOTE – Ce processus est décrit en détail dans l'Annexe A.

8.3 Routage interdomaines

Dans le modèle de routage à deux trajets, le routage interdomaines est composé de deux parties, à savoir le protocole de routage interdomaines et le protocole de routage intradomaine.

Le protocole de routage interdomaines, exécuté entre des domaines, est utilisé pour échanger des informations de routage entre nœuds en limite de réseau PTDN entre différents domaines. L'utilisation du protocole de routage interdomaines permet d'assurer le routage interdomaines.

Dans le modèle de routage à deux trajets, s'il existe plusieurs connexions entre domaines, les connexions sont classées en fonction de leur coût. Les deux connexions ayant le coût minimal sont retenues; l'une est la connexion active pour acheminer le trafic et l'autre est une connexion de secours et n'est pas active. Les priorités entre les connexions interdomaines peuvent être fixées manuellement.

Le protocole de routage intradomaine, exécuté à l'intérieur d'un domaine, est utilisé pour transférer les informations de préfixe dans le domaine.

9 Modèle de routage alternatif

9.1 Construction de la topologie

Dans le modèle de routage alternatif, chaque nœud PTDN conserve la même topologie contenant toutes les informations sur les nœuds du domaine et les liaisons entre eux. La procédure d'établissement de la topologie est définie comme suit.

- (1) Configuration d'une adresse pour chaque nœud actif et d'un coût pour chaque liaison active, le coût étant calculé en fonction de la priorité, de la bande passante et d'autres informations de connexion.
- (2) Échange des informations de configuration entre les nœuds voisins.
- (3) Diffusion des informations d'adresse et d'état des liaisons pour chaque nœud PTDN du domaine.

9.2 Routage intradomaine

Dans un domaine, le nœud dominant est le nœud PTDN chargé du calcul du routage et de la génération d'une table de routage pour chaque nœud PTDN du domaine. Dans le modèle de routage alternatif, la table de routage générée par le nœud dominant contient de nombreux trajets intradomaine différents pour chaque paire de nœuds PTDN d'origine et de nœuds PTDN de destination du domaine. Le nœud dominant envoie donc la table de routage générée à chaque nœud PTDN du domaine.

Le nœud PTDN ayant l'adresse de nœud minimale dans un domaine se voit assigner le rôle de nœud dominant dans le domaine. Le nœud PTDN ayant la deuxième adresse de nœud minimale dans le domaine se voit assigner le rôle de nœud dominant de secours.

Les nombreux trajets d'un nœud PTDN d'origine à un nœud PTDN de destination sont classés dans la table de routage par ordre de coût. Seul le trajet ayant le coût minimal est établi dans la table de retransmission.

Dans le modèle de routage alternatif, le coût des trajets peut changer par suite d'un changement d'état de liaison ou d'une défaillance de nœud. Le changement de coût des trajets sera comparé à une valeur seuil prédéfinie afin de déterminer si la table de routage doit faire l'objet d'un nouveau classement. Si la table de routage est ajustée en raison du changement de coût des trajets, la table de retransmission est modifiée en conséquence afin que seul le saut suivant ayant le coût minimal soit établi dans la table de retransmission.

9.3 Routage interdomaines

Dans le modèle de routage alternatif, le routage interdomaines est composé de deux parties, à savoir le protocole de routage interdomaines et le protocole de routage intradomaine.

Le protocole de routage interdomaines, exécuté entre des domaines, est utilisé pour échanger des informations de préfixe entre nœuds en limite de réseau PTDN entre différents domaines. L'utilisation du protocole de routage interdomaines permet d'assurer le routage interdomaines. Dans le modèle de routage alternatif, s'il existe plusieurs connexions entre domaines, les connexions sont classées en fonction de leur coût, qui est calculé en fonction de la priorité, de la bande passante et d'autres informations de connexion. Les priorités entre les connexions interdomaines peuvent être fixées manuellement par l'opérateur de réseau. Dans le modèle de routage alternatif, toutes les connexions interdomaines peuvent être actives.

Le protocole de routage intradomaine, exécuté à l'intérieur d'un domaine, est utilisé pour transférer les informations de préfixe dans le domaine. La table de retransmission générée par le routage intradomaine est utilisée par le protocole de routage intradomaine.

10 Procédure de routage

La procédure de routage dans le réseau PTDN est définie comme suit.

