



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**X.146**

(10/2000)

SÉRIE X: RÉSEAUX DE DONNÉES ET  
COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS

Réseaux publics de données – Aspects réseau

---

**Objectifs de performance et classes de qualité  
de service applicables aux services en mode  
relais de trames**

Recommandation UIT-T X.146

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

---

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

|                                                      |                    |
|------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>RÉSEAUX PUBLICS DE DONNÉES</b>                    |                    |
| Services et fonctionnalités                          | X.1–X.19           |
| Interfaces                                           | X.20–X.49          |
| Transmission, signalisation et commutation           | X.50–X.89          |
| <b>Aspects réseau</b>                                | <b>X.90–X.149</b>  |
| Maintenance                                          | X.150–X.179        |
| Dispositions administratives                         | X.180–X.199        |
| <b>INTERCONNEXION DES SYSTÈMES OUVERTS</b>           |                    |
| 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        |
| <b>INTERFONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX</b>               |                    |
| Généralités                                          | X.300–X.349        |
| Systèmes de transmission de données par satellite    | X.350–X.369        |
| Réseaux à protocole Internet                         | X.370–X.399        |
| <b>SYSTÈMES DE MESSAGERIE</b>                        | <b>X.400–X.499</b> |
| <b>ANNUAIRE</b>                                      | <b>X.500–X.599</b> |
| <b>RÉSEAUTAGE OSI ET ASPECTS SYSTÈMES</b>            |                    |
| 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        |
| <b>GESTION OSI</b>                                   |                    |
| 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        |
| <b>SÉCURITÉ</b>                                      | <b>X.800–X.849</b> |
| <b>APPLICATIONS OSI</b>                              |                    |
| Engagement, concomitance et rétablissement           | X.850–X.859        |
| Traitement transactionnel                            | X.860–X.879        |
| Opérations distantes                                 | X.880–X.899        |
| <b>TRAITEMENT RÉPARTI OUVERT</b>                     | <b>X.900–X.999</b> |

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

**Objectifs de performance et classes de qualité de service applicables  
aux services en mode relais de trames**

**Résumé**

La présente Recommandation définit le modèle de référence, le modèle de répartition nationale/internationale, les classes de service en mode relais de trames ainsi que les objectifs associés de temps de transfert et de perte de trame applicables aux réseaux fournissant un service à connexion PVC ou SVC en mode relais de trames et prenant en charge des classes de service en mode relais de trames.

**Source**

La Recommandation UIT-T X.146, 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 l'AMNT.

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

## NOTE

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

## 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 .....                                                                                                                                                                                                   | 3    |
| 3   | Abréviations.....                                                                                                                                                                                                             | 3    |
| 4   | Modèle de référence.....                                                                                                                                                                                                      | 4    |
| 5   | Objectifs de performance du réseau et classes de qualité de service associées au mode relais de trames.....                                                                                                                   | 5    |
| 5.1 | Nature des objectifs de performance du réseau .....                                                                                                                                                                           | 6    |
| 5.2 | Estimation statistique de la performance du réseau.....                                                                                                                                                                       | 6    |
| 5.3 | Performance non spécifiée.....                                                                                                                                                                                                | 7    |
| 5.4 | Longueur normalisée des trames pour les mesurages de performance en termes de temps FTD .....                                                                                                                                 | 8    |
| 5.5 | Classes de service en mode relais de trames.....                                                                                                                                                                              | 8    |
| 6   | Méthodes d'attribution des objectifs de performance des classes de service .....                                                                                                                                              | 8    |
| 6.1 | Calcul de la longueur du routage .....                                                                                                                                                                                        | 9    |
| 6.2 | Attribution d'objectifs aux sections de circuit d'accès .....                                                                                                                                                                 | 9    |
| 6.3 | Attribution des objectifs de temps FTD aux tronçons nationaux et international .....                                                                                                                                          | 10   |
| 6.4 | Attribution de l'objectif de taux FLR <sub>c</sub> aux tronçons nationaux et international .....                                                                                                                              | 10   |
|     | Appendice I – Illustration du concept de répartition pondérée X.146 avec application possible aux connexions SVC en relais de trames et méthodes de mesure permettant d'estimer le 95 <sup>e</sup> centile du temps FTD ..... | 11   |
| I.1 | Répartitions pondérées et estimation de la performance des connexions SVC .....                                                                                                                                               | 11   |
| I.2 | Méthodes d'estimation du 95 <sup>e</sup> centile du temps FTD .....                                                                                                                                                           | 13   |
|     | Appendice II – Effet du temps de transmission et de la longueur de trame sur le temps FTD .....                                                                                                                               | 14   |

## Recommandation UIT-T X.146

### Objectifs de performance et classes de qualité de service applicables aux services en mode relais de trames

#### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation a pour objet de définir des classes de service en mode relais de trames, les paramètres de perte de trame et de temps de transfert associés ainsi que l'attribution des objectifs correspondant aux tronçons nationaux et internationaux applicables aux services internationaux en mode relais de trames, conformément aux Recommandations UIT-T identifiées ci-après. La présente Recommandation définit des classes de service en mode relais de trames que l'on peut utiliser pour décrire la phase de transfert d'informations dans des réseaux pour données lorsqu'ils assurent un service international en mode relais de trames (service à connexion virtuelle permanente ou à connexion virtuelle commutée). Deux paramètres de performance liés au mode relais de trames définis dans l'UIT-T X.144, à savoir le temps de transfert de trame et le taux garanti de perte de trame, sont utilisés pour caractériser les diverses classes de service en mode relais de trames. La présente Recommandation s'applique uniquement aux réseaux acceptant les options de classes de service figurant dans les UIT-T X.36 et X.76. Les questions de signalisation et d'interfonctionnement entre classes de service font l'objet des UIT-T X.36 et X.76.

La matrice de performance  $3 \times 3$  définie dans l'UIT-T X.134 (voir Figure 1) a été utilisée pour établir l'applicabilité de la présente Recommandation. Celle-ci s'applique, comme indiqué ci-dessus, à la phase de transfert d'informations sur une connexion virtuelle en mode relais de trames.

Les paramètres définis dans la présente Recommandation peuvent être utilisés pour spécifier la performance de connexions en mode relais de trames de bout en bout ou de tronçons de connexion (voir l'UIT-T X.144).

Les classes de service en mode relais de trames définies dans la présente Recommandation sont caractérisées par des objectifs nominaux spécifiques pour la phase de transfert d'informations sur les tronçons nationaux et internationaux de connexions virtuelles internationales. Dans le contexte de la présente Recommandation, le terme "classe de service" est équivalent aux termes "classe de qualité de service" ou "classe de QS", tels qu'ils sont utilisés dans l'UIT-T I.356.

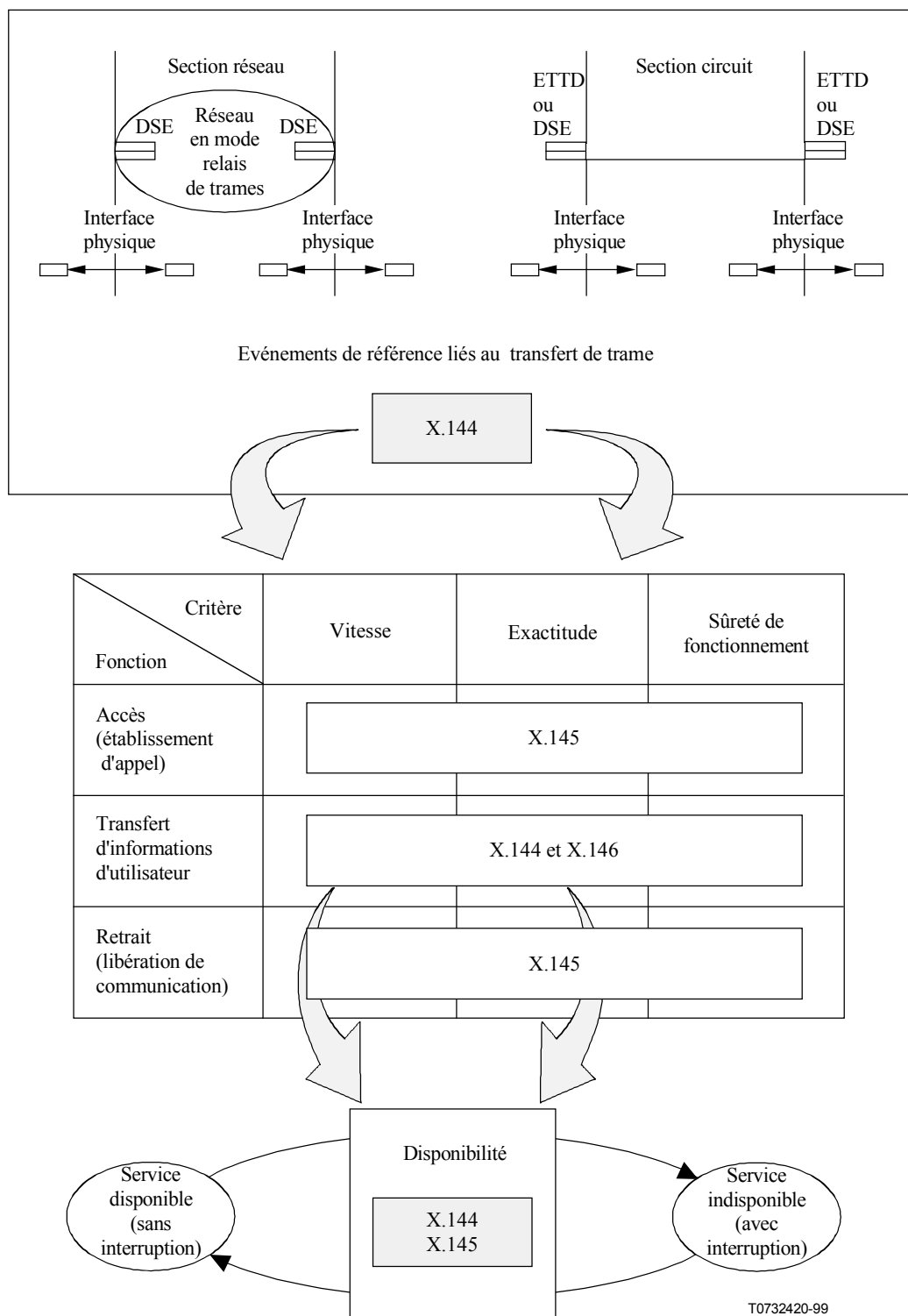
NOTE 1 – On pourra modifier les classes de service définies dans la présente Recommandation ou en définir d'autres en fonction de compléments d'étude sur les caractéristiques du mode relais de trames qu'il convient d'assurer sur les réseaux.

NOTE 2 – Les classes de service définies ont pour but de caractériser les connexions en mode relais de trames disponibles actuellement.

La présente Recommandation est structurée de la manière suivante:

- le paragraphe 2 contient les références;
- le paragraphe 3 contient les abréviations;
- le paragraphe 4 examine le modèle de performance de l'UIT-T X.144, avec ses tronçons nationaux et international, qui constitue la base pour l'attribution des objectifs indiquée dans le paragraphe 5;
- le paragraphe 5 définit des classes de service en mode relais de trames applicables à la phase de transfert d'informations d'utilisateur sur une connexion virtuelle en mode relais de trames, fondées essentiellement sur les deux paramètres de performance que sont le temps de transfert de trame (FTD, *frame transfer delay*) et le taux garanti de perte de trame (FLR<sub>c</sub>, *frame loss ratio*);

- le paragraphe 6 définit l'attribution des objectifs de performance des classes de service définies dans le paragraphe 5 aux tronçons nationaux et international décrits dans le paragraphe 4.



**Figure 1/X.146 – Domaine d'application de la présente Recommandation**

## 2 Références normatives

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

- UIT-T G.114 (2000), *Temps de transmission dans un sens*.
- 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.140 (1992), *Paramètres généraux de qualité de service pour la communication sur des réseaux publics pour données*.
- UIT-T X.144 (2000), *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 trame*.
- UIT-T X.145 (1996), *Performance des réseaux de données qui assurent un service international de circuit virtuel commuté à relais de trames*.

## 3 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

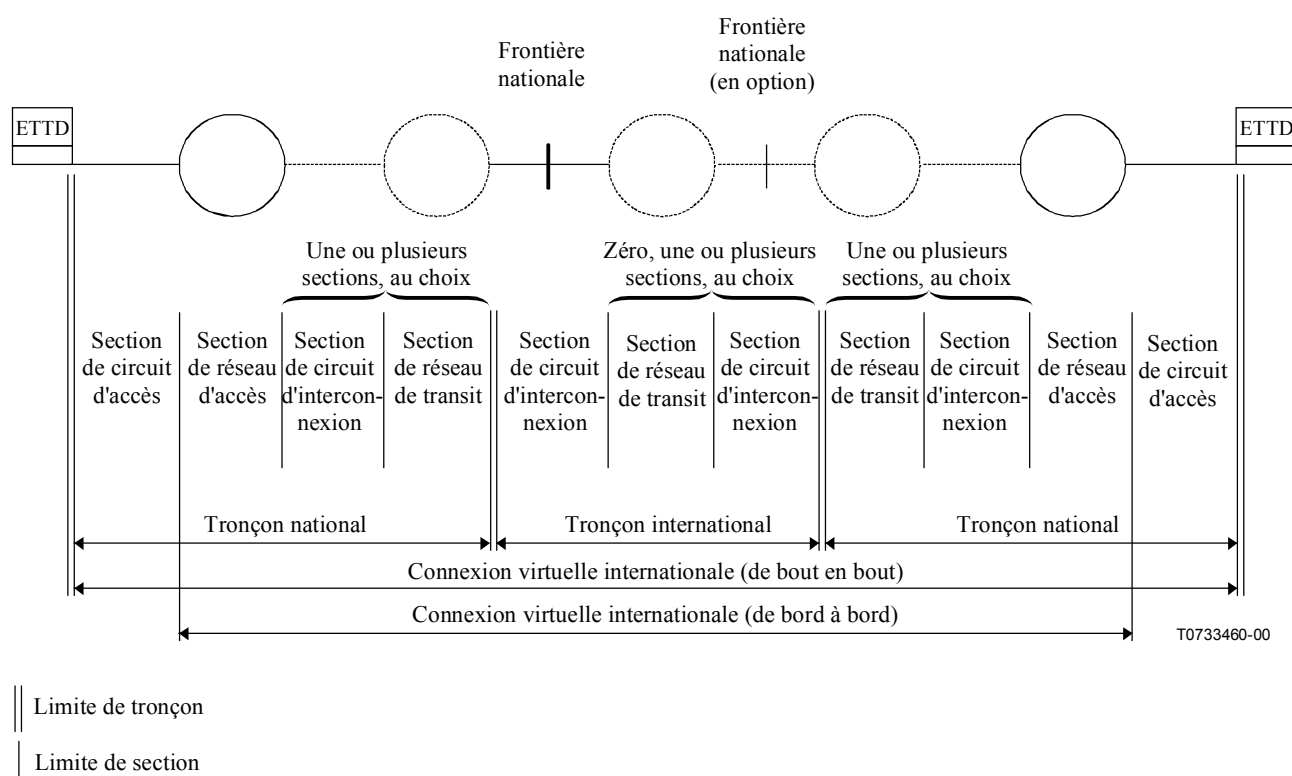
|                  |                                                                                                                           |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AR               | débit de la ligne d'accès pour la section du circuit d'accès ( <i>access line rate for the access circuit section</i> )   |
| CPE              | équipement des locaux client ( <i>customer premises equipment</i> )                                                       |
| D <sub>km</sub>  | distance à vol d'oiseau (km)                                                                                              |
| DSE              | équipement de commutation de données ( <i>data switching equipment</i> )                                                  |
| ETCD             | équipement de terminaison de circuit de données                                                                           |
| ETTD             | équipement terminal de traitement de données                                                                              |
| FDJ              | gigue du temps de propagation de trames ( <i>frame delay jitter</i> )                                                     |
| FLR <sub>c</sub> | taux garanti de perte de trame ( <i>committed frame loss ratio</i> )                                                      |
| FTD              | temps de transfert d'une trame ( <i>frame transfer delay</i> )                                                            |
| FTD <sub>a</sub> | temps de transfert d'une trame dans une section de circuit d'accès ( <i>access circuit section frame transfer delay</i> ) |
| FTD <sub>I</sub> | temps de transfert d'une trame dans le tronçon international ( <i>international portion frame transfer delay</i> )        |
| FTD <sub>N</sub> | temps de transfert d'une trame dans le tronçon national ( <i>national portion frame transfer delay</i> )                  |
| FTD <sub>O</sub> | objectif de temps de transfert d'une trame de bord à bord ( <i>edge-to-edge frame transfer delay objective</i> )          |



|          |                                                                                                        |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NNI      | interface réseau-réseau ( <i>network-to-network interface</i> )                                        |
| PVC      | connexion virtuelle permanente ( <i>permanent virtual connection</i> )                                 |
| QS       | qualité de service                                                                                     |
| $R_a$    | longueur du routage dans la section de circuit d'accès ( <i>access circuit section route length</i> )  |
| $R_I$    | longueur du routage dans le tronçon international ( <i>route length of the international portion</i> ) |
| $R_{km}$ | longueur du routage (km) ( <i>route length</i> )                                                       |
| SVC      | connexion virtuelle commutée ( <i>switched virtual connection</i> )                                    |
| UNI      | interface utilisateur-réseau ( <i>user-to-network interface</i> )                                      |

#### 4 Modèle de référence

Le modèle de performance utilisé pour la présente Recommandation est celui qui est présenté dans le paragraphe 4/X.144, et qui est en outre illustré sur la Figure 2. Ce sont les tronçons nationaux et international de ce modèle de performance qui sont utilisés dans le paragraphe 6.



**Figure 2/X.146 – Modèle de référence pour la répartition des tronçons nationaux et international d'une connexion virtuelle internationale multiréseaux**

Il convient de noter qu'une connexion virtuelle internationale de bout en bout est constituée de deux tronçons nationaux et d'un tronçon international. Dans certains cas, le tronçon international peut ne comprendre qu'une section de circuit d'interconnexion. Dans la présente Recommandation, on entend par "connexion de bord à bord" la connexion de bout en bout sans les deux sections de circuit d'accès. Ce modèle s'applique à la phase de transfert d'informations sur une connexion en mode relais de trames et se rapporte soit à une connexion virtuelle commutée (SVC, *switched virtual connection*), soit à une connexion virtuelle permanente (PVC, *permanent virtual connection*).

L'équipement terminal de transmission de données (ETTD) ne fait pas partie de la connexion virtuelle internationale de bout en bout, sa contribution à la performance vue par l'utilisateur n'est donc pas prise en compte dans la présente Recommandation. Cela vaut aussi pour les réseaux privés en mode relais de trames, qui sont considérés comme des ETTD. La quantification de la contribution d'un réseau privé en mode relais de trames à la performance globale vue par l'utilisateur est un sujet qui nécessite un complément d'étude.

## 5 Objectifs de performance du réseau et classes de qualité de service associées au mode relais de trames

Le présent paragraphe examine la nature générale des objectifs de performance du réseau en mode relais de trames pour une connexion donnée ainsi que les classes de qualité de service (QS) spécifiques du Tableau 1 par l'intermédiaire desquelles ils sont pris en charge. Il traite aussi de l'évaluation de ces objectifs de réseau et de la pondération dont il est question dans le Tableau 1.

En ce qui concerne les classes de QS associées au mode relais de trames indiquées dans le Tableau 1, l'utilisateur a la possibilité de demander une classe de QS différente pour chaque nouvelle connexion SVC ou PVC. Trois des quatre classes de QS du Tableau 1 contiennent des valeurs numériques pour les objectifs de taux FLR<sub>c</sub> et de temps FTD, mais la quatrième (la classe 0) ne contient aucun objectif; pour cette raison on l'appelle parfois la classe non spécifiée.

**Tableau 1/X.146 – Classes de service en mode relais de trames**

| Classe | Prise en charge par le réseau  | Taux FLR <sub>c</sub>                                                                                                                     | Temps FTD (ms)                                                                                                                          | Taux FDJ (ms)                                                    |
|--------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 0      | Obligatoire, classe par défaut | Pas de limite supérieure spécifiée pour ce taux mais celui-ci aura en pratique une limite supérieure et ne sera pas délibérément mauvais. | Pas de limite supérieure spécifiée pour ce temps mais celui-ci aura en pratique une limite supérieure et ne sera pas délibérément long. | Sans objet                                                       |
| 1      | Obligatoire                    | Valeur $< 1 \times 10^{-3}$ et 95 <sup>e</sup> centile des valeurs pondérées sur 15 min $< 3 \times 10^{-3}$ .                            | 95 <sup>e</sup> centile $< 400$ ms.                                                                                                     | 95 <sup>e</sup> centile $< 52$ ms (voir les Notes 9, 11 et 12).  |
| 2      | Facultative                    | Valeur $< 3 \times 10^{-5}$ et 95 <sup>e</sup> centile des valeurs pondérées sur 15 min $< 1 \times 10^{-4}$ .                            | 95 <sup>e</sup> centile $< 400$ ms.                                                                                                     | 95 <sup>e</sup> centile $< 17$ ms (voir les Notes 10, 11 et 13). |
| 3      | Facultative                    | Valeur $< 3 \times 10^{-5}$ et 95 <sup>e</sup> centile des valeurs pondérées sur 15 min $< 1 \times 10^{-4}$ .                            | 95 <sup>e</sup> centile $< 150$ ms (voir la Note 6).                                                                                    | 95 <sup>e</sup> centile $< 17$ ms (voir les Notes 10, 11 et 13). |

**Tableau 1/X.146 – Classes de service en mode relais de trames (*fin*)**

NOTE 1 – Toutes ces valeurs sont provisoires et les réseaux ne sont pas tenus de les respecter tant qu'elles n'ont pas été révisées (en plus ou en moins) sur la base de l'expérience en conditions d'exploitation réelle.

NOTE 2 – Les objectifs de temps FTD s'appliquent de bord à bord.

NOTE 3 – Les garanties relatives au service en mode relais de trames s'appliquent à toutes les classes de niveau de service (c'est-à-dire au niveau minimal de disponibilité du service).

NOTE 4 – Pour la performance en termes de temps FTD, toutes les classes de service s'appliquent aux trames de longueur 256 (c'est-à-dire aux trames dont le champ d'informations d'utilisateur a une longueur de 256 octets). Si des trames de longueur 128 sont utilisées pour estimer la conformité à ces objectifs, il convient d'utiliser les objectifs plus sévères au 95<sup>e</sup> centile du temps FTD: 380 ms pour les classes 1 et 2 et 130 ms pour la classe 3.

NOTE 5 – Les classes 2 et 3 peuvent se caractériser par des niveaux de disponibilité du service supérieurs à ceux du service en mode relais de trames de base.

NOTE 6 – Dans le cas de la classe de service 3, si la longueur du tronçon international dépasse 9300 km, un objectif de 6,25 ms pour 1000 km de tronçon est attribué au tronçon international.

NOTE 7 – Pour les connexions PVC en mode relais de trames, il y a lieu d'utiliser un intervalle de 1 mois pour évaluer l'objectif de taux FLR<sub>c</sub>.

NOTE 8 – Les méthodes d'estimation de la performance du réseau pour les connexions SVC en mode relais de trames feront l'objet d'un complément d'étude. Voir l'Appendice I.

NOTE 9 – Le taux FDJ attribué à la partie nationale d'un service de classe 1 est égal à 30 ms. Celui qui est attribué à la partie internationale d'un service de classe 1 est égal à 30 ms.

NOTE 10 – Le taux FDJ attribué à la partie nationale d'un service de classe 2 ou 3 est égal à 10 ms. Celui qui est attribué à la partie internationale d'un service de classe 2 ou 3 est égal à 10 ms.

NOTE 11 – La somme des taux FDJ attribués est supérieure au taux FDJ de bout en bout parce que ce taux s'accumule à la manière de l'écart type de variables aléatoires à peu près indépendantes. Lorsqu'on effectue la somme de variables aléatoires indépendantes, l'écart type résultant est environ égal à la racine carrée de la somme des carrés.

NOTE 12 – Certaines applications, par exemple la voix, nécessitent une spécification relative au taux FDJ, qui est en conséquence prévue pour la classe 1. Toutefois, il est admis que d'autres applications qui pourraient utiliser la classe 1, par exemple le transfert de fichiers, ne nécessitent pas de spécification relative au taux FDJ.

NOTE 13 – Puisque la mise en œuvre d'un satellite n'a pas d'effet sur la gigue de bout en bout, les spécifications relatives aux taux FDJ sont les mêmes pour les classes 2 et 3.

## **5.1 Nature des objectifs de performance du réseau**

Les objectifs de taux FLR<sub>c</sub> sont exprimés sous la forme de limites supérieures pour la valeur moyenne et sous la forme du 95<sup>e</sup> centile de moyennes pondérées sur 15 min. Ces objectifs de taux FLR<sub>c</sub> s'appliquent à l'ensemble des trames offertes en mode relais de trames dans le cadre du taux CIR (quelle que soit la taille). Les objectifs de temps FTD sont exprimés sous la forme d'une limite supérieure pour le 95<sup>e</sup> centile du temps FTD. Ces objectifs n'incluent pas la performance des ETDD et des réseaux privés, qui fera l'objet d'un complément d'étude.

## **5.2 Estimation statistique de la performance du réseau**

On peut estimer la performance pour évaluer la conformité au taux FLR<sub>c</sub> et les objectifs de temps FTD au 95<sup>e</sup> centile par leur surveillance continue ou par évaluation statistique. Toute méthode statistiquement valable permettant de vérifier que ces objectifs de réseau ont été atteints est acceptable. Une telle méthode pourrait consister à faire un échantillonnage sur un intervalle de

quinze minutes, toutes les trois heures, et à établir des estimations pondérées, à condition que la méthode produise des estimations non biaisées du taux FLR<sub>c</sub> ou du temps FTD.

Entre autres points à traiter, il y a lieu de mentionner:

- la période de consolidation, qui est l'intervalle de temps utilisé pour le calcul final de la valeur d'objectif (un mois par défaut),

et, si la surveillance en continu n'est pas utilisée, l'emploi d'une méthode d'échantillonnage qui permet de:

- déterminer la fréquence des intervalles de mesure;
- déterminer la durée des intervalles de mesure (intervalle de temps ou nombre de trames);
- calculer pour chaque intervalle de mesure les statistiques pertinentes (par exemple, moyenne ou taux, 95<sup>e</sup> centile);
- calculer, si nécessaire, les statistiques pondérées correspondantes en fonction du nombre de trames (offertes pour le taux FLR<sub>c</sub> et acheminées pour le temps FTD).

A titre d'exemple, pour estimer le taux FLR<sub>c</sub> un intervalle de quinze minutes (intervalle A avec un taux FLR<sub>c</sub> de 1%) dans lequel 400 trames ont été offertes dans le réseau doit recevoir quatre fois le poids d'un intervalle de quinze minutes (intervalle B avec un taux FLR<sub>c</sub> de 2%) dans lequel 100 trames ont été offertes, d'où le taux FLR<sub>c</sub> moyen pondéré de  $\{(400/500) \times 1\% \} + \{(100/500) \times 2\% \} = 1,2\%$ .

Lors de l'estimation du 95<sup>e</sup> centile des valeurs sur 15 min du taux FLR<sub>c</sub>, il y a lieu de pondérer les valeurs sur quinze minutes par le nombre de trames offertes. Pour l'estimation du 95<sup>e</sup> centile du temps FTD, il y a lieu de prendre en compte tous les temps FTD observés.

Pour toute estimation statistique, il faut disposer d'un échantillon suffisamment grand (pour garantir la validité statistique). Dans le cas de connexions SVC, le nombre de trames et la durée peuvent quelquefois être insuffisants pour établir des statistiques valables permettant de déterminer la conformité du réseau aux classes de qualité de service associées au mode relais de trames spécifiées. Si cela se produit, on peut rassembler plusieurs connexions SVC de même type pour obtenir un échantillon suffisamment grand et pouvoir déterminer de manière statistiquement valable dans quelle mesure un réseau atteint ses objectifs de QS. Les groupes de connexions SVC du même type sont par exemple celles qui relient la même paire d'utilisateurs terminaux ou celles qui relient les mêmes numéros appelés et appelants. Dans un tel rassemblement de connexions SVC, les cas isolés pour lesquels les objectifs de QS ne sont pas atteints sur certaines connexions SVC individuelles ayant un nombre de trames insuffisant ne peuvent pas être considérés comme des preuves que le réseau n'a pas atteint ses objectifs; seule une analyse de l'ensemble des données permet de le déterminer.

La précision des estimations statistiques du taux FLR<sub>c</sub> et du temps FTD doit accompagner les estimations proprement dites mais sa spécification fera l'objet d'un complément d'étude.

### 5.3 Performance non spécifiée

Aucun objectif de performance de réseau n'est spécifié pour la classe 0, mais il n'en découlera pas que la performance d'une connexion en classe de QS 0 sera forcément médiocre, car, même dans ce cas, des limites supérieures existeront dans la pratique. Certains exploitants de réseau peuvent en effet décider unilatéralement d'assurer un niveau minimal de taux FLR<sub>c</sub> ou de temps FTD, même pour des connexions en classe 0.

## **5.4 Longueur normalisée des trames pour les mesurages de performance en termes de temps FTD**

Le retard d'horloge des deux sections de circuit (d'accès et d'interconnexion) peut être une composante importante du temps de transfert de trame de bout en bout, en particulier si les trames sont longues ou que des sections de circuit à basse vitesse soient présentes.

Une longueur normalisée de trame (longueur du champ d'information contenu dans une trame relayée), égale à 256 octets, doit être utilisée pour effectuer les mesurages de performance en termes de temps FTD. Cette valeur garantit que la composante de retard d'horloge n'est pas significative et que la contribution du retard d'horloge ne varie pas entre différentes configurations de mesurage de performance.

NOTE – Il est reconnu que les mesures de performance en termes de temps FTD peuvent être relevées au moyen d'une longueur de trame de 128 octets, auquel cas les valeurs recherchées sont modifiées en conséquence (voir Note 4 du Tableau 1).

## **5.5 Classes de service en mode relais de trames**

Le Tableau 1 spécifie quatre classes de service en mode relais de trames. Quatre éléments sont spécifiés pour chaque classe de QS: le niveau de prise en charge par le réseau, obligatoire ou facultatif, le taux garanti de perte de trame ( $FLR_c$ ), s'il s'applique, avec sa valeur moyenne et le 95<sup>e</sup> centile, et le temps de transfert d'une trame (FTD) et le taux de gigue du temps de propagation de trame (FDJ), en millisecondes tous les deux. Ces classes de QS associées au mode relais de trames s'appliquent aux connexions virtuelles commutées et aux connexions virtuelles permanentes. La signalisation d'utilisateur à l'interface UNI concernant les classes de service en mode relais de trames est contenue dans l'UIT-T X.36. La signalisation à l'interface NNI concernant les classes de service en mode relais de trames est contenue dans l'UIT-T X.76.

Les indications "obligatoire", "classe par défaut" et "facultative" de la colonne "prise en charge par le réseau" doivent être interprétées comme suit. Tout réseau acceptant ces classes de service doit accepter les classes 0 et 1. La classe 0 correspond aux applications actuelles du relais de trames; elle est donc appelée la classe par défaut. L'utilisation de la classe de service par défaut est définie dans les UIT-T X.36 et X.76. Enfin, les réseaux acceptant ces classes de service peuvent, s'ils jugent utile de le faire, choisir d'accepter les classes facultatives 2 et 3. En ce qui concerne la classe 2 et la classe 3, le fournisseur de services peut imposer des restrictions additionnelles qui ne sont pas expressément mentionnées dans la présente Recommandation.

## **6 Méthodes d'attribution des objectifs de performance des classes de service**

Le présent paragraphe définit des méthodes d'attribution des objectifs de performance des classes de QS spécifiés au paragraphe 5 aux tronçons nationaux et international décrits au paragraphe 4. Etant donné que ces objectifs n'englobent pas la performance des sections de circuit d'accès, celle-ci est examinée en premier lieu au 6.2, après l'introduction de la longueur de la voie d'acheminement faite au 6.1. Ensuite, les sous-paragraphe 6.3 et 6.4 examinent les moyens par lesquels les objectifs de temps FTD et de taux  $FLR_c$  des classes de QS du paragraphe 5 doivent être attribués aux tronçons nationaux et international. Le sous-paragraphe 6.3 contient en outre la formule permettant de calculer le temps FTD de bout en bout.

Lorsqu'on attribue l'objectif de temps de transfert d'une trame sur la base de la partie de bord à bord, on attribue un certain pourcentage (modifié en cas de présence d'un satellite). Les influences de la "complexité" et de la "distance" dans l'attribution de l'objectif de temps FTD feront l'objet d'un complément d'étude. Par influences de "complexité", on entend les influences du réseau qui entraînent un accroissement du temps FTD à mesure que le nombre d'étapes de commutation et de mise en file d'attente rencontrées augmente. Par influences de "distance", on entend les influences du

réseau qui ne sont pas directement liées à l'augmentation du nombre d'étapes de commutation et de mise en file d'attente, influences qui sont généralement moins contrôlables et pour lesquelles on a recours à des estimations et à des attributions de longueur de routage.

Il convient de noter que, comme les niveaux des divers objectifs de taux  $FLR_c$  des classes de QS associées au mode relais de trames se situent entre  $10^{-5}$  et  $3 \cdot 10^{-3}$ , la principale influence sur le taux  $FLR_c$  est due à la gestion des tampons (c'est-à-dire la complexité). En conséquence, il n'est pas tenu compte de la longueur de routage dans l'attribution de l'objectif de taux  $FLR_c$ .

L'emploi de plusieurs satellites géostationnaires (ou sur orbite haute) dans une connexion virtuelle en mode relais de trames donnée n'a pas été envisagé. Mais la présence d'un satellite géostationnaire ou sur orbite haute a été prévue afin de réduire le nombre de nœuds de commutation dans une connexion virtuelle. Toutefois, la présence de plusieurs de ces satellites entraînera un dépassement de l'objectif de temps FTD de bout en bout pour toutes les classes de service définies, sauf pour la classe 0 par défaut.

L'attribution des objectifs de performance dans le cas de connexions à plusieurs satellites géostationnaires ou sur orbite haute fera l'objet d'un complément d'étude. Des raffinements de ces attributions afin de tenir compte des variations de longueur de segment de connexion et de la complexité de certains tronçons nationaux feront l'objet d'un complément d'étude. Il en est de même pour l'attribution des objectifs de performance aux tronçons comportant des satellites sur orbite basse ou moyenne.

## 6.1 Calcul de la longueur du routage

Dans l'attribution de certains des objectifs de temps FTD, on utilise la longueur du routage ( $R_{km}$ ) au lieu de la "distance". Si  $D_{km}$  est la distance à vol d'oiseau entre les deux limites du tronçon, la longueur du routage est calculée de la manière suivante (il s'agit du même calcul que celui figurant dans l'UIT-T G.826):

- si  $D_{km} < 1000$  km,  $R_{km} = 1,5 \times D_{km}$ ;
- si  $1000 \text{ km} \leq D_{km} \leq 1200$  km,  $R_{km} = 1500$  km;
- si  $D_{km} > 1200$  km,  $R_{km} = 1,25 \times D_{km}$ .

Cette règle n'est pas applicable si le tronçon comporte un satellite.

## 6.2 Attribution d'objectifs aux sections de circuit d'accès

Une section de circuit d'accès fait partie d'un tronçon national.

Comme indiqué ci-dessus, la principale contribution à la performance en termes de taux  $FLR_c$  est la complexité. La répartition dans le tronçon national de l'attribution de taux  $FLR_c$  à la section de circuit d'accès relève d'une décision nationale. La présente Recommandation n'indique donc aucune attribution à la section de circuit d'accès pour le taux  $FLR_c$ .

En termes de temps FTD, la contribution de la section de circuit d'accès peut être importante, selon à la fois sa longueur et son débit nominal en ligne d'accès. La formule suivante quantifie la contribution d'une section de circuit d'accès au temps FTD.

On a recours à la notation suivante:

- AR représente le débit de la ligne d'accès de la section de circuit d'accès, en bits par seconde;
- $FTD_a$  est la contribution de la section de circuit d'accès au temps de transfert d'une trame de bout en bout, en millisecondes;

- $R_a$  représente la longueur calculée du routage de la section de circuit d'accès, en kilomètres.
- Le multiplicateur 0,005 ms/km est tiré du Tableau A.1/G.114; il tient compte du retard dans les répéteurs et les régénérateurs. De plus, on part de l'hypothèse d'une trame de 256 octets, avec 5 octets de préfixe (un champ d'adresse de deux octets, un champ de contrôle de redondance cyclique à 16 bits et un drapeau) et 40 bits d'insertion pour la transparence.

Le temps FTD associé à une section de circuit d'accès est le suivant:

$$FTD_a \text{ ms} = \frac{(256 \times 8 + 5 \times 8 + 40) \text{ bits}}{(AR/1000) \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1}} + R_a \text{ km} \times 0,005 \text{ ms} \cdot \text{km}^{-1}$$

### 6.3 Attribution des objectifs de temps FTD aux tronçons nationaux et international

L'attribution des objectifs de temps FTD aux tronçons nationaux et international est calculée au moyen des formules suivantes en l'absence de satellite. Dans le cas d'un tronçon national, la longueur du routage  $R_{km}$  ne comprend pas la longueur de la section de circuit d'accès.

On a recours à la notation suivante:

- $FTD_N$  est le temps FTD du tronçon national:  
le temps  $FTD_N$  n'est applicable qu'aux connexions virtuelles internationales. Le temps FTD pour les connexions virtuelles nationales est hors du domaine d'application de la présente Recommandation;
- $FTD_I$  est le temps FTD du tronçon international;
- $FTD_O$  est l'objectif de temps FTD de bord à bord extrait du Tableau 1;
- $FTD_a$  est le temps FTD de la section de circuit d'accès associée au tronçon national;
- $R_I$  est la longueur calculée du routage dans le tronçon international.

La formule de calcul du temps FTD de bout en bout (en millisecondes) du tronçon national est:

$$FTD_N = FTD_a + 0,345 \times FTD_O$$

La formule de calcul du temps FTD (en millisecondes) du tronçon international est:

$$FTD_I = 0,31 \times FTD_O, \text{ si } R_I < 9300 \text{ km}$$

$$FTD_I = 0,00625 \times R_I \text{ si } R_I \geq 9300 \text{ km}$$

NOTE – Les valeurs 0,345 et 0,31 sont des facteurs d'attribution définis au 6.4.

En cas de présence d'un satellite sur un des tronçons, on attribue à ce tronçon un temps FTD fixe de 320 millisecondes. Cette valeur tient compte de facteurs tels que les faibles angles de visée de la station terrienne et le codage avec correction d'erreurs sans voie de retour. On prévoit que pour la plupart des tronçons contenant un satellite, le temps FTD ne dépassera pas 290 millisecondes. Si l'un des trois tronçons comporte un satellite, on attribue à chacun des deux tronçons restants un temps FTD de 40 ms.

### 6.4 Attribution de l'objectif de taux $FLR_c$ aux tronçons nationaux et international

Le présent paragraphe traite de l'attribution des objectifs de taux  $FLR_c$  aux tronçons nationaux et international. Comme indiqué ci-dessus, cette attribution ne tient pas compte de la longueur du routage d'un tronçon en raison du niveau des objectifs de taux  $FLR_c$ . Comme les tronçons nationaux sont souvent un peu plus complexes que les tronçons internationaux, on favorise légèrement les tronçons nationaux. L'attribution est faite de la manière suivante:

- pour un tronçon national, 34,5% de l'objectif du Tableau 1;

- pour le tronçon international, 31% de l'objectif du Tableau 1.

Ces règles s'appliquent indépendamment de la présence ou de l'absence d'un satellite sur le tronçon en question.

Cette attribution n'est applicable qu'aux connexions virtuelles internationales. Le taux  $FLR_c$  pour les connexions virtuelles nationales est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

## APPENDICE I

### **Illustration du concept de répartition pondérée X.146 avec application possible aux connexions SVC en relais de trames et méthodes de mesure permettant d'estimer le 95<sup>e</sup> centile du temps FTD**

#### **I.1 Répartitions pondérées et estimation de la performance des connexions SVC**

Diverses questions se posent lors de l'étude des moyens permettant d'appliquer les objectifs nominaux du Tableau 1 aux connexions SVC en mode relais de trames:

- 1) les objectifs du Tableau 1 sont-ils réellement applicables à toutes les connexions SVC en relais de trames, quel(le) que soit le nombre des trames offertes ou la durée?
- 2) ces objectifs ne s'appliqueront-ils qu'aux connexions SVC ayant une certaine durée minimale ou un certain nombre de trames offertes?
- 3) comment peut-on utiliser des connexions SVC à relais de trames ayant des nombres différents de trames offertes et des durées différentes pour estimer les objectifs nominaux du réseau?
- 4) peut-on appliquer aux connexions PVC la méthode utilisée pour les connexions SVC en relais de trames?
- 5) comment peut-on utiliser aussi bien les connexions PVC que les connexions SVC pour estimer les objectifs de taux  $FLR_c$  et de temps FTD selon le Tableau 1?

Pour répondre aux questions ci-dessus en ce qui concerne le taux  $FLR_c$ , le présent appendice présente une méthode permettant de décrire une répartition pondérée de taux  $FLR_c$  applicable aussi bien aux connexions PVC qu'aux connexions SVC. Les connexions de relais de trames longues comme de trames courtes sont compatibles avec cette méthode.

La clé de cette méthode est la notion de durée de base,  $\tau$ . Les durées de base peuvent correspondre à de courtes communications individuelles (par exemple à des connexions SVC) ou à des portions de communications assez longues (par exemple des portions de connexion PVC). Sur la base des taux  $FLR_c$  observés aussi bien sur des durées de base que sur des durées inférieures à la durée de base, on a défini une répartition pondérée des taux  $FLR_c$ . La définition de la répartition pondérée donnée ici n'exige pas que le même nombre de trames soit envoyé dans chaque intervalle de temps. Diverses statistiques de la répartition (comme la moyenne, la variance, les quantiles) sont facilement obtenues.

Soit  $M$  intervalles temporels et soit  $T_j$  la durée du  $j^e$  intervalle. La durée  $T_j$  est définie comme suit:

- 1) si la durée d'une connexion est inférieure ou égale à  $\tau$ , prendre  $T_j$  égale à  $\tau$ ;
- 2) si la durée d'une connexion est supérieure à  $\tau$ , subdiviser la connexion en un certain nombre d'intervalles de longueur  $\tau$  et en un intervalle final dont la durée est inférieure ou égale à  $\tau$ .

Par exemple, si l'on prend  $\tau$  égal à 15 min, les connexions de durée supérieure à 15 minutes seront subdivisées en intervalles de 15 min et les connexions de durée inférieure à 15 min ne seront pas subdivisées.



On définit ensuite les grandeurs suivantes:

$N_j$  = nombre de trames envoyées pendant l'intervalle  $j$ ;

$n_j$  = nombre de trames perdues pendant l'intervalle  $j$ ;

$p_j = n_j/N_j$  = taux FLR pour l'intervalle  $j$ ;

$N = \sum_{j=1}^M N_j$  = nombre total de trames envoyées pendant les  $M$  intervalles;

$w_j = MN_j/N$  = coefficient de pondération pour l'intervalle  $j$ .

Les pondérations  $w_j$  sont définies pour traiter le cas où un nombre différent de trames est envoyé au cours des différents intervalles  $j$ . Noter que les pondérations sont normalisées par rapport à  $M$ , soit:

$$\sum_{j=1}^M w_j = M$$

En outre, dans le cas où les  $N_j$  sont tous égaux, c'est-à-dire où le même nombre de trames est envoyé dans les différents intervalles, les pondérations  $w_j$  sont toutes égales à 1 (et leur somme est égale à  $M$ ).

Au moyen de ce qui précède, on peut définir comme suit une distribution des taux FLR (les  $p_j$ ). Noter que le taux FLR est un nombre compris entre 0 et 1, l'intervalle  $[0,1]$  étant subdivisé en  $K$  secteurs de taux FLR. Les limites de ces secteurs sont définies par les grandeurs  $P_k$ .

$$P_0 \leq P_1 \leq P_2 \leq \dots \leq P_K$$

Le  $j^{\text{e}}$  secteur est indiqué par l'intervalle  $[P_{j-1}, P_j]$ . Noter que le nombre de secteurs et les limites  $P_j$  sont choisis de façon à correspondre à la granularité recherchée pour les estimations du taux FLR.

Le poids total de tous les intervalles dont le taux FLR s'inscrit dans le secteur  $k$  est indiqué par:

$$w_k = \sum_{j: P_{k-1} \leq p_j \leq P_k} w_j$$

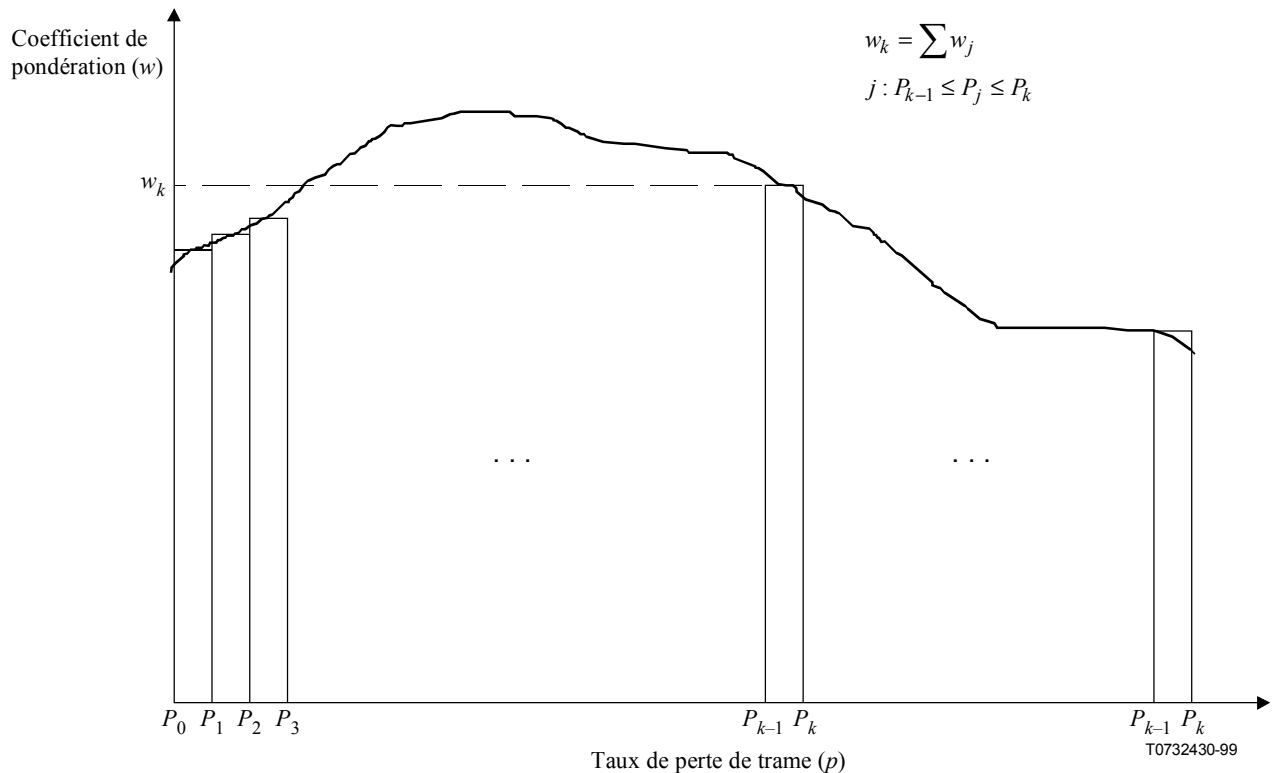
c'est-à-dire que, pour le secteur  $k$ , les poids de tous les intervalles dont le taux FLR s'inscrit dans le secteur (c'est-à-dire est compris entre  $P_{k-1}$  et  $P_k$ ) sont additionnés. Ces poids permettent de construire un histogramme (distribution FLR) avec les secteurs FLR en abscisse et le poids total du secteur ( $w_k$ ) en ordonnée. La Figure I.1 montre une telle répartition.

Une fois définie la répartition du taux FLR, des caractéristiques statistiques peuvent être calculées de la façon habituelle. Par exemple, la moyenne  $\mu$  et la variance  $\sigma^2$  sont données par:

$$\mu = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M w_j p_j \quad \text{et} \quad \sigma^2 = \left[ \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M w_j p_j^2 \right] - \mu^2$$

Une estimation du quantile  $\alpha$  peut être obtenue sous la forme d'une valeur  $p$  telle que la répartition cumulée entre 0 et  $p$  (c'est-à-dire la zone comprise entre 0 et  $p$  sous l'histogramme) soit égale à  $\alpha M$  (le facteur  $M$  est présent parce que les pondérations sont normalisées par rapport à  $M$  et non à 1). Noter qu'en pratique, le quantile  $\alpha$  sera déterminé selon la granularité des secteurs  $[P_{k-1}, P_k]$ , la surface jusqu'à  $P_{k-1}$  étant inférieure ou égale à  $\alpha M$  et la surface jusqu'à  $P_k$  étant supérieure ou égale à  $\alpha M$ .

On notera finalement que, lorsque la moyenne et la variance ci-dessus sont obtenues à partir des données de mesure, ce sont des estimations ponctuelles de la moyenne et de la variance vraies. La question des degrés de confiance statistiques (et des intervalles de confiance associés) n'est pas traitée ici. Par ailleurs, le quantile  $\alpha$  est une estimation d'intervalle, bien que le degré de confiance statistique ne soit pas traité.



**Figure I.1/X.146**

## I.2 Méthodes d'estimation du 95<sup>e</sup> centile du temps FTD

Une méthode d'estimation de la valeur au 95<sup>e</sup> centile consiste à échantillonner le temps FTD au moyen d'un nombre suffisamment grand de mesures puis à calculer le 95<sup>e</sup> centile à partir de toutes les mesures de temps FTD contenues dans l'échantillon. Cette estimation du 95<sup>e</sup> centile sera ensuite comparée à l'objectif indiqué dans le Tableau 1 pour le 95<sup>e</sup> centile du temps FTD.

Une autre méthode consiste à vérifier qu'au plus 5% des valeurs mesurées sont supérieures au seuil. Dans cette méthode, le taux (1% ou 4%) réel au-dessus du seuil prédéterminé donne, ainsi que son évolution, des informations utiles sur la qualité (bonne ou mauvaise, actuelle et future) du service.

Du point de vue de la performance pure, les deux méthodes sont équivalentes. Mais du point de vue de l'implémentation, l'une nécessite que toutes les mesures soient relevées, tandis que l'autre ne nécessite qu'une relève de 5% environ des mesures.

## APPENDICE II

### Effet du temps de transmission et de la longueur de trame sur le temps FTD

Le présent appendice présente des informations illustrant les effets du choix des longueurs de trame et des vitesses de transmission dans les jonctions sur la performance en termes de temps FTD. Ces effets interviennent aussi bien dans la section du circuit d'accès que dans la liaison de transmission des jonctions internodales.

Il est évident que les retards d'horloge de la liaison de transmission des jonctions internodales contribuent au temps de transfert de trame de bout en bout. Bien que cette composante soit petite pour les trames de longueur inférieure à 512 octets, elle peut devenir plus importante pour les trames de très grande longueur et pour les liaisons de transmission à faible vitesse. C'est ce que l'on peut constater en observant dans le Tableau II.1 ci-dessous les composantes de retard d'horloge calculées pour diverses vitesses de transmission.

**Tableau II.1/X.146 – Retard d'horloge pour divers débits de transmission et diverses longueurs de trame**

| Vitesses de transmission                                                                                                                                                             | Longueur de trame (champ d'information FR) |            |            |            |             |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                                                                      | 64 octets                                  | 128 octets | 256 octets | 512 octets | 1024 octets | 2048 octets |
| 64 kbit/s                                                                                                                                                                            | 8 ms                                       | 16 ms      | 32 ms      | 64 ms      | 128 ms      | 256 ms      |
| 128 kbit/s                                                                                                                                                                           | 4 ms                                       | 8 ms       | 16 ms      | 32 ms      | 64 ms       | 128 ms      |
| 256 kbit/s                                                                                                                                                                           | 2 ms                                       | 4 ms       | 8 ms       | 16 ms      | 32 ms       | 64 ms       |
| 512 kbit/s                                                                                                                                                                           | 1 ms                                       | 2 ms       | 4 ms       | 8 ms       | 16 ms       | 32 ms       |
| 1 024 kbit/s                                                                                                                                                                         | 0,5 ms                                     | 1 ms       | 2 ms       | 4 ms       | 8 ms        | 16 ms       |
| 1 544 kbit/s                                                                                                                                                                         | 0,35 ms                                    | 0,68 ms    | 1,35 ms    | 2,67 ms    | 5,3 ms      | 10,6 ms     |
| 2 048 kbit/s                                                                                                                                                                         | 0,25 ms                                    | 0,5 ms     | 1 ms       | 2 ms       | 4 ms        | 8 ms        |
| 34 368 kbit/s                                                                                                                                                                        | 16 µs                                      | 31 µs      | 61 µs      | 120 µs     | 240 µs      | 480 µs      |
| 44 736 kbit/s                                                                                                                                                                        | 12 µs                                      | 24 µs      | 46 µs      | 92 µs      | 184 µs      | 367 µs      |
| 155 520 kbit/s                                                                                                                                                                       | 3,5 µs                                     | 7 µs       | 13 µs      | 27 µs      | 53 µs       | 106 µs      |
| NOTE – Les longueurs de trame sont celles du champ d'information FR. On suppose également l'existence d'un en-tête FR d'une longueur de 2 octets, plus une séquence FCS de 2 octets. |                                            |            |            |            |             |             |

Soit un réseau national d'une portée géographique de 4000 km, composé de 8 étages de commutation et de jonctions internodales au débit de 2 Mbit/s. Chaque commutateur ajoute 1 ms de retard dû aux files d'attente.

- Pour une trame d'essai de 512 octets, chaque jonction apportera un retard d'horloge de 2 ms (voir Tableau II.1). Le temps FTD total calculé est de  $8 \times 1 \text{ ms} + 4000 \text{ km} \times 0,005 + 8 \times 2 \text{ ms} = 44 \text{ ms}$ . Ce réseau est conforme à l'attribution de 51,75 ms comme objectif FTD de tronçon national pour services FR de classe 3.
- Pour une trame d'essai de 256 octets, chaque jonction apportera un retard d'horloge de 1 ms (voir Tableau II.1). Le temps FTD total calculé est de  $8 \times 1 \text{ ms} + 4000 \text{ km} \times 0,005 + 8 \times 1 \text{ ms} = 36 \text{ ms}$ . Ce réseau est conforme à l'attribution de 51,75 ms comme objectif FTD de tronçon national pour services FR de classe 3.

Considérons maintenant un réseau national dont la portée géographique est de 4000 km, composé de 8 étages de commutation mais dont le débit de transmission internodale est de 1,544 Mbit/s. Chaque commutateur ajoute 1 ms de retard dû aux files d'attente.

- Pour une trame d'essai de 512 octets, chaque jonction apportera un retard d'horloge de 2,67 ms (voir Tableau II.1). Le temps FTD total calculé est de  $8 \times 1 \text{ ms} + 4000 \text{ km} \times 0,005 + 8 \times 2,67 \text{ ms} = 50,36 \text{ ms}$ . Ce réseau est conforme à l'attribution de 51,75 ms comme objectif FTD de tronçon national pour services FR de classe 3.
- Pour une trame d'essai de 256 octets, chaque jonction apportera un retard d'horloge de 1,35 ms (voir Tableau II.1). Le temps FTD total calculé est de  $8 \times 1 \text{ ms} + 4000 \text{ km} \times 0,005 + 8 \times 1,35 \text{ ms} = 38,8 \text{ ms}$ . Ce réseau est conforme à l'attribution de 51,75 ms comme objectif FTD de tronçon national pour services FR de classe 3.

Il apparaît donc que l'objectif FTD sur le tronçon national ne sera dépassé que lorsque le nombre d'étages de commutation est supérieur à huit (8) pour une longueur de trame d'essai de 512 octets et une vitesse de transmission de 1,544 Mbit/s dans les jonctions internodales.

## 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                                                                                            |
| <b>Série X</b> | <b>Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts</b>                                                                               |
| Série Y        | Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet                                                                                  |
| Série Z        | Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication                                                                    |