



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.827

(09/2003)

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

Réseaux numériques – Objectifs de qualité et de
disponibilité

**Paramètres et objectifs de disponibilité pour les
conduits numériques internationaux de bout en
bout à débit constant**

Recommandation UIT-T G.827

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

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
EQUIPEMENTS DE TEST	G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
Généralités	G.800–G.809
Objectifs de conception pour les réseaux numériques	G.810–G.819
Objectifs de qualité et de disponibilité	G.820–G.829
Fonctions et capacités du réseau	G.830–G.839
Caractéristiques des réseaux à hiérarchie numérique synchrone	G.840–G.849
Gestion du réseau de transport	G.850–G.859
Intégration des systèmes satellitaires et hertziens à hiérarchie numérique synchrone	G.860–G.869
Réseaux de transport optiques	G.870–G.879
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION - ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

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

Recommandation UIT-T G.827

Paramètres et objectifs de disponibilité pour les conduits numériques internationaux de bout en bout à débit constant

Résumé

La présente Recommandation définit les paramètres et objectifs de performance du réseau pour les éléments de conduit et la disponibilité de bout en bout des conduits numériques internationaux à débit constant. Ces paramètres sont indépendants du type de réseau physique prenant en charge le conduit de bout en bout (réseau à fibres optiques, hertzien ou à satellite, par exemple). D'autre part, la présente Recommandation donne des précisions sur les méthodes permettant d'améliorer la disponibilité et de calculer la disponibilité de bout en bout d'un ensemble d'éléments de réseau.

Source

La Recommandation G.827 de l'UIT-T a été approuvée le 13 septembre 2003 par la Commission d'études 13 (2001-2004) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

Mots clés

Disponibilité, objectifs de disponibilité, performance en termes de disponibilité, taux de disponibilité, taux d'indisponibilité.

AVANT-PROPOS

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

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 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 responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2004

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 Introduction	1
1.1 Domaine d'application	1
1.2 Objet	2
1.3 Portée de la présente Recommandation.....	2
2 Références normatives.....	2
3 Abréviations.....	4
4 Définitions	5
4.1 Disponibilité	5
4.2 Conduits de bout en bout.....	6
4.3 Eléments de conduit	6
4.4 Catégories d'éléments de conduit	6
4.5 Catégories de niveaux de performance.....	8
5 Catégories de longueur	8
6 Paramètres relatifs à la disponibilité.....	9
6.1 Taux de disponibilité et taux d'indisponibilité	9
6.2 Durée moyenne entre interruptions et fréquence d'interruption	10
7 Objectifs de disponibilité.....	10
7.1 Disponibilité de bout en bout	10
7.2 Objectifs de bout en bout.....	10
7.3 Objectifs de disponibilité pour les éléments de conduit.....	11
8 Paramètres de disponibilité associés.....	13
Annexe A – Exemples de topologies de conduit et de calculs de performance en termes de disponibilité de bout en bout.....	14
A.1 Objet	14
A.2 Topologies de conduit	14
A.3 Calcul de l'indisponibilité de bout en bout	15
A.4 Réseaux de télécommunication de grande envergure	18
Appendice I – Bibliographie.....	19
Appendice II – Calculs et niveaux de service corroborant les objectifs de disponibilité de bout en bout	20

Recommandation UIT-T G.827

Paramètres et objectifs de disponibilité pour les conduits numériques internationaux de bout en bout à débit constant

1 Introduction

La présente Recommandation fait partie d'une série de Recommandations définissant la qualité de transmission de bout en bout du réseau de transport des télécommunications international. Les définitions de la performance sont fondées sur un conduit fictif de référence (HRP, *hypothetical reference path*) de 27 500 km tel que défini dans la Rec. UIT-T G.826.

1.1 Domaine d'application

La présente Recommandation spécifie les paramètres de disponibilité et les objectifs qui leur sont associés pour les conduits numériques internationaux de bout en bout à débit constant (CBR, *constant bit rate*), ou des éléments de ces conduits. Ces conduits utilisent la hiérarchie numérique plésiochrone (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*) définie dans la Rec. UIT-T G.705, la hiérarchie numérique synchrone (SDH, *synchronous digital hierarchy*) définie dans la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 ou la technologie du réseau de transport optique (OTN, *optical transport network*) définie dans la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.

Dans des révisions ultérieures de la présente Recommandation, on pourra envisager d'adopter la définition de la disponibilité retenue dans d'autres technologies de transmission.

Les paramètres de disponibilité et les objectifs qui leur sont associés sont indépendants des supports de transmission prenant en charge le conduit, par exemple réseaux à fibre optique, faisceaux hertziens ou satellites.

Les objectifs de disponibilité sont considérés comme complétant les objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur définis dans les Recommandations UIT-T G.821, G.826, G.828 et G.8201.

Les technologies de transport de paquets ou de cellules sont traitées dans d'autres Recommandations de l'UIT-T (X.137 ou I.357, par exemple). La performance en termes de disponibilité pour les connexions commutées dans le RNIS est définie dans la Rec. UIT-T I.355.

Les objectifs indiqués dans la présente Recommandation peuvent offrir une base de négociation au client et au fournisseur du service, pour convenir entre eux d'une amélioration de la performance, dans le cadre d'un accord de niveau de service (SLA, *service level agreement*) tel que défini dans les Recommandations UIT-T E.800 et E.801.

Pour de plus amples précisions sur telle ou telle technologie de transport, telle que les points et conditions de mesure ainsi que les méthodes d'essai, nous invitons ici le lecteur à se reporter à d'autres Recommandations, à savoir:

- pour les réseaux en général, y compris les dispositions relatives à la protection des conduits: la Rec. UIT-T G.805;
- pour les systèmes à câbles optiques terrestres: les Recommandations UIT-T G.872 et G.911;
- pour les systèmes de transmission hertziens à hyperfréquence: les Recommandations UIT-R F.1492 et F.1493;
- pour les systèmes à satellites: la Rec. UIT-R S.579-5;
- pour de plus amples précisions sur le protocole de commande utilisé pour passer du conduit principal au conduit de protection dans les systèmes de transport SDH: les Recommandations UIT-T G.841 et G.842.

1.2 Objet

La présente Recommandation est destinée à être utilisée par:

- les acquéreurs de capacité de télécommunication;
- les planificateurs de réseau de transmission pour déterminer l'infrastructure nécessaire à la prise en charge de l'offre des services de télécommunication;
- les organismes responsables de la fourniture de la capacité, pour déterminer les mesures d'appui de bout en bout supplémentaires (comme la commutation de protection de bout en bout) éventuellement nécessaires pour satisfaire aux objectifs de qualité de service contractuels;
- les exploitants de réseau fournissant les éléments de réseau, pour veiller à ce que les objectifs de disponibilité contractuels soient respectés;
- les organismes de surveillance des réseaux publics nationaux.

1.3 Portée de la présente Recommandation

La présente Recommandation définit la disponibilité des conduits numériques internationaux de bout en bout à débit constant en fonction de la disponibilité des éléments de conduit dont ils sont constitués.

