



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

X.144

(10/2000)

SÉRIE X: RÉSEAUX DE DONNÉES ET
COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS

Réseaux publics de données – Aspects réseau

**Paramètres de performance relatifs au transfert
d'informations d'utilisateur pour les réseaux
publics de données assurant un service de
circuit virtuel permanent international à relais
de trames**

Recommandation UIT-T X.144

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE X
RÉSEAUX DE DONNÉES ET COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS

RÉSEAUX PUBLICS DE DONNÉES	
Services et fonctionnalités	X.1–X.19
Interfaces	X.20–X.49
Transmission, signalisation et commutation	X.50–X.89
Aspects réseau	X.90–X.149
Maintenance	X.150–X.179
Dispositions administratives	X.180–X.199
INTERCONNEXION DES SYSTÈMES OUVERTS	
Modèle et notation	X.200–X.209
Définitions des services	X.210–X.219
Spécifications des protocoles en mode connexion	X.220–X.229
Spécifications des protocoles en mode sans connexion	X.230–X.239
Formulaires PICS	X.240–X.259
Identification des protocoles	X.260–X.269
Protocoles de sécurité	X.270–X.279
Objets gérés des couches	X.280–X.289
Tests de conformité	X.290–X.299
INTERFONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX	
Généralités	X.300–X.349
Systèmes de transmission de données par satellite	X.350–X.369
Réseaux à protocole Internet	X.370–X.399
SYSTÈMES DE MESSAGERIE	X.400–X.499
ANNUAIRE	X.500–X.599
RÉSEAUTAGE OSI ET ASPECTS SYSTÈMES	
Réseautage	X.600–X.629
Efficacité	X.630–X.639
Qualité de service	X.640–X.649
Dénomination, adressage et enregistrement	X.650–X.679
Notation de syntaxe abstraite numéro un (ASN.1)	X.680–X.699
GESTION OSI	
Cadre général et architecture de la gestion-systèmes	X.700–X.709
Service et protocole de communication de gestion	X.710–X.719
Structure de l'information de gestion	X.720–X.729
Fonctions de gestion et fonctions ODMA	X.730–X.799
SÉCURITÉ	X.800–X.849
APPLICATIONS OSI	
Engagement, concomitance et rétablissement	X.850–X.859
Traitement transactionnel	X.860–X.879
Opérations distantes	X.880–X.899
TRAITEMENT RÉPARTI OUVERT	X.900–X.999

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

Recommandation UIT-T X.144

Paramètres de performance relatifs au transfert d'informations d'utilisateur pour les réseaux publics de données assurant un service de circuit virtuel permanent international à relais de trames

Résumé

La présente Recommandation définit les paramètres de vitesse, d'exactitude, de sûreté de fonctionnement et de disponibilité que l'on peut utiliser pour spécifier et évaluer la performance, en termes de transfert d'informations d'utilisateur, des services publics de communication de données par relais de trames.

Source

La Recommandation UIT-T X.144, révisée par la Commission d'études 7 de l'UIT-T (1997-2000), a été approuvée par l'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (Montréal, 27 septembre – 6 octobre 2000).

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 la CMNT.

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

NOTE

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

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 2001

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

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	4
3	Abréviations	5
4	Modèle générique de performance	6
4.1	Composition d'une connexion de bout en bout	6
4.2	Evénements de référence de type transfert de trames	7
4.3	Résultats des transferts de trames	8
5	Paramètres de performance en termes de transfert de trames	9
5.1	Temps de transfert de trame	12
5.2	Gigue du temps de propagation des trames d'information	12
5.3	Taux de perte de trames d'information	12
	5.3.1 FLR _c	13
	5.3.2 FLR _e	13
5.4	Taux d'erreurs résiduelles sur les trames	15
5.5	Débit de trames excédentaires	15
5.6	Distorsion par rapport à un trafic conforme en mode trame	15
5.7	Paramètres se rapportant au flux de trames	16
6	Disponibilité de circuits virtuels permanents (PVC)	17
6.1	Fonction de disponibilité de circuit PVC	17
6.2	Paramètres de disponibilité de circuit PVC	19
	6.2.1 Définition de la disponibilité du service de circuit PVC	19
	6.2.2 Définition du temps moyen entre interruptions de service PVC	19
	6.2.3 Paramètres associés	20
	Annexe A – Test de conformité pour l'évaluation de la performance	21
A.1	Motivation	21
A.2	Limites d'application normalisée	21
A.3	Description du test DDB	21
A.4	Utilisation du test DDB pour évaluer la distorsion FCTDR	22
	Annexe B – Paramètres d'exactitude et de sûreté de fonctionnement en mode binaire	24
B.1	Taux de perte de bits d'information d'utilisateur	24
B.2	Taux d'erreurs résiduelles sur les bits	25

Annexe C – Relations entre paramètres de performance relatifs au transfert de trames et au transfert de cellules ATM	26
C.1 Domaine d'application	26
C.2 Raisons d'établir des relations entre les paramètres de performance liés au transfert de cellules ATM et au transfert de trames	27
C.3 Paramètres considérés pour le relais de trames	28
C.4 Relation entre les paramètres FR et ATM associés à la perte d'informations d'utilisateur.....	29
C.4.1 Dégradations de type rafales.....	30
C.4.2 Erreurs sur des bits isolés	31
C.4.3 Perte de cellules	32
C.4.4 Insertion à tort de cellules.....	32
C.4.5 Défaillances dans le traitement des trames.....	32
Appendice I – Estimation par échantillonnage des paramètres de disponibilité de circuit PVC.....	32
I.1 Test minimal concernant la disponibilité du service PVC.....	32
I.2 Procédures d'estimation de la disponibilité du service PVC.....	33
I.3 Procédures d'estimation du temps moyen entre interruptions de service PVC	33
Appendice II – Notification d'encombrement.....	35
II.1 Effets des messages FECN, BECN et CLLM sur la performance.....	35
II.2 Compensation des effets sur la performance	35
Appendice III – Effets sur la performance d'une demande excessive en ressources de connexion.....	36
III.1 Rafales simultanées d'accès imprévus à la même ligne.....	36
III.2 Utilisation maximale de lignes d'accès saturées	36
Appendice IV – Méthode d'évaluation du taux de perte de trame: extraction du taux.....	37
IV.1 Limites de la méthode d'extraction du taux FLR.....	37
IV.2 Méthode d'extraction du taux FLR	37

Recommandation UIT-T X.144

Paramètres de performance relatifs au transfert d'informations d'utilisateur pour les réseaux publics de données assurant un service de circuit virtuel permanent international à relais de trames

1 Domaine d'application

La présente Recommandation définit les paramètres de vitesse, d'exactitude, de sûreté de fonctionnement et de disponibilité que l'on peut utiliser pour spécifier et évaluer la performance, en termes de transfert d'informations d'utilisateur, des services publics de communication de données par relais de trames. Les paramètres définis sont applicables aux chaînes de connexion¹ point à point en mode relais de trames de bout en bout, ainsi qu'à des parties spécifiées de telles connexions si leur fourniture est conforme aux Recommandations énumérées au paragraphe 2.

Les paramètres de performance définis dans la présente Recommandation ont pour objet de servir à la planification de services internationaux en mode relais de trames. Les utilisateurs auxquels s'adresse la présente Recommandation sont par exemple les fournisseurs de service en mode relais de trames, les constructeurs d'équipements et les utilisateurs finals. La présente Recommandation pourra être utilisée:

- 1) par les fournisseurs de service pour la planification, la mise au point et l'évaluation de services à relais de trames répondant aux critères des utilisateurs en termes de performance;
- 2) par les constructeurs d'équipements en tant que moyen de mesurer la performance des équipements et d'en modifier la conception en conséquence; ainsi que
- 3) par les utilisateurs pour évaluer la performance du réseau.

Le domaine d'application de la présente Recommandation est résumé sur la Figure 1. Les paramètres de performance en mode relais de trames sont définis sur la base d'événements de référence de type relais de trames que l'on peut observer au niveau d'interfaces physiques associées à des limites spécifiées. Par souci d'homogénéité et d'intégralité, la performance en termes de relais de trames est considérée dans le contexte de la matrice carrée à 3×3 éléments de performance définie dans l'UIT-T X.140, qui distingue trois fonctions de communication de données transparentes aux protocoles: accès, transfert des informations d'utilisateur et retrait. Chacune de ces fonctions est examinée par rapport à trois aspects qualitatifs généraux (ou "critères de performance"):

- vitesse;
- exactitude,
- sûreté de fonctionnement.

Un modèle associé à deux états constitue une base permettant de décrire la disponibilité du service de circuit virtuel permanent (PVC, *permanent virtual circuit*).

Les paramètres de performance définis dans la présente Recommandation décrivent la vitesse, l'exactitude, la sûreté de fonctionnement et la disponibilité du transfert des informations d'utilisateur par des réseaux en mode relais de trames. Il est prévu que d'autres Recommandations indiquent des méthodes normalisées pour mesurer les paramètres de performance en termes de transfert par trames ainsi que des objectifs nominaux spécifiques pour les paramètres décrits par la présente

¹ Dans le cadre de la présente Recommandation, une connexion en mode relais de trames (désignée ci-après par le terme de *connexion* sauf indication contraire) se rapporte à une connexion virtuelle établie entre deux points d'extrémité spécifiés.

Recommandation. La Recommandation X.145 traite de la performance en termes de fonctions d'accès et de retrait en mode relais de trames ainsi que de la performance en termes de disponibilité des services de voie virtuelle commutée (SVC, *switched virtual circuit*) à relais de trames.

NOTE 1 – Les paramètres définis dans la présente Recommandation pourront être complétés ou modifiés sur la base d'une étude plus approfondie des conditions à spécifier pour les réseaux en mode relais de trames.

NOTE 2 – Les paramètres définis visent à caractériser des connexions à relais de trames se trouvant dans l'état de disponibilité.

NOTE 3 – Les paramètres de la présente Recommandation visent à mesurer la performance d'éléments de réseau entre paires de limites de section. Il convient cependant que les utilisateurs de la présente Recommandation aient présent à l'esprit le fait que le comportement d'éléments de connexion situés à l'extérieur de ces paires de limites peut exercer une influence défavorable sur la performance mesurée sur des éléments situés à l'intérieur de ces limites. L'Appendice III décrit quelques exemples de ce risque.

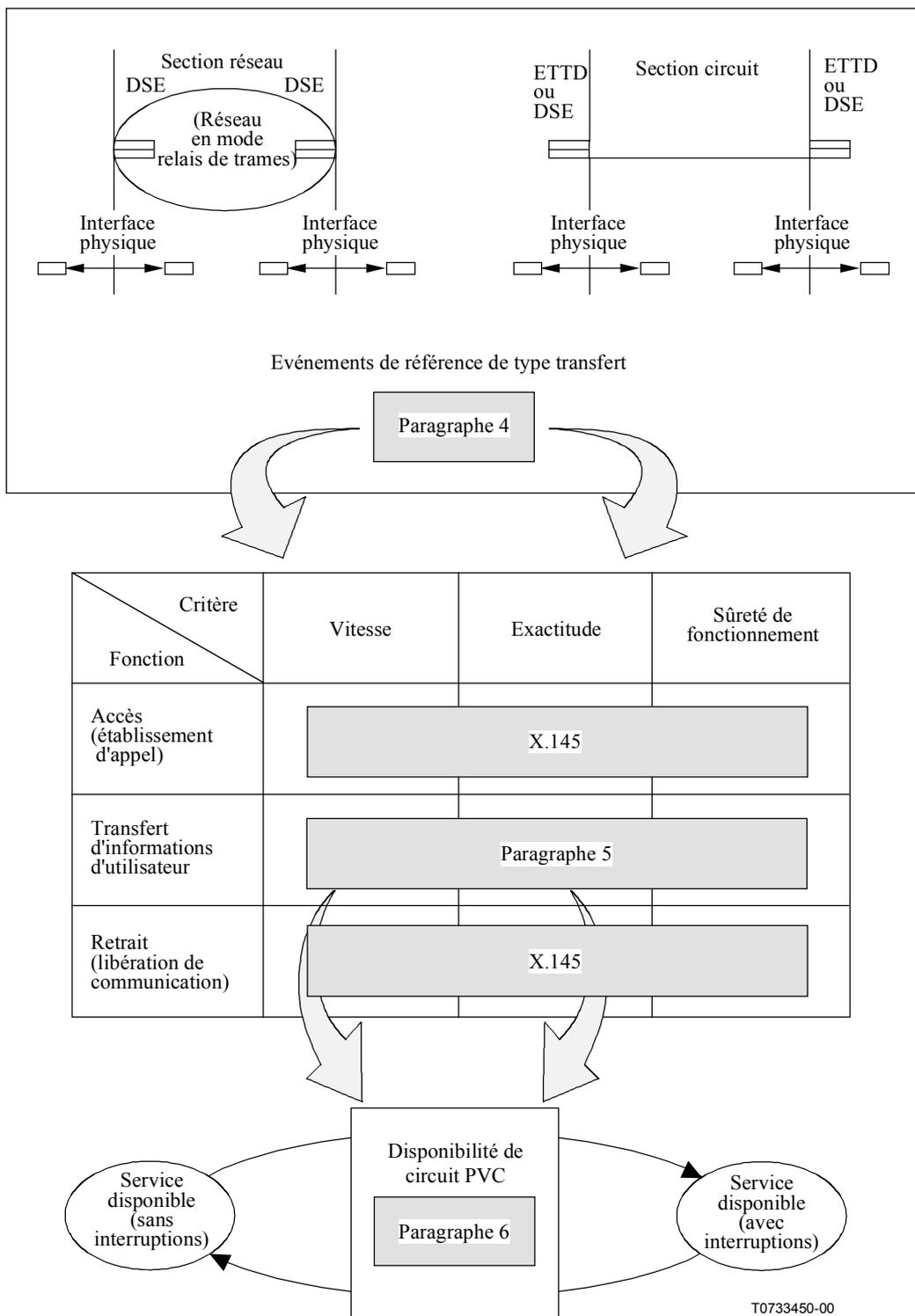


Figure 1/X.144 – Domaine d'application de l'UIT-T X.144

La présente Recommandation est structurée comme suit:

- le paragraphe 2 présente les références;
- le paragraphe 3 présente les abréviations;

- le paragraphe 4 définit un modèle de performance et un ensemble d'événements de référence de type transfert d'informations en mode trame (événements FE); ce modèle constitue une base pour la définition du paramètre de performance;
- le paragraphe 5 définit les paramètres de vitesse, exactitude et sûreté de fonctionnement du service en mode trame, au moyen des événements de référence de type transfert d'informations en mode trame qui sont définis au paragraphe 4;
- le paragraphe 6 définit les paramètres de disponibilité des circuits PVC au moyen des paramètres primaires définis au paragraphe 5;
- l'Annexe A présente un test permettant d'évaluer la conformité du trafic, aux fins d'évaluation de la performance. L'Annexe B définit des paramètres d'exactitude et de sûreté de fonctionnement en mode binaire, associés au transfert d'informations d'utilisateur par des services en mode relais de trames. L'Annexe C donne quelques relations entre paramètres de performance relatifs au transfert de trames et au transfert de cellules ATM. L'Appendice I donne des renseignements sur l'estimation par échantillonnage des paramètres de disponibilité des circuits PVC. L'Appendice II analyse les effets sur la performance des indications réseau de congestion; il formule des recommandations générales visant à limiter ces effets. L'Appendice III étudie les effets sur la performance d'une sollicitation excessive des ressources en connexions. L'Appendice IV décrit une méthode d'évaluation du taux FLR à partir de statistiques relatives au réseau.

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.

- UIT-T I.122 (1993), *Cadre pour la fourniture des services supports en mode trame.*
- UIT-T I.233, *Services supports en mode trame.*
- UIT-T I.233.1 (1991), *Service support à relais de trames sur RNIS.*
- UIT-T I.356 (2000), *Caractéristiques du transfert de cellules de la couche ATM du RNIS-LB.*
- UIT-T I.363, *Spécification de la couche d'adaptation ATM du RNIS-LB.*
- UIT-T I.365.1 (1993), *Sous-couche de convergence spécifique au service de relais de trames.*
- UIT-T I.370 (1991), *Gestion des encombrements dans le service support à répétition de trames sur RNIS.*
- UIT-T I.555 (1997), *Interfonctionnement du service support à relais de trames avec les autres services.*
- UIT-T X.36 (2000), *Interface entre ETTD et ETCD destinée aux réseaux publics pour données assurant le service de transmission de données en mode relais de trames au moyen de circuits spécialisés.*
- UIT-T X.76 (2000), *Interface réseau-réseau entre réseaux publics assurant un service de transmission de données en mode relais de trames sur circuits virtuels commutés ou permanents.*

- UIT-T X.329 (2000), *Dispositions générales d'interfonctionnement des réseaux offrant des services de transmission de données à relais de trames avec le RNIS-LB.*

3 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ACS	section de circuit d'accès (<i>access circuit section</i>)
ANS	section de réseau d'accès (<i>access network section</i>)
Bc	longueur garantie des rafales (<i>committed burst size</i>)
BCTDR	distorsion par rapport à un trafic conforme en mode binaire (<i>bit-based conformant traffic distortion ratio</i>)
Be	longueur excédentaire des rafales (<i>excess burst size</i>)
BECN	notification explicite d'encombrement vers l'arrière (<i>backward explicit congestion notification</i>)
BLR	taux de perte de bits (<i>bit loss ratio</i>)
CIR	débit d'information garanti (<i>committed information rate</i>)
CLLM	message de gestion de couche Liaison consolidé (<i>consolidated link layer management</i>)
DE	indicateur de priorité de mise à l'écart (<i>discard eligible</i>)
DLCI	identificateur de connexion de liaison de données (<i>data link connection identifier</i>)
DSE	centre commutateur de données (<i>data switching exchange</i>)
EFR	débit de trames excédentaires (<i>extra frame rate</i>)
EIR	débit d'information excédentaire (<i>excess information rate</i>)
ETTD	équipement terminal de traitement de données
FCTDR	distorsion par rapport à un trafic conforme en mode trame (<i>frame-based conformant traffic distortion ratio</i>)
FDJ	gigue du temps de propagation de trames (<i>frame delay jitter</i>)
FE	événement de référence de type transfert de trames (<i>frame layer reference event</i>)
FECN	notification explicite d'encombrement vers l'avant (<i>forward explicit congestion notification</i>)
FLR	rapport de perte de trames (<i>frame loss ratio</i>)
FTD	temps de transfert d'une trame (<i>frame transfer delay</i>)
ICS	section de circuit d'interconnexion (<i>internetwork circuit section</i>)
MTBSO	temps moyen entre interruptions de service (<i>mean time between service outages</i>)
MTTSR	temps moyen de rétablissement du service (<i>mean time to service restoral</i>)
NT	terminaison de réseau (<i>network termination</i>)
PVC	circuit virtuel permanent (<i>permanent virtual circuit</i>)
RBER	taux d'erreurs résiduelles sur les bits (<i>residual bit error ratio</i>)
RFER	taux d'erreurs résiduelles sur les trames (<i>residual frame error ratio</i>)
RNIS	réseau numérique à intégration de services

SA	disponibilité du service (<i>service availability</i>)
SVC	circuit virtuel commuté (<i>switched virtual circuit</i>)
TE	équipement terminal (<i>terminal equipment</i>)
TNS	section du réseau de transit (<i>transit network section</i>)

4 Modèle générique de performance

Le présent paragraphe définit un modèle générique décrivant la performance en termes de service en mode relais de trames. Ce modèle se compose de quatre sections de connexion de base:

- la section du circuit d'accès;
- la section du circuit d'interconnexion;
- la section du réseau d'accès;
- la section du réseau de transit.

Ces quatre sections de connexion de base sont définies au 4.1. Elles constituent un ensemble de modules permettant de représenter n'importe quelle chaîne de connexion de bout en bout. Chacun des paramètres de performance définis dans la présente Recommandation peut être appliqué au transfert unidirectionnel (unilatéral) d'informations d'utilisateur sur une section de connexion ou sur une série de sections de connexion concaténées.

Le paragraphe 4 spécifie également un ensemble d'événements de référence de type transfert de trames qui forme la base de la définition du paramètre de performance correspondant. Ces événements de référence sont extraits des UIT-T concernant le service et le protocole du relais de trames et sont donc compatibles avec ces derniers. Les événements de référence sont spécifiés au 4.2.

La présente Recommandation indique les paramètres permettant de quantifier la performance au point d'accès au service (SAP, *service access point*) situé au sommet de la couche Liaison de données (c'est-à-dire au niveau des trames). Les relations quantitatives entre performance du réseau en couche trame et performance de la couche Physique ainsi que des couches situées au-dessus des trames (par exemple la couche des applications) feront l'objet d'un complément d'étude.

4.1 Composition d'une connexion de bout en bout

Dans le cadre de la présente Recommandation, une connexion de bout en bout se compose de sections comme indiqué ci-dessous. Les termes définis sont représentés sur la Figure 2.

4.1.1 section de circuit: section de circuit d'accès ou de circuit d'interconnexion.

4.1.1.1 section de circuit d'accès (ACS, *access circuit section*): circuit physique ou ensemble de circuits physiques reliant un terminal de données (ETTD)² au centre commutateur (local) de données (DSE). Une telle section ne comporte aucun élément de l'ETTD ou du DSE.

4.1.1.2 section de circuit d'interconnexion (ICS, *internetwork circuit section*): circuit physique ou ensemble de circuits physiques reliant un DSE d'un réseau à un DSE d'un autre réseau. Une telle section ne comporte aucun élément de ces deux DSE.

4.1.2 section de réseau: éléments de réseau assurant la connexion entre deux sections de circuit. Une section de réseau peut être soit une section de réseau d'accès soit une section de réseau de transit.

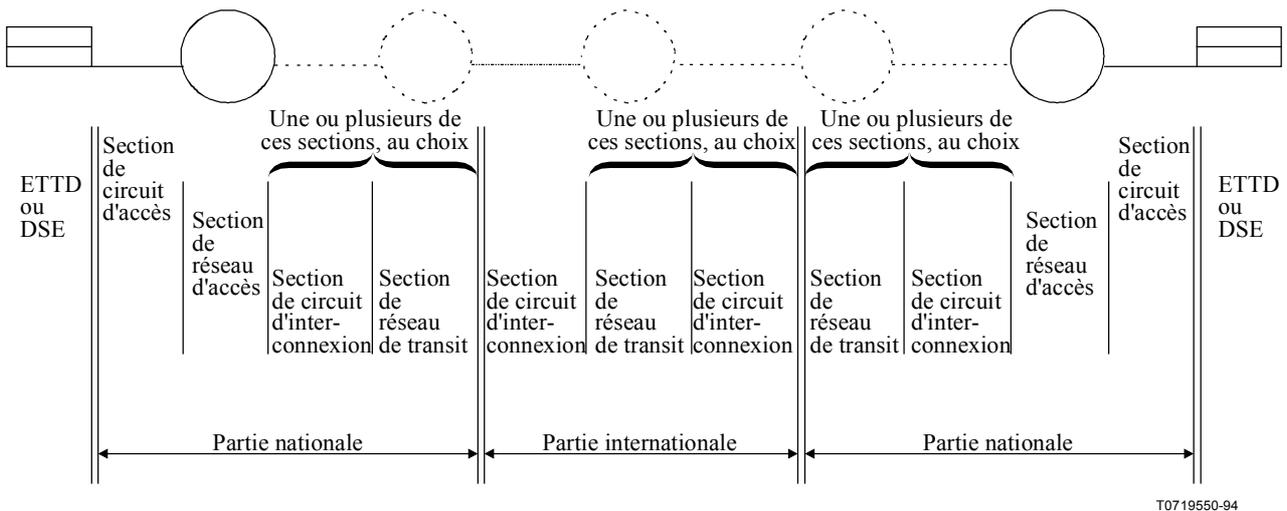
² Dans le cadre de la présente Recommandation, les routeurs sont assimilés à des terminaux de données.

4.1.2.1 section de réseau d'accès (ANS, *access network section*): section de réseau reliée à (au moins) une section de circuit d'accès.

4.1.2.2 section de réseau de transit (TNS, *transit network section*): section de réseau reliant deux sections de circuit d'interconnexion.

4.1.3 section de base d'une connexion: terme général désignant une section de circuit d'accès, une section de circuit d'interconnexion, une section de réseau d'accès ou une section de réseau de transit.

4.1.4 limite de section; frontière de section: démarcation entre une section de réseau et la section de circuit adjacente, ou entre une section de circuit d'accès et l'ETTD adjacent.



T0719550-94

Figure 2/X.144 – Sections d'une connexion virtuelle internationale

4.2 Événements de référence de type transfert de trames

Dans le cadre de la présente Recommandation, les définitions suivantes s'appliquent au sujet d'une chaîne de connexion spécifiée. Les termes définis sont représentés sur la Figure 3.

4.2.1 événement de référence de type transfert de trames: événement qui se produit:

- lorsqu'une trame traverse une limite de section;
- lorsque cette trame est identifiée comme étant une trame contenant des informations d'utilisateur;
- que le champ du DLCI indique que cette trame appartient à cette connexion.

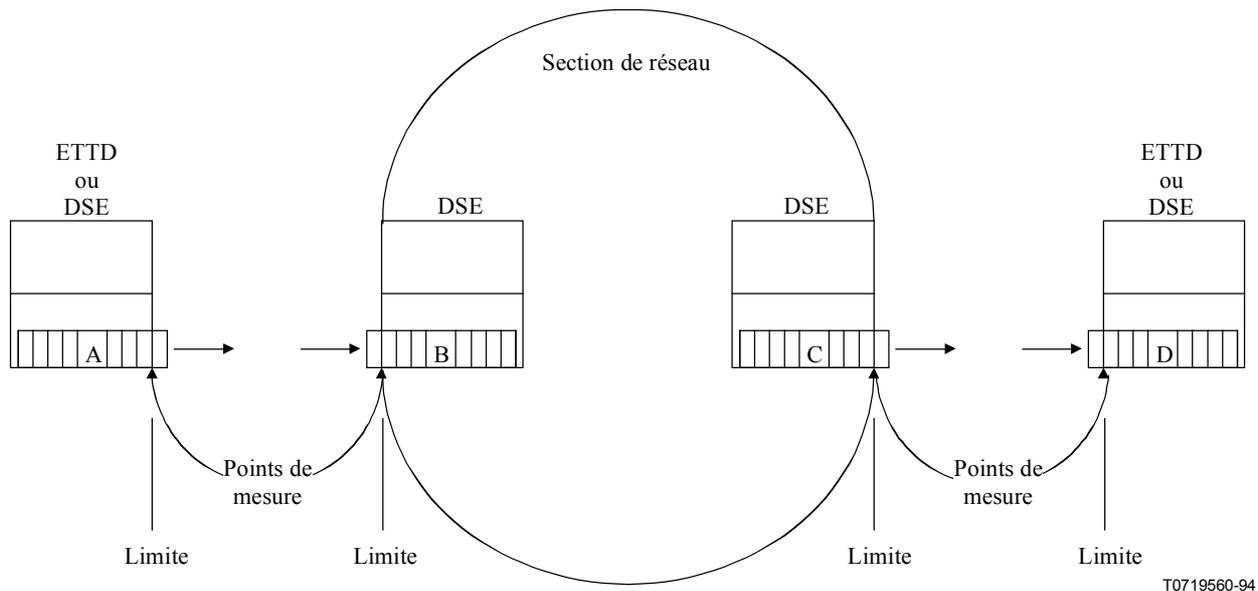
On peut observer des événements de référence de type transfert de trames aux limites physiques d'une section de circuit.

Deux classes d'événements de référence de type transfert de trames sont définies:

4.2.1.1 événement d'entrée de trame: événement de référence de type transfert de trames qui correspond à l'entrée d'une trame dans une section de réseau (à partir d'une section de circuit) ou à l'entrée d'une trame dans un ETTD (à partir d'une section de circuit d'accès). L'instant d'apparition d'un événement d'entrée de trame coïncide, par définition, avec l'instant où le dernier bit du fanion de fermeture de la trame traverse la limite pour entrer dans la section de réseau ou dans l'ETTD.

4.2.1.2 événement de sortie de trame: événement de référence de type transfert de trames qui correspond à la sortie d'une trame d'une section de réseau (en direction d'une section de circuit) ou à la sortie d'une trame d'un ETTD (en direction d'une section de circuit d'accès). L'instant d'apparition

d'un événement de sortie de trame coïncide, par définition, avec l'instant où le premier bit du champ d'adresse de la trame traverse la limite pour sortir de la section de réseau ou de l'ETTD.



NOTE 1 – Événements de trame pour A et C.

NOTE 2 – Événements d'entrée de trame pour B et D.

Figure 3/X.144 – Exemple d'événements de référence du type transfert en mode trame

4.3 Résultats des transferts de trames

Dans ce qui suit, on part du principe que l'intégrité de la séquence des trames est préservée sur une connexion. Deux événements de connexion sont qualifiés de *correspondants* s'ils peuvent être rapportés à la même trame d'origine.

Si l'on considère deux événements de référence de type transfert de trames, respectivement FE_1 et FE_2 aux limites B_i et B_j ³, on peut définir quatre résultats de base pour le transfert de trames. Une trame émise est soit *transférée sans erreur*, *transférée avec erreur résiduelle*, ou *perdue*. Une trame reçue, pour laquelle aucune trame correspondante n'a été émise, est dite *excédentaire*. Les trames excédentaires peuvent apparaître à la suite d'erreurs dans le champ d'adresse d'une trame issue d'une autre connexion⁴. La Figure 4 illustre ces quatre définitions des résultats de base pour le transfert de trames.

³ Sauf indication contraire dans la présente Recommandation, les limites B_i et B_j se rapportent, respectivement, aux points d'entrée et de sortie de trames à la frontière d'une section de connexion quelconque ou d'une série de sections de connexion concaténées. Les paramètres de performance sont définis en fonction d'un transfert unidirectionnel des trames.

⁴ Les trames dystaxiques ou dupliquées ne sont pas envisagées. Si un mécanisme imprévu crée dans le réseau de tels événements, les systèmes de mesure pourront les considérer comme des combinaisons résultant de trames perdues, de trames avec erreur résiduelle ou de trames excédentaires.

4.3.1 résultat de transfert de trame sans erreur: un résultat de transfert de trame sans erreur apparaît lorsqu'un événement FE_2 correspondant à un événement FE_1 se produit dans un intervalle spécifié T_{max} après l'apparition de l'événement FE_1 et lorsque les deux conditions suivantes sont satisfaites:

- 1) le contrôle CRC de la trame reçue est valide;
- 2) le contenu binaire du champ informations d'utilisateur de la trame reçue est exactement conforme à celui de la trame émise correspondante.

Aux fins de l'évaluation des performances, l'intervalle T_{max} marque une limite temporelle au-delà de laquelle on considère qu'une trame est perdue.

NOTE – La valeur de l'intervalle T_{max} fera l'objet d'un complément d'étude.

4.3.2 résultat de transfert de trame avec erreur résiduelle: un résultat de transfert de trame avec erreur résiduelle apparaît lorsqu'un événement FE_2 correspondant à un événement FE_1 se produit dans un intervalle spécifié T_{max} après FE_1 et que le contrôle CRC de la trame reçue est valide mais que le contenu binaire du champ informations d'utilisateur de la trame reçue diffère de celui de la trame émise correspondante [c'est-à-dire qu'une ou plusieurs erreur(s) sur les bits existe(nt) dans le champ d'informations d'utilisateur de la trame reçue].

4.3.3 résultat de transfert avec trame perdue: un résultat de trame perdue apparaît lorsqu'un événement FE_2 n'arrive pas à se produire dans l'intervalle T_{max} après l'événement FE_1 ou que le CRC de la trame reçue est invalide. La valeur de l'intervalle T_{max} est la même que dans la définition du résultat de transfert de trame sans erreur.

4.3.4 résultat de transfert avec trame excédentaire: un résultat de trame excédentaire apparaît lorsqu'un événement FE_2 se produit sans événement FE_1 correspondant.

5 Paramètres de performance en termes de transfert de trames

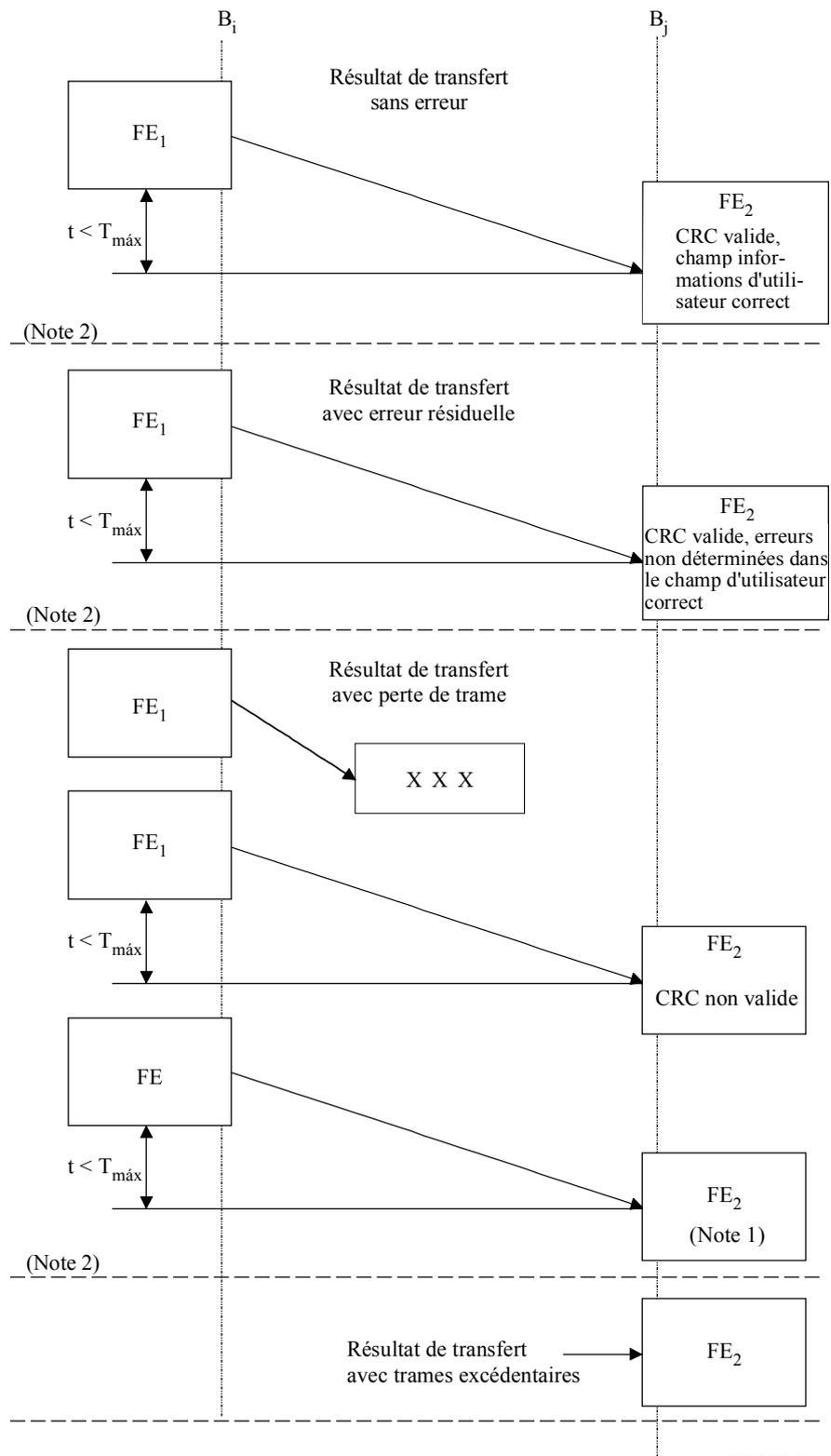
Le présent paragraphe définit cinq paramètres de vitesse du service, d'exactitude et de sûreté de fonctionnement, associés au transfert de trames contenant des informations d'utilisateur:

- temps de transfert de trame;
- taux de perte de trames d'information;
- taux d'erreurs résiduelles sur les trames;
- taux de trames excédentaires;
- distorsion par rapport à un trafic conforme en mode trame.

Tous ces paramètres peuvent être estimés sur la base d'observations effectuées aux limites de section. La Figure 5 montre les populations statistiques utilisées pour calculer certains paramètres d'exactitude et de sûreté de fonctionnement⁵.

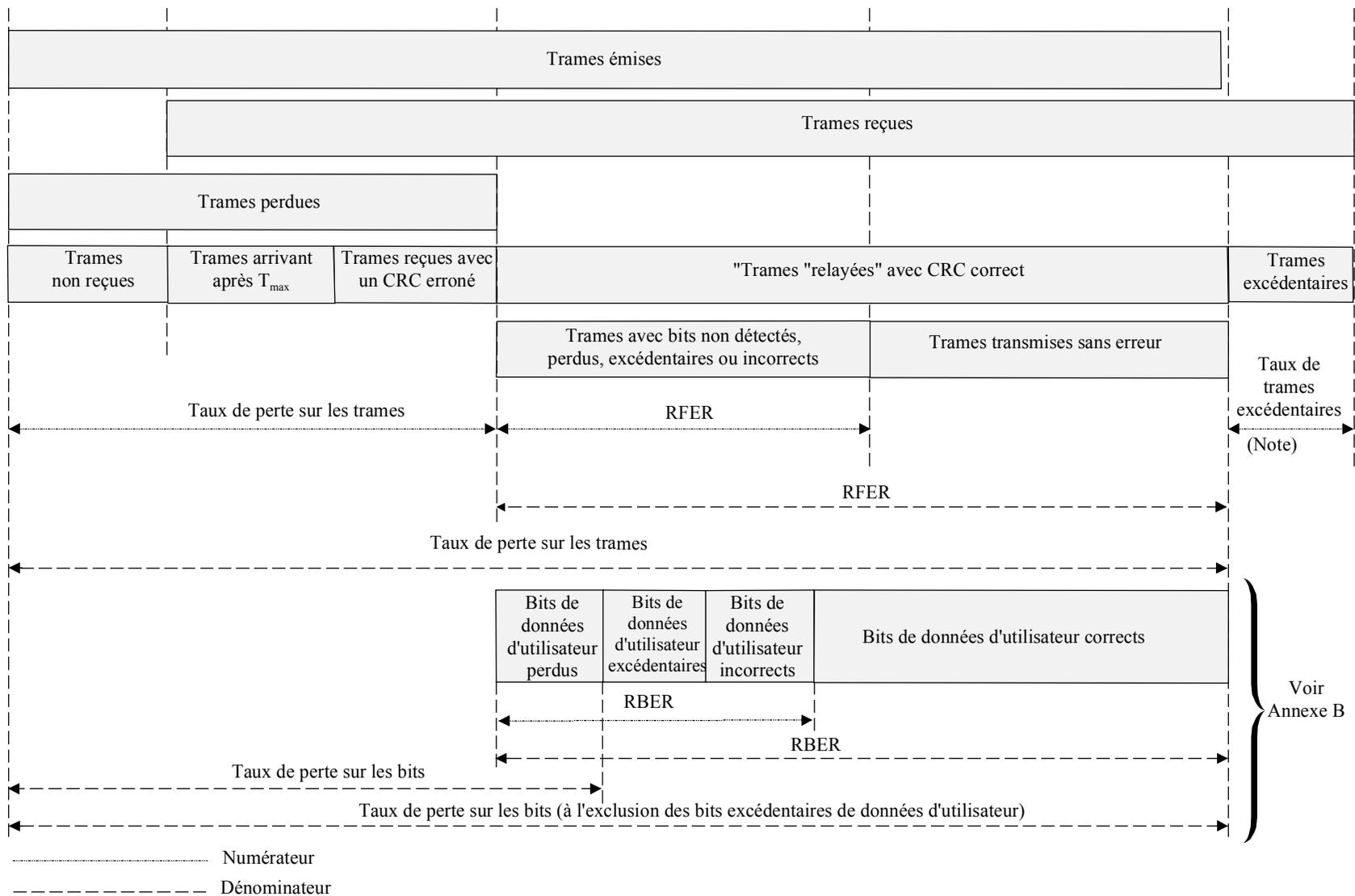
NOTE – L'Annexe B définit trois paramètres supplémentaires d'exactitude et de sûreté de fonctionnement en mode binaire, associés au transfert d'informations d'utilisateur par des services à relais de trames: le taux de pertes sur les bits d'informations d'utilisateur, le taux d'erreurs résiduelles sur les bits et la distorsion par rapport à un trafic conforme en mode binaire. On peut établir une relation entre ces paramètres et les paramètres en mode trame qui sont définis au paragraphe 5 (voir Figure 5).

⁵ Comme cela est indiqué sur la Figure 5, un résultat de transfert de trame sans erreur ou avec erreur résiduelle est désigné par le terme "trame relayée".



T0719570-94

Figure 4/X.144 – Résultats de transfert de trames



T0719580-94

Figure 5/X.144 – Populations statistiques utilisées pour définir les paramètres d'exactitude et de sûreté de fonctionnement choisis

5.1 Temps de transfert de trame

Le **temps de transfert d'une trame contenant des informations d'utilisateur (FTD, *frame transfer delay*)** est défini comme suit:

$$FTD = t_2 - t_1$$

expression dans laquelle, pour une population spécifiée:

t_1 est l'instant d'apparition du premier événement FE;

t_2 est l'instant d'apparition du second événement FE;

$$t_2 - t_1 \leq T_{\max}.$$

Le temps de transfert de bout en bout d'une trame d'information d'utilisateur est le temps de transmission dans un seul sens entre ETDD en limite de section (par exemple entre les points B_1 et B_n sur la Figure 6).

5.2 Gigue du temps de propagation des trames d'information

Le taux de gigue du temps de propagation des trames (FDJ, *frame delay jitter*) est défini comme étant la différence entre le temps maximal de propagation des trames (FTD_{\max}) et le temps minimal (FTD_{\min}) au cours d'un intervalle de mesure donné comportant un nombre (N) statistiquement significatif de mesures des temps de propagation.

$$FDJ = FTD_{\max} - FTD_{\min}$$

où:

FTD_{\max} est la valeur maximale des temps FTD qui ont été enregistrés pendant un intervalle de mesure comportant N mesures des temps de propagation

FTD_{\min} est la valeur minimale des temps FTD qui ont été enregistrés pendant un intervalle de mesure comportant N mesures des temps de propagation

N est le nombre de mesures des temps FTD effectuées afin que la performance en matière de temps FTD puisse être représentée de manière statistiquement significative. La valeur de N doit être choisie de manière à être supérieure à 1000 (voir la Note)

NOTE – Ce nombre d'observations permet de garantir que le 99,5^e centile du temps de propagation est observé pendant au moins 99% du temps. L'intervalle de mesure proposé est de cinq (5) minutes. Il est souhaitable que les observations soient réparties uniformément au cours de l'intervalle de mesure.

5.3 Taux de perte de trames d'information

Le **taux de perte de trames d'information (FLR, *frame loss ratio*)** est défini comme suit:

$$FLR = \frac{F_L}{F_S + F_L + F_E}$$

où, pour une population spécifiée:

F_S est le nombre total de résultats de transfert de trame sans erreur;

F_L est le nombre total de résultats de trame perdue;

F_E est le nombre total de résultats de transfert de trame avec erreur résiduelle.

Deux cas particuliers sont à relever, FLR_c et FLR_e .

5.3.1 FLR_c

Il y a lieu que le taux FLR reste, pour les trames marquées avec une priorité $DE = 0$, relativement constant à condition que le trafic total des trames marquées $DE = 0$ ne dépasse pas le débit Bc/T_c . Si le trafic total des trames marquées $DE = 0$ dépasse le débit CIR, certaines de ces trames pourront être immédiatement ignorées ou converties en trames $DE = 1$, avec augmentation éventuelle du taux FLR pour le trafic de trames $DE = 0$ ⁶.

Le taux FLR_c est défini comme étant le taux FLR pour une population de trames marquées avec la priorité $DE = 0$ lorsque toutes ces trames sont conformes au débit CIR. Si le réseau accepte toutes les trames conformes selon le test décrit dans l'Annexe A, le taux FLR_c est la probabilité qu'une trame marquée $DE = 0$ et acceptée comme étant conforme soit perdue ultérieurement. La conformité au débit CIR est évaluée conformément à l'Annexe A.

NOTE – Les trames marquées $DE = 0$ puis relayées avec le bit $DE = 1$, sont incluses dans le calcul du taux FLR_c .

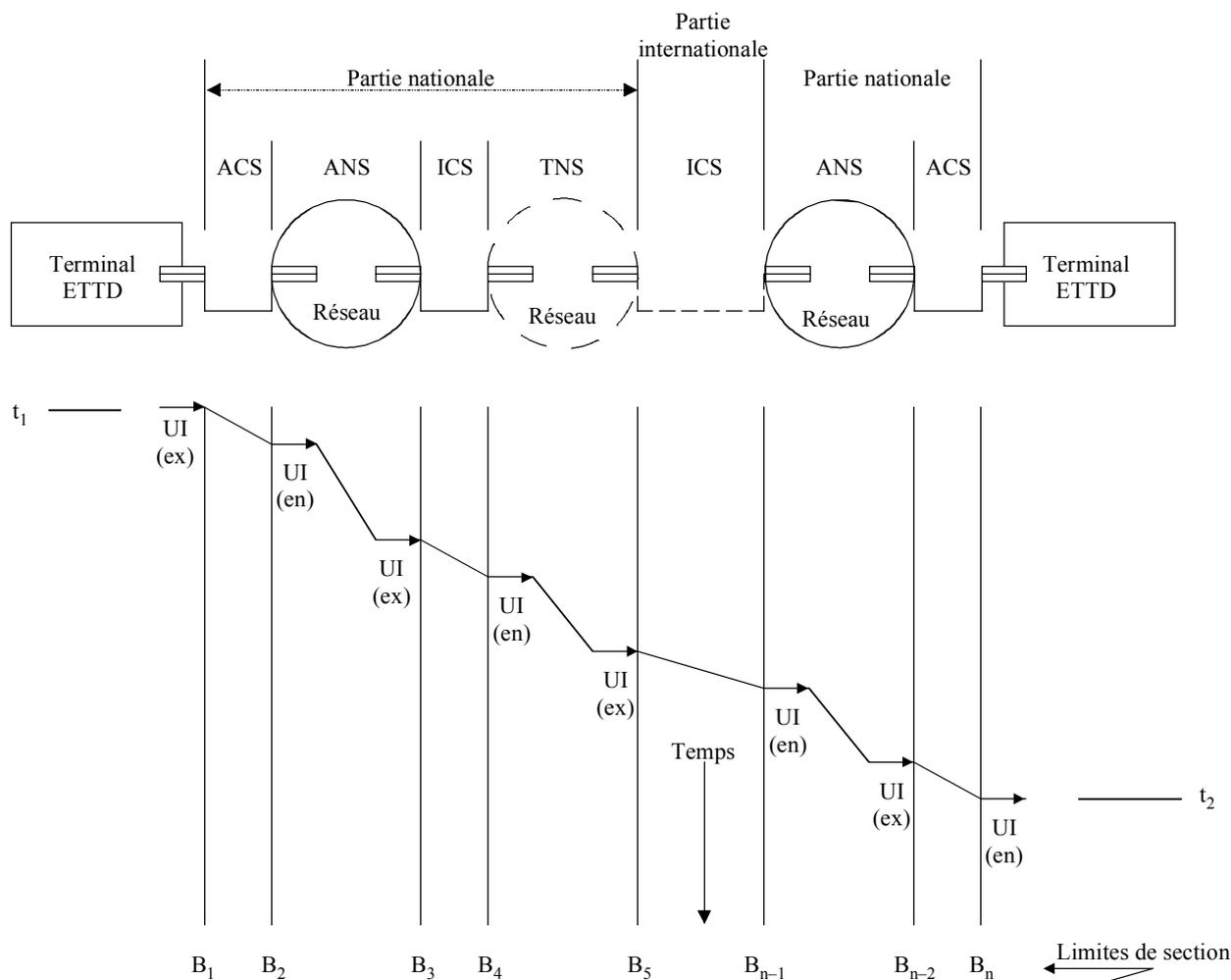
5.3.2 FLR_e

Les trames peuvent être marquées avec la priorité $DE = 1$ avant ou immédiatement après leur traversée de la limite de la section d'entrée. Il convient que la performance en termes de perte de trame, pour toutes les trames ainsi marquées, reste relativement constante à condition que le trafic total des trames marquées $DE = 1$ ne dépasse pas le débit $EIR = Be / T_c$ ⁷. Si le trafic total des trames marquées $DE = 1$ dépasse le débit EIR, certaines trames $DE = 1$ pourront être immédiatement rejetées, avec augmentation éventuelle du taux FLR pour le trafic de trames $DE = 1$ ⁸.

⁶ La pente d'augmentation du taux FLR lorsque le trafic offert dépasse le débit CIR et le débit EIR ($= Be/T_c$) peut varier selon les fournisseurs de réseau. Certains de ces derniers proposent explicitement de transporter ce trafic supplémentaire. De telles offres peuvent être assorties d'une plus grande probabilité de notifications d'encombrement, de délais ou de rafales de pertes.

⁷ La longueur Bc , la longueur Be , l'intervalle T_c et le débit CIR sont définis à l'UIT-T I.370 – *Gestion des encombrements dans le service support à répétition de trames sur RNIS*, paragraphe 1.2. Les relations entre ces paramètres et entre ces derniers et le bit de priorité DE sont décrites au 1.6/I.370.

⁸ Voir la Note 6 de bas de page.



T0719590-94

UI événement de référence de type transfert d'informations d'utilisateur
 (les événements de référence spécifiques feront l'objet d'un complément d'étude)
 en entrée
 ex sortie

NOTE – Les temps ($t_1 - t_2$) peuvent être observés du côté appelant et du côté appelé de toute partie de connexion virtuelle.

Figure 6/X.144 – Événements de type temps de transfert de trames d'informations d'utilisateur

Le taux FLR_e est défini comme étant le taux FLR pour une population de trames insérées avec le bit $DE = 1$, toutes ces trames étant conformes au débit EIR et toutes les trames avec le bit $DE = 0$ étant conformes au débit CIR. Si le réseau accepte toutes les trames conformes selon le test décrit dans l'Annexe A, le taux FLR_e est la probabilité qu'une trame d'entrée avec bit $DE = 1$, acceptée comme conforme, soit perdue ultérieurement. La conformité aux débits EIR et CIR est évaluée au moyen du test décrit dans l'Annexe A.

Aux fins de l'évaluation de performance, le paramètre FLR_e n'est défini qu'en termes de trames insérées avec le bit $DE = 1$ car il n'existe aucune méthode précise pour quantifier l'intensité du trafic de trames marquées $DE = 0$ que le réseau convertira en trames $DE = 1$. Aussi longtemps que le trafic total des trames $DE = 1$ ne dépassera pas le débit EIR, il est à prévoir que le trafic des trames marquées $DE = 1$ par le réseau subira des taux de perte de l'ordre du taux FLR_e .

5.4 Taux d'erreurs résiduelles sur les trames

Le **taux d'erreurs résiduelles sur les trames (RFER, residual frame error ratio)**⁹ est défini comme suit:

$$RFER = \frac{F_E}{F_E + F_S}$$

où, pour une population spécifiée:

F_S est le nombre total de résultats de transfert de trame sans erreur;

F_E est le nombre total de résultats de transfert de trame avec erreur résiduelle.

5.5 Débit de trames excédentaires

Le **débit de trames excédentaires (EFR, extra frame rate)** est défini comme suit:

$$EFR = \frac{E_F}{T_{EFR}}$$

où:

E_F est le nombre total de résultats de transfert de trames excédentaires constaté au cours d'un intervalle de temps spécifié, T_{EFR} .

Ce rapport peut être exprimé en nombre de trames excédentaires observées par seconde de connexion.¹⁰

5.6 Distorsion par rapport à un trafic conforme en mode trame

Un gerbage de trames ou un marquage de trop nombreuses trames conformes avec le bit DE = 1, dû au réseau, peut se traduire par une perte de trames dans des éléments de réseau situés en aval. La distorsion par rapport à un trafic conforme en mode trame (FCTDR, *frame-based conformant traffic distortion ratio*) est donc définie afin d'aider à diagnostiquer des problèmes de perte FLR.

La relation entre la distorsion FCTDR et le taux de perte FLR en aval dépend étroitement de la manière dont les fournisseurs de réseau collaboreront pour répondre à leurs engagements (implicites) en matière de débits CIR et EIR de bout en bout. Dans certains cas, un réseau aval peut délibérément profiler une plus grande longueur Bc ou Be, ou un plus court intervalle Tc, afin de compenser un gerbage de trames en amont. La distorsion FCTDR pourra donc ne pas convenir pour des équipements terminaux ne tenant compte ni de la sporadicité d'arrivée des trames reçues ni de leur marquage de priorité DE. C'est pour ces deux raisons qu'il n'est pas toujours possible d'établir des objectifs de performance du réseau en termes de distorsion FCTDR.

Des trames conformes au débit CIR à une limite de section d'entrée peuvent être perdues, gerbées ou marquées avec le bit DE = 1, de telle sorte que le nombre de trames conformes au débit CIR à la

⁹ Ce paramètre d'exactitude se rapporte aux erreurs résiduelles (c'est-à-dire non détectées) sur des trames d'information d'utilisateur, dues à des dégradations de transmission ou de commutation affectant une connexion spécifiée.

¹⁰ Par définition, une trame excédentaire est une trame reçue qui ne possède pas de trame d'émission correspondante sur cette connexion. Les trames excédentaires d'une connexion donnée peuvent être dues à une erreur non détectée dans le champ d'adresse d'une trame issue d'une autre connexion ou à une traduction incorrectement programmée d'adresses pour des trames issues d'une autre connexion. Etant donné qu'aucun de ces mécanismes n'a de relation directe avec le nombre de trames transmises sur la connexion observée, ce paramètre de performance ne peut pas être exprimé sous la forme d'un taux rapporté à des nombres de trames, mais seulement sous la forme d'un débit.

limite de section de sortie diminuera. La distorsion par rapport à un trafic conforme en mode trame avec $DE = 0$ ($FCTDR_c$) mesure la réduction de trafic conforme due seulement au gerbage ou au marquage de trames.

Le **paramètre $FCTDR_c$** est donc défini comme suit:

$$FCTDR_c = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F_n$$

où:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trame } A_n \text{ n'est pas conforme au débit } \hat{C}IR \text{ au point } B_j \\ & \text{ou est marquée } DE = 1 \text{ au point } B_j \\ 0 & \text{dans les cas contraires} \end{cases}$$

et où:

l'expression $\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ indique une séquence de N trames, toutes insérées avec le bit $DE = 0$, conformes au débit CIR au point B_i et toutes relayées vers le point B_j .

$\hat{C}IR$ est la modification du débit CIR conformément à la description de l'Annexe A.

Des trames conformes au débit EIR à une limite d'entrée, B_i , peuvent être perdues ou gérées de telle sorte que le nombre de trames conformes au débit EIR à la limite de sortie diminuera. La distorsion par rapport à un trafic conforme en mode trame avec $DE = 1$ ($FCTDR_e$) mesure la réduction de trafic conforme due seulement au gerbage de trames.

Le **paramètre $FCTDR_e$** est donc défini comme suit:

$$FCTDR_e = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F_n$$

où:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trame } A_n \text{ n'est pas conforme au débit } \hat{E}IR \text{ au point } B_j \\ 0 & \text{dans le cas contraire} \end{cases}$$

et où:

l'expression $\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ indique une séquence de N trames, toutes insérées avec le bit $DE = 1$, conformes au débit EIR au point B_i et toutes relayées vers le point B_j .

$\hat{E}IR$ est la modification du débit EIR conformément à la description de l'Annexe A.

NOTE – La nécessité d'objectifs pour le paramètre FCTDR fera l'objet d'un complément d'étude.

5.7 Paramètres se rapportant au flux de trames

La nécessité de paramètres de performance réseau en termes de flux réel de trames dans une connexion fera l'objet d'un complément d'étude. De tels paramètres seront requis si des mécanismes de commande de flux sont implémentés dans les services de relais de trames. Un paramètre utile pourrait être la différence (positive) entre le débit d'informations contractuel qui a été négocié et le débit de transfert d'informations mesuré. Des méthodes de mesure de tels mécanismes spécifiques de commande de flux pourront également être utiles.

NOTE – L'Appendice II étudie les incidences sur la performance des notifications d'encombrement réseau (c'est-à-dire les signaux FECN, BECN, CLLM). Il formule des recommandations générales pour limiter ces incidences.

6 Disponibilité de circuits virtuels permanents (PVC)

Le présent paragraphe spécifie les paramètres de disponibilité de circuits PVC pour les types de section définis au paragraphe 5. Un modèle à deux états offre une base pour décrire la disponibilité globale du service de circuit PVC. Une fonction de disponibilité spécifiée compare les valeurs d'un ensemble de paramètres primaires "pris en charge" avec les seuils d'interruption correspondants, ce qui permet de considérer le service comme "disponible" (sans interruption) ou "non disponible" (interrompu), lors de périodes d'observation successives. Cet article spécifie la fonction de disponibilité des circuits PVC et définit les paramètres correspondants, qui caractérisent le processus binaire aléatoire résultant.

Deux paramètres de disponibilité sont définis dans le paragraphe 6: disponibilité du service de circuit PVC et temps moyen entre interruptions de service PVC. Chacun de ces paramètres pourra être appliqué à une section de base quelconque d'une chaîne de connexion de bout en bout.

6.1 Fonction de disponibilité de circuit PVC

Quatre paramètres de performance, définis au paragraphe 5, sont utilisés dans le calcul de la disponibilité de circuit PVC:

- le taux de perte de trames contenant des informations d'utilisateur (pour un trafic offert conformément au débit CIR);
- le taux de perte de trames contenant des informations d'utilisateur (pour un trafic offert conformément au débit EIR);
- le taux d'erreurs résiduelles sur les trames;
- le débit de trames excédentaires.

Ces paramètres sont appelés "paramètres décisionnels de disponibilité". Chaque paramètre décisionnel est assorti d'un seuil d'interruption. Ces paramètres décisionnels et leurs seuils d'interruption sont énumérés dans le Tableau 1.

Pour les circuits PVC où sont appliquées les procédures de messagerie STATUS définies dans les UIT-T X.36, X.76 et à l'Annexe A de l'UIT-T Q.933, et où ne sont employées des procédures bidirectionnelles qu'au niveau des interfaces réseau-réseau (NNI, *network to network interface*), la transmission de paires spécifiques d'indications de message STATUS servira également de critère de disponibilité. Pour une série de sections de connexion limitées par B_i et B_j , en particulier la section à l'essai, l'émission par cette section d'une indication d'inactivité permet la transition de l'état de disponibilité à l'état d'indisponibilité. Le retour dans l'état de disponibilité pourra se faire à l'aide de l'émission par la section à l'essai d'une indication d'activité. Des périodes programmées d'indisponibilité des circuits PVC sont exclues (voir 6.2.1 ci-après).

Tableau 1/X.144 – Critères d'interruption pour les paramètres décisionnels de disponibilité

Paramètres décisionnels de disponibilité	Critères
FLR _c ^{a)} – Taux de perte de trames d'information d'utilisateur pour une population de trames marquées avec le bit DE = 0 lorsque toutes les trames sont conformes au débit CIR	FLR _c > C ₁
FLR _e ^{b)} – Taux de perte de trames d'information d'utilisateur pour une population de trames marquées avec le bit DE = 1 lorsque toutes ces trames sont conformes au débit EIR et que toutes les trames marquées DE = 0 sont conformes au débit CIR	FLR _e > C ₂
RFER – Taux d'erreurs résiduelles sur les trames	RFER > C ₃
EFR – Débit de trames excédentaires	EFR > C ₄
<p>a) Applicable comme <i>paramètre décisionnel de disponibilité</i> seulement lorsque CIR > 0. Si l'on observe une valeur élevée du taux FLR, il y a lieu de réduire le trafic de trames DE = 0 offert pour le rendre conforme au débit CIR, avant de juger l'état de disponibilité.</p> <p>b) Applicable comme <i>paramètre décisionnel de disponibilité</i> seulement lorsque CIR = 0 et qu'il n'existe pas de trames marquées DE = 0. Si l'on observe une valeur élevée du taux FLR, il y a lieu de réduire le trafic de trames DE = 1 pour le rendre conforme au débit EIR, avant de juger l'état de disponibilité.</p> <p>NOTE – La section de connexion (ou la série de sections) peut aussi être considérée comme non disponible si la couche Physique sous-jacente à l'une ou l'autre limite de la section est non disponible (pas de signal, pas de condition d'alarme, etc.) pour des motifs liés à la ou aux sections de connexion.</p>	

La performance est évaluée indépendamment en fonction de chaque paramètre décisionnel de disponibilité. Si la valeur du paramètre est égale ou inférieure au seuil d'interruption de service défini, on considère que la performance relative à ce paramètre est acceptable. Si la valeur du paramètre dépasse le seuil d'interruption, on considère que la performance relative à ce paramètre n'est pas acceptable.

Une série de sections de connexion limitées par B_i et B_j est dite *disponible* (ou dans l'état de disponibilité) si la performance est acceptable par rapport à tous les paramètres décisionnels et aux critères de transition.

Une série de sections de connexion limitées par B_i et B_j est dite *non disponible* (ou dans l'état de non-disponibilité) si la performance d'un ou de plus d'un des quatre critères de décision n'est pas acceptable, ou si une transition vers l'état d'indisponibilité s'est produite suite à l'émission par les sections limitées par B_i et B_j d'une indication d'inactivité dans un message STATUS.

Les intervalles pendant lesquels une section de connexion ou une série de sections de connexion concaténées n'est pas disponible sont repérés par intégration des périodes de performance non acceptable pour tous les paramètres décisionnels, comme indiqué sur la Figure 7.

De manière à empêcher que des dégradations transitoires soient considérées comme des périodes de non-disponibilité, chaque test d'état de disponibilité doit durer au moins 5 minutes. Pour réduire la probabilité de transition d'état au cours d'un test effectué dans l'état de disponibilité, il conviendra que chaque test ait une durée inférieure à 20 minutes.

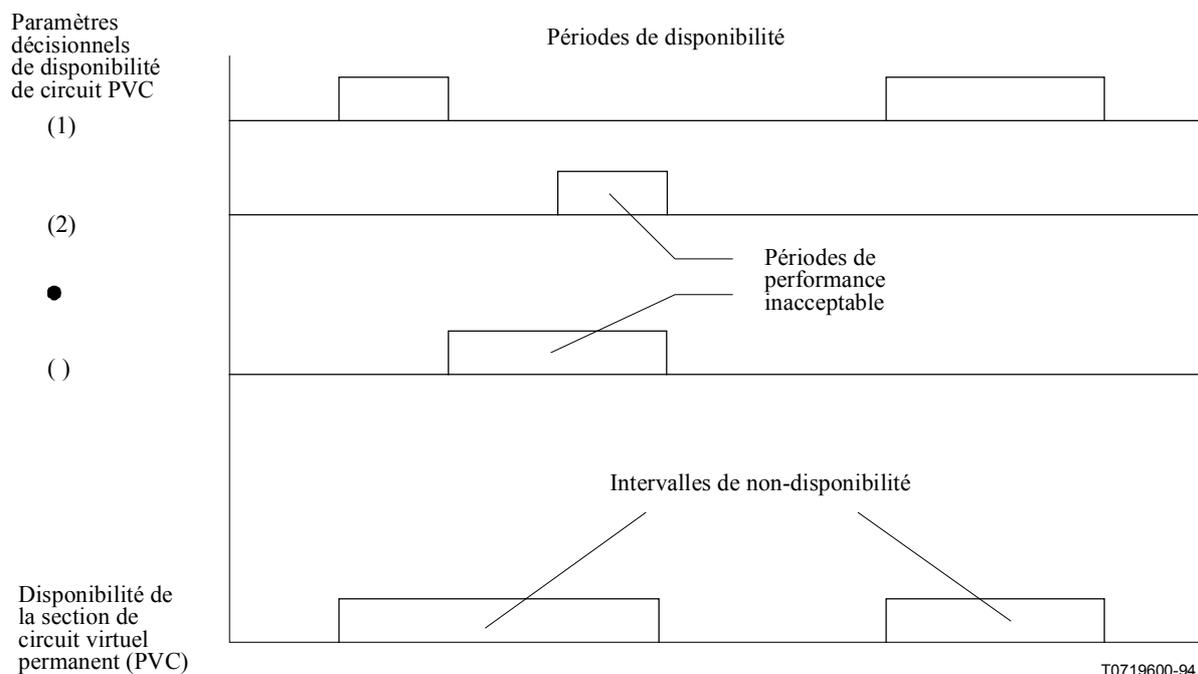


Figure 7/X.144 – Détermination des états de disponibilité d'un circuit virtuel permanent en mode relais de trames

6.2 Paramètres de disponibilité de circuit PVC

Deux paramètres de disponibilité sont définis:

- la disponibilité du service de circuit PVC (SA); et
- le temps moyen entre interruptions de service PVC (MTBSO, *mean time between service outages*).

6.2.1 Définition de la disponibilité du service de circuit PVC

La disponibilité de service, définie dans le présent article, est applicable aux services de circuit virtuel permanent (PVC). La **disponibilité du service de circuit PVC** est le pourcentage à long terme de la durée de service programmée pendant laquelle une section ou une série de sections est disponible.

La durée de service programmée d'un circuit PVC est le temps pendant lequel le fournisseur de réseau a accepté de rendre cette section disponible pour un service. En général, le service programmé est de 24 h sur 24, 7 jours sur 7.¹¹

6.2.2 Définition du temps moyen entre interruptions de service PVC

Le temps moyen entre interruptions de service, défini dans le présent paragraphe, est applicable aux services de circuit PVC. Le **temps moyen entre interruptions de service PVC** est la durée moyenne de tout intervalle continu pendant lequel la section ou la série de sections concaténées de circuit PVC est disponible. Les intervalles consécutifs d'une durée de service programmée sont concaténés.

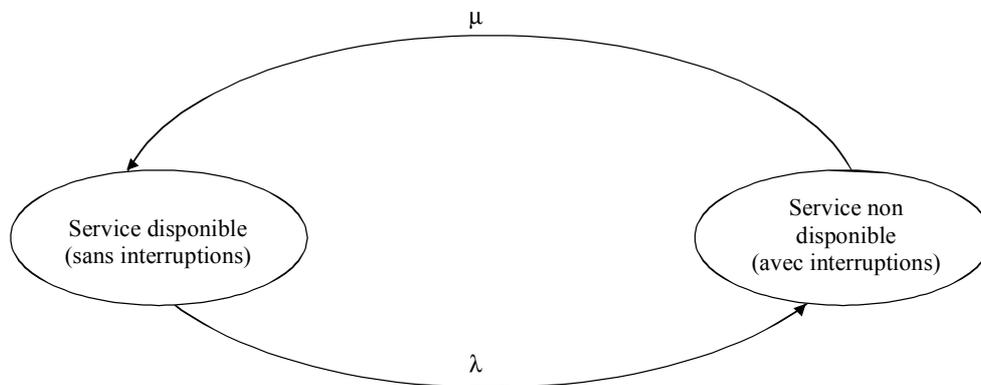
¹¹ D'autres durées de service programmées pourront être spécifiées dans certains réseaux.

6.2.3 Paramètres associés

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

- **temps moyen de rétablissement du service (MTTSR, *mean time to service restoral*):** durée moyenne des intervalles de non-disponibilité du service;
- **taux de défaillance (λ):** nombre moyen de transitions de l'état de disponibilité à l'état de non-disponibilité par unité de temps de disponibilité;
- **taux de rétablissement (μ):** nombre moyen de transitions de l'état de non-disponibilité à l'état de disponibilité, par unité de temps de non-disponibilité;
- **non-disponibilité (U):** rapport à long terme de la durée de non-disponibilité 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 de disponibilité du service (SA, *service availability*) et de temps moyen entre interruptions de service (MTBSO), telles que résumées dans la Figure 8.



a) Synoptique des états

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

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

$$SA = 100 \left[\frac{MTBSO}{MTBSO + MTTSR} \right] = 100 \left[\frac{\mu}{\lambda + \mu} \right]$$

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

T0719610-94

b) Relations entre les paramètres

Figure 8/X.144 – Modèle et paramètres de disponibilité de base

Test de conformité pour l'évaluation de la performance

A.1 Motivation

Il n'existe pas de normes sur la manière dont il convient que les réseaux déterminent la conformité aux débits CIR et EIR. Toutes les implémentations logiques de réseau, admettant normalement le trafic de longueurs B_c et B_e en unités de temps T_c sont acceptables. Les paramètres FLR_c et FLR_e (décrits dans 5.2.1 et 5.2.2), FCTDR (voir 5.5) et la performance en termes de disponibilité (voir paragraphe 6) impliquent tous la notion de conformité. Pour évaluer de manière uniforme les paramètres FLR_c , FLR_e , FCTDR et la performance en termes de disponibilité, il est nécessaire de déterminer de manière uniforme leur conformité.

La présente annexe présente un test normalisé qui pourra servir à déterminer la conformité d'un trafic en mode relais de trames en vue des évaluations de performance susmentionnées. Ce test, dit test pont à double risque (DDB, *double dangerous bridge*), a été choisi parce qu'on estime qu'il est plus sévère que toute application réseau de tests de conformité lors d'une insertion de trafic.

Etant donné que les réseaux sont autorisés à rejeter (ou à marquer en priorité de mise à l'écart DE) toutes les trames excédentaires par rapport au débit CIR ou EIR, il est généralement souhaitable que de telles trames ne soient pas prises en compte lors d'un mesurage de FLR ou FCTDR. Le test de conformité DDB est censé être au moins aussi sévère que tout autre test classique de conformité du trafic en mode relais de trames. Tout flux de trames que le test DDB permettra de considérer comme tout à fait conforme sera donc accepté comme tel par tout réseau logique. Il conviendra, en principe, que chacune des trames de ces flux soit acceptée par le réseau sans rejet ni marquage. Les flux de trames considérés comme tout à fait conformes selon le test DDB seront donc utiles pour estimer la performance en termes de perte de trames dans un réseau, tout en évitant les effets de rejet autorisé lors d'une insertion de trafic.

Dans l'intérêt de l'abonné, les fournisseurs de réseau peuvent acheminer un trafic supérieur aux débits négociés CIR et EIR. Mais comme il n'existe pas de norme quant à la manière dont cette capacité supplémentaire doit être offerte, la présente Recommandation ne traite pas des mesures de performance relatives à de telles offres. Il conviendra que les utilisateurs de cette capacité tiennent compte du fait que celle-ci pourra s'accompagner d'une plus grande probabilité de messages de notification FECN, BECN, CLLM, de pertes de trames, de délais et de distorsion par rapport à un trafic conforme.

A.2 Limites d'application normalisée

La seule application normalisée du test DDB est l'évaluation de performance selon les termes susmentionnés. Il ne s'agit pas d'une norme à implémenter à l'intérieur des réseaux. On pourra cependant comparer les programmes d'insertion de trafic avec le test DDB, pour s'assurer qu'ils sont moins sévères (ou plus tolérants) que le test DDB. Comme indiqué plus haut, on considère que le test DDB a un degré de sévérité tel qu'il est très improbable qu'une quelconque politique d'insertion de trafic rejette des trames acceptées selon le test DDB.

A.3 Description du test DDB

L'algorithme DDB calcule le nombre total d'éléments binaires de données d'utilisateur apparaissant dans une fenêtre mobile de durée T_c . Deux comparaisons sont effectuées avec la grandeur B_x , qui représente la longueur B_c ou la longueur B_e , selon que l'on évalue le débit CIR ou le débit EIR. La première opération compare le nombre total d'éléments binaires de données d'utilisateur qui sont contenus dans des trames d'information dont le premier bit est dans la fenêtre actuelle; la deuxième opération compare le nombre total d'éléments binaires de données d'utilisateur qui sont contenus

dans des trames d'information dont le dernier bit est dans la fenêtre actuelle. Si l'un quelconque de ces deux nombres dépasse la grandeur B_x , la trame figurant dans la fenêtre est déclarée non conforme. Il ressort de cette description que le test DDB ne permet jamais qu'il y ait plus de B_x bits de données dans une quelconque fenêtre de longueur T_c et cette situation ne se vérifie dans aucune des politiques (actuellement) connues d'insertion de trafic. En outre, au prix de quelques hypothèses minimales quant à l'insertion du trafic, la caractéristique de sévérité maximale du test DDB peut être démontrée de manière rigoureuse.

La Figure A.1 montre une implémentation du test DDB. Celui-ci peut être implémenté de façons différentes mais devant toutes conduire aux mêmes décisions de conformité que l'algorithme présenté ici.

Deux nombres totaux sont calculés pour un flux de trames à la limite de section spécifiée:

- 1) la variable `count_fbw` est le décompte cumulatif total des bits de données d'utilisateur contenus dans des trames dont les premiers bits apparaissent dans la fenêtre de longueur T_c . La variable `fbw_list` est la liste des trames dont les premiers bits se trouvent dans la fenêtre T_c actuelle;
- 2) la variable `count_lbw` est le décompte cumulatif total des bits de données d'utilisateur contenus dans des trames dont les derniers bits apparaissent dans la fenêtre de longueur T_c . La variable `lbw_list` est la liste des trames dont les derniers bits se trouvent dans la fenêtre T_c actuelle.

Si un de ces décomptes dépasse la valeur de B_x , l'implémentation du test DDB (selon la Figure A.1) déclare non conforme la plus récente trame entrée dans la fenêtre T_c .

NOTE – Lors de l'évaluation des paramètres FLR_c , FLR_e et de la disponibilité, les décomptes de trames non conformes et de bits de données non conformes dans ces trames ne sont pas utiles. La seule indication à rechercher est de savoir si le test DDB détermine que l'ensemble du flux est conforme.

A.4 Utilisation du test DDB pour évaluer la distorsion FCTDR

Le paramètre FCTDR compare la grandeur du trafic conforme, au niveau d'une interface aval, avec la grandeur du trafic conforme au niveau d'une interface amont. Le fait de savoir si un flux de trafic est conforme dans une interface aval devrait permettre de tolérer un certain gerbage de trames dans les éléments amont. Un paramètre, ε , appelé "tolérance sur le gerbage de trames", pourra être utilisé pour matérialiser cette possibilité.

Soit, pour une connexion donnée, le flux de trames d'informations d'utilisateur entre deux limites définissant une chaîne de sections de connexion. Soit T_c l'intervalle pendant lequel est évaluée la longueur B_x (qui représente la longueur B_c pour le débit CIR ou la longueur B_e pour le débit EIR) à la limite de la section d'entrée. Afin de tenir compte d'un degré normal de gerbage de trames lors de l'évaluation de la distorsion FCTDR, il y a lieu de comparer les conformités de trafic à la limite de la section de sortie au moyen d'un intervalle T_c modifié, d'un débit CIR modifié et d'un débit EIR modifié:

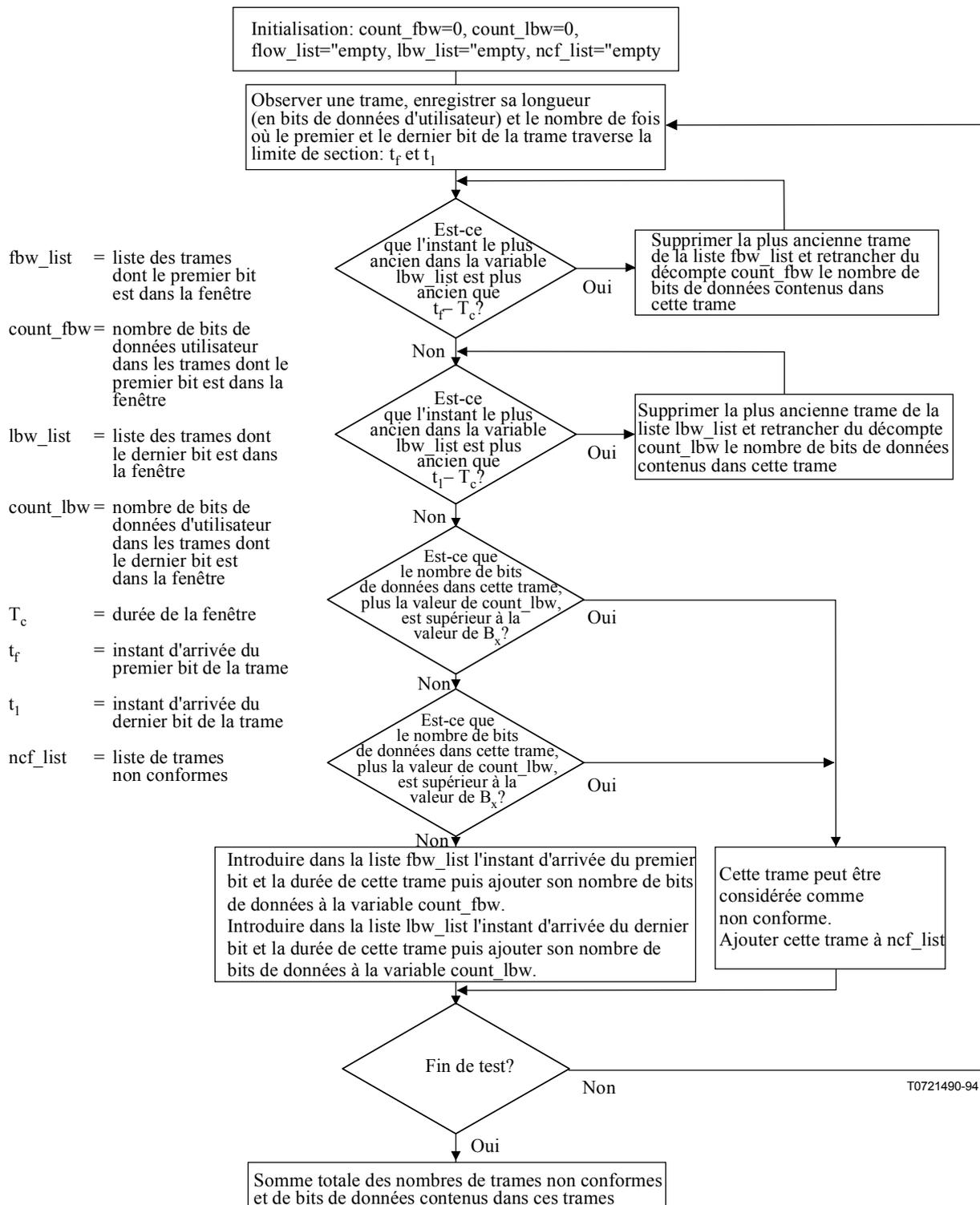
$$\hat{T}_c = T_c - \varepsilon$$

$$\hat{CIR} = B_c / \hat{T}_c$$

$$\hat{EIR} = B_e / \hat{T}_c$$

$$(T_c > \varepsilon > 0)$$

NOTE – La spécification de la tolérance ε fera l'objet d'un complément d'étude.



NOTE 1 – D'autres implémentations sont possibles.

NOTE 2 – $B_x = B_c$ ou B_e .

NOTE 3 – Si B_x est dépassé, cet algorithme déclare non conforme la plus récente trame entrée dans la fenêtre T_c . Les algorithmes logiques doivent soit faire cette opération ou identifier une trame plus courte dans la fenêtre actuelle.

Figure A.1/X.144 – Implémentation du pont à double risque

ANNEXE B

Paramètres d'exactitude et de sûreté de fonctionnement en mode binaire

La présente annexe définit trois paramètres d'exactitude et de sûreté de fonctionnement en mode binaire. Ces paramètres dépendent du protocole et sont associés au transfert d'informations d'utilisateur par des services de relais de trames:

- taux de perte de bits d'information d'utilisateur;
- taux d'erreurs résiduelles sur les bits;
- distorsion par rapport à un trafic conforme en mode binaire.

Ces paramètres en mode binaire correspondent à leurs homologues en mode trame (taux de perte de trames d'information d'utilisateur, taux d'erreurs résiduelles sur les trames et distorsion par rapport à un trafic conforme en mode trame) qui ont été définis au paragraphe 5. La Figure 5 montre les populations statistiques qui ont été utilisées pour calculer ces paramètres d'exactitude et de sûreté de fonctionnement.

NOTE – Sauf indication contraire, les conditions applicables qui sont stipulées dans les paragraphes 1 à 5 sont applicables à l'Annexe B.

B.1 Taux de perte de bits d'information d'utilisateur

Le **taux de perte de bits d'information d'utilisateur (BLR, *bit loss ratio*)** est défini comme suit:

$$BLR = \frac{B_L + B_M}{B_S + B_R + B_L + B_M}$$

où, dans une population spécifiée:

B_S est le nombre total de bits d'information d'utilisateur contenus dans les résultats de transfert de trame sans erreur;

B_R est le nombre total de bits d'information d'utilisateur contenus dans les résultats de transfert de trame avec erreur résiduelle;

B_L est le nombre total de bits d'information d'utilisateur contenus dans les résultats de transfert avec trames perdues;

B_M est le nombre total de bits d'information d'utilisateur avec perte résiduelle (c'est-à-dire perdus), d'après les résultats de transfert de trame avec erreur résiduelle.

Deux cas particuliers sont à relever.

B.1.1 BLR_c: le taux BLR_c est défini comme étant le taux de perte de bits pour une population de trames marquées DE = 0 lorsque toutes ces trames sont conformes au débit CIR.

B.1.2 BLR_e: le taux BLR_e est défini comme étant le taux de perte de bits pour une population de trames insérées avec le bit DE = 1 lorsque toutes ces trames sont conformes au débit EIR et que toutes les trames avec le bit DE = 0 sont conformes au débit CIR.

B.2 Taux d'erreurs résiduelles sur les bits

Le **taux d'erreurs résiduelles sur les bits (RBER, residual bit error ratio)**¹² est défini comme suit:

$$RBER = \frac{B_M + B_E + B_X}{B_C + B_M + B_E + B_X}$$

où, pour une population spécifiée:

B_C est le nombre total de bits corrects d'information d'utilisateur contenus dans des résultats de transfert de trame sans erreur ou avec erreur résiduelle;

B_M est le nombre total de bits d'information d'utilisateur avec perte résiduelle (c'est-à-dire perdus), détectés dans des résultats de transfert de trame avec erreur résiduelle;

B_E est le nombre total de bits d'information d'utilisateur avec erreur résiduelle (c'est-à-dire inversés), contenus dans des résultats de transfert de trame avec erreur résiduelle;

B_X est le nombre total de bits d'information d'utilisateur avec excédent résiduel (c'est-à-dire excédentaires), contenus dans des résultats de transfert de trame avec erreur résiduelle.

En pratique, il n'est pas possible de distinguer, dans tous les cas, les apparitions de bits d'information d'utilisateur avec erreur résiduelle, avec perte résiduelle et avec excédent résiduel, sans effectuer de comparaison entre les bits de données détectés aux limites de section.

B.3 distorsion par rapport à un trafic conforme en mode binaire: la distorsion par rapport à un trafic conforme en mode binaire (BCTDR) est définie comme suit pour un trafic de trames à marquage DE = 0:

$$BCTDR_c = \frac{1}{N_A} \sum_{n=1}^N F_n b_n$$

où:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trame } A_n \text{ n'est pas conforme au débit } \hat{C}IR \text{ au point } B_j \\ & \text{ou est marquée DE = 1 au point } B_j \\ 0 & \text{dans les cas contraires} \end{cases}$$

$\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ indique une séquence de N trames, toutes insérées avec marquage DE = 0, conformes au débit CIR au point B_i et toutes relayées vers le point B_j .

$\hat{C}IR$ est la modification du débit CIR conformément à la description de l'Annexe A.

b_n est le nombre de bits d'information d'utilisateur contenus dans les trames A_n ($n = 1, 2, \dots, N$) et

$N_A = \sum_{n=1}^N b_n$ est le nombre total de bits d'information d'utilisateur contenus dans les trames $\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$.

¹² Ce paramètre d'exactitude se rapporte aux erreurs résiduelles (c'est-à-dire non détectées) sur des trames d'information d'utilisateur, dues à des dégradations de transmission ou de commutation affectant une connexion spécifiée.

NOTE 1 – La nécessité d'objectifs pour le paramètre $BCTDR_e$ fera l'objet d'un complément d'étude.

La distorsion par rapport à un trafic conforme en mode binaire (BCTDR) est définie comme suit pour un trafic de trames à marquage DE = 1:

$$BCTDR_e = \frac{1}{N_A} \sum_{n=1}^N F_n b_n$$

où:

$$F_n = \begin{cases} 1 & \text{si la trame } A_n \text{ n'est pas conforme au débit EÎR au point } B_j \\ 0 & \text{dans le cas contraire} \end{cases}$$

et:

$\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$ indique une séquence de N trames, toutes insérées avec marquage DE = 1, conformes au débit EIR au point B_i et toutes relayées vers le point B_j .

EÎR est la modification du débit EIR conformément à la description de l'Annexe A.

b_n est le nombre de bits d'information d'utilisateur dans la trame A_n ($n = 1, 2, \dots, N$), et

$N_A = \sum_{n=1}^N b_n$ est le nombre total de bits d'information d'utilisateur dans les trames $\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$.

NOTE 2 – La nécessité d'objectifs pour le paramètre $BCTDR_e$ fera l'objet d'un complément d'étude.

ANNEXE C

Relations entre paramètres de performance relatifs au transfert de trames et au transfert de cellules ATM

C.1 Domaine d'application

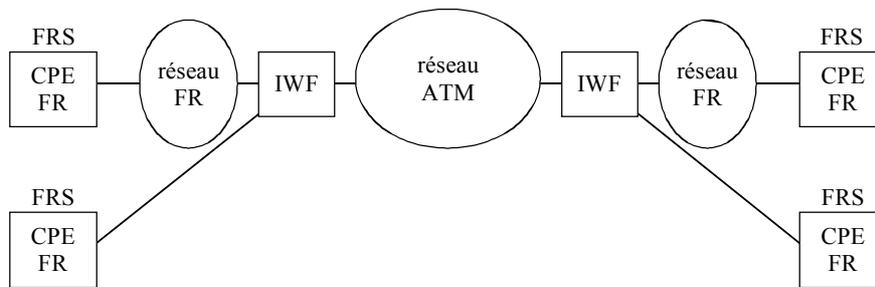
L'objet de la présente annexe est d'établir certaines relations entre les paramètres de performance relatifs au transfert de trames définis dans le corps de la présente Recommandation et les paramètres de performance liés au transfert de cellules ATM définis dans la dernière version de l'UIT-T I.356. Ces relations entre paramètres de performance s'appuient sur le scénario d'interfonctionnement de réseaux en modes relais de trames et ATM (FR-ATM, *frame relay and ATM*) [voir Figure C.1a)] et sur le scénario d'interfonctionnement de services FR-ATM [voir Figure C.1b)], scénarios qui sont mentionnés dans l'UIT-T I.555 et qui sont définis avec plus de détails dans l'UIT-T X.329, I.365.1 et dans le paragraphe 6/I.363. Les relations établies dans la présente annexe entre les paramètres de performance liés au transfert de cellules ATM et au transfert de trames peuvent servir de base à l'élaboration d'objectifs de performance pour le relais de trames lorsqu'il est pris en charge en mode ATM ou lorsqu'il interfonctionne avec le mode ATM.

C.2 Raisons d'établir des relations entre les paramètres de performance liés au transfert de cellules ATM et au transfert de trames

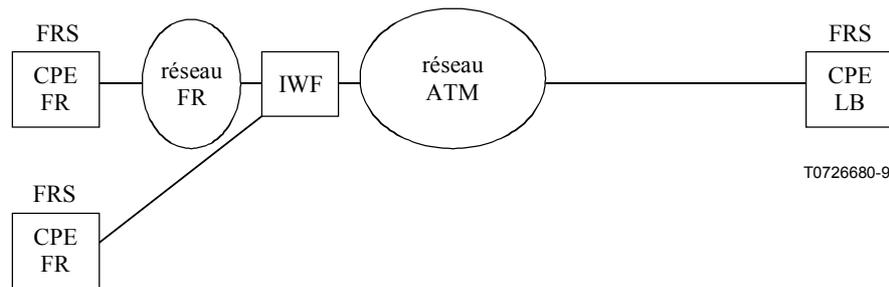
L'établissement de relations appropriées entre ces paramètres devrait permettre de déterminer la performance de bout en bout dans les deux scénarios d'interfonctionnement représentés sur la Figure C.1. En outre, pour un segment de connexion où la technologie ATM est utilisée pour prendre en charge un service en mode relais de trames, une telle relation permettrait aussi d'évaluer la performance d'un segment de connexion en termes de transfert de trames à partir d'une mesure de la performance de ce segment en termes de transfert de cellules ATM.

Si l'on se réfère à la Figure C.1, une connexion virtuelle de bout en bout (ou entre équipements locaux de l'abonné) peut être subdivisée en deux "segments de connexion" ou plus par l'utilisation d'un point de mesure (MP, *measurement point*) à proximité de chaque fonction d'interfonctionnement (IWF). La performance de bout en bout d'une telle connexion virtuelle peut être évaluée par la mesure de la performance de chaque segment de connexion suivie par la combinaison des dégradations de la performance mesurées sur chacun de ces segments. Étant donné que certains segments de connexion utilisent une technologie basée sur le relais de trames et que d'autres utilisent une technologie basée sur l'ATM, il faut, pour déterminer la performance de réseau de bout en bout par cette méthode, un moyen convenable permettant d'établir des relations entre les paramètres de performance basés sur ces deux technologies.

Sur un segment de connexion donné où la technologie ATM est utilisée pour prendre en charge un service en mode relais de trames, il peut être utile sur le plan opérationnel d'établir les relations entre les caractéristiques de performance de ce segment en termes de temps de propagation, de perte et d'erreurs en mode "ATM" et les caractéristiques analogues en mode "trame".



a) Scénario 1 d'interfonctionnement de réseau



T0726680-96

b) Scénario 2 d'interfonctionnement de réseau

ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
LB	large bande
CPE	équipement des locaux client (<i>customer premises equipment</i>)
FR	relais de trames (<i>frame relay</i>)
FRS	service en mode relais de trames (<i>frame relay service</i>)
IWF	fonction d'interfonctionnement (<i>interworking function</i>)

Figure C.1/X.144 – Scénarios d'interfonctionnement FR-ATM

C.3 Paramètres considérés pour le relais de trames

Les paramètres liés au relais de trames¹³ (FR) comprennent:

- le temps de transfert d'une trame (FTD, *frame transfer delay*) d'information d'utilisateur;
- le taux de perte de trames (FLR, *frame loss ratio*) d'information d'utilisateur;
- le taux d'erreurs résiduelles sur les trames (RFER, *residual frame error ratio*);
- le débit de trames excédentaires (EFR, *extra frame rate*).

Deux facteurs au moins ont une incidence sur la corrélation du temps de transfert de trame (FTD) avec le temps de transfert de cellule (CTD, *cell transfer delay*). Tout d'abord, dans les scénarios d'interfonctionnement FR-ATM, les identificateurs de canal de liaison de données (DLCI, *data link channel identifiers*) en mode relais de trames peuvent être mappés (on dit aussi multiplexés) dans des identificateurs de voie virtuelle (VCI, *virtual channel identifiers*) en mode ATM. Deux types de méthodes de mappage ont été examinés: celui pour lequel un identificateur DLCI est mappé dans un identificateur VCI (on parle de multiplexage 1 à 1) et celui pour lequel plusieurs identificateurs DLCI sont mappés dans un identificateur VCI (on parle de multiplexage N à 1).

¹³ Le taux de distorsion par rapport à un trafic conforme de trames et les éventuels paramètres relatifs au flux de trames ne sont pas pris en considération dans la présente annexe.

La méthode de mappage peut avoir une incidence sur la relation entre les paramètres CTD et FTD car, dans le cas du mappage N à 1, il peut y avoir une mise en mémoire tampon d'informations associées à plusieurs identificateurs DLCI avant qu'il soit possible de transmettre ces informations dans la voie virtuelle désignée. En outre, une partie de la capacité de transfert d'informations d'une voie virtuelle peut servir à transférer des cellules OAM en plus de cellules d'informations d'utilisateur. Si une voie virtuelle achemine à la fois des cellules OAM et des cellules d'informations d'utilisateur qui comportent des informations de service en mode relais de trames, il faut déterminer la capacité disponible pour ces cellules d'informations d'utilisateur, bien que l'incidence du transfert de cellules OAM sur le temps FTD soit vraisemblablement très faible.

Le taux de perte de trames (FLR) peut être relié au taux de perte de cellules (CLR, *cell loss ratio*) et à d'autres paramètres de performance lorsque la longueur des trames est connue ou lorsqu'une longueur nominale de trame est adoptée. Cette relation est étudiée plus avant au C.4.

Le taux d'erreurs résiduelles sur les trames (RFER) peut être relié au taux d'erreurs sur les cellules (CER, *cell error ratio*) lorsque la taille de trame est connue ou lorsqu'une taille nominale de trame est adoptée. Toutefois, pour établir cette relation, il faut tenir compte de l'analyse du CRC en mode trame au cours de la détection des erreurs. Cette relation appelle un complément d'étude.

Le débit de trames excédentaires (EFR) est analogue sur le plan théorique au débit de cellules insérées à tort (CMR, *cell misinsertion rate*). Les événements de référence associés à chacun de ces paramètres peuvent résulter d'une erreur non détectée ou mal corrigée dans le champ d'identification de canal (c'est-à-dire DLCI ou VPI-VCI) ou d'une traduction mal programmée des étiquettes d'identification de canal.

C.4 Relation entre les paramètres FR et ATM associés à la perte d'informations d'utilisateur

Considérons maintenant la relation entre le taux de perte de trames d'informations d'utilisateur (FLR), le taux de perte de cellules (CLR) et d'autres paramètres de performance intéressants. Nous adoptons une longueur de trame de F_{cellules} ou une longueur équivalente de F_{bits} .¹⁴

Le taux FLR est défini sur un segment de connexion délimité par deux points de mesure comme étant le rapport entre, d'une part, le nombre de trames perdues et, d'autre part, le nombre de trames perdues, de trames correctement transférées et de trames contenant des erreurs résiduelles. Autrement dit, le dénominateur de ce rapport représente le nombre total de trames émises sur un segment de connexion donné au cours d'une période temporelle donnée. Notre méthode consiste dans un premier temps, à évaluer la probabilité de perte de trames pour chacun des mécanismes recensés, cette probabilité étant égale au rapport entre le nombre de trames perdues dans le cadre d'un mécanisme particulier et le nombre total de trames émises sur le segment de connexion au cours d'une période commune donnée puis, dans un deuxième temps, à faire la somme des probabilités associées à chacun des mécanismes recensés.

Une perte de trame a lieu sur un segment de connexion lorsque l'événement d'entrée de trame ne se produit pas dans un intervalle temporel spécifié T_{max} après l'événement de sortie de trame correspondant ou lorsque le CRC de la trame reçue correspondant à l'événement d'entrée de trame n'est pas valide. Conformément à cette définition, nous pouvons recenser cinq mécanismes conduisant à la perte de trames:

¹⁴ Une cellule occupe 53 octets, donc $F_{\text{bits}} = 424 \times F_{\text{cellules}}$, où F_{bits} représente le nombre total de bits nécessaires pour transporter la trame dans la couche ATM. F_{cellules} est déterminé à partir de la longueur de trame et compte tenu du fait que la couche AAL 5 est utilisée pour transporter les trames FR. Une quantité maximale de 48 octets d'information FR est contenue dans chaque cellule servant au transport d'une trame donnée et la dernière cellule utilisée pour cette trame contient 8 octets d'informations propres à la couche AAL 5.

- 1) perte de trames due à des événements de dégradation de type rafales faisant intervenir plusieurs erreurs sur des bits, la perte de plusieurs cellules ou l'insertion à tort de plusieurs cellules;
- 2) perte de trames due à des erreurs (résiduelles) aléatoires sur des bits isolés;
- 3) perte de trames due à la perte (résiduelle) d'une ou de plusieurs cellules constitutives, par exemple dépassement de capacité du tampon contenant les cellules;
- 4) perte de trames due à l'insertion (résiduelle) à tort d'une cellule;
- 5) perte de trames due à une défaillance dans le traitement des trames, par exemple dépassement de capacité du tampon contenant les trames ou saturation de l'unité de traitement des trames.

Le mécanisme 1) correspond à toutes les dégradations de type rafales qui sont visibles au niveau de la couche ATM tandis que les mécanismes 2), 3) et 4) correspondent aux dégradations aléatoires de type résiduel qui sont visibles au niveau de la couche ATM et qui subsistent après le comptage et la suppression des dégradations de type rafales. Le mécanisme 5) correspond aux dégradations (de type rafales comme de type résiduel) engendrées uniquement au niveau des trames et qui ne sont donc pas visibles au niveau des cellules. Supposons que ces cinq mécanismes sont indépendants. Appliquons ensuite la méthode citée plus haut. Le taux FLR sur un segment de connexion donné, au cours d'une période temporelle particulière, s'exprime de la manière suivante:

$$FLR = FLR_{rafale} + FLR_{erreur} + FLR_{CLR} + FLR_{CMR} + FLR_{trame} \quad (C-1)$$

où FLR_{rafale} est le taux FLR associé aux événements de dégradations de type rafales, FLR_{erreur} est le taux FLR associé aux erreurs aléatoires sur des bits isolés, FLR_{CLR} est le taux FLR associé à la perte de cellules constitutives, FLR_{CMR} est le taux FLR associé à l'insertion à tort de cellules et FLR_{trame} est le taux FLR associé aux défaillances dans le traitement des trames. Dans le reste de ce sous-article, nous examinons les composantes FLR correspondant à chacun de ces mécanismes.

C.4.1 Dégradations de type rafales

Considérons tout d'abord la probabilité de perte de trames due aux dégradations de type rafales. Le taux de blocs de cellules sévèrement erronées (SECBR, *severely errored cell block ratio*), mesuré sur un segment de connexion donné au cours d'une période temporelle particulière, peut être utilisé pour borner la probabilité que des dégradations de type rafales faisant intervenir des erreurs sur des bits, la perte de cellules ou l'insertion à tort de cellules se produisent au cours de cette période. Il reste à établir une relation entre la longueur d'une trame, $F_{cellules}$, et celle d'un bloc de cellules, $B_{cellules}$ ¹⁵. Trois cas sont examinés ici:

- $F_{cellules} \ll B_{cellules}$;
- $F_{cellules} \gg B_{cellules}$;
- $F_{cellules} \approx B_{cellules}$.

NOTE – Lorsque la longueur des trames prises en charge ne dépasse pas 512 octets, seul le premier cas s'applique.

¹⁵ La longueur de bloc de cellules indiquée dans l'UIT-T I.356 est liée au débit cellulaire crête (PCR, *peak cell rate*). La longueur minimale est de 128 cellules et la longueur maximale de 32 768 cellules. Considérons une longueur maximale de trame de 512 octets, un préfixe de 5 octets et la couche AAL 5; un seul bloc de 128 cellules contient $(128 \times 48 - 8)/(512 + 5) = 12$ trames et un seul bloc de 32 768 cellules contient 3014 trames.

Si la longueur F_{cellules} est beaucoup plus petite que la longueur B_{cellules} , la fraction de blocs de cellules à fort taux d'erreurs (c'est-à-dire SECBR) est une approximation de la fraction des trames qui subissent des dégradations de type rafales.

Par conséquent:

$$\text{FLR}_{\text{rafale}} = \text{SECBR} \quad (\text{C-2a})$$

Si la longueur F_{cellules} est beaucoup plus grande que la longueur B_{cellules} , alors si, parmi $(F_{\text{cellules}}/B_{\text{cellules}})$ blocs de cellules¹⁶, l'un quelconque a un fort taux d'erreurs, une trame donnée subira une dégradation. La probabilité pour qu'une trame d'une telle longueur ne subisse pas une telle dégradation vaut:

$$(1 - \text{SECBR})^{F_{\text{cellules}}/B_{\text{cellules}}}$$

Le taux FLR correspondant à ce mécanisme est le complément logique de ce qui précède, à savoir la probabilité qu'un ou plusieurs blocs de cellules associés à une trame d'une telle longueur aient un fort taux d'erreurs, qui vaut:

$$\text{FLR}_{\text{rafale}} = 1 - (1 - \text{SECBR})^{F_{\text{cellules}}/B_{\text{cellules}}} \quad (\text{C-2b})$$

Si les longueurs F_{cellules} et B_{cellules} sont pratiquement égales, un même bloc de cellules à fort taux d'erreurs entraînera généralement la dégradation de deux trames, d'où:

$$\text{FLR}_{\text{rafale}} = 2 \text{ SECBR} \quad (\text{C-2c})$$

Nous observons qu'une autre méthode d'évaluation du taux $\text{FLR}_{\text{rafale}}$ consisterait à utiliser un paramètre de couche Physique comme le nombre de secondes sévèrement erronées par jour ou la durée pendant laquelle des commutations de secours sont effectuées sur une période de 24 H. La validité de cette méthode appelle un complément d'étude.

C.4.2 Erreurs sur des bits isolés

Considérons maintenant la probabilité de perte de trames due à des erreurs aléatoires sur des bits isolés. Supposons que la probabilité d'erreurs sur des bits isolés est donnée par le taux d'erreurs sur les bits (BER, *bit error ratio*). La probabilité qu'aucune erreur aléatoire sur un bit isolé ne se produise dans une trame de longueur F_{bits} vaut:

$$(1 - \text{BER})^{F_{\text{bits}}}$$

Le taux FLR correspondant à ce mécanisme est le complément logique de ce qui précède, à savoir la probabilité qu'une ou plusieurs erreurs aléatoires sur des bits isolés se produisent dans une telle trame vaut:

$$\text{FLR}_{\text{erreur}} = 1 - (1 - \text{BER})^{F_{\text{bits}}} \quad (\text{C-3})$$

Nous observons qu'en principe, les relations peuvent d'abord être établies entre le taux CER et les paramètres relatifs aux erreurs binaires au niveau de la couche Physique puis entre le taux CER et ce taux $\text{FLR}_{\text{erreur}}$.

¹⁶ Ou plus précisément $[F_{\text{cellules}}/B_{\text{cellules}}]$ où $[x]$ désigne le plus petit entier qui est supérieur ou égal à x .

C.4.3 Perte de cellules

Considérons maintenant la probabilité de perte de trames due à la perte aléatoire de cellules. Supposons que la probabilité de perte d'une seule cellule est donnée par le taux CLR. La probabilité qu'aucune cellule associée à une trame de longueur F_{cellules} ne soit perdue vaut:

$$(1 - \text{CLR})^{F_{\text{cellules}}}$$

Le taux FLR correspondant à ce mécanisme est le complément logique de ce qui précède, à savoir la probabilité qu'une ou plusieurs cellules associées à une telle trame soient perdues vaut:

$$\text{FLR}_{\text{CLR}} = 1 - (1 - \text{CLR})^{F_{\text{cellules}}} \quad (\text{C-4})$$

C.4.4 Insertion à tort de cellules

Considérons la probabilité de perte de trames due à l'insertion à tort d'une cellule se produisant de manière aléatoire. Si le taux de cellules insérées à tort (CMR) et le débit cellulaire crête (PCR) applicables à la connexion ATM sont connus, alors la fraction de cellules reçues qui sont insérées à tort vaut CMR/PCR. Supposons que cette fraction est égale à la probabilité qu'une seule cellule soit insérée à tort. La probabilité qu'aucune cellule ne soit insérée à tort dans une trame de longueur F_{cellules} vaut:

$$(1 - \text{CMR/PCR})^{F_{\text{cellules}}}$$

Le taux FLR correspondant à ce mécanisme est le complément logique de ce qui précède, à savoir la probabilité qu'une ou plusieurs cellules soient insérées à tort dans une telle trame vaut:

$$\text{FLR}_{\text{CMR}} = 1 - (1 - \text{CMR/PCR})^{F_{\text{cellules}}} \quad (\text{C-5})$$

C.4.5 Défaillances dans le traitement des trames

Considérons enfin la probabilité de perte de trames due aux défaillances dans le traitement des trames. Cette probabilité dépend des processus utilisés au-dessus des couches Physique et ATM et n'entre donc pas dans le cadre de la présente Recommandation. Le taux $\text{FLR}_{\text{trame}}$ résultant serait évalué par des méthodes basées sur les trames. Il serait ensuite intégré dans l'équation (C-1), de même que les résultats des équations (C-2), (C-3), (C-4) et (C-5).

APPENDICE I

Estimation par échantillonnage des paramètres de disponibilité de circuit PVC

I.1 Test minimal concernant la disponibilité du service PVC

La définition de la disponibilité du service de circuit virtuel permanent (PVC) nécessite une comparaison de la performance observée sur les quatre paramètres décisionnels avec les seuils d'interruption de service. Un seul résultat favorable du test suivant est considéré comme suffisant pour déclarer que la section de circuit PVC est disponible. Un seul échec dans une section pour satisfaire l'un quelconque des quatre critères individuels est considéré comme suffisant pour déclarer que cette section de circuit PVC n'est pas disponible. Ce test et ses critères décisionnels sont définis comme étant les conditions minimales qui sont nécessaires pour échantillonner la disponibilité d'une section.

Le test minimal concernant la disponibilité peut être effectué dans un sens de la section ou dans l'autre, au moyen d'équipements et de composants extérieurs à celle-ci. Pour s'assurer que le test de disponibilité n'échouera pas à cause d'un trafic insuffisant ou excessif, on tentera, pendant 5 minutes,

de maintenir un trafic de trames marquées $DE = 0$ au débit CIR, si $CIR > 0$, et un trafic de trames marquées $DE = 1$ au débit EIR, si $CIR = 0$. Il existe trois critères permettant de déterminer si le résultat du test est défavorable ou favorable:

- 1a) ($CIR > 0$) – Le test échoue si le taux FLR_c est supérieur à C_1 ;
- 1b) ($CIR = 0$) – Le test échoue si le taux FLR_e est supérieur à C_2 ;
- 2) Le test échoue si le taux RFER est supérieur à C_3 ;
- 3) Le test échoue si le débit EFR est supérieur à C_4 .

Si un test satisfait aux critères décisionnels, ce test est réussi et le circuit PVC réalisé dans la section est considéré comme disponible au cours du test. Si la section ne satisfait pas au test en ce qui concerne un ou plusieurs des critères décisionnels, le circuit PVC réalisé dans la section est considéré comme ayant été non disponible pendant la durée du test.

I.2 Procédures d'estimation de la disponibilité du service PVC

Une estimation suffisante du pourcentage de disponibilité du service PVC peut être calculée comme suit. Sur la base d'une estimation *a priori* de la disponibilité du service, on choisira un effectif d'échantillons, non inférieur à 300. On prendra s instants de test dans la durée de service programmée et on les répartira sur une longue campagne de mesure (6 mois par exemple). En raison des durées des interruptions de service à prévoir, on choisira les instants de test de manière qu'ils soient séparés par des intervalles d'au moins 7 h (ce qui contribue à l'indépendance des observations). Il conviendra de répartir uniformément les instants de test sur la durée de service programmée. A chaque instant de test prédéterminé, on exécutera le test de disponibilité décrit au I.1. Si le test échoue, la section est déclarée non disponible pour cet échantillon. Dans le cas contraire, la section est déclarée disponible. On obtiendra le pourcentage estimé de disponibilité du service PVC en multipliant par 100 le nombre de fois où la section a été déclarée disponible et en le divisant par le nombre total d'échantillons.

I.3 Procédures d'estimation du temps moyen entre interruptions de service PVC

On pourra calculer une estimation suffisante du paramètre de temps moyen entre interruptions de service PVC en observant une série d'échantillons consécutifs de performance en termes de disponibilité et en comptant les transitions enregistrées de l'état de disponibilité à l'état de non-disponibilité.

Avant d'effectuer un test quelconque, on choisira k intervalles non consécutifs, ayant chacun une durée non inférieure à 30 minutes et non supérieure à 3 h. La durée totale des k intervalles devra dépasser le triple de l'estimation *a priori* du temps moyen entre interruptions de service PVC. Pendant la durée de chaque intervalle prédéfini, on observera des échantillons consécutifs de performance en termes de disponibilité. La durée observée des états de disponibilité sera injectée dans un compteur cumulatif appelé A . Le nombre de transitions observées de l'état de disponibilité à l'état de non-disponibilité sera cumulé dans un compteur F ¹⁷.

Pour chaque intervalle prédéfini:

- a) si la totalité des échantillons consécutifs donne un résultat favorable en termes de disponibilité, on ajoute la durée totale de cet intervalle au compteur A , sans modifier la valeur cumulée du compteur F ;
- b) si le premier échantillon donne un résultat favorable en termes de disponibilité et qu'un quelconque échantillon ultérieur dans l'intervalle donne un résultat défavorable, on ajoute 1 au compteur F et on ajoute au compteur A la durée totale de tous les échantillons de

¹⁷ Chaque compteur est initialement mis à zéro.

disponibilité antérieurs au premier échec. La durée restant dans l'intervalle après le premier échantillon de disponibilité défaillant peut être ignorée sans vérifier sa disponibilité;

- c) si le premier échantillon de disponibilité échoue, on considère que la transition d'état s'est produite avant le début de l'intervalle. On n'ajoute rien au compteur A de durée observée de l'état de disponibilité, ni rien au compteur cumulatif F de transitions d'état observées. La durée restant dans l'intervalle peut être ignorée sans vérifier sa disponibilité.

Une fois que les résultats de chaque intervalle prédéfini ont été cumulés, on calcule le rapport A/F qui est une estimation du temps moyen entre interruptions de service PVC. On pourra obtenir une estimation statistiquement plus significative en augmentant le nombre k d'intervalles observés.

L'estimation du temps moyen entre interruptions de service PVC part du principe que, si une interruption commence au cours d'un échantillon de performance en termes de disponibilité, c'est cet échantillon – ou le suivant – qui permet de décider que la section n'est pas disponible. Cette hypothèse est logique étant donné que les interruptions de service durent, contrairement aux défaillances transitoires, plus de 5 minutes.

Le fait d'ignorer le reste de l'intervalle après un échantillon de disponibilité défectueux est à la fois pratique et statistiquement justifiable. La section de circuit PVC doit toujours revenir à l'état de disponibilité avant qu'une quelconque durée nouvelle de disponibilité puisse être cumulée et avant qu'une quelconque transition à l'état de non-disponibilité puisse être observée. Tout d'abord, le temps prévu avant rétablissement du service PVC peut être important par rapport à la durée restante de l'intervalle. Il peut ne pas être approprié ou rentable de continuer à essayer une section de réseau défaillante ou encombrée. En deuxième lieu, si les transitions à l'état de non-disponibilité sont statistiquement indépendantes, le rejet du reste de l'intervalle qui peut comporter une certaine durée dans l'état de disponibilité ne faussera pas le résultat¹⁸. La seule conséquence d'un arrêt du test sera la diminution de la durée d'essai. Pour minimiser cette perte, il y aura lieu que les intervalles de test soient courts par rapport à la somme du temps prévu jusqu'à rétablissement du service PVC et du temps prévu entre interruptions de service PVC. Il conviendra donc que chaque test ne dure pas plus de 3 heures.

Il existe deux sources de biais dans la procédure d'estimation décrite dans le paragraphe I.3. Premièrement, si une interruption commence au cours du dernier échantillon de disponibilité, la transition correspondante ne provoquera pas forcément un échec de cet échantillon. Si celui-ci n'échoue pas, la transition d'état est négligée et le temps moyen entre interruptions de service PVC est surestimé. Deuxièmement, une transition vers l'état de non-disponibilité au cours du premier échantillon de disponibilité de l'intervalle ne provoquera pas forcément un échec de cet échantillon. Conformément à la procédure d'estimation, si l'échantillon finit par échouer, l'intervalle correspondant sera ignoré, la transition d'état sera négligée et le temps moyen entre interruptions de service PVC sera surestimé. Ces effets de bord pourront être minimisés par une augmentation de la durée de chaque intervalle et par une augmentation corollaire du nombre d'échantillons de disponibilité, ce qui diminuera l'effet du premier et du dernier résultat de l'échantillon, par rapport au nombre total de résultats échantillonnés. Il est recommandé de choisir une durée minimale de 30 minutes pour chaque intervalle, avec des échantillons de disponibilité de 5 minutes.

¹⁸ Si les interruptions de service ont tendance à former des grappes, le fait d'arrêter un test après une transition à l'état de non-disponibilité conduira à surestimer le temps moyen entre interruptions de service. Si les interruptions ont tendance à rester dispersées ("en grappes négatives"), le fait d'arrêter un test après une transition à l'état de non-disponibilité conduira à sous-estimer le temps moyen entre interruptions de service.

En variante, les deux biais pourront être compensés par un remplacement de la condition a) au I.3 par ce qui suit:

- a) si tous les échantillons consécutifs de disponibilité donnent un résultat favorable, ajouter la durée totale de l'intervalle au compteur *A*. Prendre un échantillon de disponibilité supplémentaire immédiatement après l'intervalle. Si cet échantillon échoue, ajouter 1 au compteur *F*. S'il réussit, ne pas modifier *F*. La durée de l'échantillon supplémentaire n'a aucune incidence sur le compteur *A*.

Cette modification tient compte de toute transition d'état qui peut s'être produite au cours du dernier échantillon de l'intervalle. Elle élimine la première source de biais. Elle permet de décompter certaines transitions qui se sont produites en dehors de l'intervalle. Ces transitions sont comptées avec une probabilité égale à celle que la deuxième source de biais ignore par erreur des transitions. Cette procédure modifiée corrige donc les deux sources de biais. Elle permet d'estimer plus précisément le temps moyen entre interruptions de service PVC.

APPENDICE II

Notification d'encombrement

II.1 Effets des messages FECN, BECN et CLLM sur la performance

Les fournisseurs de réseau peuvent utiliser certaines positions binaires des messages de notification FECN et BECN et/ou certaines trames des messages CLLM pour signaler des données sur l'utilisation des ressources réseau, ce qui aidera les utilisateurs à éviter ou à compenser les effets des encombrements. C'est pourquoi certains ETTD ou certaines applications peuvent répondre automatiquement aux messages FECN, BECN et/ou CLLM en réduisant ou en brassant le trafic trames offert, au-delà de ce qui est exigé par les descripteurs d'état *a priori* du trafic. L'utilisation par le réseau des messages FECN, BECN et CLLM pourra donc avoir une incidence directe sur le débit utile et sur la performance observée par les utilisateurs finals.

II.2 Compensation des effets sur la performance

Ni l'utilisation par le réseau des messages FECN, BECN et CLLM ni la réponse appropriée des utilisateurs n'est normalisée. Il n'existe donc, actuellement, aucune manière mutuellement acceptable de normaliser les limites d'emploi de ces signaux porteurs d'informations de performance. En attendant, les recommandations suivantes peuvent être formulées:

- si un fournisseur de réseau s'attend que ses utilisateurs répondent aux messages FECN, BECN ou CLLM en réduisant ou en brassant temporairement leur offre de trafic au-delà de ce qui est exigé par les seuls descripteurs *a priori*, il convient que ce fournisseur:
 - 1) définisse précisément la manière dont il convient que les utilisateurs répondent¹⁹;
 - 2) fixe des limites à de telles périodes, en termes de fréquence et de durée;
 - 3) explique le risque que prend l'utilisateur qui ne tiendrait pas compte de ces périodes;
- il convient que les utilisateurs déterminent l'interprétation faite par leur fournisseur de réseau des messages FECN, BECN et CLLM et qu'ils essaient d'optimiser leurs réponses à ces signaux;

¹⁹ On notera que certains fournisseurs de réseau demandent également que les utilisateurs répondent aux pertes de trames par l'insertion ou la prolongation de périodes de réduction de charge.

- au lieu d'informations spécifiques sur la manière de répondre aux messages FECN, BECN et CLLM ou au lieu de limites quant à leur usage, les utilisateurs totalement conformes à leurs descripteurs de trafic *a priori* peuvent estimer que les objectifs de performance réseau (distorsion FTD, taux FLR, etc.) seront satisfaits indépendamment des messages FECN, BECN et CLLM.

(Voir également l'Appendice III, qui concerne les effets sur la performance mesurée d'une demande excessive en ressources de connexion.)

APPENDICE III

Effets sur la performance d'une demande excessive en ressources de connexion

Les paramètres de la présente Recommandation sont conçus de façon à permettre de mesurer la performance d'éléments de réseau délimités par des couples de limites de section. Il y a cependant lieu que les utilisateurs de la présente Recommandation tiennent compte du fait que le comportement des éléments de réseau situés à l'extérieur d'un couple de limites peut exercer une influence défavorable sur la performance mesurée des éléments situés entre ces limites. Deux exemples importants sont donnés ci-après.

III.1 Rafales simultanées d'accès imprévus à la même ligne

Il peut se produire que des rafales simultanées dans une section de circuit d'accès, issues de l'ensemble des connexions, sollicitent la ligne au-delà de sa capacité physique. En acceptant cet ensemble de connexions, le fournisseur du réseau et son utilisateur ont prévu une corrélation temporelle limitée ou négative entre les rafales de trames; mais, pour des raisons imprévues, cette hypothèse peut se révéler erronée. Pendant de tels événements, la performance apparente du réseau sera dégradée entre les limites de la section en cause. Cela pourra, en particulier, donner lieu à de plus grands nombres de messages FECN, BECN et CLLM (voir l'Appendice II) ainsi qu'à une augmentation des taux FLR, FTD et FCTDR, ou à une combinaison de ces effets.

III.2 Utilisation maximale de lignes d'accès saturées

Surtout lorsqu'il s'agit de circuits virtuels permanents, les fournisseurs de réseau peuvent autoriser un abonné à établir de multiples connexions sur une section de circuit d'accès dont le débit CIR total devient supérieur à la capacité physique de ce circuit d'accès. Cela permet à l'abonné de tirer parti du fait que toutes ces connexions ne seront pas actives simultanément. La performance apparente du réseau sera cependant dégradée si l'abonné tente d'utiliser au maximum ce profil négocié de surréservation: il en résultera, en particulier, une augmentation du nombre de messages FECN, BECN et CLLM (voir l'Appendice II) ainsi que des taux FLR, FTD, FCTDR ou d'une combinaison de ces effets. Dans le cas le moins favorable, les tentatives d'utilisation maximale de tels profils négociés de surréservation pourront être perçues comme des états de non-disponibilité.

APPENDICE IV

Méthode d'évaluation du taux de perte de trame: extraction du taux

Comme mentionné dans le corps de la présente Recommandation, toute méthode statistiquement valable d'évaluation du taux FLR ou de tout autre paramètre de performance figurant dans la présente Recommandation est autorisée. Le présent appendice spécifie une méthode permettant d'obtenir le taux FLR à partir de données sur le réseau telles que les enregistrements comptables, les statistiques relatives à la commutation et les alarmes produites dans les réseaux qui assurent un service à circuits PVC en mode relais de trames. Dans la mesure de ses possibilités, cette méthode fournit un moyen rentable d'évaluation du taux FLR pour un circuit PVC particulier.

IV.1 Limites de la méthode d'extraction du taux FLR

La méthode décrite ci-après au IV.2 est appropriée pour des évaluations du taux FLR de longue durée (de l'ordre de quelques heures et non de l'ordre de quelques minutes), et elle n'est pas adaptée aux évaluations du taux FLR de courte durée (de l'ordre de quelques minutes ou moins). En particulier, elle ne s'applique pas à l'évaluation qui permet de déterminer la disponibilité du service de relais de trames. Le motif responsable de l'existence de ces limites est le fait que la différence entre les ensembles de trames qui font l'objet de diverses statistiques doit être négligeable. Malgré ce qui précède, cette méthode fournit utilement une mesure générale de la santé des circuits PVC particuliers, et les opérateurs de réseau ont établi à l'aide de méthodes d'évaluation du taux FLR plus rigoureuses qu'elle était valable.

IV.2 Méthode d'extraction du taux FLR

La méthode d'extraction expliquée ci-après dépend des statistiques recueillies sur les trames situées à un endroit donné du réseau comme représenté dans la Figure IV.1 ci-dessous.

Pour toutes les connexions à circuits PVC dans le réseau à relais de trames, les informations suivantes sont recueillies:

- nombre total de trames entrantes (A/Figure IV.1);
- nombre de trames à débit CIR envoyées au réseau (B/Figure IV.1);
- nombre de trames à débit EIR envoyées au réseau (C/Figure IV.1);
- nombre de trames sortantes à débit CIR (D/Figure IV.1);
- nombre de trames sortantes à débit EIR (E/Figure IV.1);
- nombre total de trames sortantes (F/Figure IV.1);
- nombre total de trames ignorées (G/Figure IV.1).

Le taux FLR peut être évalué comme suit à l'aide des données recueillies:

- $FLR_c = \text{nombre de trames sortantes à débit CIR} / \text{nombre de trames à débit CIR envoyées au réseau} = D/B$ (IV.1);
- $FLR_e = \text{nombre de trames sortantes à débit EIR} / \text{nombre de trames à débit EIR envoyées au réseau} = E/C$ (IV.2)

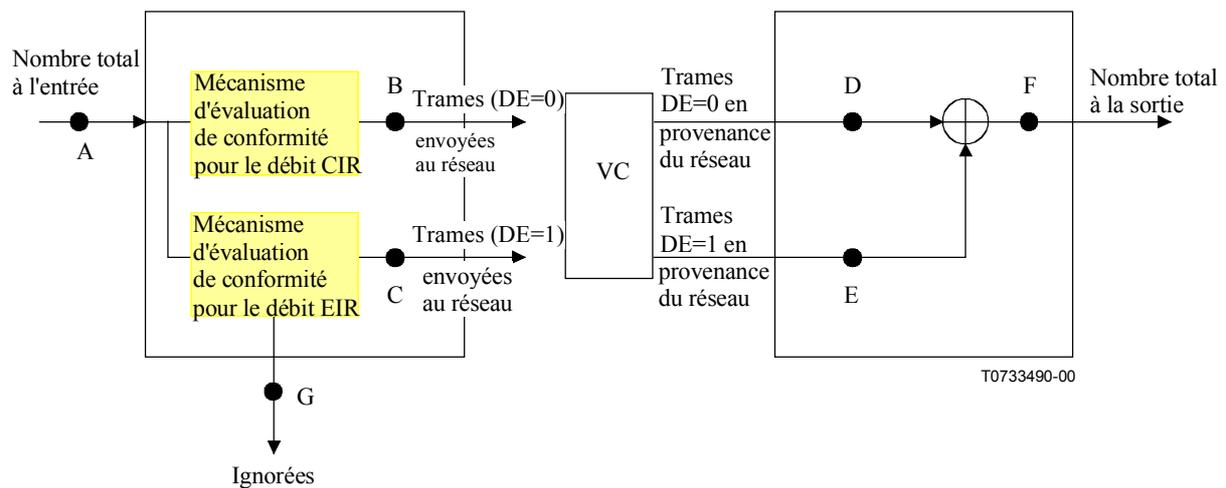


Figure IV.1/X.144 – Méthode d'extraction du taux FLR

Dans la Figure IV.1, toutes les trames dont l'indicateur DE calculé en B a une valeur nulle sont acceptées en tant que trames conformes, et les trames dont l'indicateur DE calculé en D a une valeur nulle sont celles qui ont été transférées avec succès à travers le réseau. Toutes les trames dont l'indicateur calculé en C a une valeur égale à 1 sont acceptées en tant que trames conformes, et les trames dont l'indicateur DE calculé en E a une valeur égale à 1 sont celles qui ont été transférées avec succès à travers le réseau.

Le taux FLR_c dans l'UIT-T X.144 permet de déterminer dans quelle mesure un réseau transfère les trames dont l'indicateur DE = 0 et qui sont acceptées en tant que trames conformes, tandis que le taux FLR_e permet de déterminer dans quelle mesure un réseau transfère les trames dont l'indicateur DE = 1 et qui sont acceptées en tant que trames conformes. En d'autres mots, le taux FLR_c correspond à la probabilité qu'une trame dont l'indicateur DE = 0 et qui est acceptée en tant que trame conforme se perde ultérieurement, tandis que le taux FLR_e est la probabilité qu'une trame dont l'indicateur DE = 1 et qui est acceptée en tant que trame conforme se perde ultérieurement.

En conséquence, puisque la corrélation entre les populations de trames est forte en ce qui concerne les statistiques produites aux endroits particuliers représentés dans la Figure IV.1, on peut utiliser les formules (IV.1) et (IV.2) pour évaluer précisément le taux FLR défini dans la présente Recommandation.

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	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, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et 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 et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication