



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**CCITT**

COMITÉ CONSULTATIF  
INTERNATIONAL  
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

**X.135**

(11/1988)

SÉRIE X: RÉSEAUX DE COMMUNICATIONS DE  
DONNÉES: TRANSMISSION, SIGNALISATION ET  
COMMUTATION, RÉSEAU, MAINTENANCE ET  
DISPOSITIONS ADMINISTRATIVES

Réseaux de communications de données – Aspects  
des réseaux

---

**PERFORMANCES DE RAPIDITÉ DE SERVICE (DÉLAIS  
ET DÉBIT) DES RÉSEAUX PUBLICS POUR DONNÉES  
ASSURANT DES SERVICES INTERNATIONAUX DE  
TRANSMISSION DE DONNÉES À COMMUTATION  
PAR PAQUETS**

Réédition de la Recommandation du CCITT X.135 publiée  
dans le Livre Bleu, Fascicule VIII.3 (1988)

---

## NOTES

- 1 La Recommandation X.135 du CCITT a été publiée dans le fascicule VIII.3 du Livre Bleu. Ce fichier est un extrait du Livre Bleu. La présentation peut en être légèrement différente, mais le contenu est identique à celui du Livre Bleu et les conditions en matière de droits d'auteur restent inchangées (voir plus loin).
- 2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

© UIT 1988, 2008

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

## Recommandation X.135

### PERFORMANCES DE RAPIDITÉ DE SERVICE (DÉLAIS ET DÉBIT) DES RÉSEAUX PUBLICS POUR DONNÉES ASSURANT DES SERVICES INTERNATIONAUX DE TRANSMISSION DE DONNÉES À COMMUTATION PAR PAQUETS

(Malaga – Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

Le CCITT,

*considérant*

- (a) que la Recommandation X.1 spécifie les catégories d'usagers du service international des réseaux publics pour données;
- (b) que la Recommandation X.2 spécifie les services internationaux de transmission de données et les services complémentaires facultatifs offerts aux usagers dans les réseaux publics pour données;
- (c) que la Recommandation X.25 spécifie l'interface ETTD/ETCD pour les terminaux fonctionnant en mode paquet raccordés aux réseaux publics pour données par liaison spécialisée;
- (d) que la Recommandation X.75 spécifie le système de signalisation à commutation par paquets entre réseaux publics assurant des services de transmission de données;
- (e) que la Recommandation X.323 spécifie les arrangements généraux d'interfonctionnement de réseaux publics pour données à commutation par paquets;
- (f) que la Recommandation X.96 spécifie les signaux de progression de l'appel dans les réseaux publics pour données;
- (g) que la Recommandation X.110 spécifie les principes d'acheminement international et le plan d'acheminement pour les réseaux publics pour données;
- (h) que la Recommandation X.213 définit le service dans la couche réseau du système OSI;
- (i) que la Recommandation X.140 définit les paramètres généraux de qualité de service pour la communication au moyen de réseaux publics pour données;
- (j) que la Recommandation X.134 spécifie les limites de répartition et les événements de référence de la couche paquets en vue de définir les paramètres de performance de la commutation par paquets;
- (k) que la Recommandation X.136 spécifie les performances de précision et de sécurité de fonctionnement (y compris le blocage) des réseaux publics pour données assurant des services internationaux de transmission de données à commutation par paquets;
- (l) que la Recommandation X.137 spécifie les performances de disponibilité des réseaux publics pour données assurant des services internationaux de transmission de données à commutation par paquets,

*recommande à l'unanimité*

- (1) que les paramètres de rapidité de service, définis dans la présente Recommandation, soient utilisés dans la planification et l'exploitation des services internationaux de communication de données à commutation par paquets assurés conformément aux Recommandations X.25 et X.75;
- (2) que, dans ces services, les performances spécifiées par la présente Recommandation soient considérées comme étant les limites des cas les plus défavorables, dans les conditions que spécifie ce texte.

## 1 Introduction

1.1 La présente Recommandation est la deuxième d'une série de quatre Recommandations (X.134 à X.137) qui définissent les performances (paramètres et valeurs) des services internationaux de communication de données à commutation par paquets. La figure 1/X.135 illustre le domaine d'application de ces quatre Recommandations et les relations qui existent entre elles.

1.2 La Recommandation X.134 scinde une connexion virtuelle en sections de base dont les limites sont associées aux interfaces X.25 et X.75; elle définit également des groupes particuliers de sections de base, qui portent le nom de parties de connexion virtuelle, et pour lesquelles des performances seront établies; elle définit, enfin, un ensemble d'événements de référence de la couche paquets (PE) qui sert de fondement à la définition des paramètres de performance. Les sections de base sont constituées de sections de réseau et de sections de circuit. Elles sont délimitées, dans chaque cas, par des équipements terminaux de traitement de données (ETTD) ou par des interfaces de centres de commutation de données (CDD), physiques. Les parties de connexion virtuelle sont identifiées soit comme parties nationales, soit comme parties internationales. On dit qu'il y a PE chaque fois qu'un paquet modifie, en traversant une limite de section, l'état de l'interface dans la couche paquets.

1.3 Aux fins de comparaison et dans un souci d'exhaustivité, la performance du réseau à commutation par paquets est analysée dans le contexte de la matrice de performance  $3 \times 3$ , définie dans la Recommandation X.140. Trois fonctions de communication de données indépendantes du protocole sont identifiées dans cette matrice: accès, transfert de l'information d'utilisateur et retrait. Ces fonctions générales correspondent à l'établissement d'une communication, au transfert (et à l'interruption) de données et à la libération d'une communication dans les services de communication virtuelle à commutation par paquets conformes aux Recommandations X.25 et X.75. Chaque fonction est examinée selon trois facteurs généraux de performance (ou «critères» de performance): rapidité, précision et sécurité de fonctionnement. Ces critères expriment respectivement le délai ou la rapidité, le degré d'exactitude et le degré de certitude avec lesquels une fonction est exécutée.

1.4 La présente Recommandation définit les paramètres de rapidité de service propres aux protocoles ainsi que leurs valeurs associées à chacune des trois fonctions de communication de données. La Recommandation X.136 définit les paramètres relatifs à la précision et à la sécurité de fonctionnement qui dépendent du protocole ainsi que les valeurs associées à chaque fonction. Les paramètres définis dans les Recommandations X.135 et X.136 sont appelés «paramètres primaires» pour souligner leur dépendance directe vis-à-vis des événements de la couche paquets.

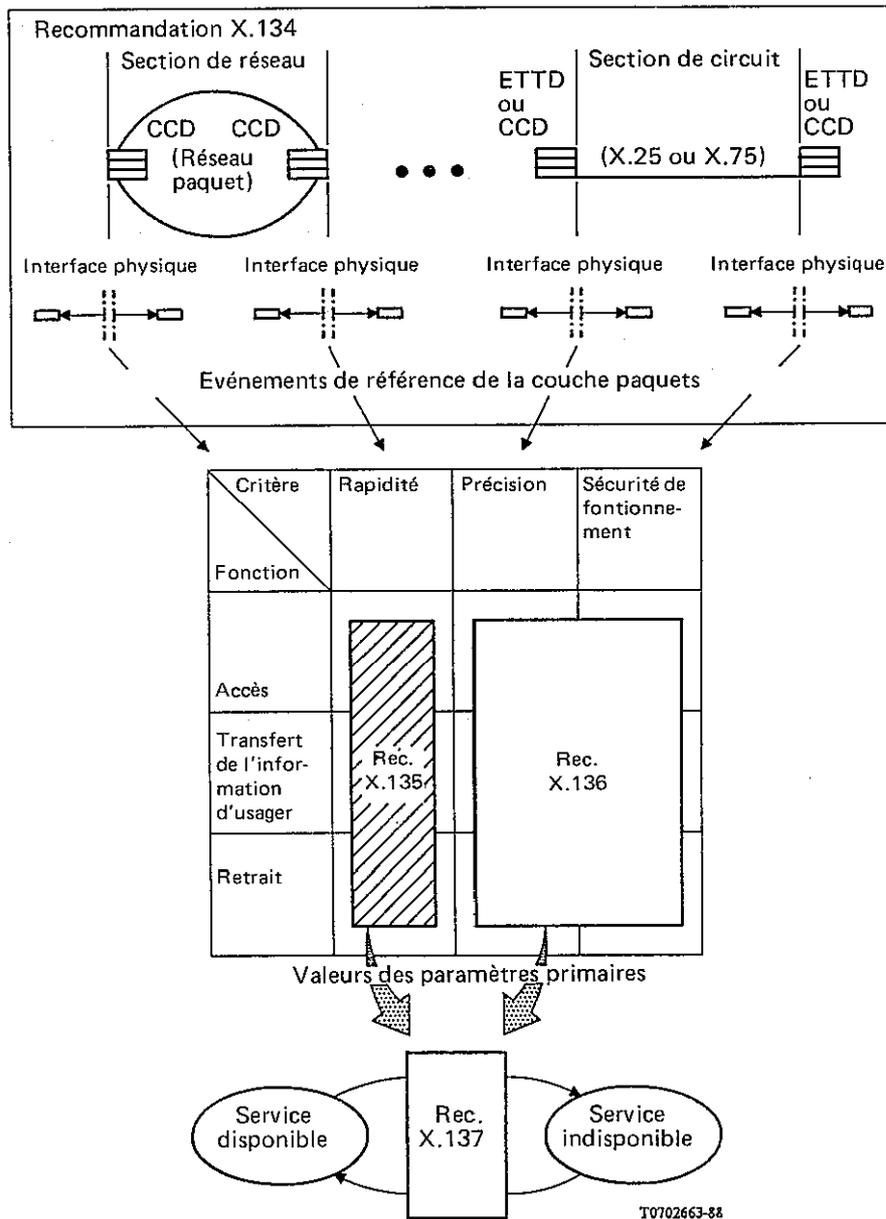


FIGURE 1/X.135

Description structurée de la performance du service à commutation par paquets

1.5 Un modèle à deux états associé fournit une base de description de la disponibilité complète du service. Une fonction spécifiée de disponibilité compare les valeurs d'un sous-ensemble de paramètres primaires à des seuils d'incapacité correspondants, pour classer le service comme «disponible» (pas d'interruption du service) ou comme «indisponible» (interruption du service) pendant la période de fonctionnement prévue. La Recommandation X.137 définit la fonction de disponibilité et les paramètres de disponibilité ainsi que leurs valeurs qui caractérisent le processus aléatoire binaire résultant.

1.6 Quatre paramètres de rapidité de service sont définis dans la présente Recommandation: un paramètre d'accès (temps d'établissement d'une communication), deux paramètres de transfert de l'information d'utilisateur (temps de transfert de paquets de données et capacité de débit) et un paramètre de retrait (temps d'indication de libération). On peut appliquer chaque paramètre à n'importe quelle section de base ou partie de la connexion virtuelle. Cette généralisation de la portée des paramètres rend ceux-ci très utiles dans l'attribution des performances et dans leur enchaînement.

1.7 La présente Recommandation spécifie des valeurs de temps et de débit pour les parties nationales et internationales de deux types (tableau 1/X.135). Les performances fixées pour les équipements terminaux de données ne sont pas spécifiées mais les paramètres définis dans cette Recommandation peuvent être employés pour de telles spécifications afin d'aider les usagers à établir des relations quantitatives entre performance du réseau et qualité de service (voir la Recommandation X.140).

TABLEAU 1/X.135

Types de partie de connexion virtuelle pour lesquels les performances sont spécifiées <sup>a)</sup>

Types de partie	Caractéristiques types
Nationale A	Connexion du système de Terre au moyen d'une section de réseau d'accès
Nationale B	Connexion au moyen d'une section de réseau d'accès avec un circuit par satellite; ou au moyen d'une section de réseau d'accès et d'une ou de plusieurs sections de réseau de transit
Internationale A	Connexion au moyen d'une section de circuit inter-réseaux de Terre direct
Internationale B	Connexion au moyen de deux circuits par satellite et d'une section de réseau de transit; ou au moyen d'un circuit par satellite et de deux sections de réseau de transit ou davantage

<sup>a)</sup> Les valeurs spécifiées pour les parties du type B s'appliquent aussi aux parties de connexion virtuelle qui ne sont pas explicitement identifiées comme étant du type A ou du type B.

1.8 Les valeurs correspondant à une valeur moyenne ou à une probabilité de 95%, dans le cas le plus défavorable, relatives au temps d'établissement d'une communication, au temps de transfert des paquets de données, à la capacité de débit et au temps d'indication de libération, sont spécifiées ci-dessous pour chaque type de partie de connexion virtuelle identifié dans le tableau 1/X.135. L'expression «cas le plus défavorable» signifie qu'il faut respecter ces valeurs pendant l'heure chargée normale dans la partie de connexion virtuelle la plus dégradée assurant le service international à commutation par paquets. La performance d'une partie de connexion virtuelle est normalement bien meilleure que celle du cas le plus défavorable spécifié dans cette Recommandation<sup>1)</sup>. Les objectifs nominaux tenant compte d'applications d'utilisateur et de performances de réseau plus exigeantes ainsi que des améliorations de la connectivité feront l'objet d'études ultérieures.

La présente Recommandation fournit également des méthodes numériques permettant de combiner les performances de parties distinctes afin d'évaluer la performance de bout en bout. Les valeurs ETTD à ETTD pour deux connexions fictives particulières sont déterminées à l'aide de ces méthodes dans l'annexe C.

## 2 Temps d'établissement d'une communication

Le temps d'établissement d'une communication s'applique seulement aux possibilités de communication virtuelle de réseaux à commutation par paquets.

Le temps d'établissement d'une communication observé est d'abord défini en une seule limite de section,  $B_i$ , puis il est défini sur la base de la définition précédente entre un couple de limites de section ( $B_i, B_j$ ). Dans le premier cas, le temps d'établissement d'une communication comprend le temps d'établissement d'une communication pour toutes les sections de connexion virtuelle du côté usager demandé de  $B_i$  et le temps de réponse de l'utilisateur demandé. Dans le second cas, le temps d'établissement d'une communication comprend uniquement les temps entre  $B_i$  et  $B_j$ . Les valeurs sont spécifiées pour un temps d'établissement d'une communication observé entre des limites de section.

<sup>1)</sup> Le supplément 1 contient des valeurs de temps et de débit mesurées sur des connexions spécifiques à des moments donnés. Il est fourni à titre purement indicatif.

2.1 Définition du temps d'établissement d'une communication à une seule limite de section

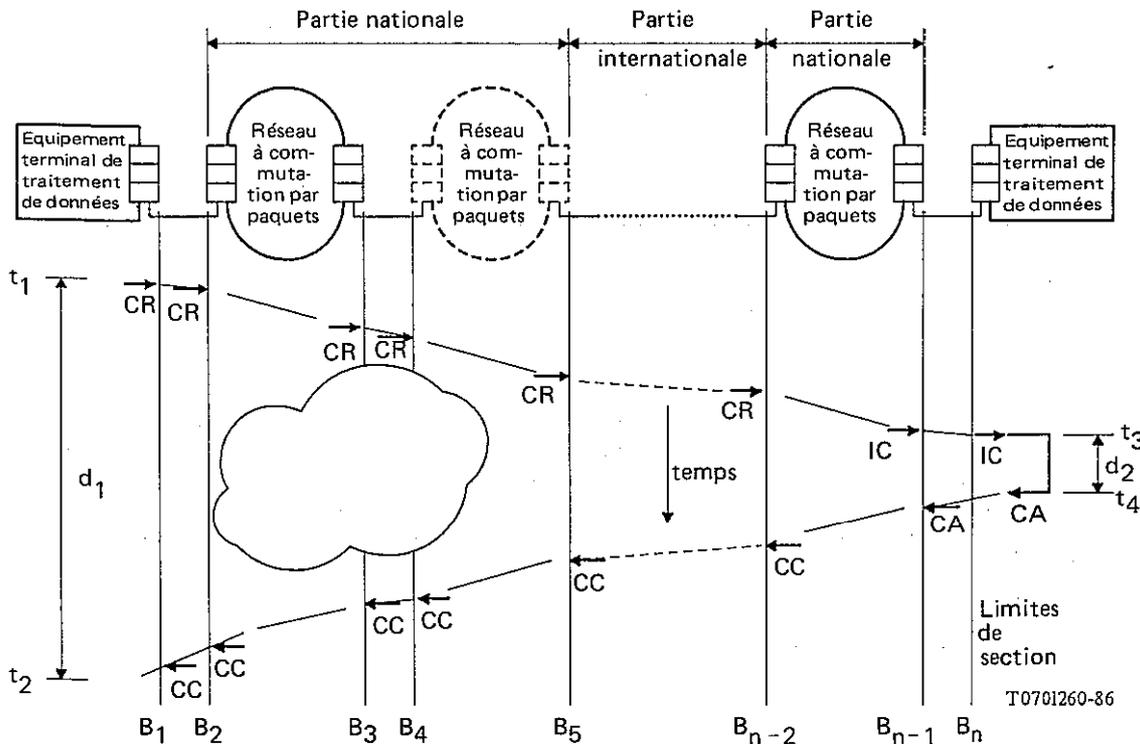
Le **temps d'établissement d'une communication à une limite de section**  $B_i$ , est défini à l'aide de deux événements de référence de la couche paquets selon la Recommandation X.134 (PE). C'est l'intervalle de temps qui débute lorsqu'un paquet d'appel ou un paquet d'appel entrant crée un PE en  $B_i$  et qui se termine lorsque le paquet de communication établie ou le paquet d'acceptation d'appel, acceptant la communication virtuelle, retourne et crée son PE en  $B_i$ .

Temps d'établissement d'une communication à une limite de section =  $\{t_2 - t_1\}$  dans lequel:

$t_1$  est le temps d'apparition du premier PE,

$t_2$  est le temps d'apparition du second PE.

Les deux PE peuvent apparaître à n'importe quelle limite de section dans une connexion virtuelle. Les identités des paquets dépendent de la limite considérée comme l'indique la figure 2/X.135. Le premier paquet est le paquet d'appel et le second le paquet de communication établie correspondant à chaque limite, excepté aux deux limites qui définissent la section du circuit d'accès associée à l'ETTD appelé. Le premier paquet est le paquet d'appel entrant et le second le paquet d'acceptation d'appel aux deux dernières limites. Les PE X.134 spécifiques utilisés pour la mesure du temps d'établissement d'une communication à chaque limite de partie sont identifiés au tableau 2/X.135.



- CR Appel
- IC Appel entrant
- CA Communication acceptée
- CC Communication établie

Remarque – On peut observer ( $t_1, t_2$ ) et ( $t_3, t_4$ ) côté du demandeur et côté du demandé de n'importe quelle partie de la connexion virtuelle.

FIGURE 2/X.135  
Événements relatifs au délai d'établissement d'une communication

TABLEAU 2/X.135

**Evénements de référence de la couche paquets (PE) utilisés  
lors de la mesure du temps d'établissement d'une communication <sup>a)</sup>**

Evénement de référence de la couche paquets X.134	PE de début	PE de fin
Section de circuit		
Section de circuit d'accès de l'ETTD appelant	2 (X.25)	3 (X.25)
Section de circuit d'accès de l'ETTD appelé	1 (X.25)	4 (X.25)
Section de circuit inter-réseaux	1 (X.75)	2 (X.75)

<sup>a)</sup> Les nombres PE dans ce tableau font référence aux tableaux 1/X.134 et 2/X.134.

## 2.2 Définition du temps d'établissement d'une communication entre deux limites de sections

Pour une communication particulière, on peut mesurer le temps d'établissement d'une communication à une limite  $B_i$ , puis on peut la mesurer à une autre limite  $B_j$  la plus éloignée de l'ETTD appelant. La différence entre les valeurs obtenues est la contribution au temps d'établissement d'une communication, de la (des) section(s) de la connexion virtuelle comprise entre les deux limites.

Temps d'établissement d'une communication entre deux limites de sections =  $\{d_1 - d_2\}$  dans lequel:

$d_1$  est le temps d'établissement d'une communication mesuré en  $B_i$ ,

$d_2$  est le temps d'établissement d'une communication mesuré en  $B_j$ .

Le **temps d'établissement d'une communication de bout en bout** est le temps d'établissement d'une communication entre les limites d'ETTD, par exemple, entre  $B_1$  et  $B_n$  à la figure 2/X.135. Ce temps de bout en bout ne comprend pas le temps de réponse de l'utilisateur demandé. Le **temps d'établissement d'une communication dans une partie nationale** est le temps d'établissement d'une communication entre les limites définissant une partie nationale, par exemple,  $B_1$  et  $B_5$  à la figure 2/X.135. Le **temps d'établissement d'une communication dans une partie internationale** est le temps d'établissement d'une communication entre les limites définissant une partie internationale, par exemple,  $B_5$  et  $B_{n-2}$  à la figure 2/X.135.

## 2.3 Valeurs

Le tableau 3/X.135 définit les valeurs de temps d'établissement d'une communication dans le cas le plus défavorable pour chacun des quatre types de partie de connexion virtuelle identifiés au tableau 1/X.135. Les temps d'établissement d'une communication ETTD à ETTD pour deux connexions fictives de référence sont calculés dans l'annexe C. Toutes ces valeurs reposent sur (et ne s'appliquent que selon) les hypothèses suivantes<sup>2)</sup>:

- 1) Conditions de charge normale pendant l'heure chargée de la connexion virtuelle observée. La définition de l'expression «charge normale pendant l'heure chargée» en tant que description du trafic fera l'objet d'études complémentaires.

<sup>2)</sup> Les valeurs correspondant à d'autres conditions feront l'objet d'études complémentaires. Dans le cas de lignes d'accès extrêmement longues et/ou de délais excessifs au niveau de l'équipement de transmission de la section de circuit d'accès, ces valeurs pourront être dépassées.

- 2) Communication de base dans laquelle on n'utilisera aucun des services complémentaires offerts aux usagers définis dans la Recommandation X.25 et dans laquelle il ne sera pas envoyé de données d'appel de l'utilisateur.
- 3) Les fenêtres de la couche liaison de données, d'entités extérieures à la partie présentement spécifiée sont ouvertes (pas de contrôle de flux).

Les valeurs définies comprennent la valeur moyenne et la valeur de probabilité à 95%. La valeur moyenne est la valeur attendue de la répartition des temps d'établissement d'une communication. La valeur de probabilité à 95% est la valeur au-dessous de laquelle sont situées 95% des valeurs des temps d'établissement d'une communication. Les tentatives d'établissement d'une communication qui n'ont pas abouti conformément aux conditions énoncées dans la Recommandation X.136 ne sont pas retenues et sont abordées séparément dans cette dernière Recommandation.

TABLEAU 3/X.135

**Temps d'établissement d'une communication dans le cas le plus défavorable pour les parties de connexion virtuelle**

Statistiques	Type de partie de connexion virtuelle			
	Nationale		Internationale	
	A	B	A	B
moyenne (ms)	1000 + X	1600 + X	250	1600
95% (ms)	1500 + X	2100 + X	250	1800

Au tableau 3/X.135, la valeur de  $X$  dépendra du débit binaire dans la section du circuit d'accès comprise dans la partie nationale. Le tableau 4/X.135 donne les valeurs de  $X$  pour les catégories d'usagers du service 8 à 11, d'après la Recommandation X.1<sup>3)</sup>. Pour d'autres débits binaires, la valeur de  $X$  pourra être calculée à l'aide de la formule:

$$X = 400 / R \text{ ms,}$$

où  $R$  est le débit binaire, exprimé en kilobits par seconde (kbit/s)<sup>4)</sup>.

<sup>3)</sup> Ces valeurs attribuées à  $X$  ne représentent pas la performance de la section de circuit d'accès en matière de délai, puisqu'elles n'incluent ni le temps de propagation, ni le temps de multiplexage, ni les effets de retransmission.

<sup>4)</sup> La formule résulte de l'hypothèse selon laquelle le transfert de chaque paquet d'établissement d'une communication à travers une section de circuit d'accès comprend la transmission de 25 octets: 5 octets dus au niveau trame, 5 octets d'en-tête de paquet et 15 octets d'information d'adresse de l'ETTD.

TABLEAU 4/X.135

Valeurs de X pour le tableau 3/X.135

Catégorie du service d'utilisateurs X.1	R (kbit/s)	X (Millièmes de secondes)
8	2,4	167
9	4,8	84
10	9,6	42
11	48,0	9

Les valeurs de temps d'établissement d'une communication définies au tableau 3/X.135 sont destinées à servir de limites dans le cas d'utilisation le plus défavorable lors de la planification des services internationaux à commutation par paquets. La performance de temps effective obtenue dans une partie de connexion virtuelle dépend de nombreux facteurs y compris le trafic attendu et le trafic réellement offert, la topologie interne du réseau ainsi que les débits binaires dans les sections de circuit inter-réseaux. Une variation s'écartant de la valeur correspondant au cas le plus défavorable pour chaque facteur peut améliorer la performance.

On peut calculer directement le temps total d'établissement d'une communication pour un ensemble de parties de connexion virtuelle en chaîne à condition d'ajouter les valeurs moyennes correspondant aux parties individuelles définies au tableau 3/X.135. La méthode permettant de calculer une valeur de temps total d'établissement d'une communication correspondant à la valeur de probabilité à 95% pour un ensemble de parties de connexion virtuelle en chaîne à partir des valeurs individuelles de probabilité à 95%, est décrite dans l'annexe C.

### 3 Temps de transfert des paquets de données

Ce temps se rapporte au transfert des paquets de données ayant abouti et s'applique aux capacités de réseaux à commutation par paquets correspondant aussi bien aux communications virtuelles qu'aux circuits virtuels permanents. Il est défini uniquement entre des couples de limites de sections.

#### 3.1 Définition du temps de transfert des paquets de données

Le temps de transfert de paquets de données est l'intervalle de temps qui débute lorsqu'un paquet de données crée un PE à une limite particulière,  $B_i$ , et qui se termine lorsque ce même paquet crée un dernier PE à une autre limite  $B_j$ . Les PE X.134 spécifiques utilisés dans la mesure du temps de transfert des paquets de données à chaque limite de partie sont identifiés au tableau 5/X.135.

Temps de transfert des paquets de données =  $\{t_2 - t_1\}$  dans lequel:

$t_1$  est le temps d'apparition du premier PE,

$t_2$  est le temps d'apparition du second PE.

TABLEAU 5/X.135

**Événements de référence de la couche paquets (PE) utilisés dans la mesure du temps de transfert des paquets de données**

Événement de référence de la couche paquets X.134	PE de début/PE de fin
Section de circuit	
Section de circuit d'accès d'origine	10a (X.25)
Section de circuit d'accès de destination	9a (X.25)
Section de circuit inter-réseaux	5a (X.75)

Le **temps de transfert des paquets de données de bout en bout** est le temps relevé dans un seul sens entre les limites de l'ETTD, par exemple,  $B_1$  et  $B_n$  à la figure 2/X.135. Le **temps de transfert des paquets de données dans une partie nationale** est le temps entre les limites définissant une partie nationale, par exemple,  $B_1$  et  $B_5$  à la figure 2/X.135. Le **temps de transfert des paquets de données dans la partie internationale** est le temps entre les limites définissant une partie internationale, par exemple,  $B_5$  et  $B_{n-2}$  à la figure 2/X.135.

### 3.2 Valeurs

Le tableau 6/X.135 définit les temps de transfert des paquets de données dans le cas le plus défavorable pour chacun des quatre types de partie de connexion virtuelle identifiés au tableau 1/X.135. Les temps de transfert des paquets de données d'ETTD à ETTD pour deux connexions fictives de référence sont calculés dans l'annexe C. Toutes ces valeurs reposent sur (et ne s'appliquent que selon) les hypothèses suivantes<sup>5)</sup>:

- 1) conditions de charge normale pendant l'heure chargée de la connexion virtuelle observée. La définition de l'expression «charge normale pendant l'heure chargée» en tant que description du trafic fera l'objet d'études complémentaires;
- 2) longueur d'un champ de données d'utilisateur: 128 octets;
- 3) les fenêtres de la couche liaison de données et de la couche paquets côté ETTD de réception, de la partie présentement spécifiée, sont ouvertes.

Les valeurs définies comprennent la valeur moyenne et la valeur de probabilité à 95%. La valeur moyenne est la valeur attendue de la répartition des temps de transfert des paquets de données, en excluant les valeurs qui dépassent un temps de transfert maximal spécifié des paquets de données. La valeur de probabilité à 95% est la valeur au-dessous de laquelle sont situées 95% des valeurs de temps de transfert des paquets de données. Les tentatives de transfert des paquets de données qui n'ont pas abouti conformément aux conditions énoncées dans la Recommandation X.136 ne sont pas retenues et sont abordées séparément dans cette dernière Recommandation.

<sup>5)</sup> Les valeurs correspondant à d'autres conditions feront l'objet d'études complémentaires. Dans le cas de lignes d'accès extrêmement longues et/ou de délais excessifs au niveau de l'équipement de transmission de la section de circuit, ces valeurs pourront être dépassées.

TABLEAU 6/X.135

**Temps de transfert des paquets de données dans le cas le plus défavorable pour les parties de connexion virtuelle**

Statistiques	Type de partie de connexion virtuelle			
	Nationale		Internationale	
	A	B	A	B
moyenne (ms)	350 + Y	650 + Y	215	950
95% (ms)	525 + Y	825 + Y	215	1125

Au tableau 6/X.135, la valeur de Y dépendra du débit binaire dans la section du circuit d'accès comprise dans la partie nationale. Le tableau 7/X.135 donne les valeurs de Y pour les catégories d'utilisateurs du service 8 à 11, d'après la Recommandation X.1<sup>6)</sup>. Pour d'autres débits binaires, la valeur de Y pourra être calculée à l'aide de la formule:

$$Y = 1088 / R \text{ ms,}$$

où R est le débit binaire, exprimé en kilobits par seconde (kbit/s)<sup>7)</sup>.

TABLEAU 7/X.135

**Valeurs de Y pour le tableau 6/X.135**

Catégorie du service d'utilisateurs X.1	R (kbit/s)	X (Millièmes de secondes)
8	2,4	453
9	4,8	227
10	9,6	113
11	48,0	23

<sup>6)</sup> Ces valeurs attribuées à Y ne représentent pas la performance de la section du circuit d'accès en matière de délai, puisqu'elles n'incluent ni le temps de propagation, ni le temps de multiplexage, ni les effets de retransmission.

<sup>7)</sup> La formule résulte de l'hypothèse selon laquelle le transfert de paquets de données à travers une section de circuit d'accès comprend la transmission de 136 octets: 5 octets dus au niveau trame, 3 octets d'en-tête de paquet et 128 octets de données d'utilisateur.

Les valeurs de temps de transfert des paquets de données définies au tableau 6/X.135 sont destinées à servir de limites dans le cas d'utilisation le plus défavorable lors de la planification des services internationaux à commutation par paquets. La performance de temps effective obtenue dans une partie de connexion virtuelle dépend de nombreux facteurs y compris le trafic attendu et le trafic réellement offert, la topologie interne du réseau ainsi que les débits binaires dans les sections de circuit inter-réseaux. Une variation s'écartant de la valeur correspondant au cas le plus défavorable pour chaque facteur peut améliorer la performance.

On peut calculer directement l'objectif de temps de transfert des paquets de données correspondant à la valeur moyenne pour un ensemble de parties de connexion virtuelle en chaîne à condition d'ajouter les valeurs moyennes correspondant aux parties individuelles définies au tableau 6/X.135. La méthode de calcul d'un objectif de temps total de transfert des paquets de données correspondant à la valeur de probabilité à 95% pour un ensemble de parties de connexion virtuelle en chaîne à partir des valeurs individuelles de probabilité à 95%, est décrite dans l'annexe C.

## 4 Paramètres de débit

Trois paramètres de débit sont définis dans la présente section: débit, débit en régime permanent et capacité de débit. Les valeurs sont données pour la capacité de débit.

### 4.1 Définition du débit

Un débit pour une section de connexion virtuelle est le nombre de bits de données d'utilisateur transférés avec succès dans un seul sens à travers cette section par unités de temps<sup>8)</sup>. Un transfert ayant abouti (bits transférés avec succès) signifie qu'aucun bit de données d'utilisateur n'a été perdu, ajouté ou inversé au cours du transfert.

Supposons:

- 1) que le paquet de données  $A_0$  est le dernier paquet d'une séquence complète de paquets traversant la limite d'entrée  $B_i$ ;
- 2) que, par la suite,  $k$  paquets séquentiels de données ( $A_1, A_2, \dots, A_k$ ) formant la séquence complète de paquets traversent la limite d'entrée  $B_i$  suivant immédiatement  $A_0$ ;
- 3) que le paquet de données  $\hat{A}_0$  est le dernier paquet de la première séquence complète de paquets lorsqu'il traverse la limite de sortie  $B_j$ ;
- 4) que les paquets  $\hat{A}_1, \hat{A}_2, \dots, \hat{A}_m$  constituent la deuxième séquence complète de paquets lorsqu'ils traversent la limite de sortie  $B_j$ .

Les PE X.134 utilisés dans la mesure du débit sont les mêmes que ceux qui sont utilisés dans la mesure du temps de transfert des paquets de données tels qu'ils sont identifiés au tableau 5/X.135.

Où:

- $t_1$  est le temps d'apparition du PE créé par  $A_0$  en  $B_i$ ,
- $t_2$  est le temps d'apparition du PE créé par  $A_k$  en  $B_i$ ,
- $t_3$  est le temps d'apparition du PE créé par  $\hat{A}_0$  en  $B_j$ ,
- $t_4$  est le temps d'apparition du PE créé par  $\hat{A}_m$  en  $B_j$ ,
- $f(A_r)$  est le nombre de bits de données d'utilisateur dans le paquet  $A_r$ .

Une mesure de débit  $k$  est donc définie comme suit:

$$\text{Mesure de débit} = \frac{\sum_{r=1}^k f(A_r)}{\text{MAX} [(t_2 - t_1), (t_4 - t_3)]}$$

La Recommandation X.136 définit les conditions dans lesquelles un transfert de paquets de données consécutifs est considéré comme infructueux. Seules les mesures de débit ayant abouti sont comprises dans l'évaluation de la performance de débit.

<sup>8)</sup> Les bits de données d'utilisateur sont les bits du champ de données de l'utilisateur dans les paquets de données de la couche paquets des Recommandations X.25 ou X.75 (protocole et données supérieurs à la couche paquets). Sont exclus le verrouillage de trame, le remplissage de bits, la protection contre les erreurs et les autres domaines de protocole introduits par tous les protocoles à un niveau égal ou inférieur à la couche paquets.

#### 4.2 Définition du débit en régime permanent

Le débit en régime permanent pour une connexion virtuelle est la valeur à laquelle des mesures de débit convergent quand la longueur du temps d'observation augmente, la charge étant statistiquement constante dans la connexion virtuelle. En supposant un transfert ayant abouti, le débit en régime permanent est le même lorsqu'il est mesuré à chaque couple de limites de sections de la connexion virtuelle. Ainsi, en admettant qu'il n'y ait pas de bits de données d'utilisateur perdus, ajustés ou inversés dans le transfert, une mesure du débit en régime permanent peut être effectuée à n'importe quelle limite de partie au sein d'une connexion virtuelle:

$$\text{Mesure du débit en régime permanent} = \frac{\sum_{r=1}^k f(A_r)}{(t_2 - t_1)}$$

expression dans laquelle  $t_1$ ,  $t_2$  et  $f(A_r)$  sont définis ci-dessus<sup>9)</sup>.

Comme variante on peut utiliser l'équation ci-dessus pour calculer le débit en régime permanent en définissant différemment  $t_1$  et  $t_2$ . On peut choisir d'avance les temps  $t_1$  et  $t_2$ . Dans ce cas, soit  $(A_1, A_2, \dots, A_k)$  l'ensemble de tous les paquets de données de connexion virtuelle traversant la limite  $B$  (qui crée des PE dans un seul sens) au temps  $t_1$  ou après ce temps mais avant  $t_2$ . Dans ces conditions, l'équation ci-dessus mesure toujours le débit en régime permanent.

#### 4.3 Définition de la capacité de débit

Soit  $B_i$  et  $B_j$  deux limites de connexion virtuelle. Supposons qu'il faille évaluer le débit en régime permanent avec les paquets de données s'écoulant de  $B_i$  vers  $B_j$ . Supposons que la charge  $L$  soit statistiquement constante sur la section de la connexion virtuelle comprise entre  $B_i$  et  $B_j$ . Dans ce cas, la capacité de débit de cette section supportant une charge égale à  $L$ , est définie comme le débit en régime permanent porté à son maximum lorsqu'on considère toutes les combinaisons offertes des dispositions et des choix de paramètres de la connexion virtuelle relatifs à la performance et à la charge à l'extérieur de  $B_i$  et  $B_j$ . La mesure de la capacité de débit d'une partie comprise entre les limites  $B_i$  et  $B_j$  s'effectue de la même façon que la mesure de débit en régime permanent. Cependant, pour la mesure de la capacité de débit, il faut que les éléments situés hors de  $B_i$  et  $B_j$  aient des capacités de débit notablement plus élevées sous leurs charges respectives que la capacité de débit en cours de mesure.

Pour la charge statistiquement donnée,  $L$ , entre  $B_i$  et  $B_j$  et pour un ensemble donné de dispositions d'essais, tout débit en régime permanent mesuré constitue une limite inférieure de la capacité de débit. Afin d'améliorer l'évaluation, on peut répéter les essais avec des dispositions d'essais différentes à l'extérieur de  $B_i - B_j$  (voir l'annexe B).

La capacité de débit de bout en bout est la capacité de débit entre les limites d'ETTD, par exemple, entre  $B_1$  et  $B_n$  à la figure 2/X.135. La capacité de débit dans une partie nationale est la capacité de débit entre les limites définissant une partie nationale, par exemple,  $B_1$  et  $B_5$  à la figure 2/X.135. La capacité de débit dans une partie internationale est la capacité de débit entre les limites définissant une partie internationale, par exemple,  $B_5$  et  $B_{n-2}$  à la figure 2/X.135.

#### 4.4 Valeurs

Le tableau 8/X.135 définit les capacités de débit dans le cas le plus défavorable pour chacun des quatre types de connexion virtuelle identifiés au tableau 1/X.135. Les capacités de débit d'ETTD à ETTD pour deux connexions fictives de référence sont calculées dans l'annexe C. Toutes ces valeurs reposent sur (et ne s'appliquent que selon) les hypothèses suivantes<sup>10)</sup>:

- 1) conditions de charge normale pendant l'heure chargée de la connexion virtuelle observée. La définition de l'expression «charge normale pendant l'heure chargée» en tant que description du trafic fera l'objet d'études complémentaires; il n'y aura pas d'autre trafic sur les sections du circuit d'accès;
- 2) débits binaires de 9600 bit/s aux sections de circuit d'accès; la possibilité d'appliquer les valeurs spécifiées de capacité de débit à des débits binaires de sections de circuits inférieurs fera l'objet d'un complément d'étude;
- 3) longueur d'un champ de données d'utilisateur: 128 octets. Classe de débit demandée correspondant à 9600 bit/s (il convient de noter que la classe de débit qui s'appliquera finalement à l'appel peut être inférieure à la classe de débit demandée);

<sup>9)</sup> Des informations accessoires sur la mesure du débit en régime permanent sont données à l'annexe B.

<sup>10)</sup> Les valeurs correspondant à d'autres conditions feront l'objet d'études complémentaires.

- 4) taille 2 de fenêtre dans la couche paquets, et taille 7 de fenêtre dans la couche liaison de données dans les sections de circuit d'accès;
- 5) bit  $D$  non utilisé ( $D = 0$ );
- 6) valeurs applicables à chaque sens de transfert;
- 7) pas d'indisponibilité (au sens de la Recommandation X.137) au cours de la période d'observation;
- 8) pas de réinitialisation ou de déconnexions prématurées (au sens de la Recommandation X.136) au cours de la période d'observation;
- 9) tailles d'échantillon de capacité de débit de 200 paquets (dans le cas de la première méthode de mesure décrite au § 4.2) ou de durée de 2 minutes (dans le cas de la méthode de mesure proposée comme variante au § 4.2).

TABLEAU 8/X.135

**Capacités de débit dans le cas le plus défavorable pour les parties de connexion virtuelle**

Statistiques	Type de partie de connexion virtuelle			
	Nationale		Internationale	
	A	B	A	B
moyenne (bit/s)	3000	2400	2000	1800
95% (bit/s)	2400	2000	1800	1500

Les valeurs définies comprennent la valeur moyenne et la valeur de probabilité à 95%. La valeur moyenne est la valeur attendue de la répartition de la capacité de débit. La valeur de probabilité à 95% est la valeur au-dessous de laquelle sont situées 95% des valeurs fournies par les mesures de capacité.

Les valeurs de capacité de débit définies au tableau 8/X.135 sont destinées à servir de limites dans le cas d'utilisation le plus défavorable lors de la planification des services internationaux à commutation par paquets. La performance de capacité de débit effective obtenue dans une partie de connexion virtuelle dépend de nombreux facteurs, y compris le trafic attendu et le trafic réellement offert, la topologie interne du réseau et les débits binaires dans les sections de circuit inter-réseaux. Une variation s'écartant de la valeur correspondant au cas le plus défavorable pour chaque facteur peut améliorer la performance. Les valeurs de capacité de débit définies au tableau ci-dessus ne seront pas nécessairement atteintes concurremment avec les valeurs de temps définies au tableau 6/X.135.

Pour déterminer une limite supérieure de la capacité de débit d'un ensemble de parties de connexion virtuelle en chaîne à partir des capacités de débit d'une portion individuelle, on peut procéder comme suit: si une partie comprise entre les limites  $B_i$  et  $B_j$  présente la capacité de débit  $T_1$  sous la charge  $L_1$  et si une partie comprise entre les limites  $B_k$  et  $B_m$  présente la capacité de débit  $T_2$  sous la charge  $L_2$ , et si ces parties font partie d'une chaîne telle que  $B_j = B_k$  avec  $L_1$  et  $L_2$  inchangés, alors la partie résultante présente la capacité de débit suivante:

$$T \leq \text{MIN} [T_1, T_2].$$

On trouvera dans l'annexe C des informations complémentaires sur la manière d'évaluer la capacité de débit d'un ensemble de parties de connexion virtuelle en chaîne.

## 5 Temps d'indication de libération

Le temps d'indication de libération s'applique uniquement aux possibilités de communication virtuelle de réseaux à commutation par paquets. Il n'est défini qu'entre un couple de limites de sections.

### 5.1 Définition du temps d'indication de libération

Le temps d'indication de libération est l'intervalle de temps qui débute lorsqu'un paquet de demande de libération ou un paquet d'indication de libération crée un PE à une limite particulière  $B_i$  et qui se termine lorsque le paquet correspondant de demande de libération ou d'indication de libération crée un dernier PE à une autre limite,  $B_j$ . Les PE X.134 spécifiques utilisés dans la mesure du temps d'indication de libération à chaque limite de partie sont identifiés au tableau 9/X.135.

Temps d'indication de libération =  $\{t_2 - t_1\}$  dans lequel:

$t_1$  est le temps d'apparition du premier PE,

$t_2$  est le temps d'apparition du second PE.

TABLEAU 9/X.135

**Événements de référence de la couche paquets (PE)  
utilisés dans la mesure du temps d'indication de libération**

Événement de référence de la couche paquets X.134	PE de début/PE de fin
Section de circuit	
Section de circuit d'accès de l'ETTD de libération	6 (X.25)
Section de circuit d'accès de l'ETTD libéré	5 (X.25)
Section de circuit inter-réseaux	3 (X.75)

Le **temps d'indication de libération de bout en bout** est le temps relevé dans un seul sens entre les limites de l'ETTD, par exemple,  $B_1$  et  $B_n$  à la figure 2/X.135. Le **temps d'indication de libération dans une partie nationale** est le temps entre les limites définissant une partie nationale, par exemple,  $B_1$  et  $B_5$  à la figure 2/X.135. Le **temps d'indication de libération dans une partie internationale** est le temps entre les limites définissant une partie internationale, par exemple,  $B_5$  et  $B_{n-2}$  à la figure 2/X.135.

### 5.2 Valeurs

Le tableau 10/X.135 définit les valeurs de temps d'indication de libération dans le cas le plus défavorable pour chacun des quatre types de partie de connexion virtuelle identifiés au tableau 1/X.135. Les temps d'indication de libération d'ETTD à ETTD pour deux connexions fictives de référence sont calculés dans l'annexe C. Toutes ces valeurs reposent sur (et ne s'appliquent que selon) les hypothèses suivantes<sup>11)</sup>:

- 1) conditions de charge normale pendant l'heure chargée de la connexion virtuelle observée. La définition de l'expression «charge normale pendant l'heure chargée» en tant que description du trafic fera l'objet d'études complémentaires;
- 2) les fenêtres de la couche liaison de données côté ETTD libéré, de la partie présentement spécifiée, sont ouvertes;
- 3) le format étendu du paquet de demande de libération n'est pas utilisé.

<sup>11)</sup> Les valeurs correspondant à d'autres conditions feront l'objet d'études complémentaires. Dans le cas de lignes d'accès extrêmement longues et/ou de délais excessifs au niveau de l'équipement de transmission de la section de circuit d'accès, ces valeurs pourront être dépassées.

TABLEAU 10/X.135

**Valeurs de temps d'indication de libération dans le cas  
le plus défavorable pour les parties de connexion virtuelle**

Statistiques	Type de partie de connexion virtuelle			
	Nationale		Internationale	
	A	B	A	B
moyenne (ms)	500 + Z	800 + Z	110	800
95% (ms)	750 + Z	1050 + Z	110	900

Les valeurs définies comprennent la valeur moyenne et la valeur de probabilité à 95%. La valeur moyenne est la valeur attendue de la répartition des temps d'indication de libération, en excluant les valeurs qui dépassent un temps d'indication de libération maximal spécifié. La valeur de probabilité à 95% est la valeur au-dessous de laquelle sont situées 95% des valeurs de temps d'indication de libération. Les tentatives de libération de communication qui n'ont pas abouti ne sont pas retenues et sont abordées séparément dans la Recommandation X.136.

Au tableau 10/X.135, la valeur de Z dépendra du débit binaire dans la section du circuit d'accès comprise dans la partie nationale. Le tableau 11/X.135 donne les valeurs de Z pour les catégories d'utilisateurs du service 8 à 11, d'après la Recommandation X.1<sup>12)</sup>.

Pour d'autres débits binaires, la valeur de Z pourra être calculée à l'aide de la formule:

$$Z = 80 / R \text{ ms,}$$

où  $R$  est le débit binaire, exprimé en kilobits par seconde (kbit/s)<sup>13)</sup>.

<sup>12)</sup> Ces valeurs attribuées à Z ne représentent pas la performance de la section du circuit d'accès en matière de délai, puisqu'elles n'incluent ni le temps de propagation, ni le temps de multiplexage, ni les effets de la retransmission.

<sup>13)</sup> La formule résulte de l'hypothèse selon laquelle le transfert de chaque paquet de libération de communication à travers une section de circuit d'accès comprend la transmission de 10 octets: 5 octets dus au niveau trame et 5 octets d'information d'en-tête de paquet.

TABLEAU 11/X.135

Valeurs de Z pour le tableau 10/X.135

Catégorie du service d'utilisateurs X.1	R (kbit/s)	Z (Millièmes de secondes)
8	2,4	34
9	4,8	17
10	9,6	9
11	48,0	2

Les valeurs de temps d'indication de libération définies au tableau 10/X.135 sont destinées à servir de limites dans le cas d'utilisation le plus défavorable lors de la planification des services internationaux à commutation par paquets. La performance de temps effective obtenue dans une partie de connexion virtuelle dépend de nombreux facteurs, y compris le trafic attendu et le trafic réellement offert, la topologie interne du réseau ainsi que les débits binaires dans les sections de circuit inter-réseaux. Une variation s'écartant de la valeur correspondant au cas le plus défavorable pour chaque facteur peut améliorer la performance.

On peut calculer directement l'objectif de temps total d'indication de libération correspondant à la valeur moyenne pour un ensemble de parties de connexion virtuelle en chaîne à condition d'ajouter les valeurs moyennes correspondant aux parties individuelles définies au tableau 10/X.135. La méthode de calcul d'un objectif de temps total d'indication de libération correspondant à la valeur de probabilité à 95% pour un ensemble de parties de connexion virtuelle en chaîne à partir des valeurs individuelles de probabilité à 95%, est décrite dans l'annexe C.

## ANNEXE A

(à la Recommandation X.135)

**Facteurs à spécifier dans le rapport  
sur les performances de débit**

De nombreux facteurs influent sur la capacité de débit qu'on peut obtenir dans une section de connexion virtuelle.

A.1 *Débits binaires*

Le choix de débits binaires dans les sections de circuit limite le débit. En général, des débits binaires importants améliorent le débit.

A.2 *Fenêtres d'interface*

Le choix d'une taille de fenêtre a une incidence sur le débit. En général, une grande taille de fenêtre améliore le débit. Pour le débit maximal, chaque taille de fenêtre qui peut dépendre de l'utilisateur devrait être optimisée en fonction des temps et des débits de retransmission.

A.3 *Longueur de paquet*

Le choix de la longueur de paquet se répercute sur le débit. En général, l'utilisation de paquets longs améliore le débit. Pour le débit maximal, les longueurs des paquets devraient être optimisées en fonction des possibilités d'erreurs connues des liaisons d'accès.

#### A.4 *Connexions virtuelles supplémentaires*

Le débit d'une connexion virtuelle en essai dépend du nombre de connexions virtuelles supplémentaires et de la charge dans chaque sens sur chaque connexion. Le débit par connexion virtuelle décroît lorsque le nombre de connexions virtuelles supplémentaires ou que la charge sur chaque connexion individuelle croît. Quand on fixe la capacité de débit d'une partie de connexion virtuelle, le nombre de connexions virtuelles actives supplémentaires sur les sections de circuit d'accès devrait être spécifié. On devra également rendre compte du débit total dans chaque sens sur ces connexions virtuelles. Par exemple:

«La capacité de débit d'une connexion virtuelle sur cette partie internationale est au moins égale à 1,2 kbit/s. Il peut y avoir au maximum 4 connexions virtuelles supplémentaires dans le même sens, entre les deux mêmes limites de partie et ayant le même débit.»

#### A.5 *Heure du jour*

Lorsqu'on mesure le débit, on suppose que les charges sur les nombreux éléments de connexion ne peuvent être ni réglées, ni observées par l'utilisateur. Néanmoins, on suppose qu'il y a une relation avec l'heure du jour, le jour de la semaine ainsi qu'avec les jours fériés. Ainsi, les usagers peuvent améliorer leur débit en émettant au cours de périodes de temps particulières.

#### A.6 *Sens*

Si le sens dans lequel les mesures sont effectuées influe sur la capacité de débit, il conviendrait de spécifier dans quel sens on fixe la capacité de débit. Autrement, on supposera que les capacités sont égales dans les deux sens.

#### A.7 *Classe de débit*

Les fenêtres internes de réseau et les schémas d'accusé de réception peuvent être ou ne pas être fonction d'une classe de débit demandée ou par défaut, d'une connexion virtuelle. Pour le débit maximal et lorsqu'on mesure la capacité de débit, la classe de débit d'une connexion virtuelle devrait être fixée au maximum admis pour la section en cours de mesure. Etant donné que la classe de débit optimale est toujours la classe maximale admise, il n'y a pas besoin de spécifier explicitement la classe de débit dans un rapport sur la capacité de débit.

#### A.8 *Emploi du bit $D$*

Si le bit  $D$  est mis à 1 au cours de la mesure de débit, il conviendrait que ce fait soit spécifié. Autrement, il n'y a pas besoin de mentionner la valeur à laquelle est mis le bit  $D$ .

#### A.9 *Temps*

On indiquera le débit et le temps de transfert des paquets de données. Si le débit est spécifié associé à une limitation de temps, ce temps devrait alors être mentionné.

#### A.10 *Rapport sur la capacité de débit*

Les rapports sur la capacité de débit devraient spécifier les valeurs des facteurs dont on peut assurer le réglage, qui existent en fait au cours de la mesure de la capacité de débit. Tous les facteurs énumérés dans cette annexe devraient être rapportés à moins qu'il n'en soit spécifié autrement. Un rapport type pourrait spécifier les conditions comme indiqué:

«Pour la présente connexion, la capacité de débit du réseau est au moins de 4,1 kbit/s. La capacité a été mesurée avec deux sections de circuit d'accès à 9,6 kbit/s, une taille 7 de fenêtre dans la couche liaisons de données, une taille 2 de fenêtre dans la couche paquets et des champs de données d'utilisateur de 128 octets. Il n'y a pas eu de connexion virtuelle supplémentaire sur aucune des sections du circuit d'accès. La capacité de débit a été mesurée pendant l'heure la plus chargée de la semaine. Le temps moyen de transfert des paquets de données au cours de la période de mesure a été de 500 ms. La précision de la mesure de la capacité de débit est de plus ou moins 0,1 kbit/s.»

Avec de telles déclarations, la capacité de débit est plus facilement vérifiée et s'accorde plus facilement aux besoins en débit des usagers potentiels.

## ANNEXE B

(à la Recommandation X.135)

### **Informations complémentaires sur la mesure du débit et application des valeurs de capacité de débit**

Les points ci-après seront à considérer à propos de la mesure du débit:

- Une mesure de débit en régime permanent exige que l'on effectue la mesure sur un nombre de paquets  $k = 200$ . Une variante consiste à spécifier une valeur pour la durée de la mesure ( $t_2 - t_1$ ) de l'ordre de 2 minutes.
- Lorsqu'on mesure un débit en régime permanent, il n'est pas nécessaire que les paquets de données allant de  $A_1$  et  $A_k$  constituent une séquence de paquets unique complète.
- Un moyen de vérifier qu'un transfert de la séquence en essai a abouti dans une mesure de débit en régime permanent consiste à transférer une autre séquence de paquets complète.
- Les mesures du débit indiqué ne devraient pas être effectuées avec des séquences de données d'utilisateur ayant une densité élevée d'éléments binaires «UN» afin d'éviter que les résultats ne soient influencés par les effets de remplissage de bits.

Une manière d'appliquer le paramètre de capacité de débit est indiquée ci-dessous. La capacité de débit sert ici à désigner une section de circuit international,

où:

$m$  est le débit moyen par appel (pendant la durée de l'appel),

$n$  est le nombre total d'appels en cours à un moment quelconque,

$p$  est le nombre de ces appels exigeant la capacité de débit à un instant quelconque,

$b$  est le débit binaire de la section de circuit inter-réseaux international, et

$T$  est l'objectif de capacité de débit par appel.

Dans ces conditions, le débit binaire  $b$  sera:

$$b \geq (m * n) + p(T - m)$$

Les valeurs attribuées de fait, à  $m$ ,  $n$  et  $p$  peuvent dépendre du réseau et refléter surtout les différentes vitesses sur la ligne d'accès de même que les caractéristiques du trafic. On recommande, par conséquent, de choisir pour  $b$  une valeur nettement supérieure à celle de  $(m * n)$ . Le nombre de voies logiques attribuées aux liaisons inter-réseaux internationales dépendra de la relation entre les valeurs  $b$  et  $m$ .

## ANNEXE C

(à la Recommandation X.135)

### **Evaluation de la performance en matière de rapidité de service de bout en bout**

Cette annexe contient deux exemples qui montrent comment la performance en matière de rapidité de service de bout en bout (ETTD à ETTD) peut être évaluée à partir des performances individuelles de tronçons de connexion virtuelle spécifiés dans la Recommandation X.135. Deux exemples de concaténation de parties de connexion virtuelle de type A et de type B sont définis. Le temps d'établissement de communication, le temps de transfert des paquets de données, la capacité de débit et le temps d'indication de libération sont calculés de bout en bout pour chaque exemple. Bien que d'autres modèles de réseau et d'autres hypothèses statistiques soient possibles, les méthodes présentées dans cette annexe constituent un moyen pratique d'évaluer la performance de bout en bout à partir de la performance des parties individuelles du réseau.

#### C.1 *Définition des exemples de connexions de bout en bout*

Les deux exemples de connexions de bout en bout (c'est-à-dire d'ETTD à ETTD) présentés dans cette annexe seront appelés, pour des raisons de commodité, configuration du «type 1» et configuration du «type 2». Ces

configurations théoriques, mais significatives, utilisent les limites de répartition et les événements de référence de la couche paquets décrits dans la Recommandation X.134. La figure 2/X.135 montre les limites de répartition pertinentes et le tableau 1/X.135 définit les types de parties de connexion virtuelle.

La configuration du type 1 est définie comme suit:



La configuration du type 2 est définie comme suit:



## C.2 Performance en matière de rapidité de service pour les exemples de configuration du type 1 et du type 2

Les performances en matière de précision et de sécurité de fonctionnement de bout en bout ont été calculées pour les configurations des exemples de connexion du type 1 et du type 2 (voir les tableaux C-1/X.135 et C-2/X.135 ci-dessous). Dans ces calculs, on a appliqué les méthodes décrites ci-dessous aux diverses portions de réseau qui, pour faciliter la définition de ces exemples, sont caractérisées par des valeurs de précision et de sécurité de fonctionnement spécifiées dans la Recommandation X.135 pour le cas le plus défavorable.

Les performances de bout en bout du temps moyen d'établissement d'une communication, du temps de transfert des paquets et du temps d'indication de libération ont été calculées par simple addition des valeurs moyennes des temps associés aux parties individuelles de réseau concernées.

*Exemple* – Pour la configuration du type 1, on calcule le temps moyen d'établissement d'une communication de bout en bout (millièmes de secondes) en se référant au tableau 3/X.135 et en ajoutant les valeurs moyennes pour les types de parties nationales A et internationales A:

$$(1000 + X) + (250) + (1000 + X) = 2250 + 2 * X.$$

La performance de bout en bout au 95<sup>e</sup> percentile du temps d'établissement d'une communication, du temps de transfert des paquets et du temps d'indication de libération peut être déterminée à partir de l'hypothèse (voir le § C.3) selon laquelle la variance du temps de bout en bout est la somme des variances des temps des parties de réseau individuelles.

*Exemple* – Dans la configuration du type 1, on se réfère au tableau 3/X.135 et au § C.3, la valeur au 95<sup>e</sup> percentile du temps d'établissement d'une communication de bout en bout est, en millièmes de secondes:

$$(2250 + 2 * X) + [((1500 + X) - (1000 + X))^2 + ((250) - (250))^2 + ((1500 + X) - (1000 + X))^2]^{0,5} = 2957 + 2 * X$$

Les performances de bout en bout de la moyenne et du 95<sup>e</sup> percentile de la capacité de débit sont déterminées à partir de l'hypothèse selon laquelle:

- 1) le débit de bout en bout est, à tout instant, le minimum de celui de chacune des parties de réseau individuelles;
- 2) le débit d'une partie de réseau individuelle est une variable aléatoire indépendante et de distribution normale. Le § C.3 fournit des formules qui combinent les distributions de probabilité individuelles se chevauchant pour donner la distribution de la capacité de débit de bout en bout.

*Exemple* – Les valeurs calculées de la moyenne et du 95<sup>e</sup> percentile des capacités de débit de bout en bout pour les configurations du type 1 et du type 2 sont fournies comme exemples au § C.3.2.

TABLEAU C-1/X.135

**Performance de rapidité de service de bout en bout  
pour l'exemple de configuration du type 1**

Statistiques	Configuration du type 1	
	Moyenne	95 <sup>e</sup> percentile
Temps d'établissement de la communication (ms)	$2250 + 2 * X$	$2957 + 2 * X$
Temps de transfert des paquets de données (ms)	$915 + 2 * Y$	$1162 + 2 * Y$
Capacité de débit (bit/s)	1999	1800
Temps d'indication de libération (ms)	$1110 + 2 * Z$	$1464 + 2 * Z$

TABLEAU C-2/X.135

**Performance de rapidité de service de bout en bout  
pour l'exemple de configuration du type 2**

Statistiques	Configuration du type 2	
	Moyenne	95 <sup>e</sup> percentile
Temps d'établissement de la communication (ms)	$4200 + 2 * X$	$4935 + 2 * X$
Temps de transfert des paquets de données (ms)	$1950 + 2 * Y$	$2284 + 2 * Y$
Capacité de débit (bit/s)	1797	1500
Temps d'indication de libération (ms)	$2100 + 2 * Z$	$2467 + 2 * Z$

Les paramètres X, Y et Z sont fonction du débit binaire de la section du circuit d'accès incluse dans la partie nationale. Les définitions, les hypothèses pertinentes et les valeurs de X, Y et Z sont données dans les paragraphes appropriés de la Recommandation X.135. Comme indiqué au § 4.4 de la Recommandation X.135, on a adopté comme hypothèse un débit binaire de 9,6 kbit/s sur les sections de circuit d'accès pour déterminer les valeurs de performance de la capacité de débit dans le cas le plus défavorable.

C.3 *Méthodes de calcul de la moyenne et de la valeur au 95<sup>e</sup> percentile des temps et des débits des services à commutation par paquets comportant deux parties concaténées ou plus*

Ce paragraphe décrit deux méthodes servant à calculer les performances de rapidité de service de bout en bout à partir des valeurs de performance des parties de réseau individuelles.

C.3.1 *Temps*

On suppose que le service à commutation par paquets comporte  $n$  parties caractérisées par des temps  $d_1, d_2, \dots, d_n$ , variant de façon aléatoire avec des moyennes  $m_1, m_2, \dots, m_n$  et des points au 95<sup>e</sup> percentile  $z_1, z_2, \dots, z_n$ . Il s'ensuit que le temps total  $D = d_1 + d_2 + \dots + d_n$  a une distribution dont la moyenne est

$$M = m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

(sans hypothèse supplémentaire). De manière à obtenir le point au 95<sup>e</sup> percentile de  $D$ , on est parti de l'hypothèse que les temps  $d_i$  sont statistiquement indépendants et que  $z_i = m_i k \sigma_i$  avec le même  $k$  pour toutes les parties et où  $\sigma_i$  représente l'écart type de  $d_i$ . La même relation est également admise pour  $D$ , c'est-à-dire  $Z = M + k \sigma_D$ , où  $Z$  est le point au 95<sup>e</sup> percentile de  $D$ . Ces égalités sont vraies pour des distributions normales avec  $k = 1,645$ . Dans ce cas, la variance de  $D$  est la somme des variances de  $d_i$ . Il s'ensuit que le point au 95<sup>e</sup> percentile de  $D$  est donné par la relation:

$$Z = M + [(z_1 - m_1)^2 + (z_2 - m_2)^2 + \dots + (z_n - m_n)^2]^{1/2}.$$

L'hypothèse selon laquelle on a une distribution normale semble raisonnable mais d'autres hypothèses sont possibles et pourraient donner des résultats sensiblement différents.

C.3.2 *Débits*

On admet par hypothèse qu'un service à commutation par paquets comporte  $n$  sections avec des débits  $T_1, T_2, \dots, T_n$  variant de façon aléatoire et indépendante avec des moyennes  $M_1, M_2, \dots, M_n$  et des points à 5% (points que 95% des valeurs dépassent)  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ . Le débit net du service est supposé être  $V = \min(T_1, T_2, \dots, T_n)$ . La fonction de distribution cumulative (fdc) de  $T_i$  est la probabilité selon laquelle  $T_i$  est inférieure ou égale à une valeur quelconque appelée  $t$ , et elle est représentée par  $F_i(t)$ :

$$F_i(t) = \text{Prob}[T_i \leq t], i = 1, 2, \dots, n.$$

La fonction de densité de probabilité (fdp) de  $T_i$  est la dérivée de  $F_i(t)$  et elle est notée  $f_i(t) = dF_i/dt$ .

Pour calculer la moyenne, appelée  $M_{Vn}$  et le point à 5%,  $V_{0,05,n}$ , du débit net  $V$ , il ne suffit pas en général de tenir compte uniquement des parties  $M_i$  et  $Z_i$ ; il est nécessaire de combiner les distributions entières  $F_i(t)$  [ou  $f_i(t)$ ] pour obtenir la fdp de  $V$ , représentée par  $g_n(v)$ . Toutefois, dans le cas particulier important où la partie ayant le débit généralement le plus petit (la partie «la plus lente») est caractérisée par une distribution qui n'est pas du tout recouverte par celle des plus grands débits, la distribution de débit net est identique à celle de la partie la plus lente, ayant en particulier la même moyenne et le même point à 5%. La même conclusion peut être tirée si le recouvrement d'une quelconque autre distribution avec la distribution de la partie la plus lente est négligeable. Dans d'autres exemples, on s'attachera à démontrer dans quelle mesure le recouvrement peut être considéré comme négligeable.

Examinons maintenant le cas des distributions générales, tout d'abord pour  $n = 2$ . L'intégration de  $(T_1, T_2)$  dans les 2 dimensions montre que la fdp de  $V$  est donnée par:

$$g_2(v) = f_1(v) [1 - F_2(v)] + f_2(v) [1 - F_1(v)] \tag{C-1}$$

Le débit net moyen du service est alors:

$$M_{V2} = \int_0^{\infty} v g_2(v) dv, \tag{C-2}$$

et le point 5% a la valeur  $V_{0,05,2}$  de sorte que:

$$\int_0^{V_{0,05,2}} g_2(v) dv = 0,05. \tag{C-3}$$

Si  $f_1(t) = f_2(t)$ , on a:

$$g_2(v) = 2f_1(v) [1 - F_1(v)]. \quad (\text{C-4})$$

On part maintenant de l'hypothèse que les distributions de débit des parties de circuit sont normales et qu'elles sont suffisamment concentrées de sorte que la queue de la distribution normale adoptée est négligeable à gauche de zéro (comme cela est le cas pour toutes les valeurs numériques données dans la Recommandation X.135). L'hypothèse est exprimée en termes de fonction normale type fdp  $\varphi(u)$  et fdc  $\Phi(x)$ :

$$\varphi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2}, \quad \Phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(u) du. \quad (\text{C-5})$$

Dans ces conditions,

$$f_i(t) = \frac{1}{\sigma_i} \varphi\left(\frac{t - M_i}{\sigma_i}\right), \quad F_i(t) = \int_{-\infty}^t f_i(y) dy \quad (\text{C-6})$$

où l'écart type est  $\sigma_i = (M_i - Z_i)/1,64485$ . Dans le cas où  $f_1(t) = f_2(t)$ , alors

$$g_2(v) = \frac{2}{\sigma_1} \varphi\left(\frac{v - M_1}{\sigma_1}\right) \left[1 - \Phi\left(\frac{v - M_1}{\sigma_1}\right)\right]. \quad (\text{C-7})$$

Le cas  $n = 3$  est maintenant examiné. La fdp  $g_3(v)$  de  $V_3 = \min(T_1, T_2, T_3)$  peut être obtenue par itération sur la distribution de  $V_2 = \min(T_1, T_2)$  puisque  $V_3 = \min(V_2, T_3)$ . De là:

$$g_3(v) = g_2(v) [1 - F_3(v)] f_3(v) [1 - G_2(v)] \quad (\text{C-8})$$

où  $g_2(v)$  est donné par (C-7) et  $G_2(v)$  est son intégrale indéterminée,

$$G_2(v) = \int_0^v g_2(x) dx. \quad (\text{C-9})$$

Si les trois fdp  $f_i(t)$  sont identiques, alors  $g_3(v)$  se simplifie en:

$$g_3(v) = 3f_1(v) [1 - F_1(v)]^2. \quad (\text{C-10})$$

Si on part de l'hypothèse de distributions normales identiques, de (C-5), (C-6), et (C-10), il s'ensuit que:

$$\begin{aligned} M_{V_3} &= \int_0^{\infty} v g_3(v) dv \\ &= M_1 + 3\sigma_1 \int_{-\infty}^{\infty} u \varphi(u) [1 - \Phi(u)]^2 du \\ &= M_1 - 3\sigma_1 \int_0^{\infty} u \varphi(u) [2\Phi(u) - 1] du \\ &= M_1 - \sigma_1 K_3, \end{aligned} \quad (\text{C-11})$$

où  $K_3 = 0,8463$  selon Teichroew (1956). De la même manière

$$V_{0,05,3} = M_1 + \sigma_1 U_{0,05,3}, \quad (\text{C-12})$$

où

$$3 \int_{-\infty}^{U_{0,05,3}} \varphi(u) [1 - \Phi(u)]^2 du = 0,05. \quad (\text{C-13})$$

Par intégration

$$\Phi(-U_{0,05,3}) = 1 - 0,095^{1/3} = 0,016952. \quad (\text{C-14})$$

Par conséquent, à partir de n'importe quelle table de distribution normale cumulative, on obtient  $U_{0,05,3} = 2,121$ .

*Exemple 1* – Calculer la moyenne et la valeur des débits nets au 95<sup>e</sup> percentile en supposant que l'on dispose de trois distributions de parties normales identiques pour lesquelles  $M_1 = M_2 = M_3 = 2000$  bit/s et  $Z_1 = Z_2 = Z_3 = 1800$  bit/s. Alors,  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 2000/1,645 = 121,6$  bit/s. A partir de (C-11):

$$M_{V3} = 2000 - 121,6 \times 0,8463 = 1897 \text{ bit/s.}$$

A partir de (C-12) et (C-14)

$$V_{0,05,3} = 2000 - 121,6 \times 2,121 = 1742 \text{ bit/s.}$$

*Exemple 2* – On considère la configuration du type 1. D'après le tableau 8/X.135,  $M_1 = M_2 = 3000$  bit/s,  $M_3 = 2000$  bit/s,  $Z_1 = Z_2 = 2400$  bit/s,  $Z_3 = 1800$  bit/s. Avec des distributions normales, il y a un recouvrement faible mais probablement négligeable des plus grands débits avec le plus petit débit; la probabilité selon laquelle un débit national quelconque est inférieur ou égal au point 5% supérieur du débit international, 2200 bit/s, est 0,014. Par conséquent, du moins approximativement,  $M_{V3} = M_3 = 2000$  bit/s, et  $V_{0,05,3} = Z_3 = 1800$  bit/s.

Ceci peut être vérifié par intégration numérique. Etant donné que cette question se posera dans d'autres applications, les formules générales sont données ici. Lorsque  $f_1(v) = f_2(v)$ ,  $G_2(v)$  devient dans (C-9):

$$G_2(v) = 2F_1(v) - [F_1(v)]^2.$$

Lorsque les distributions sont, de plus, normales, les relations (C-8) et (C-5) donnent:

$$g_3(v) = \left[ 1 - \Phi\left(\frac{v - m_1}{\sigma_1}\right) \right] \left\{ \frac{2}{\sigma_1} \varphi\left(\frac{v - m_1}{\sigma_1}\right) \left[ 1 - \Phi\left(\frac{v - m_3}{\sigma_3}\right) \right] + \frac{1}{\sigma_3} \varphi\left(\frac{v - m_3}{\sigma_3}\right) \left[ 1 - \Phi\left(\frac{v - m_1}{\sigma_1}\right) \right] \right\}. \quad (\text{C-15})$$

Il s'ensuit que le débit moyen pour un réseau de 3 parties avec deux parties identiques est, avec le changement de variable,  $u = (v - m_1)/\sigma_1$ ,

$$M_{V3} = \int_{-\infty}^{\infty} (m_1 + \sigma_1 u) [1 - \Phi(u)] \left\{ Z \varphi(u) \left[ 1 - \Phi\left(\frac{m_1 - m_3 + \sigma_1 u}{\sigma_3}\right) \right] + \frac{\sigma_1}{\sigma_3} \varphi\left(\frac{m_1 - m_3 + \sigma_1 u}{\sigma_3}\right) [1 - \Phi(u)] \right\} du. \quad (\text{C-16})$$

Cette fonction peut être intégrée numériquement à l'aide d'une calculatrice et des *Tables de fonctions des probabilités de distributions normales* du «National Bureau of Standards». Puisque ces tables donnent l'intégrale de  $\varphi(u)$  de  $-x$  à  $x$ , appelée  $S(x)$ , plutôt que  $\Phi(x)$ , la substitution suivante est faite en (C-16) (à 3 endroits):

$$1 - \Phi(u) = \begin{cases} [1 - S(u)]/2 & \text{si } u \geq 0 \\ [1 + S(|u|)]/2 & \text{si } u < 0 \end{cases} \quad (\text{C-17})$$

Dans l'exemple 2 ci-dessus, (C-16) devient:

$$\frac{2M_{V_3}}{\sigma_1} = \int_{-\infty}^{\infty} (8,225 + u) [1 \pm S(|u|)] \{\varphi(u)[1 \pm S(|8,225 + 3u|)] + 1,5 \varphi(8,225 + 3u)[1 \pm S(|u|)]\} du.$$

L'intégration numérique avec  $\Delta u = 0,1$  et la règle trapézoïdale conduit à  $M_{V_3} = 1999,09$  bit/s. Avec la règle de Simpson  $M_{V_3} = 1999,11$  bit/s. Le léger recouvrement des distributions des deux débits les plus grands avec le débit le plus petit réduit donc le débit net moyen de moins de 1 bit/s. L'effet sur le point 5% le plus bas sera encore moindre, ainsi  $V_{0,05,3} = 1800$  bit/s. Cependant, la comparaison avec l'exemple 1, montre que le recouvrement *complet* des distributions des trois parties réduit le débit à une valeur sensiblement inférieure à celle d'une section prise individuellement.

*Exemple 3* – On considère la configuration du type 2. D'après le tableau 8/X.135,  $M_1 = 3000$ ,  $M_2 = 2400$ ,  $M_3 = 1800$ ,  $Z_1 = 2400$ ,  $Z_2 = 2000$ ,  $Z_3 = 1500$  (tous en bit/s). Trois parties non identiques conduisent à une intégrale nettement plus compliquée que (C-16). Il serait possible de la programmer sur ordinateur mais ce n'est pas nécessaire car on peut obtenir une limite adéquate en remplaçant la partie la plus rapide par une autre, identique à la deuxième plus rapide et en appliquant (C-16). Puis, avec  $\Delta u = 0,1$  et la règle trapézoïdale, on obtient  $M_{V_3} = 1794,4$  bit/s; la règle de Simpson, plus précise, donne  $M_{V_3} = 1794,7$  bit/s. Puisque  $M_{V_3}$  doit être inférieur ou égal à  $M_3 = 1800$  bit/s, le débit moyen avec les trois parties non identiques choisies au départ est compris entre 1795 et 1800 bit/s. Il est estimé à 1797 bit/s avec une erreur qui n'excède probablement pas 1 bit/s. L'effet sur le point 5% le plus bas sera même plus faible; l'intégration numérique avec  $\Delta u = 0,1$  donne  $V_{0,05,3} = 1499,2$  bit/s lorsque la partie la plus rapide est remplacée par une autre, identique à la deuxième plus rapide, de sorte qu'on considère que le réseau original a une valeur arrondie à l'unité de  $V_{0,05,3} = 1500$  bit/s.

Ces exemples conduisent à ce qui suit, quel que soit le nombre de parties, lorsqu'il n'y a pas d'important recouvrement entre la distribution de débit le plus petit et celles des autres débits:

*Règle générale* – Si le débit moyen de la partie la plus lente est inférieur à la valeur moyenne de la seconde partie la plus lente d'au moins deux fois la différence entre la valeur moyenne et le 95<sup>e</sup> percentile de la partie la plus lente ou de la seconde partie la plus lente, selon celle qui donne une plus grande différence, les valeurs moyennes et le 95<sup>e</sup> percentile du débit du réseau sont alors les mêmes que celles de la partie la plus lente (avec une erreur négligeable). (On peut probablement simplifier cette règle en remplaçant «deux» par «1,5 fois» ou en supprimant «deux» sans conduire en pratique à une trop grande erreur.)

Le cas d'un  $n$  quelconque est traité de la même manière. Avec différentes distributions  $f_i(t)$ , la fdp  $g_n(v)$  de  $V_n = \min(T_1, T_2, \dots, T_n)$  peut être obtenue par itération de  $g_{n-1}(v)$ :

$$g_n(v) = g_{n-1}(v) [1 - F_n(v)] f_n(v) [1 - G_{n-1}(v)].$$

Si toutes les  $f_i(t)$  sont identiques, alors

$$g_n(v) = n f_i(v) [1 - F_i(v)]^{n-1}.$$

Par ailleurs, si l'on admet pour  $f_i(t)$ , l'hypothèse de distributions normales, le débit moyen net devient

$$\begin{aligned} M_{V_n} &= M_1 + n \sigma_1 \int_{-\infty}^{\infty} u \varphi(u) [1 - \Phi(u)]^{n-1} du, \\ &= M_1 - n \sigma_1 \int_0^{\infty} u \varphi(u) \{\Phi^{n-1}(u) - [1 - \Phi(u)]^{n-1}\} du \\ &= M_1 - K_n \sigma_1 \end{aligned} \tag{C-18}$$

et le point à 5% du débit net est

$$V_{0,05,n} = M_1 - \sigma_1 U_{0,05,n}, \tag{C-19}$$

où

$$\Phi(-V_{0,05,n}) = 1 - 0,95^{1/n}. \quad (\text{C—20})$$

Les valeurs  $K_n$  et  $U_{0,05,n}$  peuvent être représentées sous forme de table, en fonction de  $n$ :

$n$	1	2	3	4	5
$K_n$	0	0,5642	0,8463	1,0294	1,1630
$U_{0,05,n}$	1,645	1,955	2,121	2,234	2,319

C.4 *Remarques concernant les hypothèses essentielles, les résultats et les conséquences les plus importantes*  
Pour étude ultérieure.

#### Référence

- [1] TEICHROEW (D.): Tables des valeurs statistiques attendues et des produits statistiques pour des échantillons d'une distribution normale d'une taille de 20 objets ou moins. *Annales des statistiques mathématiques (Annals of Mathematical Statistics)*, 27, pp. 410 – 426, 1956.





## 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