Un conduit se compose de différents éléments de conduit satisfaisant aux objectifs de disponibilité obtenus selon les principes spécifiés au § 7.2. Le concepteur assemblera ces éléments de conduit de manière à former un conduit qui soit conforme aux objectifs du Tableau 2. Le conduit peut inclure diverses topologies de protection; des exemples de ces topologies sont présentés dans l'Annexe A.

Les caractéristiques des éléments de conduit dépendent de la longueur de ceux-ci, de l'emplacement où ils se trouvent dans le circuit de bout en bout et de leur catégorie de qualité. La présente Recommandation n'a pas pour objet d'examiner de manière détaillée la disponibilité de ces éléments de conduit au niveau des domaines d'opérateur de réseau, des couches serveurs, des sous-réseaux ou des groupes d'accès.

Les techniques permettant d'améliorer la disponibilité de bout en bout au moyen d'éléments de réseau de protection supplémentaires sont décrites dans l'Annexe A.

La disponibilité est calculée à partir de l'unité moins l'indisponibilité.

A noter que l'une des extrémités du conduit de bout en bout, ou les deux, peuvent être situées dans les locaux du client.

D'autre part, l'Annexe A donne des indications détaillées sur les méthodes permettant d'évaluer la disponibilité de bout en bout.

Dans certains cas, un circuit de télécommunication international peut être mis en place par un groupe d'opérateurs de réseau privés, après quoi le client doit négocier les objectifs de disponibilité requis entre ces opérateurs de réseau pour établir un contrat SLA en s'inspirant, le cas échéant, des objectifs de performance spécifiés dans la présente Recommandation.

2 Références normatives

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

- [1] Recommandation UIT-T E.800 (1994), *Termes et définitions relatifs à la qualité de service et à la qualité de fonctionnement du réseau, y compris la sûreté de fonctionnement.*
- [2] Recommandation UIT-T E.801 (1996), *Cadre général pour les accords relatifs à la qualité de service.*
- [3] Recommandation UIT-R F.1492 (2000), *Objectifs de disponibilité applicables à des liaisons hertziennes numériques réelles faisant partie du tronçon international d'un conduit numérique à débit constant égal ou supérieur au débit primaire.*
- [4] Recommandation UIT-R F.1493 (2000), *Objectifs de disponibilité applicables à des liaisons hertziennes numériques réelles faisant partie d'un tronçon national de conduit numérique à débit constant égal ou supérieur au débit primaire.*
- [5] Recommandation UIT-T G.705 (2000), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de la hiérarchie numérique plésiochrone.*
- [6] Recommandation UIT-T G.707/Y.1322 (2003), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.*
- [7] Recommandation UIT-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces pour le réseau de transport optique.*
- [8] Recommandation UIT-T G.805 (2000), *Architecture fonctionnelle générique des réseaux de transport.*
- [9] Recommandation UIT-T G.821 (2002), *Caractéristiques d'erreur d'une connexion numérique internationale fonctionnant à un débit inférieur au débit primaire et faisant partie d'un réseau numérique à intégration de services.*
- [10] Recommandation UIT-T G.826 (2002), *Paramètres et objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur de bout en bout pour les connexions et conduits numériques internationaux à débit constant.*
- [11] Recommandation UIT-T G.828 (2000), *Paramètres et objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur pour les conduits numériques synchrones internationaux à débit constant.*
- [12] Recommandation UIT-T G.8201 (2003), *Paramètres et objectifs de qualité de transmission en termes de taux d'erreur pour les conduits internationaux multiopérateurs dans les réseaux de transport optiques.*
- [13] Recommandation UIT-T G.841 (1998), *Types et caractéristiques des architectures de protection des réseaux à hiérarchie numérique synchrone.*
- [14] Recommandation UIT-T G.842 (1997), *Interfonctionnement des architectures de protection des réseaux à hiérarchie numérique synchrone.*
- [15] Recommandation UIT-T G.872 (2001), *Architecture des réseaux de transport optiques.*
- [16] Recommandation UIT-T G.911 (1997), *Paramètres et méthodes de calcul de la fiabilité et de la disponibilité des systèmes à fibres optiques.*
- [17] Recommandation UIT-T I.355 (2000), *Disponibilité des connexions RNIS à 64 kbit/s.*
- [18] Recommandation UIT-T I.357 (2000), *Disponibilité des connexions semi-permanentes du RNIS-LB.*
- [19] Recommandation UIT-R S.579-5 (2001), *Objectifs de disponibilité d'un circuit fictif de référence et d'un conduit numérique fictif de référence utilisés dans un service de téléphonie avec modulation par impulsions et codage, ou comme partie d'une connexion*

fictive de référence d'un réseau numérique à intégration de service dans le service fixe par satellite.

- [20] 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.*

3 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AR	taux de disponibilité (<i>availability ratio</i>)
CBR	débit constant (<i>constant bit rate</i>)
CP	locaux client (<i>customer premises</i>)
FS	station frontière (<i>frontier station</i>)
HRP	conduit fictif de référence (<i>hypothetical reference path</i>)
IB	frontière internationale (<i>international border</i>)
ICPCE	élément de cœur de conduit transfrontière (<i>inter-country path core element</i>)
IG	passerelle internationale (<i>international gateway</i>)
IPCE	élément de cœur de conduit international (<i>international path core element</i>)
Mo	temps moyen entre interruptions (<i>mean time between outages</i>)
MTTR	temps moyen pour réparer (<i>mean time to restore</i>)
NPCE	élément de cœur de conduit national (<i>national path core element</i>)
NPE	élément de conduit national (<i>national path element</i>)
OI	fréquence d'interruption (<i>outage intensity</i>)
OTN	réseau de transport optique (<i>optical transport network</i>)
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PE	élément de conduit (<i>path element</i>)
PEP	point d'extrémité de conduit (<i>path end point</i>)
SA	disponibilité du service (<i>service availability</i>)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SES	seconde gravement erronée (<i>severely errored second</i>)
SLA	accord de niveau de service (<i>service level agreement</i>)
CTI	centre terminal international
U	indisponibilité (<i>unavailability</i>)
UR	taux d'indisponibilité (<i>unavailability ratio</i>)
λ	taux de défaillance (<i>failure rate</i>)
μ	taux de rétablissement (<i>restoration rate</i>)

4 Définitions

4.1 Disponibilité

Pour toutes précisions sur les définitions de la disponibilité, voir les Recommandations UIT-T G.826, G.828 ou l'Annexe A/G.8201.

4.1.1 Critères applicables à un seul sens

Une période d'indisponibilité commence avec l'apparition de 10 événements consécutifs de secondes gravement erronées (SES, *severely errored second*). On considère que ces 10 secondes font partie de la période d'indisponibilité. Une nouvelle période de disponibilité commence avec l'apparition de 10 secondes non SES consécutives (une seconde non SES est une seconde soit non erronée, ou erronée mais non gravement erronée). On considère que ces 10 secondes font partie de la période de disponibilité. La Figure 1 illustre cette définition.

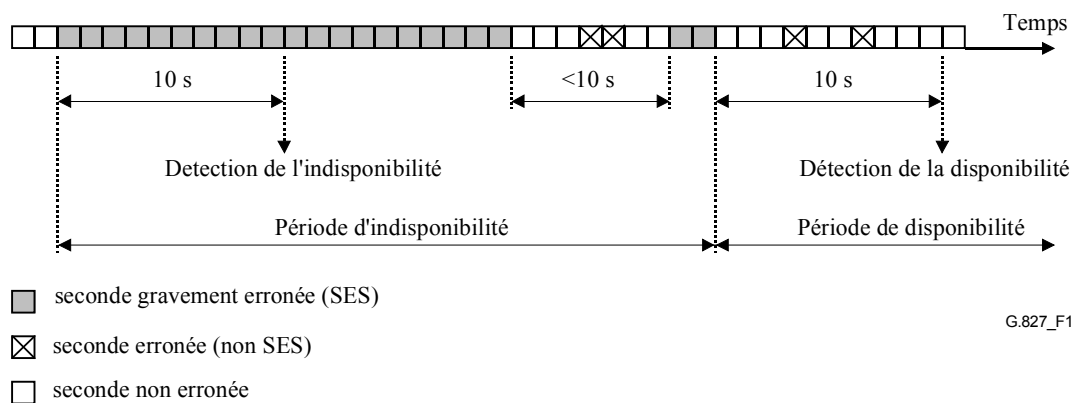


Figure 1/G.827 – Exemple de détermination de l'indisponibilité

La spécification de secondes SES dépend du système considéré (se reporter à la Recommandation appropriée).

4.1.2 Critère applicable à un conduit ou à une connexion bidirectionnel

Un conduit ou une connexion bidirectionnel est en état d'indisponibilité si un sens ou les deux sont en état d'indisponibilité. Ceci est illustré sur la Figure 2.

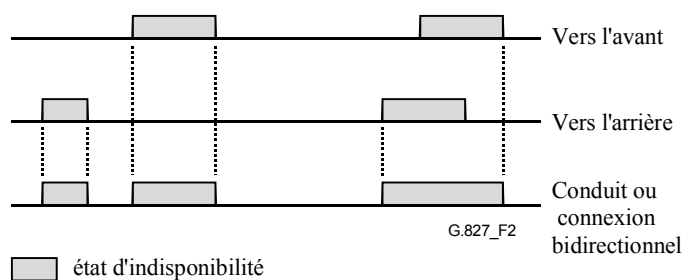


Figure 2/G.827 – Exemple d'état d'indisponibilité d'un conduit ou d'une connexion bidirectionnel

La durée de disponibilité est obtenue en ajoutant toutes les périodes de disponibilité observées pendant une période d'observation générique.

La durée d'indisponibilité est obtenue en ajoutant toutes les périodes d'indisponibilité observées pendant une période d'observation générique.

La disponibilité est définie comme étant le pourcentage de la durée de disponibilité (par rapport à la durée totale) pendant une période d'observation générique. La disponibilité est également appelée taux de disponibilité (AR, *availability ratio*).

L'indisponibilité est définie comme étant le pourcentage de la durée d'indisponibilité (par rapport à la durée totale) pendant une période d'observation générique. L'indisponibilité est également appelée taux d'indisponibilité (UR, *unavailability ratio*).

4.2 Conduits de bout en bout

Un conduit de bout en bout est une entité de transport responsable de l'intégrité du transfert des informations clients entre les extrémités de ce conduit. Les conduits de bout en bout sont constitués d'un ensemble d'éléments de conduit.

4.3 Eléments de conduit

Un élément de conduit (PE, *path element*) est défini dans la présente Recommandation comme étant un tronçon d'un conduit de bout en bout permettant de spécifier la disponibilité.

Les éléments de conduit sont définis en fonction de considérations non pas architecturales mais géographiques et leurs frontières ne correspondent pas nécessairement au débit binaire du conduit de bout en bout considéré. Par exemple, un conduit à 2 Mbit/s peut ne fonctionner dans la pratique qu'à 140 Mbit/s à une frontière internationale.

4.4 Catégories d'éléments de conduit

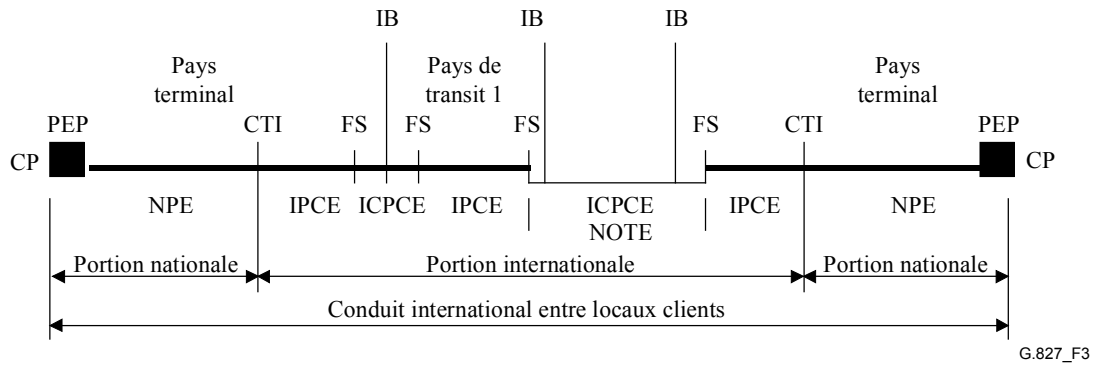
Les éléments de conduit sont classés selon:

- 1) leur position dans le réseau;
- 2) leur longueur;
- 3) leur niveau de performance.

La présente Recommandation identifie trois catégories géographiques différentes d'éléments de conduit:

- élément de cœur de conduit transfrontière (ICPCE, *inter-country path core element*);
- élément de cœur de conduit international (IPCE, *international path core element*);
- élément de conduit national (NPE, *national path element*).

La configuration conceptuelle de ces types d'éléments de conduit est représentée sur la Figure 3.



NOTE Cet élément ICPE qui franchit deux frontières internationales a généralement pour support un système de transmission par satellite ou sous-marin.

CP	locaux client	IPCE	élément de cœur de conduit international
FS	station frontière	NPE	élément de conduit national
IB	frontière internationale	PEP	point d'extrémité de conduit
ICPCE	élément de cœur de conduit transfrontière	CTI	centre terminal international

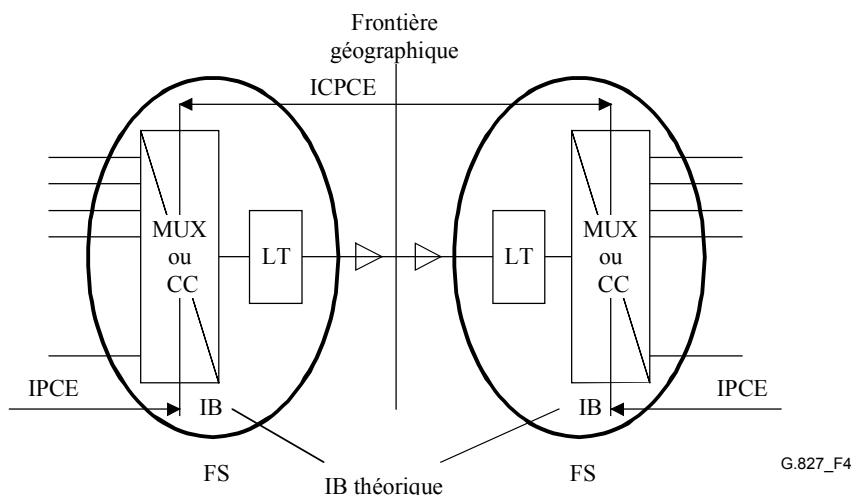
Figure 3/G.827 – Configuration conceptuelle des éléments d'un conduit international de bout en bout entre locaux clients

4.4.1 Élément de cœur de conduit transfrontière

L'élément ICPCE est l'élément de conduit ayant pour support le conduit numérique d'ordre le plus élevé de part et d'autre de la frontière géographique transfrontière.

Cet élément est limité par des stations frontières lorsque le conduit transfrontière d'ordre le plus élevé a pour extrémités des stations frontières. Lorsqu'une extrémité de ce conduit n'est pas située dans une station frontière, l'élément ICPCE est limité par le point d'accès à la section transfrontière support. Un exemple d'élément ICPCE est donné sur la Figure 4.

Un élément ICPCE peut avoir comme support un système de transmission par câble sous-marin, terrestre ou par satellite. Dans le cas d'un système de transmission par satellite, on considère que la station frontière est située dans la station terrienne.



CC	brasseur	IPCE	élément de cœur de conduit international
FS	station frontière	LT	terminal de ligne
IB	frontière internationale	MUX	multiplexeur
ICPCE	élément de cœur de conduit transfrontière		

Figure 4/G.827 – Exemple d'élément de cœur de conduit transfrontière (ICPCE)

4.4.2 Élément de cœur de conduit international

L'élément IPCE est l'élément de conduit utilisé dans le réseau central d'un pays. Les frontières de cet élément dépendent de son application. Pour un pays de transit, cet élément est limité par deux stations frontières. Pour un pays terminal, cet élément est limité par une passerelle internationale et une station frontière.

4.4.3 Élément de conduit national

L'élément NPE est un élément de conduit utilisé dans un pays terminal pour relier la portion internationale aux points d'extrémités de conduit (PEP, *path end point*).

4.5 Catégories de niveaux de performance

Trois catégories de niveaux de performance sont définies dans la présente Recommandation:

- a) le niveau de performance à priorité ordinaire;
- b) le niveau de performance à priorité élevée;
- c) le niveau de performance à priorité préemptible.

Le niveau de performance à priorité "préemptible" ne correspond à aucune performance en termes de disponibilité définie, mais il peut être interrompu pour assurer la capacité de protection voulue pour un autre conduit. La catégorie de performance "ordinaire" correspond au niveau de performance minimal requis. La catégorie de performance "élevée" correspond à un niveau de performance supérieur au niveau "ordinaire".

Les clients peuvent négocier tout niveau de disponibilité pour tel ou tel conduit de bout en bout dans le cadre d'un accord SLA.

5 Catégories de longueur

Les catégories de longueur sont définies par les règles suivantes:

$$100 \times (i-1) \leq L < 100 \times i \quad (5-1)$$

où $i = 1, 2, \dots$

Cette formule spécifie les catégories de longueur, par intervalles de 100 km. Chaque catégorie est associée à une variable entière "k"; les formules indiquées ci-après au § 7.3 utilisent cette variable pour déterminer les objectifs de performance en termes de disponibilité d'un élément de conduit de longueur L. Le Tableau 1 indique les valeurs de "k" pour chacune des catégories de longueur inférieure ou égale à 10 000 km.

A l'exception des éléments de conduit dont les supports sont des câbles sous-marins, la longueur correspond à la plus petite des deux longueurs suivantes: la longueur effective du trajet, la distance à vol d'oiseau multipliée par un facteur de route.

Le facteur de route est spécifié comme suit:

- si la distance à vol d'oiseau est inférieure à 1000 km, le facteur de route vaut 1,5;
- si la distance à vol d'oiseau est supérieure à 1000 km et inférieure à 1200 km, la longueur calculée pour le trajet est supposée être égale à 1500 km;
- si la distance à vol d'oiseau est supérieure ou égale à 1200 km, le facteur de route vaut 1,25.

Pour les éléments de conduit dont les supports sont des câbles sous-marins, c'est la longueur effective du trajet qui est utilisée.

Tableau 1/G.827 – Valeurs de "k" en fonction de la longueur des éléments de conduit

Km	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1000	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2000	20	21	22	23	24	25	1	2	3	4
3000	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4000	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
5000	25	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6000	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
7000	20	21	22	23	24	25	1	2	3	4
8000	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9000	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10000	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

La valeur à retenir pour "k" est indiquée dans la case correspondant, d'une part, à la valeur indicielle figurant à gauche de la rangée et, d'autre part, à la valeur indicielle figurant en haut de la colonne, valeurs indicielles dont la somme est immédiatement supérieure à la longueur de l'élément de conduit considéré.

Exemples:

Longueur = 3 250 km, k = 8 (rangée 3 000, colonne 300)

Longueur = 3 300 km, k = 9 (rangée 3 000, colonne 400)

6 Paramètres relatifs à la disponibilité

Selon la définition de l'indisponibilité, la durée d'indisponibilité doit être supérieure à 10 secondes. Les périodes de dégradation de plus courte durée, qui devraient entrer dans les catégories "secondes erronées" ou "secondes gravement erronées" (SES), ne font pas partie de la performance en termes de disponibilité.

6.1 Taux de disponibilité et taux d'indisponibilité

Le terme "disponibilité" se rapporte au taux de disponibilité (AR, *availability ratio*), qui est le pourcentage de temps pendant lequel un conduit est à l'état de disponibilité pendant une période d'observation. Le calcul de ce taux se fait en divisant le temps de disponibilité total pendant la période d'observation par la durée de la période d'observation.

Le complément A1 du taux AR, le taux d'indisponibilité (UR, *unavailability ratio*), est le pourcentage de temps pendant lequel un conduit de bout en bout est à l'état d'indisponibilité pendant une période d'observation. Le calcul de ce taux se fait en divisant le temps d'indisponibilité total pendant la période d'observation par la durée de la période d'observation.

$$AR + UR = 1 \quad (6-1)$$

La durée recommandée pour la période d'observation est d'une année.

L'attribution d'objectifs de disponibilité pour des périodes d'observation d'une durée inférieure à une année ne relève pas de la présente Recommandation.

L'étude des méthodes permettant d'obtenir des valeurs de disponibilité réalistes par l'utilisation de divers systèmes d'échantillonnage ne relève pas de la présente Recommandation.

Période de disponibilité prévue

Si la connexion n'est pas prévue pour être une connexion permanente, les périodes durant lesquelles la connexion n'est pas en service ne sont pas prises en compte dans le calcul de sa disponibilité. Cela peut avoir une incidence sur le choix de la période d'observation.

6.2 Durée moyenne entre interruptions et fréquence d'interruption

Une période d'indisponibilité est également appelée "interruption". La durée moyenne entre interruptions (M_o , *mean time between outages*) est la durée moyenne des intervalles pendant lesquels l'élément de conduit est disponible pendant une période de mesure. Le nombre d'interruptions par période de mesure est appelé "fréquence d'interruption" (OI , *outage intensity*).

Si la période de mesure est d'une année et si la durée M_o est exprimée en fractions d'une année, la fréquence d'interruption (OI , *outage intensity*) est l'inverse de M_o .

NOTE – Cette relation suppose que les périodes d'indisponibilité soient courtes par rapport aux périodes de disponibilité.

7 Objectifs de disponibilité

7.1 Disponibilité de bout en bout

La disponibilité de bout en bout d'un conduit est normalement déterminée d'après les mesures cumulées à long terme de la performance des éléments de conduit. Dans un nouveau réseau, les responsables de la planification de ce réseau auront généralement établi leurs plans sur la base d'une hypothèse de travail relative à la disponibilité, de telle sorte que la valeur de disponibilité retenue dans cette hypothèse peut être adoptée jusqu'à ce que des valeurs plus pratiques puissent être recueillies.

La disponibilité est généralement calculée comme le complément à 1 de l'indisponibilité (voir l'Annexe A pour des exemples). Toutefois, s'il y a chevauchement entre deux périodes d'indisponibilité quelconques, celles-ci ne comptent que pour une seule période d'indisponibilité. Un tel chevauchement peut être dû à un incident important tel qu'un départ de feu dans un commutateur affectant à la fois les éléments de réseau entrant et sortant.

Les valeurs de disponibilité recueillies portent généralement sur des ensembles importants d'éléments de conduit et non pas sur des paires ou des fibres isolées. Pour les besoins de la présente Recommandation, on a admis par hypothèse que tous les éléments de conduit d'un type donné (défini par leur longueur et leur performance) à l'intérieur d'un même domaine (un pays, par exemple) seront valables pour un objectif à atteindre. Il se peut que tel ou tel opérateur de réseau détienne des informations plus détaillées, mais ce point ne relève pas de la présente Recommandation.

7.2 Objectifs de bout en bout

Le Tableau 2 donne les objectifs de bout en bout pour un conduit fictif de référence (HRP, *hypothetical reference path*) de 27 500 km. Un conduit numérique international fonctionnant à un débit égal ou supérieur au débit primaire doit respecter les objectifs du Tableau 2 pour tous les paramètres simultanément.

Ces objectifs s'appliquent à des périodes d'observation d'un an (~365 jours consécutifs), en utilisant une fenêtre glissante par pas de 24 h.

Pour respecter ces prescriptions à long terme, il peut être nécessaire de retenir des valeurs plus strictes au stade de la conception.

Tableau 2/G.827 – Objectifs de performance en termes de disponibilité de bout en bout pour un conduit HRP numérique international de 27 500 km fonctionnant à un débit égal ou supérieur au débit primaire

Débit	1,5 Mbit/s à 40 Gbit/s	
	AR	OI
Priorité élevée	98%	70
Priorité normale	91%	250
Priorité préemptible	A étudier	A étudier
NOTE – Les valeurs de la fréquence d'interruption (OI) sont établies sur la base d'un temps moyen de rétablissement du service (MTTR) de 4 heures.		

7.3 Objectifs de disponibilité pour les éléments de conduit

7.3.1 Objectifs applicables au taux de disponibilité des éléments de conduit

Les objectifs applicables au taux de disponibilité des éléments de conduit sont déterminés par les formules suivantes:

$$AR_{jS} = 1 - (A_{jS} + k \times X_{jS}) \quad \text{pour la priorité normale} \quad (7-1)$$

$$AR_{jH} = 1 - (A_{jH} + k \times X_{jH}) \quad \text{pour la priorité élevée} \quad (7-2)$$

où:

le paramètre X est une variable permettant de multiplier les quanta de longueur, le paramètre A étant une constante pour chaque type différent d'élément de conduit; ces valeurs sont indiquées dans le Tableau 3.

j = 1 pour une longueur d'élément de conduit < 2500 km

j = 2 pour 2500 km ≤ longueur d'élément de conduit < 5000 km

j = 3 pour 5000 km ≤ longueur d'élément de conduit < 7500 km

j = 4 pour une longueur d'élément de conduit ≥ 7500 km

l'indice S indique la priorité normale,

l'indice H indique la priorité élevée,

la variable "k" provient du Tableau 1.

Tableau 3/G.827 – Valeurs applicables aux calculs du taux de disponibilité des éléments de conduit ($\times 10^{-4}$)

Eléments de conduit	Niveau de performance	A ₁	X ₁	A ₂	X ₂	A ₃	X ₃	A ₄	X ₄
Longueur		< 2500 km	< 2500 km	2500 à 5000 km	2500 à 5000 km	5000 à 7500 km	5000 à 7500 km	≥ 7500 km	≥ 7500 km
IPCE	Normal	0	3	75	4	150	5	250	5
	Elevé	0	0,6	15	0,8	30	1	50	1
NPE	Normal	0	5	100	8	275	5	375	5
	Elevé	0	0,8	20	1,6	55	1	75	1
ICPCE	Normal	0	25	100	40	275	25	375	25
	Elevé	0	0,8	20	1,6	55	1	75	1

NOTE – Des liaisons par satellite peuvent être mises en œuvre via un élément de conduit unique ou un ensemble d'éléments de conduit contigus.

7.3.2 Objectifs de fréquence d'interruption des éléments de conduit

Les objectifs de fréquence d'interruption des éléments de conduit sont déterminés par les formules suivantes:

$$OI_{jS} = B_{jS} + k \times Y_{jS} \quad \text{pour la priorité normale} \quad (7-3)$$

$$OI_{jH} = B_{jH} + k \times Y_{jH} \quad \text{pour la priorité élevée} \quad (7-4)$$

où:

j = 1 pour une longueur d'élément de conduit < 2 500 km

j = 2 pour 2 500 km ≤ longueur d'élément de conduit < 5 000 km

j = 3 pour 5 000 km ≤ longueur d'élément de conduit < 7 500 km

j = 4 pour une longueur d'élément de conduit ≥ 7 500 km.

l'indice S indique une priorité normale,

l'indice H indique une priorité élevée,

les valeurs de B_{jS}, Y_{jS}, B_{jH}, Y_{jH} sont indiquées dans le Tableau 4,

la variable "k" provient du Tableau 1.

Tableau 4/G.827 – Valeurs applicables aux calculs de la fréquence d'interruption des éléments de conduit (interruptions/année)

Eléments de conduit	Niveau de performance	B ₁	Y ₁	B ₂	Y ₂	B ₃	Y ₃	B ₄	Y ₄
Longueur		< 2500 km	< 2500 km	2500 à 5000 km	2500 à 5000 km	5000 à 7500 km	5000 à 7500 km	≥ 7500 km	≥ 7500 km
IPCE	Normal	4	0,6	14	1	35	1,4	65	2
	Elevé	1	0,2	3	0,3	8	0,4	15	0,6
NPE	Normal	5	0,6	18	1	40	1,6	75	2
	Elevé	1	0,4	4	0,4	10	0,4	16	0,6
ICPCE	Normal	5	0,6	18	1	40	1,6	75	2
	Elevé	1	0,4	4	0,4	10	0,4	16	0,6

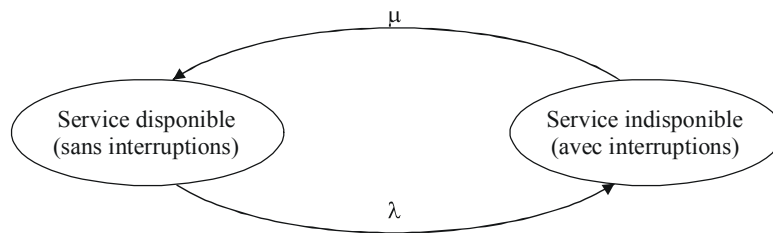
NOTE – Les objectifs de fréquence d'interruption indiqués dans les Tableaux 2 et 4 ont été établis pour une valeur MTTR de 4 heures. Il est admis que certains événements dus à des anomalies de fonctionnement, telles que des dégradations de propagation pour des applications de radiocommunication, peuvent donner lieu à des événements d'indisponibilité passagers: de tels événements, généralement très brefs, ne sont pas pris en considération. En tout état de cause, les valeurs globales de taux de disponibilité (AR) indiquées dans les Tableaux 2 et 3 ne doivent pas être dépassées.

8 Paramètres de disponibilité associés

Quatre autres paramètres sont couramment utilisés pour décrire la performance en termes de disponibilité. Ces paramètres sont généralement définis comme suit:

- temps moyen pour réparer (MTTR, *mean time to restore*): durée moyenne des intervalles d'indisponibilité du service;
- taux de défaillance (λ): nombre moyen de transitions de l'état de disponibilité à l'état d'indisponibilité par unité de temps de disponibilité;
- taux de rétablissement (μ): nombre moyen de transitions de l'état d'indisponibilité à l'état de disponibilité par unité de temps d'indisponibilité;
- indisponibilité (U): rapport à long terme de la durée d'indisponibilité du service à la durée de service programmée, exprimé en pourcentage.

Dans l'hypothèse d'une répartition selon une loi exponentielle des défaillances et des rétablissements, on pourra estimer les valeurs mathématiques d'un quelconque de ces paramètres sur la base des valeurs du taux de disponibilité (AR) (désigné par SA (*service availability*) pour "disponibilité du service" sur la Figure 5) et du temps moyen entre interruptions (Mo, *mean time between outage*) que résumées dans la Figure 5.



a) Synoptique des états

G.827_F5

$$Mo = \frac{1}{\lambda}$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu}$$

$$SA = 100 \left[\frac{Mo}{Mo + MTTR} \right] = 100 \left[\frac{\mu}{\lambda + \mu} \right]$$

$$U = 100 - SA = 100 \left[\frac{MTTR}{Mo + MTTR} \right] = 100 \left[\frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right]$$

b) Relations entre les paramètres

Figure 5/G.827 – Modèle et paramètres de disponibilité de base

Le temps moyen pour réparer (MTTR) peut être réduit par la mise en œuvre d'un système de gestion de réseau intégré à temps de réponse bref, parfois qualifié de système avec "répartition des ressources" pour le différencier des systèmes de gestion traditionnelle généralement plus lents.

La complexité accrue découlant de l'adoption de ce système de gestion intégré, pour autant qu'il soit conçu avec soin, ne devrait pas entraîner de dégradation de la disponibilité dues à de fausses alarmes.

Annexe A

Exemples de topologies de conduit et de calculs de performance en termes de disponibilité de bout en bout

A.1 Objet

La présente annexe vise à fournir des indications pour calculer la performance de bout en bout d'un conduit en fonction des performances des éléments de conduit; ces indications s'appuient sur des exemples de topologies.

Des négociations entre clients et fournisseurs pourront aboutir à des topologies plus complexes, mais les principes de calcul donnés dans ces exemples devraient continuer à s'appliquer.

Dans la pratique, un élément de conduit donné fera l'objet d'un réglage compte tenu des données d'expérience locales.

A.2 Topologies de conduit

Les Figures A.1 et A.2 représentent les topologies de base de conduit qui peuvent être élaborées à partir des éléments de conduit définis dans la présente Recommandation.

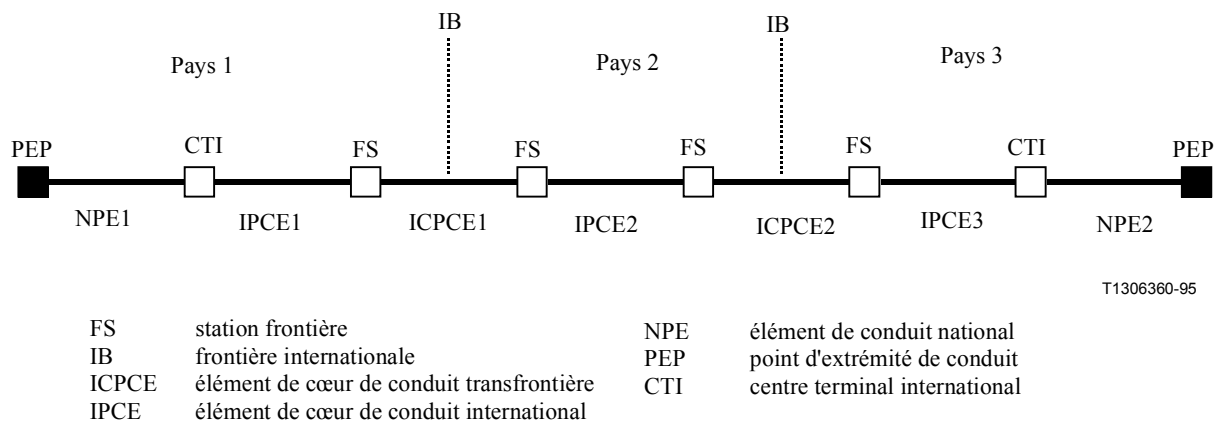


Figure A.1/G.827 – Exemple de conduit de base simple sans protection

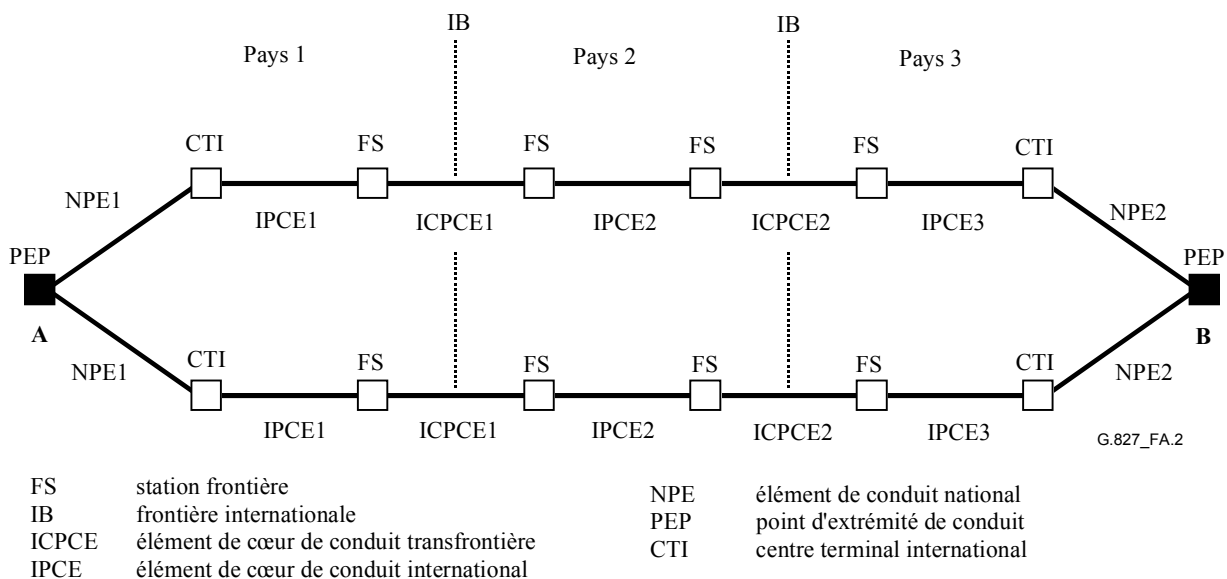


Figure A.2/G.827 – Exemple de conduit avec protection de bout en bout

La Figure A.1 représente un conduit de base simple sans protection et la Figure A.2 représente ce même conduit de base auquel a été ajouté un conduit avec protection de bout en bout qui devrait emprunter un itinéraire distinct pour que la protection soit optimale.

On appelle cette forme de protection la configuration 1+1. Chacun des deux conduits est une connexion bidirectionnelle dont le signal d'émission en provenance de chaque extrémité est connecté en permanence aux deux conduits et comportant un dispositif de commutation à chaque récepteur pour sélectionner le meilleur signal.

Une configuration plus économique consiste à utiliser un conduit de protection pour assurer la protection de plusieurs autres conduits. C'est ce qu'on appelle la configuration 1:n qui nécessite des commutateurs de sélection au niveau des émetteurs et des récepteurs.

A.3 Calcul de l'indisponibilité de bout en bout

Pour les calculs de la disponibilité de bout en bout, il est plus pratique d'utiliser le taux d'indisponibilité.

A titre d'exemple, on admettra par hypothèse que la performance en termes d'indisponibilité des éléments de conduit formant la connexion suit une distribution normale ou gaussienne et qu'elle est

peu élevée, ce qui permet de considérer la contribution de chaque élément de conduit comme étant indépendante. En d'autres termes, il n'y a aucun chevauchement des périodes d'indisponibilité.

A.3.1 Conduit de base simple

Un tel conduit correspond à la topologie représentée sur la Figure A.1, sur laquelle le conduit est constitué d'éléments de conduit.

Taux d'indisponibilité

Pour les calculs de la disponibilité de bout en bout, il est plus pratique d'utiliser le taux d'indisponibilité que le taux de disponibilité.

Le taux d'indisponibilité de bout en bout est simplement la somme des taux d'indisponibilité des éléments de conduit formant la connexion.

Les notations ci-après sont utilisées pour exprimer le taux d'indisponibilité dans la terminologie mathématique:

ur: taux d'indisponibilité d'un élément de conduit,

UR: taux d'indisponibilité d'un conduit de bout en bout,

Ainsi:

$$UR = \sum_i (ur_i) \quad (A-1)$$

La disponibilité de bout en bout équivaut simplement à l'unité, déduction faite des résultats des formules (A-1) et (A-2).

Si d'autres distributions sont jugées utiles (éventuellement au motif qu'elles rendent plus étroitement compte des résultats des mesures effectuées sur le terrain), ces résultats pourront continuer d'être applicables en raison de leur portée générale mais le calcul des résultats de diverses distributions exigerait une attention plus soutenue.

Fréquence d'interruption

Pour les calculs de la fréquence d'interruption de bout en bout, il est plus pratique d'utiliser la fréquence d'interruption que le temps moyen entre interruptions de service.

La fréquence d'interruption du conduit de bout en bout équivaut simplement à la somme des fréquences d'interruption correspondantes des éléments de conduit, à supposer que la fréquence d'interruption dans chaque élément de conduit soit faible et que, par conséquent, les interruptions soient indépendantes et ne se chevauchent pas:

$$OI = \sum OI_j \quad (A-2)$$

A.3.2 Topologie de protection de bout en bout 1+1

Dans une topologie telle que celle qui est représentée sur la Figure A.2, utilisant deux conduits parallèles et un commutateur de protection à une extrémité (pour chaque sens de transmission), les calculs sont effectués comme suit:

Indisponibilité

L'indisponibilité du conduit protégé de bout en bout vaut:

$$UR_{end-to-end} = (UR_1 \times UR_2) + UR_A + UR_B \quad (A-3)$$

où UR_1 , UR_2 sont les taux d'indisponibilité de chaque conduit parallèle, UR_A et UR_B étant les taux d'indisponibilité des commutateurs de protection A et B.

Etant donné que les deux connexions sont indépendantes l'une de l'autre, il en résultera une amélioration sensible de la disponibilité du conduit de bout en bout du fait que les valeurs habituelles du taux d'indisponibilité devraient être bien inférieures à 1.

Fréquence d'interruption

La fréquence d'interruption du conduit protégé entre les points A et B de la Figure A.2 dépend de la manière dont le circuit de protection est utilisé.

La fréquence d'interruption de bout en bout est obtenue par la formule suivante:

$$OI_{end-to-end} = (OI_1 \times UR_2) + (OI_2 \times UR_1) + OI_A + OI_B \quad (A-4)$$

où OI_1 et OI_2 sont la fréquence d'interruption de chaque conduit parallèle, OI_A et OI_B étant la fréquence d'interruption des commutateurs de protection A et B.

A.3.3 Topologie applicable au taux de protection 1:n

L'analyse présentée ici doit prendre en compte deux situations:

- a) le canal de protection est en dérangement lorsqu'un des canaux actifs subit une interruption;
- b) le canal de protection est utilisé lorsqu'un deuxième canal actif subit une interruption.

La situation a est identique au cas de la configuration 1+1; en conséquence, l'indisponibilité vaut $= UR_w \times UR_p$, si l'utilisation de commutateurs de protection n'est pas envisagée (UR_w est l'indisponibilité du canal actif, et UR_p est l'indisponibilité du canal de protection).

La situation b doit tenir compte de l'indisponibilité de tous les autres canaux, ainsi que du conflit d'accès au canal de protection lorsque deux canaux actifs subissent une interruption simultanée.

Par conséquent,

$$U = \left\{ UR_w \times \left(\sum UR_{w\text{-remaining-channels}} \right) \right\} \times \frac{1}{2}$$

$$= \left\{ UR_w \times (UR_w (n-1)) \right\} \times \frac{1}{2}$$

Le taux d'indisponibilité UR qui en découle est la somme des cas a et b.

$$UR = UR_w \times UR_p + \left\{ UR_w \times (UR_w (n-1)) \right\} \times \frac{1}{2}$$

$$= UR_w \left[UR_p + UR_w \frac{(n-1)}{2} \right]$$

Si tous les canaux ont la même indisponibilité U, on obtient le résultat suivant:

$$UR = U^2 + \left\{ U \times U (n-1) \right\} \times \frac{1}{2}$$

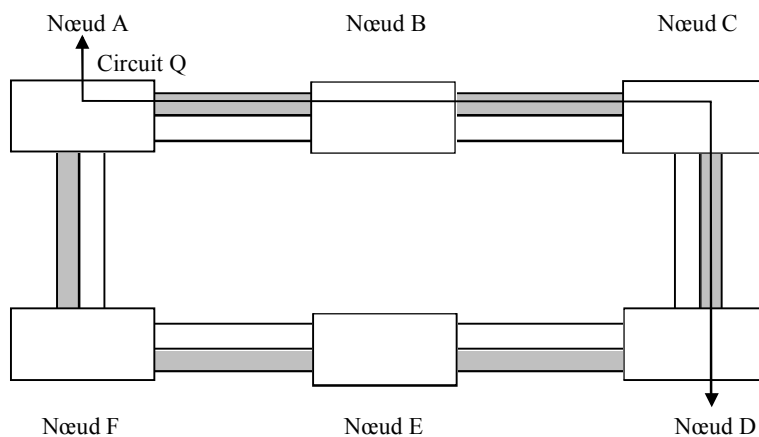
$$UR = U^2 \left\{ \frac{n+1}{2} \right\}$$

A.3.4 Topologies plus complexes

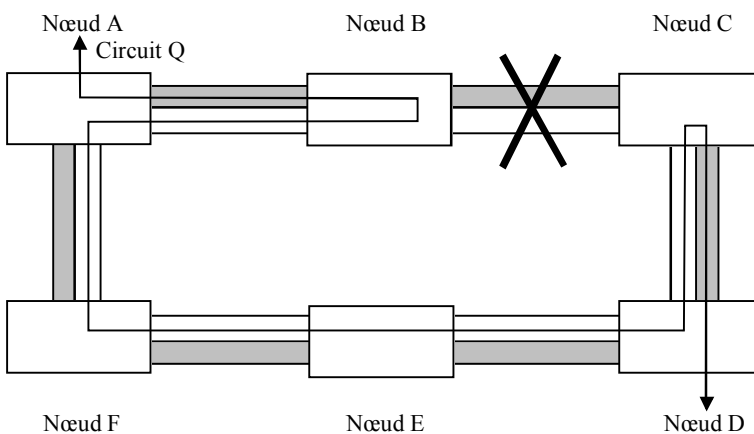
Topologies en anneau

La Figure A.3 représente une topologie SDH en anneau où l'on voit que le trafic peut être réacheminé en contournant une liaison en dérangement mais que l'itinéraire de protection dépend des capacités de commutation des divers nœuds se trouvant sur l'anneau et n'est pas nécessairement la distance la plus courte entre deux nœuds.

La Rec. UIT-T G.841 donne d'amples précisions sur les nombreuses subtilités des topologies en anneau, leur structure (anneaux à deux ou quatre fibres) ainsi que sur la fonctionnalité des nœuds, compte tenu de l'impossibilité, pour des considérations d'ordre économique, de doter tous les nœuds situés sur l'anneau d'une capacité de commutation.



a) Etat normal



b) Etat de dérangement

G.827_FA.3

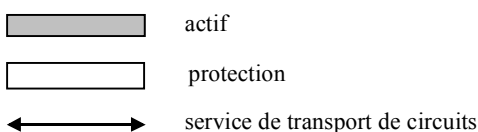


Figure A.3/G.827 – Topologie en anneau pour les états "actif" et "en dérangement"

A.4 Réseaux de télécommunication de grande envergure

La recherche d'acheminements en débordement sur des réseaux s'étendant à un pays tout entier pose des problèmes relativement complexes qui sont examinés dans plusieurs des études [B-3] et [B-11] mentionnées dans la Bibliographie (Appendice I).

Appendice I

Bibliographie

- [B-1] ANDERSON (J.) et al., Protocols and Architectures for IP Optical Networking, *Bell Labs Technical Journal*, janvier-mars 1999.
- [B-2] BILLINTON (R.) and JONNAVITHULA (S.), Calculation of Frequency, Duration and Availability Indexes in Complex Networks, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 48 No. 1, mars 1999.
- [B-3] DOSHI (B.T.) et al., Optical Network Design and Restoration, *Bell Labs Technical Journal*, janvier-mars 1999.
- [B-4] HAMILTON (C.M.), Telecommunication Network Dependability: A Baseline on Local-Exchange Network Availability, *IEEE Proceedings of RAMS*, 1991.
- [B-5] HASSETT (T.F.), DIETRICH (D.L.) and SZIDAROVSKY (F.), Time Varying Failure Rates in the Availability & Reliability Analysis of Repairable Systems, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 44 No. 1, mars 1995.
- [B-6] KULLSTAM (P.A.), Availability, MTBF and MTTR for Repairable M out of N System, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. R-30 No. 4, octobre 1981.
- [B-7] MCDONALD (J.C.), Public Network Integrity – Avoiding a Crisis in Trust, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12 No. 1, janvier 1994.
- [B-8] O'CONNOR (P.D.T.), *Practical Reliability Engineering*, Wiley, 2002.
- [B-9] OWENS (K.) et al., Network Survivability Considerations for Traffic Engineered IP Networks, IETF publication draft-owens-te-network-survivability, juillet 2001.
- [B-10] SNOW (A.P.), Network Reliability: The Concurrent Challenges of Innovation, Competition and Complexity, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 50 No. 1, mars 2001.
- [B-11] TO (M.) and NEUSY (P.), Unavailability Analysis of Long Haul Networks, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 12 No.1, janvier 1994.
- [B-12] WU (T.-H.), MCDONALD (J.C.), FLANAGAN (T.P.) and SATO (K.-I.), Integrity of Public Telecommunications Networks, *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 12 No. 1, janvier 1994.
- [B-13] IEC/TC 56 Dependability Standards in the New Millennium Panel, *IEEE Proceedings of RAM 2000*.
- [B-14] Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment, Vol. 1 & 2 Wiley, 1992.

Appendice II

Calculs et niveaux de service corroborant les objectifs de disponibilité de bout en bout

Exemples de calculs

Les calculs suivants du taux de disponibilité (AR) et de la fréquence d'interruption (OI) des éléments de conduit (PE) sont fondés sur:

- un montage série simple de tous les éléments de conduit;
- deux éléments NPE (élément de conduit national) de 450 km chacun;
- deux éléments IPCE (élément de cœur de conduit international) de 850 km chacun et deux éléments IPCE de 3 500 km chacun;
- trois éléments ICPCE (élément de cœur de conduit transfrontière) de 1450 km chacun.

A supposer que tous les éléments de conduit soient normalisés, on obtient les résultats de bout en bout suivants:

$$\begin{aligned} \text{AR} &= 1 - [2 \times 25 \times 10^{-4} + 2 \times 27 \times 10^{-4} + 2 \times 139 \times 10^{-4} + 3 \times 75 \times 10^{-4}] \\ &= 1 - [607 \times 10^{-4}] = 0.939 = 93.9\% \\ \text{OI} &= (2 \times 8 + 2 \times 9.4 + 2 \times 30 + 3 \times 14) = 137 \end{aligned}$$

Niveaux de service

Pour toutes précisions sur les niveaux de service normalement offerts par les opérateurs de réseau, voir les sites Web de ces opérateurs.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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