- (1) Lorsqu'un paquet PTDN arrive, le nœud PTDN vérifie le champ de protection (2 bits, définis dans [UIT-T Y.2613]) dans le champ d'en-tête du paquet: si le champ de protection est égal à 00, on utilise le modèle de routage par le trajet le plus court; si le champ de protection est égal à 11, on utilise le modèle de routage alternatif; si le champ de protection est égal à 01, on utilise le modèle de routage à deux trajets et les paquets sont retransmis sur le trajet en service; si le champ de protection est égal à 10, on utilise le modèle de routage à deux trajets et les paquets sont retransmis sur le trajet de protection.
- (2) Dans le cas du modèle de routage par le trajet le plus court, le nœud recherche le trajet le plus court dans la table de retransmission correspondante; en cas d'échec, le processus de routage passe à l'étape (4). Dans le cas du modèle de routage à deux trajets, le nœud recherche d'abord le trajet en service dans la table de retransmission correspondante lorsque le champ de protection est égal à 01; si cette tentative échoue, le nœud recherche ensuite le trajet de

protection; si cette tentative échoue également, le processus de routage passe à l'étape (4). Lorsque le champ de protection est égal à 10, le nœud recherche d'abord le trajet de protection dans la table de retransmission correspondante; si cette tentative échoue, le nœud recherche le trajet en service; si cette tentative échoue également, le processus de routage passe à l'étape (4). Dans le cas du modèle de routage alternatif, plusieurs trajets peuvent être trouvés dans la table de retransmission correspondante et, théoriquement, le nœud fonctionnant selon ce modèle peut choisir plusieurs sauts suivants pour acheminer les paquets, et les paquets sont transférés sur le trajet ayant le coût minimal. Si cette tentative échoue, le nœud choisit le trajet ayant le deuxième coût minimal, et ainsi de suite. Lors de la recherche dans la table de retransmission, on utilise le principe de la correspondance avec le préfixe le plus long pour déterminer le saut suivant.

- (3) Une fois que le nœud a trouvé le saut suivant conformément à la table de retransmission correspondante, les paquets sont transférés et le champ TTL (6 bits, définis dans [UIT-T Y.2613]) est décrémenté d'une unité à chaque saut.
- (4) Si la table de retransmission correspondante ne contient aucun élément qui correspond à la destination du paquet entrant, on utilise le trajet de retransmission par défaut.

11 Considérations relatives à la sécurité

Les mécanismes de routage dans le réseau PTDN comportent deux aspects liés à la sécurité:

- garantie de sécurité pour le plan de commande;
- garantie de sécurité pour la connectivité du réseau.

11.1 Garantie de sécurité pour le plan de commande

Certains VPN sont utilisés pour le plan de commande du réseau PTDN, qui achemine les messages de routage. Ces VPN présentent les caractéristiques de sécurité suivantes.

- Isolement: les VPN pour le plan de commande sont isolés les uns des autres et ils sont isolés des autres VPN à des fins différentes de celles liées au plan de commande.
- Garantie de ressources: les ressources des VPN pour le plan de commande sont garanties de manière absolue et avec la plus haute priorité.
- Séparation entre les interfaces NNI et UNI: les données de routage ne peuvent être exposées que dans le VPN spécifique. Aucune intrusion des utilisateurs non autorisés dans ce type de VPN n'est possible.

11.2 Garantie de sécurité pour la connectivité du réseau

Dans le réseau PTDN, il existe trois mécanismes de routage. Deux d'entre eux peuvent fournir des connexions de trajet redondantes entre les extrémités pour garantir la connectivité du réseau.

Dans le mécanisme de routage à deux trajets, deux itinéraires de protection totalement indépendants sont fournis pour la retransmission des paquets en mode sans connexion. Les deux itinéraires servent de secours l'un pour l'autre.

Dans le mécanisme de routage alternatif, plusieurs trajets sont fournis entre chaque paire de nœuds PTDN distincts dans un domaine. Ces trajets peuvent servir de secours entre eux.

Dans certains scénarios, l'administrateur du réseau PTDN peut configurer un routage statique via les fonctions de gestion du réseau PTDN. Le processus doit être exécuté conformément à la règle de sécurité à l'interface M du réseau PTDN, qui est illustrée dans une autre Recommandation UIT-T.

Aucun risque supplémentaire impliquant ces mécanismes de routage n'a été identifié.

Annexe A

Calcul de trajet dans le modèle de routage à deux trajets

(Cette Annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

A.1 Construction des trajets de protection

Concernant le mécanisme de routage dans le réseau PTDN, le modèle de routage à deux trajets fournit deux itinéraires de protection totalement indépendants pour la retransmission des paquets en mode sans connexion; l'un est appelé le trajet rouge et l'autre le trajet bleu.

Le calcul des itinéraires de protection ne nécessite pas beaucoup de calculs. Chaque nœud PTDN exécute les étapes suivantes pour assurer la protection pour le trajet intradomaine.

- (1) Décomposition en oreilles pour les nœuds et les liaisons du domaine PTDN.
- (2) Génération d'un numéro ST pour chaque nœud PTDN dans le domaine considéré.
- (3) Construction des itinéraires de protection sur la base de la décomposition en oreilles et du numéro ST, qui sont le trajet de protection rouge et le trajet de protection bleu.

A.2 Décomposition en oreilles

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 A.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 .

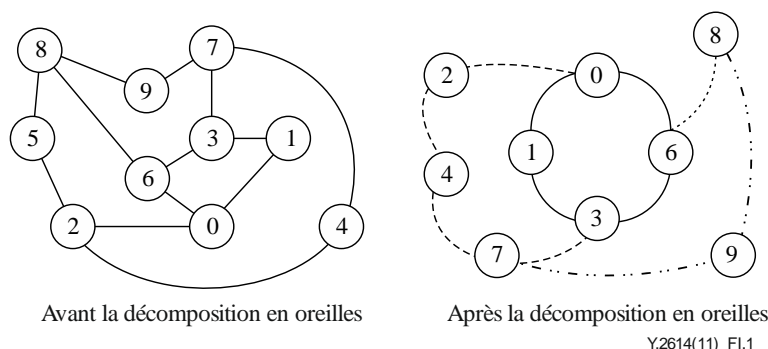


Figure A.1 – Décomposition en oreilles

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.

Un processus de décomposition en oreilles comprend les étapes suivantes:

- (1) construction d'un arbre de recouvrement minimal;
- (2) détermination de la racine de l'arbre de recouvrement minimal;
- (3) classement préalable concernant l'arbre de recouvrement minimal;
- (4) étiquetage de chaque arête n'appartenant pas à l'arbre au moyen du numéro de l'ancêtre commun de plus petit numéro de ses points d'extrémité dans l'arbre de recouvrement minimal et attribution de numéros d'oreille aux arêtes n'appartenant pas à l'arbre en classant ces arêtes selon leur ancêtre commun de plus petit numéro par ordre croissant;
- (5) attribution de numéros d'oreille aux arêtes de l'arbre.

A.3 Génération d'un numéro ST

Pour la construction de ces sous-graphes orientés, les oreilles doivent être orientées et il faut déterminer les numéros ST pour chacun des sommets. Le numéro ST est utilisé pour construire les itinéraires rouges et bleus.

Le numéro ST est déterminé par la procédure suivante.

- (1) Choisir le sommet de P_0 ayant la plus petite adresse PTDN. Ce sommet est noté v_s . Il existe deux autres sommets de P_0 qui sont adjacents au sommet v_s (en raison de la décomposition en oreilles ouverte et de l'hypothèse d'un graphe simple). Parmi ces deux sommets, celui ayant la plus petite adresse PTDN est noté v_t .
- (2) P_0 est orienté de manière telle que l'arête $\{v_s, v_t\}$ va du sommet v_t au sommet v_s . Le sens des autres arêtes de P_0 garantit que P_0 forme un cycle dans le sous-graphe orienté (c'est-à-dire que le trajet commence au sommet v_s et passe par les sommets internes de P_0 pour atteindre v_t).
- (3) Une liste ordonnée (O_{st}) de tous les sommets de P_0 est construite, allant de v_s à v_t , en passant par les arêtes orientées incluant tous les sommets intérieurs de P_0 (c'est-à-dire, ne suivant pas l'arête connexe directe $\{v_s, v_t\}$). Une fois incluses toutes les oreilles, un sommet donné apparaît une fois dans la liste ordonnée O_{st} . L'indice utilisé pour identifier le sommet dans la liste ordonnée O_{st} est alors le numéro ST du sommet.
- (4) Dans l'ensemble $\{P_0, P_1, \dots, P_{i-1}\}$, l'oreille P_i de sommets u et v (début et fin de l'oreille) est orientée de u à v , si l'indice du sommet u est inférieur à celui du sommet v dans la liste ordonnée O_{st} (c'est-à-dire que le sommet u apparaît avant le sommet v dans la liste). Les sommets intérieurs de l'oreille P_i sont ajoutés dans la liste ordonnée O_{st} , entre le sommet u et le sommet v .
- (5) Répéter l'étape 4 jusqu'à ce que toutes les oreilles soient incluses.

A.4 Construction des itinéraires de protection

Les itinéraires de protection sont construits sur la base de la décomposition en oreilles et du numéro ST. Les règles de calcul peuvent être décrites comme suit.

- (1) Si le trajet de protection rouge est construit dans l'ordre croissant des numéros ST, le trajet de protection bleu est construit dans l'ordre décroissant des numéros ST, et inversement.
- (2) Si les paquets sont retransmis dans l'ordre croissant des numéros ST du nœud PTDN d'origine au nœud PTDN de destination, ils sont retransmis dans l'ordre décroissant des numéros ST dans l'autre sens, et inversement.

- (3) S'il existe plusieurs nœuds PTDN voisins pour lesquels les numéros ST sont dans l'ordre croissant (décroissant), le numéro ST le plus proche de celui du nœud PTDN de destination est choisi pour le saut suivant.
- (4) Le numéro ST du saut suivant ne doit pas dépasser le numéro ST du nœud PTDN de destination dans l'ordre croissant (ou décroissant).

A.5 Construction de la base de données d'état des liaisons

La base de données d'état des liaisons, qui est utilisée pour calculer le trajet rouge et le trajet bleu, est générée par le nœud dominant du domaine sur la base du résultat de la décomposition en oreilles et est diffusée dans tout le domaine. Chaque nœud du domaine possède la même base de données d'état des liaisons. La base de données d'état des liaisons est composée de l'état des liaisons pour chaque nœud du domaine, avec les éléments suivants.

- Type: indique le trajet qui est calculé en utilisant l'état des liaisons; 0: trajet bleu, 1: trajet rouge.
- Nœud PTDN: adresse réseau du nœud PTDN considéré.
- Nombre de liaisons: nombre de liaisons qui relient le nœud considéré.
- Nœud voisin: adresse réseau du nœud PTDN voisin.
- Interface: interface reliant le nœud voisin correspondant.
- Poids de la liaison: si cette liaison est active sur le trajet rouge (ou le trajet bleu), son poids est mis à 1, sinon il est mis à 888 (ou une autre grande valeur).

Le Tableau A.1 donne un exemple concernant l'état des liaisons.

Tableau A.1 – État des liaisons pour un nœud PTDN

Type (0: trajet bleu; 1: trajet rouge)
Nœud PTDN (adresse réseau du nœud PTDN considéré)
Nombre de liaisons
Description de la liaison 1 (nœud voisin, interface, poids de la liaison)
Description de la liaison 2 (nœud voisin, interface, poids de la liaison)
.....

La base de données d'état des liaisons est composée de l'état des liaisons pour tous les nœuds PTDN du domaine. La base de données d'état des liaisons pour le trajet rouge est utilisée pour calculer le trajet rouge et la base de données d'état des liaisons pour le trajet bleu est utilisée pour calculer le trajet bleu.

De fait, seule la base de données d'état des liaisons pour le trajet bleu (ou rouge) doit être conservée, et l'autre base de données d'état des liaisons, c'est-à-dire celle pour le trajet rouge (si celle pour le trajet bleu est conservée) ou celle pour le trajet bleu (si celle pour le trajet rouge est conservée), est calculée en inversant les valeurs de poids de liaison.

Un exemple de sous-graphes orientés est illustré dans la Figure A.2, le numéro ST étant indiqué entre crochets []. La partie gauche de la figure illustre le sous-graphe orienté pour le trajet bleu, dans lequel le nombre ST est croissant, sauf pour le nœud 0. La partie droite de la figure illustre le sous-graphe orienté pour le trajet rouge, dans lequel le nombre ST est décroissant, sauf pour le nœud 0. Pour la base de données d'état des liaisons pour le trajet bleu, seules les liaisons pour lesquelles le numéro ST du nœud voisin est supérieur à celui du nœud considéré sont actives. Pour la base de données d'état des liaisons pour le trajet rouge, seules les liaisons pour lesquelles le numéro ST du nœud voisin est inférieur à celui du nœud considéré sont actives.

S'agissant du nœud PTDN 0 dans la Figure A.2, on trouvera dans le Tableau A.2 un exemple d'état des liaisons pour le trajet bleu et dans le Tableau A.3 un exemple d'état des liaisons pour le trajet rouge, pour lequel le poids de liaison est inversé par rapport à l'état des liaisons pour le trajet bleu.

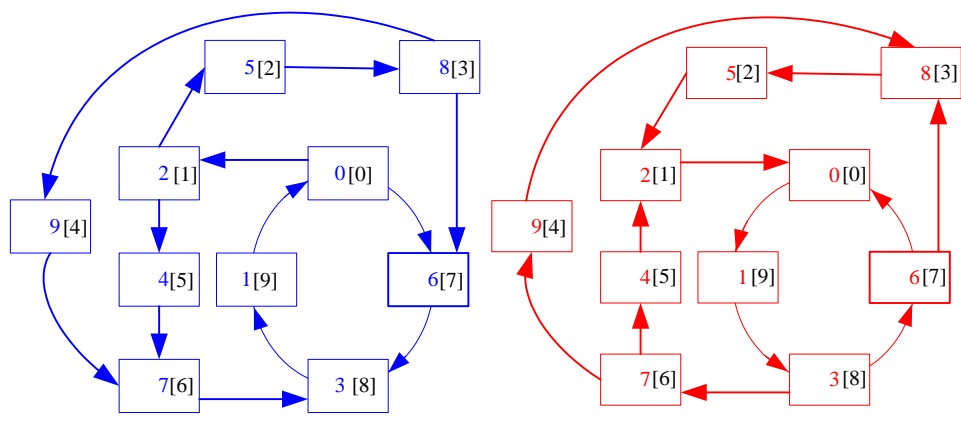


Figure A.2 – Sous-graphes orientés pour le trajet bleu (gauche) et le trajet rouge (droite)

Tableau A.2 – État des liaisons pour le trajet bleu pour le nœud 0

Type (0)
Nœud PTDN (0)
Nombre de liaisons (3)
<i>Description de la liaison 1:</i> Nœud voisin: 2 Interface: série 0 Poids de la liaison: 1 (active)
<i>Description de la liaison 2:</i> Nœud voisin: 1 Interface: série 1 Poids de la liaison: 888 (inactive)
<i>Description de la liaison 3:</i> Nœud voisin: 6 Interface: série 2 Poids de la liaison: 1 (active)

Tableau A.3 – État des liaisons pour le trajet rouge pour le nœud 0

Type (1)
Nœud PTDN (0)
Nombre de liaisons (3)
<i>Description de la liaison 1:</i> Nœud voisin: 2 Interface: série 0 Poids de la liaison: 888 (inactive)
<i>Description de la liaison 2:</i> Nœud voisin: 1 Interface: série 1 Poids de la liaison: 1 (active)
<i>Description de la liaison 3:</i> Nœud voisin: 6 Interface: série 2 Poids de la liaison: 888 (inactive)

A.6 Table de retransmission

La table de routage est basée sur la base de données d'état des liaisons et la table de retransmission est basée sur la table de routage. La table de retransmission est utilisée pour la retransmission des données. Il existe deux tables de retransmission dans le modèle de routage à deux trajets; l'une pour le trajet bleu et l'autre pour le trajet rouge. La table de retransmission comprend les éléments suivants.

- Adresse de destination: indique l'adresse du réseau de destination ou du nœud PTDN de destination.
- Couleur: un drapeau de couleur indique simplement le trajet auquel correspond la table de retransmission; 0 indique le trajet bleu et 1 indique le trajet rouge.
- Interface: indique le numéro de l'interface série.
- Saut suivant: indique l'adresse du saut suivant.

On trouvera dans le Tableau A.4 un exemple de table de retransmission pour un nœud PTDN pour le modèle de routage à deux trajets.

Tableau A.4 – Exemple de table de retransmission pour le modèle de routage à deux trajets

Adresse de destination	Couleur	Interface	Saut suivant
1000 0000 0000 xxxx	rouge	Série 0	1000 1000 0000 0012
1000 0000 0000 xxxx	bleu	Série 1	1000 1000 0000 0008

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 (2012), *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 les réseaux MPLS de transport (T-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 mécanismes de rétablissement (protection et rétablissement) (de trajets) internationaux et de sections multiplex internationales à conteneurs virtuels en hiérarchie numérique synchrone*.
- [b-UIT-T X.136] Recommandation UIT-T X.136 (1997), *Valeur 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), *Valeur 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), *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts – Modèle de référence de base: le modèle de base*.
- [b-UIT-T X.212] Recommandation UIT-T X.212 (1995), *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/Y.1402 (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
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication