



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

X.138

(08/97)

SÉRIE X: RÉSEAUX POUR DONNÉES ET
COMMUNICATION ENTRE SYSTÈMES OUVERTS

Réseaux publics pour données – Aspects réseau

**Mesure des valeurs de performance des
réseaux publics pour données assurant
des services internationaux à commutation
par paquets**

Recommandation UIT-T X.138

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

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

RÉSEAUX PUBLICS POUR DONNÉES	X.1–X.199
Services et fonctionnalités	X.1–X.19
Interfaces	X.20–X.49
Transmission, signalisation et commutation	X.50–X.89
Aspects réseau	X.90–X.149
Maintenance	X.150–X.179
Dispositions administratives	X.180–X.199
INTERCONNEXION DES SYSTÈMES OUVERTS	X.200–X.299
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 de couche	X.280–X.289
Tests de conformité	X.290–X.299
INTERFONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX	X.300–X.399
Généralités	X.300–X.349
Systèmes de transmission de données par satellite	X.350–X.399
SYSTÈMES DE MESSAGERIE	X.400–X.499
ANNUAIRE	X.500–X.599
RÉSEAUTAGE OSI ET ASPECTS SYSTÈMES	X.600–X.699
Réseautage	X.600–X.629
Efficacité	X.630–X.649
Dénomination, adressage et enregistrement	X.650–X.679
Notation de syntaxe abstraite numéro un (ASN.1)	X.680–X.699
GESTION OSI	X.700–X.799
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	X.730–X.799
SÉCURITÉ	X.800–X.849
APPLICATIONS OSI	X.850–X.899
Engagement, concomitance et rétablissement	X.850–X.859
Traitement transactionnel	X.860–X.879
Opérations distantes	X.880–X.899
TRAITEMENT OUVERT RÉPARTI	X.900–X.999

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

RECOMMANDATION UIT-T X.138

MESURE DES VALEURS DE PERFORMANCE DES RÉSEAUX PUBLICS POUR DONNÉES ASSURANT DES SERVICES INTERNATIONAUX À COMMUTATION PAR PAQUETS

Résumé

La présente Recommandation indique les méthodes de mesure des paramètres de performance spécifiés dans les Recommandations de la série X.130 relatives aux performances des RPDCP.

Source

La Recommandation UIT-T X.138, révisée par la Commission d'études 7 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 9 août 1997 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

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.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études 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 n° 1 de la CMNT.

Dans certains secteurs de la technologie 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 avait/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 1997

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

	<i>Page</i>	
1	Introduction et domaine d'application.....	1
1.1	Généralités	1
1.2	Paramètres à mesurer	1
1.3	Précision de mesures nécessaires.....	2
2	Références normatives	2
3	Abréviations	3
4	Architectures de mesure	4
4.1	Généralités et métrologiques	4
4.2	Paramètres de performance et architectures de mesure	5
4.3	Bouclages.....	6
4.4	Résumé des architectures de mesure.....	7
5	Méthode de mesure faisant appel à une source commandée et contrôlée ainsi qu'à un puits commandé et contrôlé (C,M/C,M)	9
5.1	Hypothèses générales et contraintes	9
5.2	Dispositifs d'essai.....	9
5.3	Séquences d'essai	9
5.4	Echecs et rétablissements sur essais	10
5.5	Mise en correspondance des événements de référence en couche Paquet	10
5.6	Essais pendant des interruptions de service	10
5.7	Essai d'accès	10
5.8	Essai de transfert de données	12
5.9	Essai de retrait.....	19
5.10	Estimation des paramètres de disponibilité.....	23
6	Méthode de synchronisation de l'équipement	28
6.1	Synchronisation de l'équipement	28
Annexe A	– Calcul des statistiques de performance d'un réseau commuté en mode paquet.....	30
A.1	Statistiques.....	31
A.2	Formules statistiques.....	34
A.3	Facteurs pouvant avoir une influence sur la performance mesurée	34
Annexe B	– Facteurs pouvant avoir une influence sur la performance mesurée.....	35
B.1	Débits binaires	35
B.2	Taille de fenêtre dans la couche Liaison de données	36
B.3	Taille de fenêtre dans la couche Paquet.....	36
B.4	Longueur de paquet	36
B.5	Autres connexions virtuelles.....	36
B.6	Heure du jour	36
B.7	Classe de débit	36
B.8	Utilisation du bit D	36
B.9	Intervalles entre paquets	36
B.10	Compte rendu d'essais multiples effectués à différents emplacements.....	36
Annexe C	– Exemples d'application des mesures.....	37
C.1	Exemples.....	37
C.2	Comparaisons appariées et multiples.....	37

MESURE DES VALEURS DE PERFORMANCE DES RÉSEAUX PUBLICS POUR DONNÉES ASSURANT DES SERVICES INTERNATIONAUX À COMMUTATION PAR PAQUETS

(révisée en 1997)

1 Introduction et domaine d'application

La présente Recommandation décrit des architectures relatives à la mesure des valeurs de performance des réseaux publics pour données à commutation en mode paquet. Le paragraphe 5 définit une méthode de mesure faisant appel à des équipements de source et de puits commandés et contrôlés. Le paragraphe 6 décrit un moyen de synchroniser l'équipement de mesure. L'Annexe A donne des renseignements détaillés sur le calcul de statistiques relatives aux performances d'un réseau en mode paquet; l'Annexe B donne des renseignements sur les facteurs qui peuvent avoir une incidence sur les résultats des statistiques et l'Annexe C donne des exemples d'utilisation de ces mesures.

Pour estimer la performance des réseaux publics pour données à commutation en mode paquet, on pourra également utiliser d'autres appareils et procédés de mesure, conformes aux définitions des Recommandations X.134, X.135, X.136 et X.137.

1.1 Généralités

On peut avoir besoin de mesurer la performance d'un réseau pour plusieurs raisons, dont les suivantes:

- aider à la planification du réseau;
- pouvoir introduire des paramètres de performance dans les arrangements contractuels;
- pouvoir mesurer de tels paramètres pour d'autres Recommandations;
- pouvoir fournir des descriptions de service générales aux opérateurs de réseau.

1.2 Paramètres à mesurer

Les valeurs de performance en termes de rapidité de service (temps de transfert et débits) des réseaux publics pour données en mode paquet, définies dans la Recommandation X.135, sont les suivantes:

- temps d'établissement d'une communication (paragraphe 4/X.135)
- temps de transfert des paquets de données (paragraphe 5/X.135)
- débit (paragraphe 6/X.135)
- temps d'indication de libération (paragraphe 7/X.135)
- temps de confirmation de libération (paragraphe 7/X.135).

NOTE – La Recommandation X.135 ne spécifie pas de valeurs pour ce dernier paramètre.

Les paramètres de qualité de service définis dans les Recommandations X.136 et X.137 sont les suivants:

- probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication (paragraphe 4/X.136)
- probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication (paragraphe 4/X.136)
- taux d'erreurs résiduel (paragraphe 5/X.136)
- probabilité de déclenchement de réinitialisation (paragraphe 5/X.136)
- probabilité de réinitialisation (paragraphe 5/X.136)
- probabilité de déclenchement de déconnexion prématurée (paragraphe 5/X.136)
- probabilité de déconnexion prématurée (paragraphe 5/X.136)
- probabilité d'échec de libération d'une communication (paragraphe 6/X.136)
- disponibilité (Recommandation X.137).

Pour estimer entre les limites raisonnables les valeurs à prévoir d'un grand nombre des divers paramètres de qualité de service définis dans la Recommandation X.136, il faut souvent recueillir un nombre excessif d'échantillons (et pendant ce temps la structure ou la qualité du réseau peut avoir changé). Il n'est donc pas toujours pratique d'estimer ces paramètres entre une même paire d'interfaces. Il est cependant possible d'estimer ces valeurs, avec une meilleure fidélité, d'après leur moyenne sur un réseau entier.

1.3 Précision de mesures nécessaires

1.3.1 Objectifs de mesures

Le choix entre un grand effectif et des frais réduits doit toujours se résoudre par un compromis lorsqu'on tente d'estimer un paramètre donné. Et comme le coût d'une observation peut avoir un effet considérable sur l'estimation finalement obtenue, la présente Recommandation ne recommande aucun nombre d'observations minimal. Par ailleurs, dans certaines situations, l'estimation d'un paramètre avec une grande précision peut ne pas être aussi critique que dans d'autres cas.

Les paramètres à estimer seront par exemple des moyennes, des variances, des percentiles, des modes, des maximums et des minimums. Dans les comptes rendus, il est toujours recommandé d'indiquer la précision de la valeur estimée de chaque paramètre. On l'exprime habituellement sous la forme de la variance d'estimation ou de l'intervalle de confiance autour de la valeur estimée.

1.3.2 Événements de référence

Le moment où se produisent les divers événements de référence sert de base pour les définitions des paramètres de rapidité de service énumérés ci-dessus. Dans la présente Recommandation et dans la Recommandation X.139, les temps sont spécifiés par rapport aux événements de sortie et d'entrée de l'équipement d'essai. Le moment d'occurrence d'un événement d'entrée dans un tel équipement terminal de traitement de données (ETTD) est celui où le dernier bit du fanion de fermeture de la trame de couche deux transportant le paquet passe de la section de circuit dans l'ETTD; et le moment d'occurrence d'un événement de sortie d'un tel ETTD est celui où le premier bit du champ d'adresse de la trame de couche deux transportant le paquet passe de l'ETTD dans la section de circuit.

Les Tableaux 1/X.134 et 2/X.134 contiennent les listes complètes des événements de référence en couche Paquets, et le paragraphe 3/X.134 donne la définition d'un événement de référence en couche Paquets.

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.

- Recommandation UIT-T X.1 (1996), *Catégories d'usagers du service international et catégories d'accès des réseaux publics pour données et des réseaux numériques à intégration de services.*
- Recommandation UIT-T X.2 (1996), *Services internationaux de transmission de données et fonctionnalités optionnelles offertes aux usagers des réseaux publics pour données et des réseaux numériques à intégration de services.*
- Recommandation UIT-T X.25 (1996), *Interface entre équipement terminal de traitement de données et équipement de terminaison de circuit de données pour terminaux fonctionnant en mode paquet et raccordés par circuit spécialisé à des réseaux publics pour données.*
- Recommandation UIT-T X.75 (1996), *Système de signalisation à commutation par paquets entre réseaux publics assurant des services de transmission de données.*
- Recommandation UIT-T X.96 (1993), *Signaux de progression de l'appel dans les réseaux publics pour données.*
- Recommandation UIT-T X.110 (1996), *Principes et plan d'acheminement international pour les réseaux publics pour données.*
- Recommandation UIT-T X.134 (1997), *Délimitation des sections et événements de référence de la couche Paquets: base de définition des paramètres de performance de la commutation par paquets.*
- Recommandation UIT-T X.135 (1997), *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.*

- Recommandation UIT-T X.136 (1997), *Performances de précision et de sécurité de fonctionnement des réseaux publics pour données assurant des services internationaux de transmission de données à commutation par paquets.*
- Recommandation UIT-T X.137 (1997), *Performances de disponibilité applicables aux réseaux publics pour données assurant des services internationaux de transmission de données à commutation par paquets.*
- Recommandation UIT-T X.139 (1997), *Équipement terminal de traitement de données, d'écho, de puits, de source et d'essai, pour mesurer les valeurs de performance des réseaux publics pour données assurant des services internationaux de transmission de données à commutation par paquets.*
- Recommandation X.140 du CCITT (1992), *Paramètres généraux de qualité de service pour la communication au moyen de réseaux publics pour données.*
- Recommandation UIT-T X.213 (1995), *Technologies de l'information – Interconnexion des systèmes ouverts – Définition du service de réseau.*
- Recommandation X.323 du CCITT (1988), *Arrangements généraux applicables à l'interfonctionnement de réseaux publics pour données à commutation par paquets (RPDCP).*

3 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ccfp	probabilité d'échec de libération d'une communication (<i>call clear failure probability</i>)
cep	probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication (<i>call set-up error probability</i>)
cfp	probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication (<i>call set-up failure probability</i>)
cid	temps d'indication de libération (<i>clear indication delay</i>)
csd	temps d'établissement d'une communication (<i>call set-up delay</i>)
dlb	bouclage de données (<i>data loopback</i>)
dpd	temps de transfert des paquets de données (<i>data packet transfer delay</i>)
ETCD	équipement de terminaison de circuit de données
ETTD	équipement terminal de traitement de données
MTBSO	temps moyen entre les interruptions du service (<i>mean time between service outage</i>)
OSI	interconnexion des systèmes ouverts (<i>open systems interconnection</i>)
pdsp	probabilité de signal de déconnexion prématurée (<i>premature disconnect stimulus probability</i>)
PE	événements de protocole (<i>protocol event</i>)
PVC	circuit virtuel permanent (<i>permanent virtual circuit</i>)
rer	taux d'erreurs résiduel (<i>residual error ratio</i>)
rlb	bouclage d'acheminement (<i>routing loopback</i>)
rp	probabilité de réinitialisation (<i>reset probability</i>)
RPDCP	réseau public pour données à commutation par paquets
RR	prêt à recevoir (<i>receive ready</i>)
rsp	probabilité de signal de réinitialisation (<i>reset stimulus probability</i>)
RTPC	réseau téléphonique public commuté
sa	disponibilité de service (<i>service availability</i>)
SABM	commande d'établissement du mode asynchrone symétrique (<i>set asynchronous balanced mode</i>)
SABME	commande d'établissement du mode asynchrone symétrique étendu (<i>set asynchronous balanced mode extended</i>)
STE	équipement terminal de signalisation (<i>signalling terminal equipment</i>)
SVC	communication virtuelle commutée (<i>switched virtual call</i>)
tc	capacité de débit (<i>throughput capacity</i>)

4 Architectures de mesure

Le présent paragraphe donne un aperçu général des diverses architectures qui peuvent être utilisées pour mesurer les paramètres de qualité de service des réseaux publics pour données en mode paquet conformément aux Recommandations X.135, X.136 et X.137, et présente des généralités sur la mesure des paramètres de performance.

4.1 Généralités et métrologiques

Une méthode de mesure implique généralement d'établir une communication avec un puits de données et de produire un trafic de paquets de grandeur connue et suffisante. On observera en temps réel les signaux de protocole et d'information d'usager transférés de part et d'autre des interfaces usager/réseau (ETTD/ETCD) et on enregistrera un état chronologique des événements constatés. Cet état pourra ensuite être analysé afin d'en déduire une mesure des paramètres de performance.

Les mesures de réseaux à commutation en mode paquet nécessitent donc une source, un puits et un ou plusieurs dispositifs de contrôle. Une source émet des demandes d'établissement de communication, des paquets de données ou des demandes de libération de communication, sur les parties de réseau en essai. Un puits reçoit et confirme les signaux de traitement d'appel ou de données reçus des parties en essai. La fonction du contrôleur est d'enregistrer (ou d'enregistrer et d'horodater) les événements de référence correspondant à ces opérations. Il y a lieu de placer la (les) fonction(s) de contrôle aussi près que possible des limites des parties en essai. Les différences d'emplacement entre les fonctions de contrôle et les limites appropriées doivent être compensées lors du calcul de la performance de ces parties.

Les sources et les puits peuvent être commandés ou indépendants. Dans le premier cas, ils sont sous la dépendance du programme d'essai et doivent répondre rapidement à des événements sortant des parties de réseau en essai. Les sources ou puits commandés le seront par exemple par des équipements d'essai autonomes, des logiciels spéciaux implantés dans l'équipement du réseau (par exemple dans les commutateurs de paquets) ou des programmes particuliers faisant partie des applications de la clientèle. Les sources ou puits indépendants seront ceux qui ne sont pas sous la commande directe d'un programme d'essai. Les sources et puits indépendants pourront parfois ne pas répondre rapidement à des événements du réseau. Les plus importants exemples de sources et de puits indépendants sont les applications réelles de la clientèle, qui émettent et reçoivent du trafic selon leurs propres besoins.

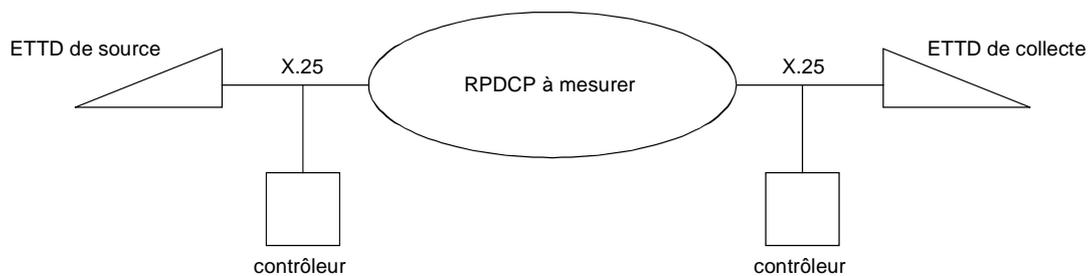
Une fonction de contrôle peut être assurée par un équipement d'essai autonome raccordé en dérivation à l'interface X.25 ou X.75 appropriée. En variante, une fonction de contrôle peut être implantée dans le dispositif d'essai qui remplit la fonction de source ou de puits. On peut aussi programmer des équipements du réseau (comme des commutateurs de paquets) et des équipements d'abonné (comme des ETTD) pour qu'ils enregistrent les événements de référence et remplissent la fonction de contrôle.

Pour mesurer la performance d'un réseau en mode paquet, on peut faire appel à diverses combinaisons de contrôleurs et de sources ou puits, commandés ou indépendants. La Figure 1 illustre certaines de ces possibilités. On identifiera l'architecture en spécifiant si la source et le puits sont commandés (C) ou indépendants (N); et si les deux limites de partie sont contrôlées (M) ou non contrôlées (U). La notation (C,M/N,U) correspond à une source commandée avec puits indépendant, avec contrôle à la limite de la source et sans contrôle à la limite du puits. Lorsque la source et le puits sont l'un et l'autre commandés et que les deux limites possèdent des fonctions de contrôle en synchronisme (C,M/C,M), tous les paramètres définis dans les Recommandations X.135, X.136 et X.137 peuvent être mesurés sans autres hypothèses. Les autres architectures d'essai sont moins universelles car on ne peut pas s'en servir pour mesurer tous les paramètres.

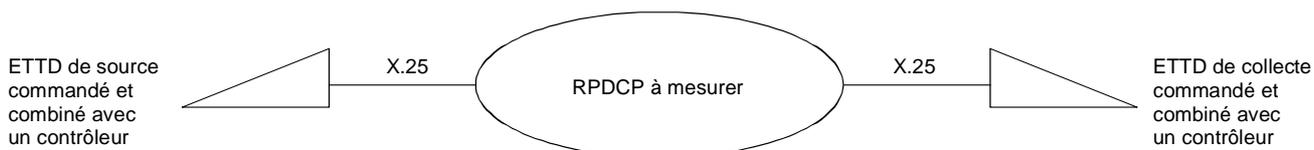
La Recommandation X.139 décrit quelques applications de l'architecture (C,M/C,U) faisant appel à des ETTD de source, de puits et d'essai.

Le paragraphe 4 décrit un moyen de synchroniser l'équipement de contrôle à utiliser dans le cadre d'une architecture (C,M/C,M) afin de mesurer le débit et le temps de transfert.

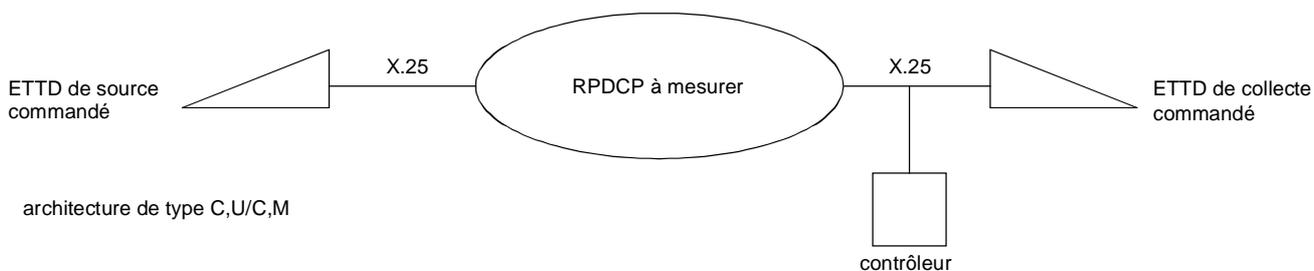
Le sous-paragraphe 2.2 énumère les paramètres de performance primaires (tels qu'ils sont spécifiés dans les Recommandations X.135, X.136 et X.137). Il indique les architectures d'essai qui peuvent être utilisées pour les mesurer. Ces architectures pourront, dans certains cas, n'être utilisées pour mesurer des paramètres que si certaines hypothèses supplémentaires sont faites et décrites.



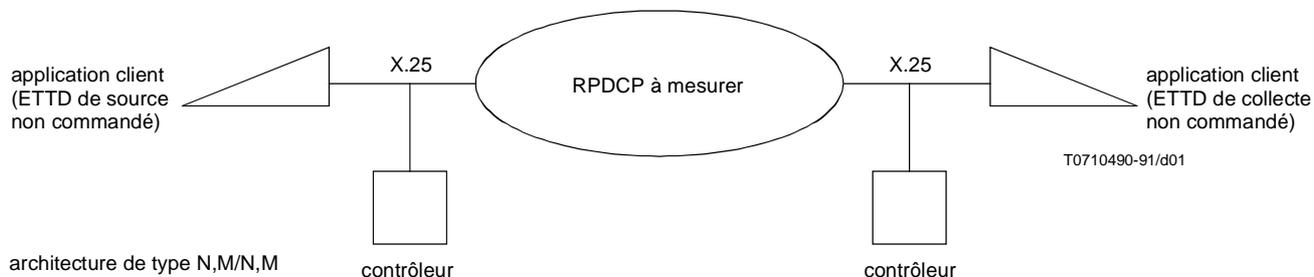
architecture d'essai générique



architecture de type C,M/C,M



architecture de type C,U/C,M



architecture de type N,M/N,M

T0710490-91/d01

RPDCP Réseau public pour données à commutation par paquets

Figure 1/X.138 – Exemples d'architectures d'essai

4.2 Paramètres de performance et architectures de mesure

4.2.1 Temps d'établissement d'une communication

La meilleure façon de mesurer le temps d'établissement d'une communication consiste à placer des contrôleurs aux deux limites de partie. Si l'on sait que le puits peut accepter les demandes d'établissement avec un temps constant (ou non significatif) connu et si la probabilité d'événements d'erreur dans l'établissement des communications n'est pas significative, le temps d'établissement des communications pourra être mesuré sans contrôleur du côté du puits, le temps connu du côté du puits étant soustrait de la valeur mesurée d'un seul côté.

4.2.2 Temps de transfert des paquets de données et temps d'indication de libération

Aussi bien le temps de transfert des paquets de données que le temps d'indication de libération impliquent pour leur mesure que le contrôleur du côté du puits soit en synchronisme avec soit un contrôleur du côté de la source ou avec la source elle-même.

4.2.3 Temps de confirmation de libération

La mesure du temps de confirmation de libération n'exige qu'une source contrôlée (ou un puits contrôlé). Comme il s'agit d'un paramètre local, la présente Recommandation ne l'étudiera pas plus en détail.

4.2.4 Capacité de débit

Les mesures de la capacité de débit nécessitent des sources et des puits à grande rapidité de transmission et d'accusé de réception des paquets de données. Il faut en effet que la capacité de débit de la source et du puits soit supérieure ou égale à celle des parties en essai.

Comme indiqué dans le 4.2/X.135, le débit en régime permanent est le même lorsqu'il est mesuré à chaque couple de limites de partie d'une connexion virtuelle. Si l'on admet qu'aucun élément binaire de données d'utilisateur n'est perdu, ajouté ou inversé lors d'un transfert, on peut donc effectuer une mesure du débit en régime permanent à chaque limite de partie d'une connexion virtuelle.

4.2.5 Probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication

La probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication ne peut être mesurée que s'il y a contrôle aux deux limites de la partie à mesurer.

4.2.6 Probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication

La meilleure façon de mesurer la probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication consiste à placer des contrôleurs aux deux limites de la partie à mesurer. Le dispositif de puits doit être assez rapide pour ne pas apporter de contribution significative à la probabilité de rupture par temporisation excessive. S'il est possible de compter sur le puits pour accepter chaque tentative d'établissement de communication, on peut mesurer la probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication sans placer de contrôleur du côté du puits.

4.2.7 Taux d'erreurs résiduel

La mesure du taux d'erreurs résiduel nécessite un contrôle aux deux limites ou une source commandée qui transmet une séquence connue de données d'utilisateur. Ces deux architectures permettent de comparer les données d'utilisateur émises et reçues.

4.2.8 Performance, en termes de réinitialisation et de déconnexion prématurée

On peut mesurer la probabilité de déclenchement de réinitialisation et la probabilité de déclenchement de déconnexion prématurée au moyen d'un seul contrôleur placé à une des limites. La mesure de la probabilité de réinitialisation et de la probabilité de déconnexion prématurée nécessite des contrôleurs aux deux limites, afin de pouvoir opérer une distinction entre, d'une part, les réinitialisations et libérations sortant des parties en essai et, d'autre part, les signaux de réinitialisation et de libération issus de la limite distante.

4.2.9 Probabilité d'échec de la libération d'une communication

La meilleure façon de mesurer la probabilité d'échec de la libération d'une communication consiste à placer des contrôleurs aux deux limites de partie. Si l'envoi de la demande de libération par un dispositif d'essai commandé est en synchronisme suffisant avec le contrôleur du côté du puits, ce contrôleur pourra prévoir les libérations et observer les échecs de libération de communication.

4.3 Bouclages

Les bouclages sont une variante d'architecture de mesure qui permettent à un même dispositif d'essai de servir aussi bien de source que de puits. La Figure 2 montre les deux possibilités d'utilisation des bouclages lors de mesures de la performance d'un réseau en mode paquet.

Le(s) réseau(x) en mode paquet établit (établissent) les bouclages d'acheminement en réacheminant les circuits virtuels vers leur interface d'origine via une ou plusieurs fonctions de commutation (ou via des réseaux multiples). Il en résulte un circuit virtuel qui part d'un seul canal logique et aboutit à un canal logique différent sur le même dispositif d'essai. On peut alors utiliser un contrôleur à la limite de partie pour mesurer tous les paramètres de performance primaires. Si le bouclage d'acheminement présente des différences notables par rapport à une chaîne de connexion virtuelle traversant les parties (par exemple en ce qui concerne le nombre de commutateurs traversés ou la distance parcourue), il faut que les calculs des performances tiennent compte de ces différences.

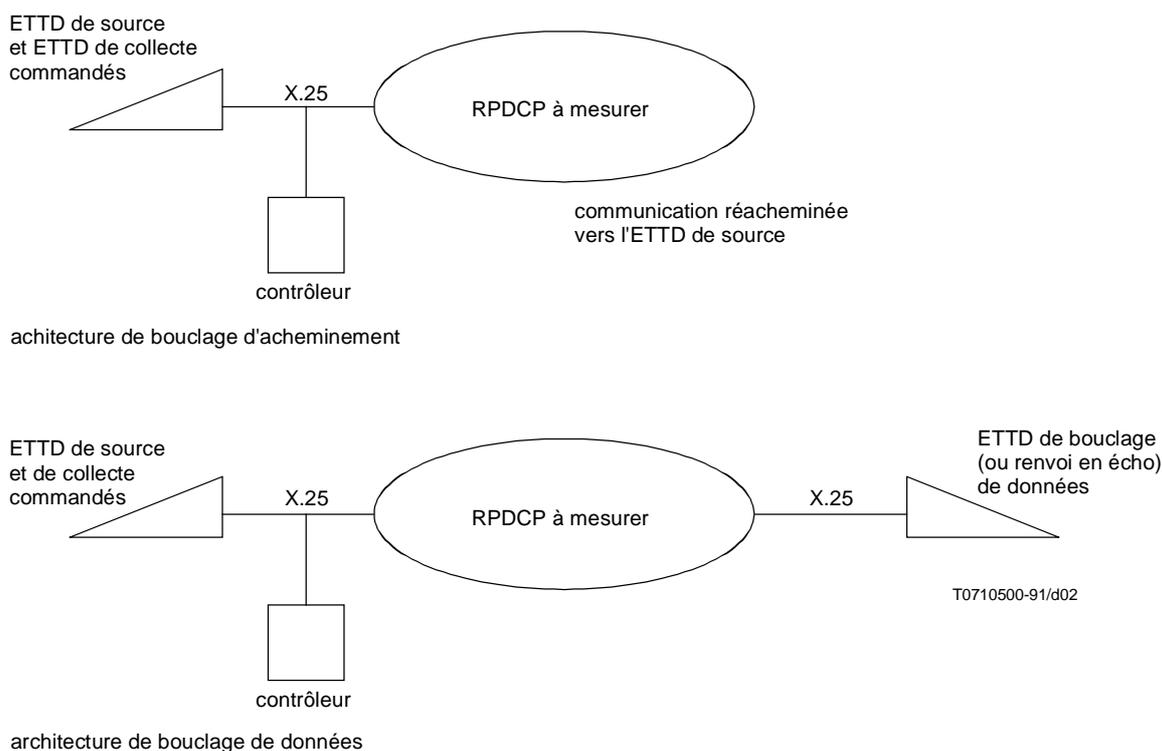


Figure 2/X.138 – Architectures de bouclage

On peut utiliser le bouclage des données pour mesurer le temps de transfert des paquets de données, la capacité de débit et le taux d'erreurs résiduel. Le bouclage des données peut être assuré par un logiciel spécial implanté dans l'équipement du réseau, par un équipement d'essai autonome ou par des programmes d'essais spéciaux, implantés dans les applications de la clientèle. Un dispositif de bouclage de données interrompt la connexion virtuelle, extrait les données des paquets de données entrants et renvoie ces données sur la même connexion virtuelle après les avoir insérées dans de nouveaux paquets de données sortants. Il y a lieu que le dispositif de bouclage des données accuse rapidement réception des paquets de données et renvoie les données d'utilisateur sans temps de transfert ni erreur notable. Si les parties en essai présentent une symétrie des temps de transfert et des taux d'erreurs résiduel, on prend la moitié des temps de transfert de paquets de données et des taux d'erreurs résiduel calculés au niveau du contrôleur du côté source, par comparaison des paquets de données entrants et sortants. Les mesures de capacité de débit relevées à une limite contrôlée constituent la plus petite valeur de la capacité de débit pour les deux sens.

La Recommandation X.139 décrit une application de ces techniques au moyen d'ETTD d'écho et d'essai.

4.4 Résumé des architectures de mesure

Les combinaisons possibles de sources et puits commandés et indépendants, ainsi que de limites contrôlées et non contrôlées, font apparaître douze architectures différentes. Les bouclages d'acheminement et les bouclages de données créent deux possibilités supplémentaires d'architecture. Le Tableau 1 énumère ces quatorze architectures en indiquant leur aptitude à la mesure de chaque paramètre primaire.

Tableau 1/X.138 – Résumé des architectures de mesure

Mesure	Paramètres primaires											
	cscd	dpcd	tc	cid	cep	cfp	rer	rsp	rp	pdsp	pdp	ccfp
CM/CM	Y	Y,1	Y	Y,1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
NM/CM	Y	Y,1	N	Y,1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
CM/NM	Y,2	Y,1	N	Y,1	Y	Y,2	Y	Y	Y	Y	Y	Y
NM/NM	Y,2	Y,1	N	Y,1	Y	Y,2	Y	Y	Y	Y	Y	Y

Tableau 1/X.138 – Résumé des architectures de mesure (fin)

Mesure	Paramètres primaires											
	csd	dpd	tc	cid	cep	cfp	rer	rsp	rp	pdsp	pdp	ccfp
Architecture	csd	dpd	tc	cid	cep	cfp	rer	rsp	rp	pdsp	pdp	ccfp
CU/CM	N	Y,3	Y	Y,3	N,4	N,4	Y,5	Y,6	N,7	Y,6	N,7	Y,3
CU/NM	N	Y,3	N	Y,3	N,4	N,4	Y,5	Y,6	N,7	Y,6	N,7	Y,3
CM/CU	Y,8	N	Y	N	N	Y,9	N	Y,6	N,7	Y,6	N,7	N
NM/CU	Y,8	N	N	N	N	Y,9	N	Y,6	N,7	Y,6	N,7	N
NM/NU	N,10	N	N	N	N	Y,9	N	Y,6	N,7	Y,6	N,7	N
CM/NU	N,10	N	N	N	N	Y,9	N	Y,6	N,7	Y,6	N,7	N
NU/NM	N	N	N	N	N	N	N	Y,6	N,7	Y,6	N,7	N
NU/CM	N	N	N	N	N	N	N	Y,6	N,7	Y,6	N,7	N
rlb	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
dlb	N,13	Y,11	Y	N,13	N,13	N,13	Y,12	Y,6	N,7	Y,6	N,7	N,13
<p>csd Temps d'établissement d'une communication (<i>call set-up delay</i>)</p> <p>dpd Temps de transfert des paquets de données (<i>data packet transfer delay</i>)</p> <p>tc Capacité de débit (<i>throughput capacity</i>)</p> <p>cid Temps d'indication de libération (<i>clear indication delay</i>)</p> <p>cep Probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication (<i>call set-up error probability</i>)</p> <p>cfp Probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication (<i>call set-up failure probability</i>)</p> <p>rer taux d'erreurs résiduel (<i>residual error ratio</i>)</p> <p>rsp Probabilité de signal de réinitialisation (<i>reset stimulus probability</i>)</p> <p>rp Probabilité de réinitialisation (<i>reset probability</i>)</p> <p>pdsp Probabilité de signal de déconnexion prématurée (<i>premature disconnect stimulus probability</i>)</p> <p>pdp Probabilité de déconnexion prématurée (<i>premature disconnect probability</i>)</p> <p>ccfp Probabilité d'échec de libération d'une communication (<i>call clear failure probability</i>)</p> <p>rlb Bouclage d'acheminement (<i>routing loopback</i>)</p> <p>dlb Bouclage de données (<i>data loopback</i>)</p> <p>1 On admet que les deux contrôleurs sont en synchronisme</p> <p>2 On admet que le puits indépendant répond assez rapidement</p> <p>3 On admet que la création de paquets de source est en synchronisme avec le contrôleur du côté puits</p> <p>4 On ne peut pas observer l'événement "d" (voir la Figure 2/X.136)</p> <p>5 On admet que les données d'utilisateur créées par la source sont connues d'avance</p> <p>6 A la limite contrôlée seulement</p> <p>7 On ne peut pas opérer de distinction entre les événements issus de l'intérieur d'une partie et les événements provoqués par des signaux à la limite distante</p> <p>8 On admet qu'il n'y a pas d'événements d'erreur lors de l'établissement d'une communication et que le puits accepte la communication avec un délai connu ou non significatif</p> <p>9 On admet que les dispositifs de puits ne donnent lieu à aucun échec d'établissement de communication</p> <p>10 On ne peut pas exclure des délais provoqués par les puits</p> <p>11 On admet que dpd est égal dans les deux sens</p> <p>12 On admet que rer est égal dans les deux sens</p> <p>13 La fonction de bouclage des données n'est active que pendant la phase de transfert des données d'utilisateur</p>												

5 Méthode de mesure faisant appel à une source commandée et contrôlée ainsi qu'à un puits commandé et contrôlé (C,M/C,M)

Trois types de procédures d'essai (accès, transfert des données et retrait) sont utilisés pour obtenir des valeurs pour les paramètres primaires décrits dans la présente Recommandation. Des essais d'accès permettront d'obtenir des valeurs pour le temps d'établissement de communication, pour la probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication et pour la probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication. Des essais de transfert de données permettront d'obtenir des valeurs pour le temps de transfert des paquets de données, pour la capacité de débit, pour le taux d'erreurs résiduel, pour la probabilité de déclenchement de réinitialisation, pour la probabilité de réinitialisation, pour la probabilité de déclenchement de déconnexion prématurée et pour la probabilité de déconnexion prématurée. Des essais de retrait permettront d'obtenir des valeurs pour le temps d'indication de libération et pour la probabilité d'échec de libération. Une combinaison de ces trois types d'essais de performance permettra de mesurer les paramètres de disponibilité, à savoir la disponibilité de service et le temps moyen entre interruptions de service.

Chaque essai de vérification des qualités de fonctionnement du réseau se compose de deux procédures:

- *l'extraction des données* par laquelle les événements de référence de couche Paquets associés à l'essai sont créés (ou observés), horodatés et enregistrés aux limites de section appropriées;
- *la réduction des données* par laquelle la série chronologique des événements de référence enregistrés subit un traitement compatible avec les définitions des paramètres de performance, afin de déterminer le résultat de l'essai.

5.1 Hypothèses générales et contraintes

Le texte ci-dessous décrit le détail des essais de vérification des qualités de fonctionnement ainsi que les procédures d'extraction et de réduction des données. D'autres procédures équivalentes (ou supérieures) pourront être mises au point et utilisées. Les hypothèses et contraintes générales qui sous-tendent ces procédures d'essai sont spécifiées dans l'ensemble de ce texte.

5.2 Dispositifs d'essai

Les présentes procédures font appel au mode expérimental (C,M/C,M) décrit au paragraphe 4. Ces procédures partent du principe que les dispositifs d'essai sont tout à fait conformes aux protocoles employés aux interfaces contrôlées. C'est-à-dire qu'ils doivent répondre correctement aux événements issus de la section vérifiée tout en produisant les événements de référence de couche paquets qui conviennent à l'essai en cours. Il y a lieu que les dispositifs d'essai enregistrent correctement et horodatent exactement chaque événement de référence sur les canaux logiques correspondants. Tous ces événements de référence doivent normalement être enregistrés et horodatés, quel que soit l'événement escompté. L'ensemble des événements de référence enregistrés servira à déterminer le résultat de l'essai.

5.3 Séquences d'essai

Chaque procédure d'extraction de données définit une séquence élémentaire d'étapes permettant d'effectuer un essai d'accès unique, un ou plusieurs essais de transfert de données ou un essai de retrait unique. Il faut effectuer des essais multiples pour répondre à un quelconque objectif de mesure commun. Les essais décrits dans la présente Recommandation peuvent être conduits selon une séquence choisie arbitrairement, les transitions étant effectuées au moyen des enchaînements d'essai décrits ci-dessous. Ces enchaînements facilitent la répétition d'essais pour un même paramètre et réduisent le coût d'essais relatifs à plusieurs paramètres.

Les deux procédures suivantes montrent comment réaliser les états initiaux des essais d'accès, de transfert de données et de retrait. À l'issue de ces essais, les limites B_i et B_j peuvent prendre de nombreux états finaux. On a adopté un procédé universel, permettant d'obtenir les états initiaux souhaités quel que soit l'état en cours des limites B_i et B_j . Les procédures sont rédigées de manière à atteindre un état donné à une limite déterminée.

5.3.1 Procédure d'établissement de l'état p1

Les étapes suivantes permettront de créer l'état p1 à une limite:

- 1) émission d'une commande SABM/SABME (commande d'établissement du mode asynchrone symétrique, non étendu ou étendu) si la couche Liaison de données n'est ni disponible ni activée (r1);
- 2) émission d'une demande de libération d'ETTD/STE [équipement terminal de traitement de données/équipement terminal de signalisation (*signalling terminal equipment*)] à une limite de réseaux X.25/X.75, sur le canal logique choisi;
- 3) attente de confirmation de la libération.

5.3.2 Procédure d'établissement de l'état p4/d1 à une limite

Les étapes suivantes permettront de créer l'état p4/d1 à une limite:

- 1) transition à l'état p1 [voir 1) ci-dessus];
- 2) émission, à la limite B_i , d'un paquet de demande d'appel avec les adresses de demandé, de demandeur et le canal logique choisi;
- 3) attente, à la limite B_j , du paquet [voir 2)] de communication entrante ou de demande d'appel, puis émission du paquet correspondant de communication acceptée ou de communication établie;
- 4) attente du paquet indicateur de communication établie correspondant à la limite B_j .

NOTE 1 – Un canal autorisé pour les appels entrants dans l'ETTD appelé doit être libre.

NOTE 2 – La connexion virtuelle peut être établie sur un canal logique autre que celui qui avait été choisi initialement par l'ETTD appelé.

5.4 Echecs et rétablissements sur essais

Aucune des procédures d'extraction ou de réduction de données ne comporte d'algorithmes de rétablissement précis pour revenir à la normale après des échecs sur essais (concernant par exemple des tentatives d'établissement de communication, des réinitialisations, des redémarrages ou des erreurs résiduelles). Les enchaînements des essais n'impliquent aucune hypothèse concernant les états des interfaces à la suite d'une épreuve, de sorte que des routines de rétablissement ne sont pas absolument nécessaires. On pourra cependant rendre ces procédures (extraction et réduction de données) plus efficaces en y insérant des mécanismes de rétablissement sur échec.

5.5 Mise en correspondance des événements de référence en couche Paquet

Toutes les procédures de réduction des données nécessitent une mise en correspondance des événements de référence en couche Paquet appropriés, aux deux limites d'essai. Toute méthode logique d'adaptation des événements de protocole (PE, *protocol event*) suffit dans la plupart des cas. Si les horloges des dispositifs d'essai sont en synchronisme, les informations de synchronisation pourront être utilisées dans la méthode. Si la section contrôlée conserve les numéros de séquence des paquets de données, ces renseignements pourront être utilisés dans la méthode de mise en correspondance des paquets de données. Celle-ci pourra également être assurée par comparaison des champs «données d'usager». Si les procédures d'extraction de données comportent également des mécanismes de rétablissement sur échec, il est indispensable que les procédures de réduction de données soient plus élaborées quant à leur aptitude à la mise en correspondance des paquets (reconnaissance des trames et compensation des paquets de données perdus, excédentaires ou erronés).

5.6 Essais pendant des interruptions de service

Par définition, le niveau de qualité indiqué par les paramètres primaires ne saurait être évalué pendant les interruptions de service. Dans le cadre de chaque procédure de réduction de données, une décision est prise quant à la disponibilité de service constatée pendant l'essai. Si le service a été disponible, les résultats d'essai sont ajoutés aux statistiques cumulatives servant à évaluer les paramètres primaires. Si le service n'a pas été disponible, les résultats d'essai ne peuvent servir qu'à mesurer la caractéristique de disponibilité.

La détermination de l'état de disponibilité pendant la phase de réduction des données pose un problème délicat. Un seul échec pendant l'essai ne suffit pas pour déclarer la non-disponibilité: en l'absence d'autre preuve, on suppose que le service a été disponible. Mais si cet essai est intervenu dans un intervalle de cinq minutes pendant lequel un ou plusieurs paramètres primaires ont donné un résultat inférieur à leur niveau de décision (voir le Tableau 2/X.137), il y a lieu de déclarer le service non disponible. La décision de disponibilité prise lors de chaque procédure de réduction de données devra donc tenir compte de tous les résultats d'essai relevés dans un intervalle de plus ou moins cinq minutes. Les décisions relatives à la disponibilité du service pourront être retenues jusqu'à ce que tous les essais individuels aient été analysés. Si ce procédé est utilisé, il conviendra d'appliquer une correction rétroactive aux compteurs de valeurs cumulées des paramètres primaires de performance, chaque fois qu'une interruption de service aura été détectée.

5.7 Essai d'accès

Les procédures suivantes permettront d'obtenir les valeurs de temps d'établissement d'une communication, de probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication et de probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication.

5.7.1 Extraction des données d'essai d'accès

La Figure 3 montre la procédure d'extraction des données d'essai d'accès. Les limites B_i et B_j correspondent aux interfaces X.25 ou X.75 auxquelles aboutit le faisceau des sections de connexion virtuelle mises à l'essai.

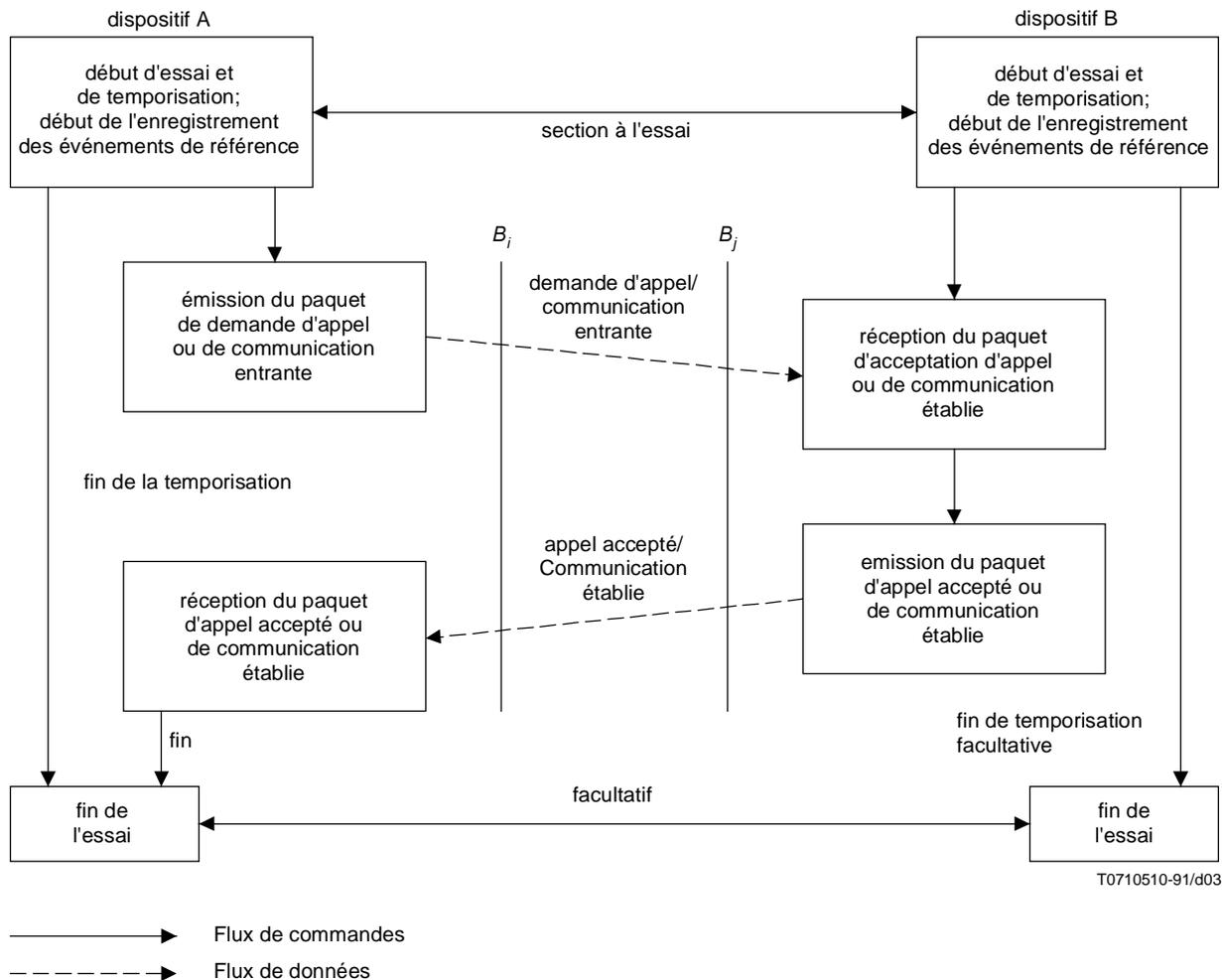


Figure 3/X.138 – Procédure d'extraction des données d'essai d'accès

Les canaux logiques aux limites B_i et B_j doivent d'abord être à l'état p1. Le dispositif A émettra un paquet de demande d'appel (ou de communication entrante) et attendra le paquet correspondant d'acceptation d'appel (ou de communication établie). Le dispositif A devra attendre au moins pendant 200 secondes (seuil fixé pour déclarer l'échec d'établissement d'une communication).

Les dispositifs A et B doivent être en synchronisme suffisant pour que le dispositif B soit prêt à recevoir le paquet correspondant de demande d'appel (ou de communication entrante). (Dans le cas d'une configuration d'essai à bouclage de données, aucune synchronisation n'est requise.) Le dispositif B recevra ce paquet et renverra le paquet approprié d'appel accepté (ou de communication établie). Le temps nécessaire pour cette réponse sera déduit des temps d'établissement de communication calculés; il y a toutefois lieu que cet intervalle de réponse soit aussi court que possible afin d'éviter d'augmenter la probabilité de dépasser le seuil d'échec sur établissement de communication (200 secondes).

5.7.2 Réduction des données d'essai d'accès

La Figure 4 montre la procédure de réduction des données de l'essai d'accès. Chaque essai d'accès est classé selon le diagramme de la Figure 5. La Figure 6 montre les étapes à suivre pour calculer le temps d'établissement d'une communication pour des tentatives d'établissement de communication ayant abouti. Si le service a été disponible au cours de cet essai, les statistiques cumulatives d'établissement de communication peuvent être mises à jour. Des compteurs de valeurs cumulées peuvent être activés pour le total des erreurs dans l'établissement d'une communication, pour le total des échecs dans l'établissement d'une communication et pour le total des temps d'établissement d'une communication (lors de tentatives efficaces). La division des valeurs cumulées dans les compteurs, par le nombre cumulé des tentatives d'établissement de communication, permettra d'obtenir des estimations de la probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication, de la probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication et du temps moyen d'établissement d'une communication.

La Figure 5 montre l'utilisation de l'enregistrement des événements de référence en couche Paquet (dénommés "A", "B", "C" et "D") afin de déterminer si la tentative d'établissement de communication a été efficace ou non. L'événement "D" n'est considéré comme réalisé que si le paquet d'appel accepté (ou de communication établie) a été reçu à B_i avant le seuil de 200 secondes d'échec d'établissement de communication. Dans le cas contraire, il est considéré comme n'ayant pas été réalisé. Si ce processus fait aboutir un quelconque essai d'accès à la catégorie "essai infructueux – cause extérieure aux limites de partie", cela veut dire que les dispositifs d'essai présentent un défaut qui doit être corrigé.

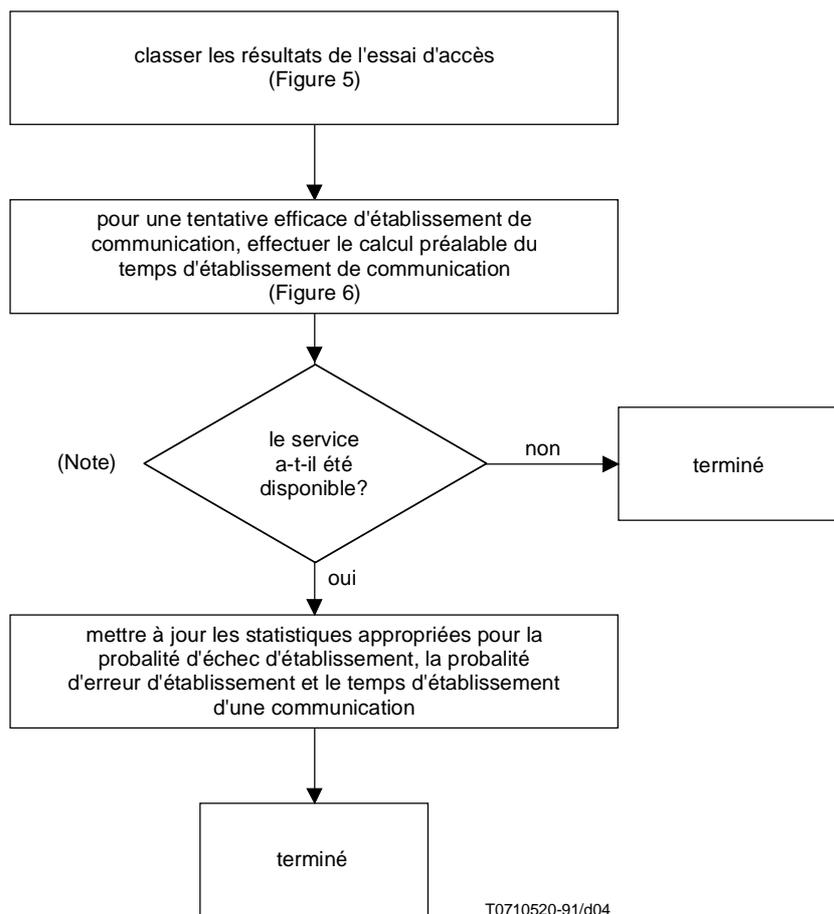
Le calcul du temps d'établissement d'une communication (voir la Figure 6) implique une mise en correspondance préalable des paquets enregistrés à la limite B_i avec les paquets enregistrés à la limite B_j (voir 3.3). Les valeurs de temporisation précisément utilisées lors du calcul du temps d'établissement d'une communication dépendent de l'emplacement des limites B_i et B_j ainsi que du sens de déplacement des paquets entre ces limites.

5.8 Essai de transfert de données

Les procédures suivantes permettront d'obtenir les valeurs du temps de transfert des paquets de données, de la capacité de débit, du taux d'erreurs résiduel, de la probabilité de déclenchement de réinitialisation, de la probabilité de réinitialisation, de la probabilité de déclenchement de déconnexion prématurée et de la probabilité de déconnexion prématurée.

5.8.1 Extraction des données d'essai de transfert de données

La Figure 7 montre la procédure d'extraction des données d'essai de transfert de données. Les limites B_i et B_j correspondent aux interfaces X.25 ou X.75 auxquelles aboutit le faisceau des sections de connexion virtuelle mises à l'essai.



NOTE – Si les considérations d'ordre statistique appropriées ont été prises en compte, cette

Figure 4/X.138 – Procédure de réduction des données d'un essai d'accès

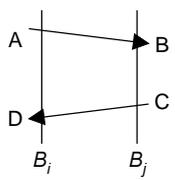
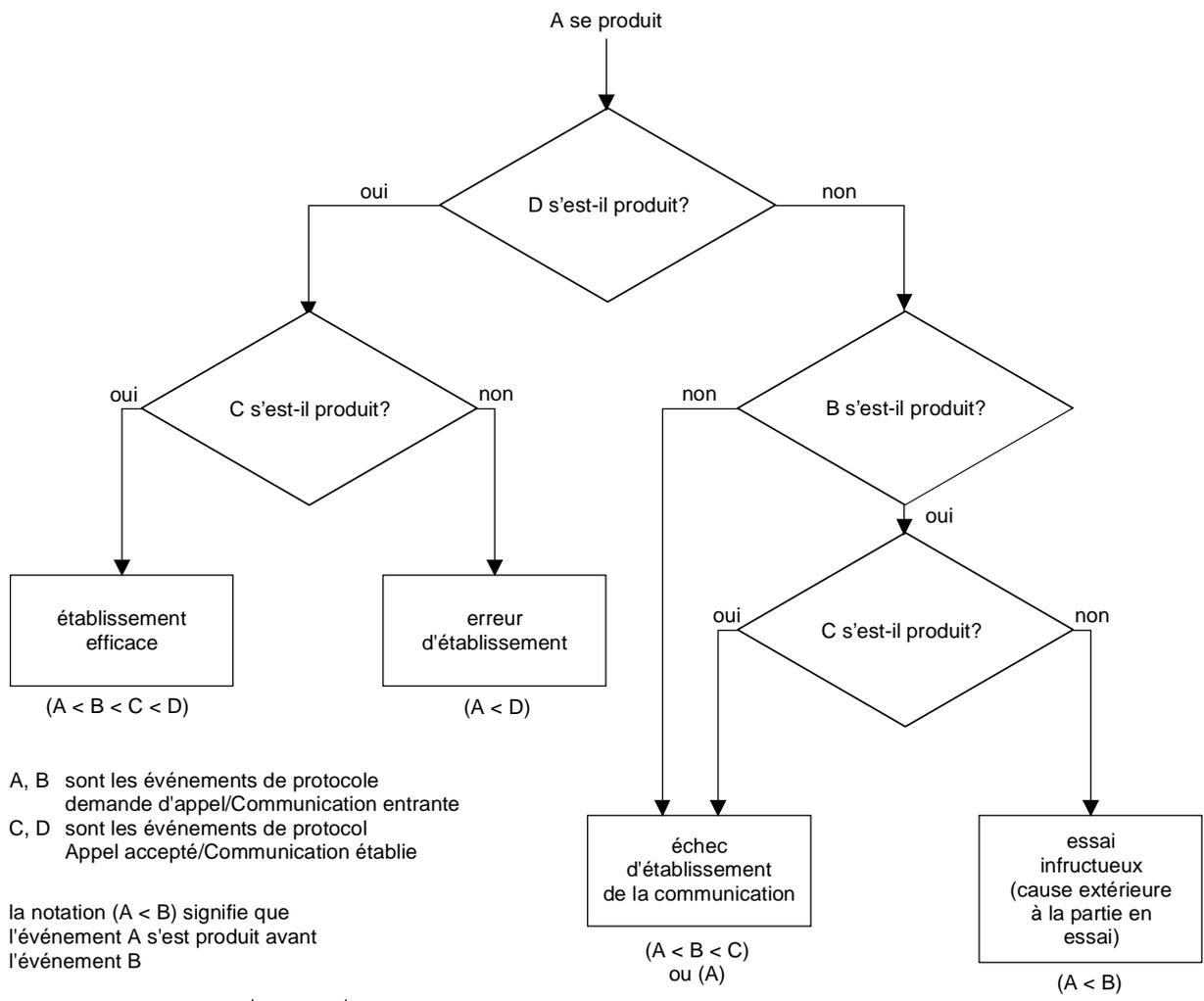
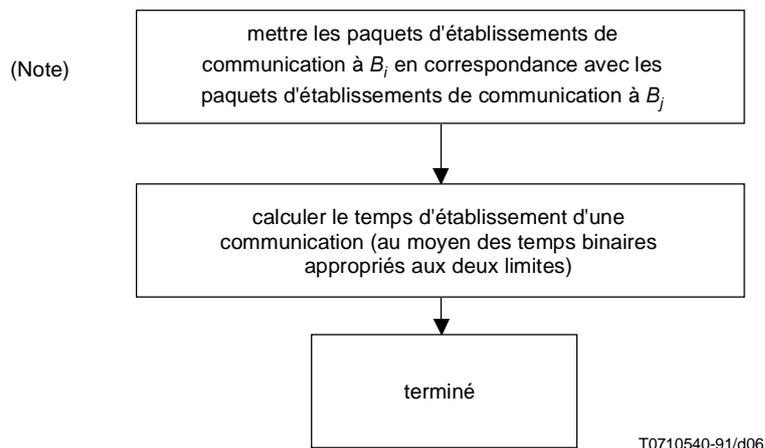


Figure 5/X.138 – Classification d'un résultat d'essai d'accès



NOTE – Toute méthode raisonnable peut être utilisée.

Figure 6/X.138 – Calcul du temps d'établissement d'une communication

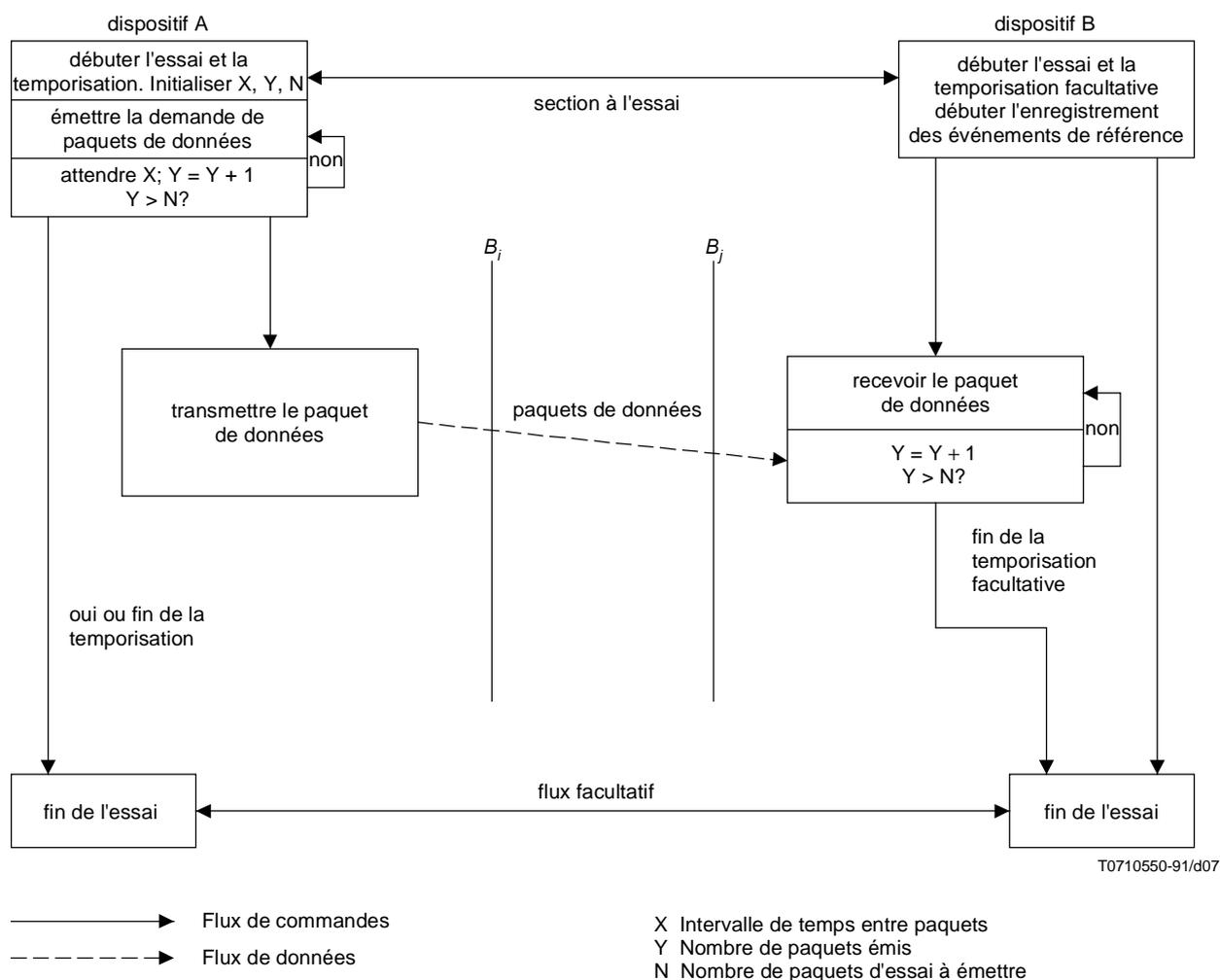


Figure 7/X.138 – Procédure d'extraction des données de l'essai de transfert de données

Les canaux logiques aux limites B_i et B_j doivent d'abord être à l'état p4/d1. Le dispositif A émettra N paquets de données. Si c'est la capacité de débit qui est mesurée, il y aura lieu que le dispositif A ne retarde pas la transmission des paquets de données successifs, sauf pour répondre à des fermetures de fenêtre ($X = 0$ dans la figure).

Le dispositif B devra être prêt à recevoir et à enregistrer les paquets de données correspondants. (Avertissement: s'il se produit une segmentation ou un réassemblage de paquets dans les sections en essai, le nombre escompté de paquets de données à B_j pourra être différent du nombre de paquets de données émis par le dispositif A.) Si c'est la capacité de débit qui est mesurée, il y aura lieu que le dispositif B ne retarde pas la reconnaissance des trames et des paquets reçus. Les horloges des dispositifs A et B doivent être en synchronisme suffisant (sauf en cas d'utilisation d'un bouclage des données) pour que la différence entre les deux bases de temps soit une fraction non significative de la valeur probable du temps de transfert des paquets de données. Une précision d'une ou de deux millisecondes est habituellement suffisante pour la synchronisation.

Si l'on utilise une combinaison de mécanismes de temporisation et de commande, la durée totale attribuée au dispositif B pour recevoir le dernier paquet de données du dispositif A doit être au moins le seuil de 200 secondes pour le taux d'erreurs résiduel.

Si l'essai doit servir à estimer la probabilité de réinitialisation, la probabilité de déclenchement de réinitialisation, la probabilité de déconnexion prématurée et la probabilité de déclenchement de déconnexion prématurée, les dispositifs A et B doivent chacun répondre, conformément aux Recommandations X.25 et X.75, aux réinitialisations, aux déclenchements de réinitialisation, aux déconnexions prématurées et aux déclenchements de déconnexion prématurée. Le dispositif A devra rétablir la connexion virtuelle si celle-ci est prématurément déconnectée. Après une réinitialisation ou un rétablissement de connexion, le dispositif A doit reprendre la transmission des paquets de données.

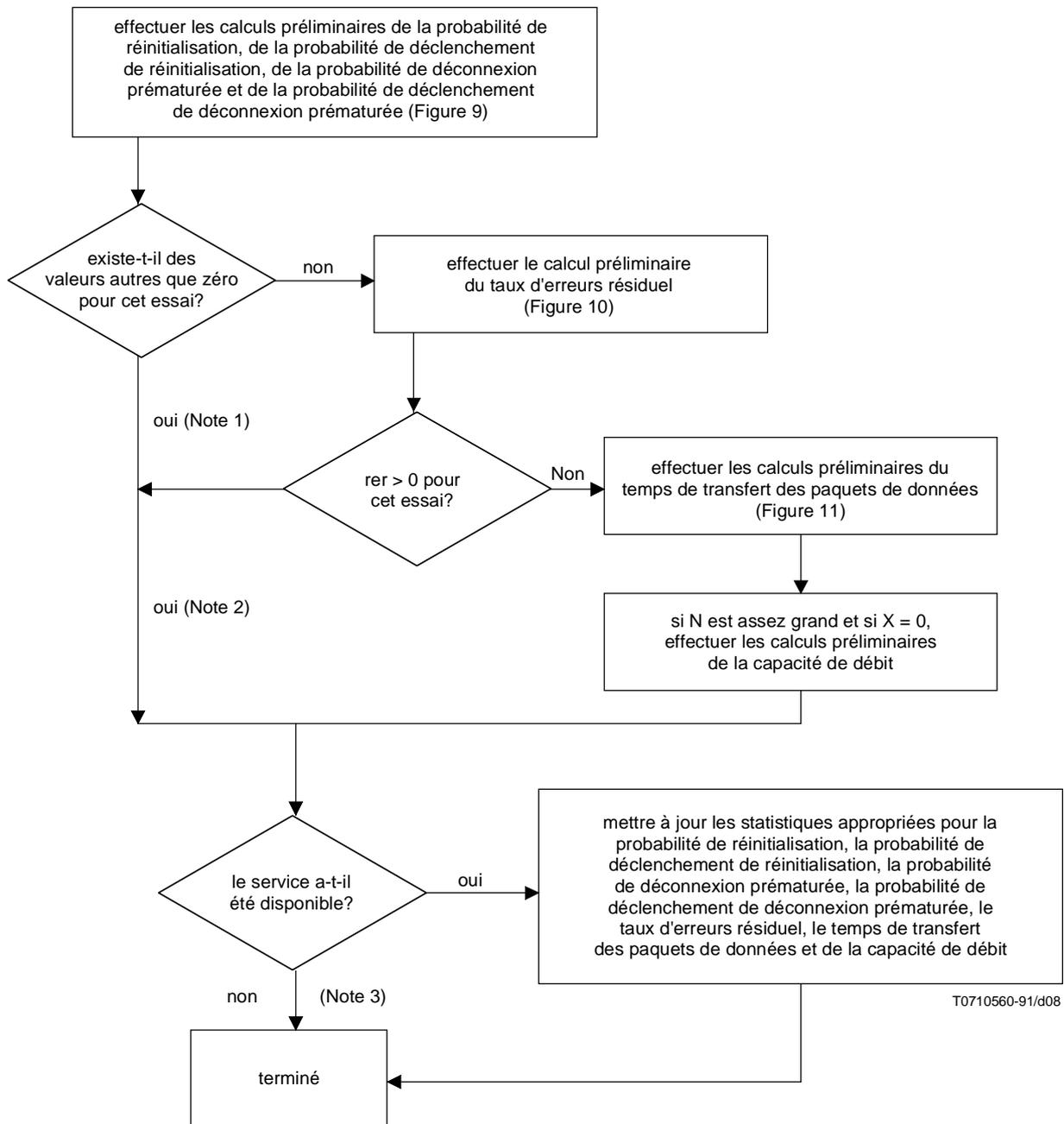
Ni les bits de données d'utilisateur perdus ou erronés suite aux réinitialisations ou aux libérations ni ceux qui ont été retransmis par le dispositif A lors d'un rétablissement sur réinitialisation ou libération ne sont comptés dans les erreurs résiduelles.

5.8.2 Réduction des données de l'essai de transfert de données

La Figure 8 montre la procédure de réduction des données de l'essai de transfert de données. Les réinitialisations et les déconnexions prématurées sont comptées comme indiqué à la Figure 9, au moyen de l'enregistrement complet des événements de protocole. La procédure de la Figure 10 servira à estimer le taux d'erreurs résiduel pour les essais dans lesquels il ne se produit ni réinitialisation ni déconnexion prématurée. La Figure 11 montre les étapes à suivre pour calculer le temps de transfert des paquets de données et la capacité de débit, pour des essais dans lesquels le taux d'erreurs résiduel estimé est nul. Les renseignements préliminaires qui seront recueillis au cours de ces trois étapes serviront, en association avec d'autres résultats d'essai, pour déterminer si le service a été disponible pendant cet essai. Si tel a été le cas, les statistiques de valeurs cumulées de temps de transfert de données pourront être mises à jour.

Des compteurs de valeurs cumulées peuvent être activés pour le total des événements de réinitialisation, pour le total des déclenchements de réinitialisation, pour le total des événements de déconnexion prématurée et pour le total des déclenchements de déconnexion prématurée. La division des valeurs ainsi cumulées dans les compteurs par la valeur cumulée du temps pendant lequel le transfert de données a été mesuré permettra d'obtenir des estimations de la probabilité de réinitialisation, de la probabilité de déclenchement de réinitialisation, de la probabilité de déconnexion prématurée et de la probabilité de déclenchement de déconnexion prématurée. Des compteurs de valeurs cumulées à long terme pourront également être activés pour enregistrer le nombre de bits de données d'utilisateur transmis, le nombre de bits de données d'utilisateur reçus, le nombre de bits de données d'utilisateur perdus, le nombre de bits erronés de données d'utilisateur reçus, le nombre de bits de données d'utilisateur reçus en surnombre, le nombre de bits de données d'utilisateur transmis et reçus avec succès. On pourra ensuite estimer le taux d'erreurs résiduel en utilisant les équations de la Figure 10. Pour les tentatives de transfert de données efficaces, on pourra cumuler le temps total de transfert des données et le nombre total de paquets de données transférés. Le rapport de ces deux grandeurs est une estimation du temps moyen de transfert des paquets de données. Pour les essais efficaces de capacité de débit, on pourra cumuler le nombre total des bits transférés ainsi que le temps total de ces essais (tel qu'il est défini dans la Recommandation X.135). Le rapport de ces deux grandeurs donne une estimation de la capacité de débit.

La Figure 9 utilise l'enregistrement des événements de référence de la couche Paquet pour évaluer les réinitialisations et les déconnexions prématurées qui se sont produites pendant l'essai. Les équations présentées dépendent du fait qu'un événement de réinitialisation (ou de déconnexion prématurée) entre B_i et B_j fera sortir de la (des) section(s) en essai deux paquets de réinitialisation (ou de libération), alors qu'un signal de réinitialisation (ou de déconnexion prématurée) fera entrer un seul paquet de réinitialisation (ou de libération) dans les sections et n'en fera sortir qu'un seul.



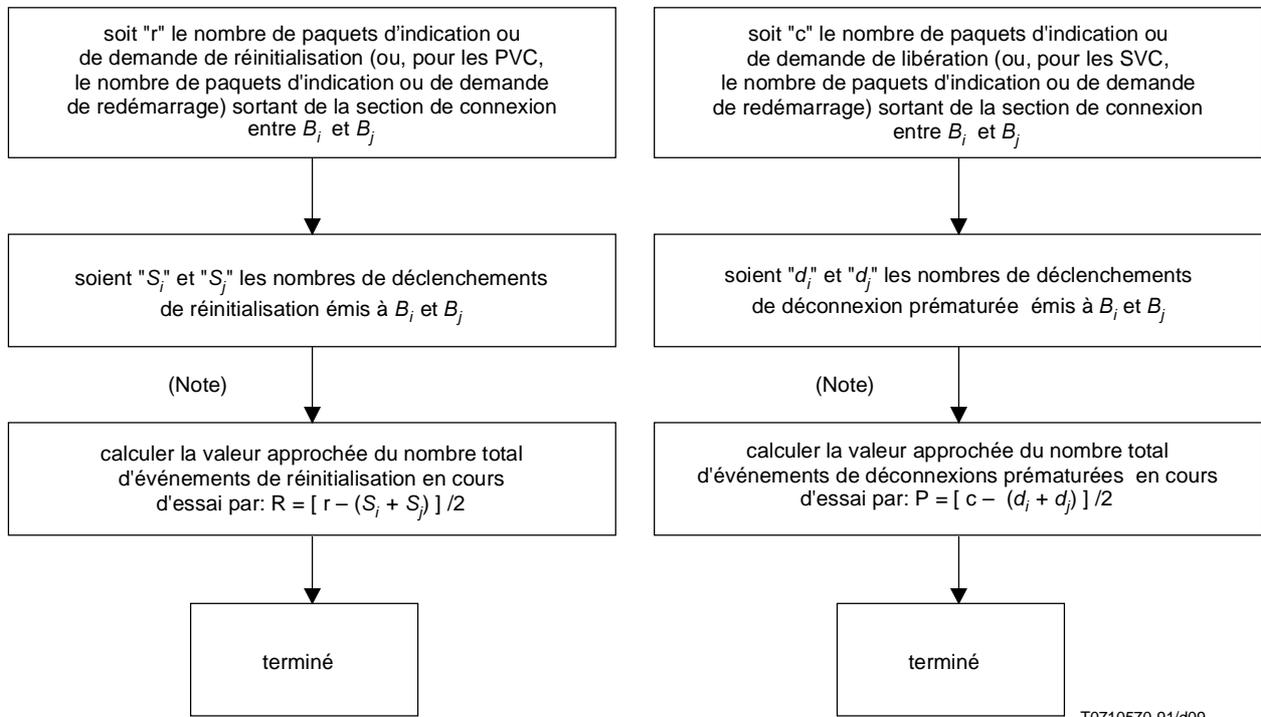
T0710560-91/d08

NOTE 1 – Des procédures plus élaborées pourront permettre un rétablissement sur réinitialisations et sur déconnexions prématurées ainsi que des calculs de taux d'erreurs résiduel, de temps de transfert de paquets de données et de capacité de débit.

NOTE 2 – Des procédures plus élaborées pourront permettre un rétablissement sur erreurs résiduelles ainsi que des calculs de temps de transfert de paquets de données et de capacité de débit.

NOTE 3 – Cette décision pourra servir à estimer la disponibilité du service si les considérations d'ordre statistique appropriées ont été prises en compte.

Figure 8/X.138 – Procédure de réduction des données de l'essai de transfert de données



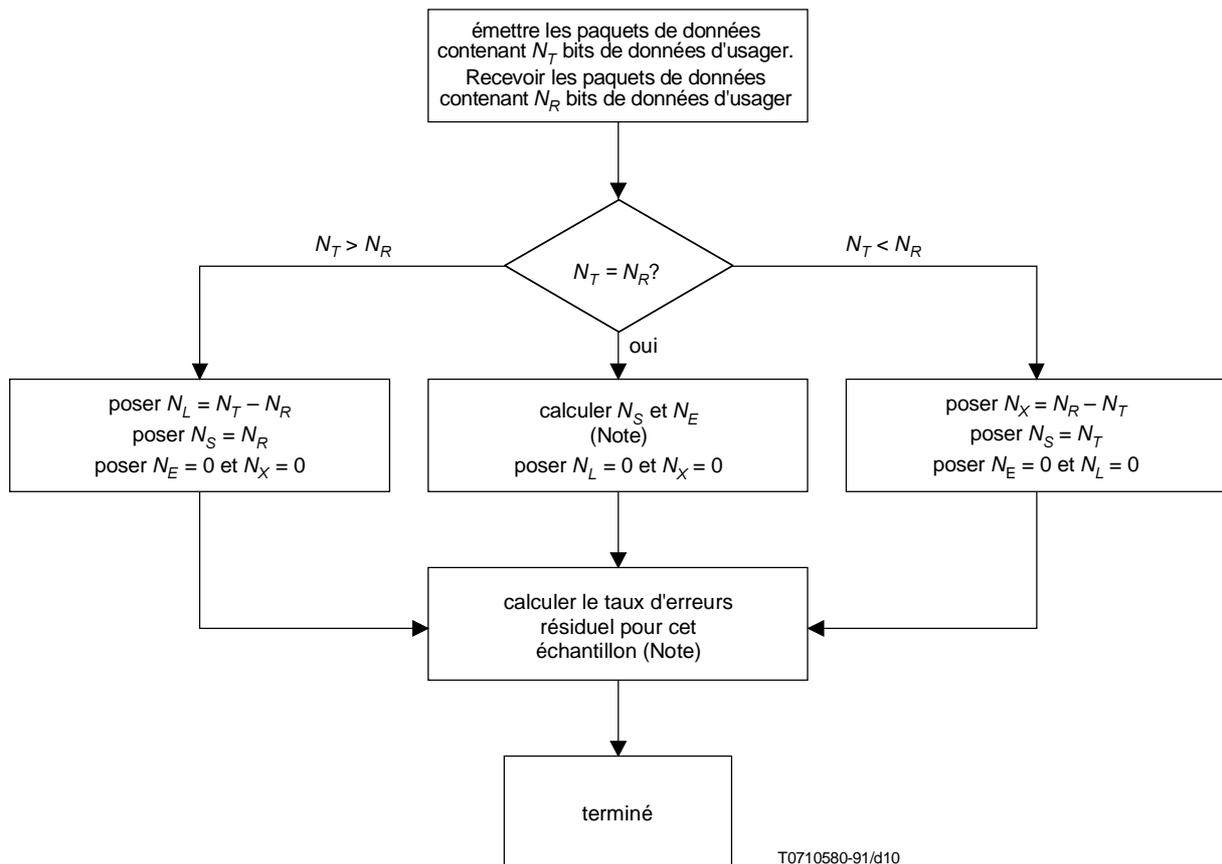
T0710570-91/d09

PVC Circuit virtuel permanent (*permanent virtual circuit*)
 SVC Communication virtuelle commutée (*switched virtual call*)

NOTE – Ces opérations supposent que les sections autres que la section à l'essai ne lancent pas de réinitialisations, de redémarrages ou de libérations de leur côté, mais se contentent de répondre correctement aux déclenchements de réinitialisation et de déconnexion prématurée.

Figure 9 /X.138 – Calculs de la probabilité de réinitialisation, de la probabilité de déclenchement de réinitialisation, de la probabilité de déconnexion prématurée et de la probabilité de déclenchement de déconnexion prématurée (méthode d'approximation)

La Figure 10 montre une méthode acceptable pour calculer la valeur approchée du taux d'erreurs résiduel. Cette approximation est fondée sur l'hypothèse que, lors d'un même essai, un seul type d'erreurs résiduelles peut apparaître; c'est-à-dire que, pendant un même essai, on ne peut trouver en même temps des bits perdus et des bits erronés, des bits erronés et des bits répétés, ou des bits perdus et des bits répétés. Afin d'estimer le taux d'erreurs résiduel, on admet que cette approximation est suffisamment fidèle. D'autres méthodes, plus élaborées, de comparaison des bits émis avec les bits reçus, peuvent donner une estimation plus précise du taux d'erreurs résiduel. Les informations d'usager reçues à B_j plus de 200 secondes après avoir été émises de B_i sont considérées par définition comme étant perdues (voir 3.3.3/X.136).



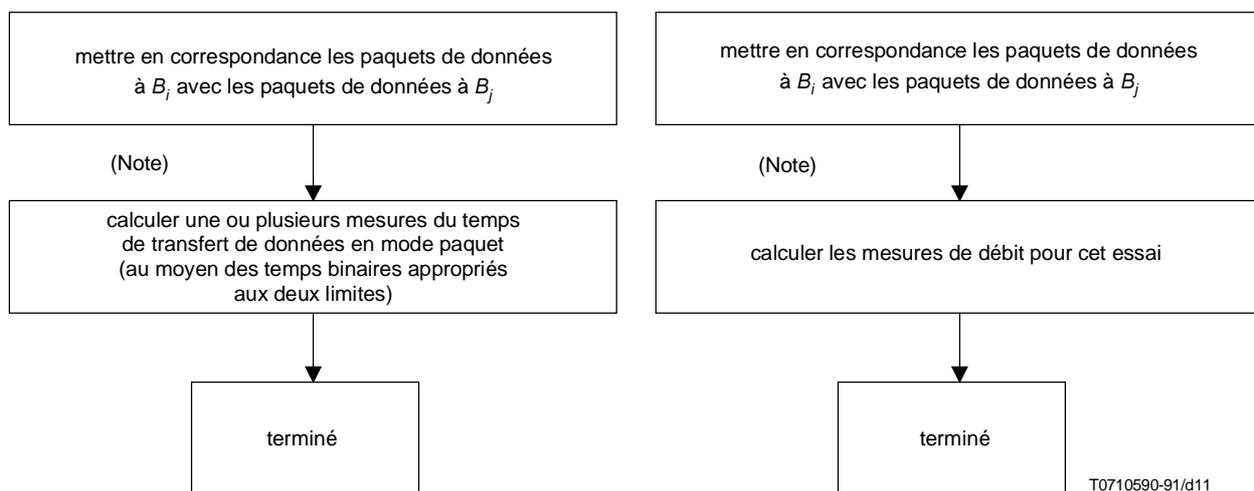
NOTE – Taux d'erreurs résiduel = $\frac{(N_L + N_X + N_E)}{(N_L + N_X + N_E + N_S)}$, où

$$N_E = \sum_{i=1}^{N_T} b_i^T \oplus b_j^R \text{ (où } \oplus \text{ est l'addition modulo 2); et}$$

$$N_S = N_T - N_E$$

Figure 10/X.138 – Calcul du taux d'erreurs résiduel (méthodes d'approximation)

Le calcul du temps de transfert et de la capacité de débit des paquets de données (Figure 11) implique une mise en correspondance préalable des paquets enregistrés à la limite B_i avec les paquets enregistrés à la limite B_j . Les valeurs de temporisation précisément utilisées lors du calcul du temps de transfert et de la capacité de débit des paquets de données dépendent de l'emplacement des limites B_i et B_j ainsi que du sens de déplacement des paquets entre ces limites.



T0710590-91/d11

NOTE – Toute méthode aussi efficace peut être utilisée.

Figure 11/X.138 – Calcul du temps de transfert et de la capacité de débit des paquets de données

5.9 Essai de retrait

Les procédures suivantes permettront d'obtenir les valeurs du temps d'indication de libération et de la probabilité d'échec de libération d'une communication.

5.9.1 Extraction des données de l'essai de retrait

La Figure 12 montre la procédure d'extraction des données d'un essai de retrait. Les limites B_i et B_j correspondent aux interfaces X.25 ou X.75 auxquelles aboutit l'ensemble des sections de connexion mises à l'essai.

Les canaux logiques aux limites B_i et B_j doivent d'abord être à l'état p4/d1. Le dispositif A émettra un paquet de demande (ou d'indication) de libération. Le dispositif B devra être prêt à recevoir et à enregistrer les paquets correspondants. Les horloges des dispositifs A et B doivent être assez bien synchronisées pour que leur différence soit une fraction non significative de la valeur probable du temps d'indication de libération. Une précision de synchronisation d'une ou de deux millisecondes est habituellement suffisante.

La durée totale permise pour que le dispositif B reçoive de A le dernier paquet de libération de communication doit être au moins égale au seuil d'échec de libération de la communication de 180 secondes.

5.9.2 Réduction des données de l'essai de retrait

La Figure 13 montre la procédure de réduction des données de l'essai de retrait. Chaque essai de retrait est classé conformément au diagramme de la Figure 14. La Figure 15 montre les étapes à suivre pour calculer le temps d'indication de libération pour des libérations de communication efficaces. Les informations préliminaires qui seront recueillies au cours de ces deux étapes serviront, en association avec d'autres résultats d'essai, pour déterminer si le service a été disponible pendant cet essai. Si tel a été le cas, les statistiques de valeurs cumulées de libération de communication pourront être mises à jour. Des compteurs de valeurs cumulées pourront être activés pour enregistrer le nombre total d'échecs de libération et pour le temps total d'indication de libération (lors de tentatives efficaces). La division des valeurs ainsi accumulées dans les compteurs par le nombre cumulé des tentatives de libération de communication permettra d'obtenir des estimations de la probabilité d'échec de libération d'une communication et du temps d'indication de libération.

La Figure 14 montre l'utilisation de l'enregistrement des événements de référence de la couche Paquet (dénommés "A" et "B" sur cette figure) afin de déterminer si la libération de communication a été efficace ou non. L'événement "B" n'est considéré comme réalisé que si le paquet d'indication (ou de demande) de libération a été reçu à B_j dans l'intervalle maximal de 180 secondes avant échec de libération de communication. Dans le cas contraire, il est considéré comme n'ayant pas été réalisé et la tentative de libération est classée dans la catégorie des échecs.

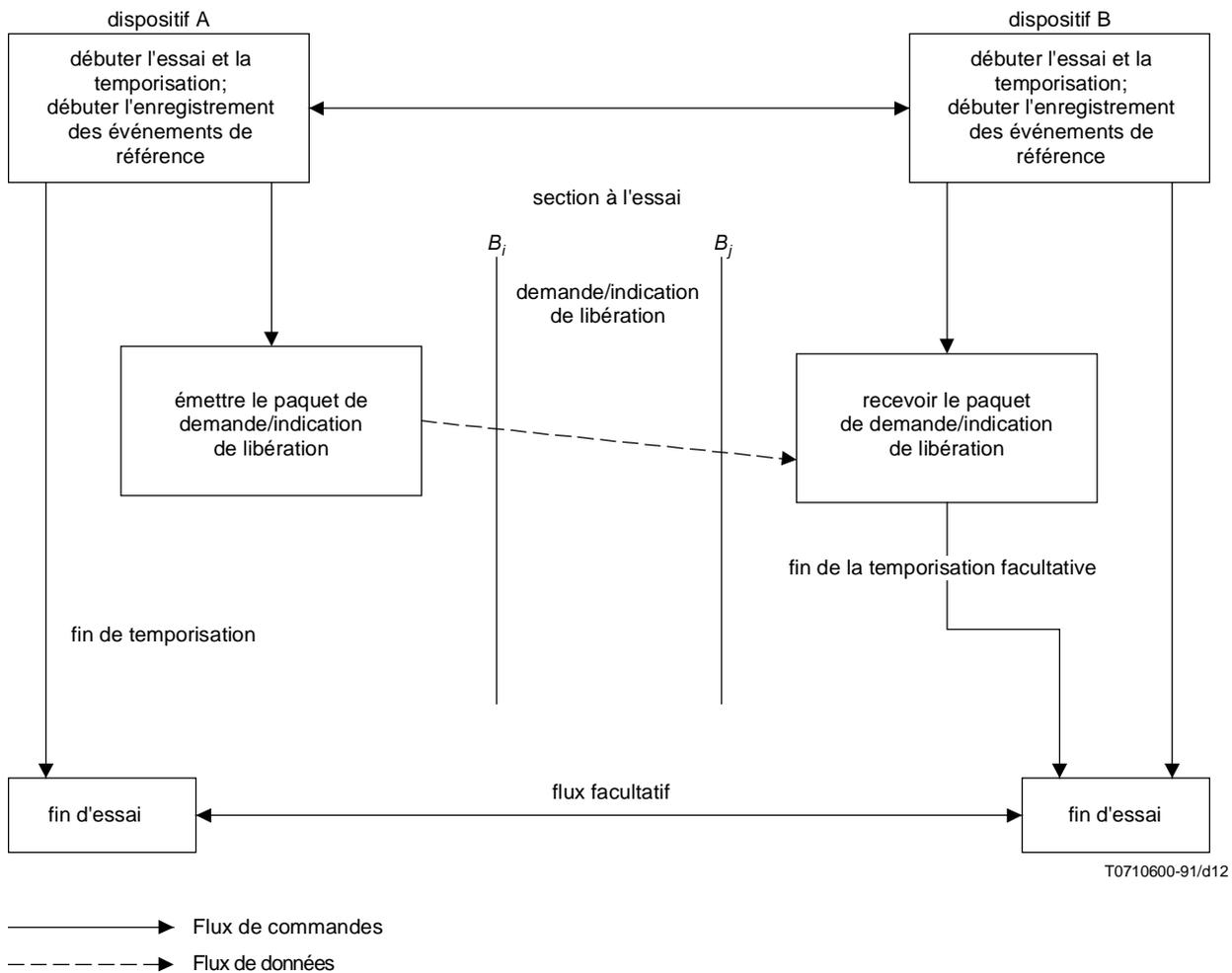
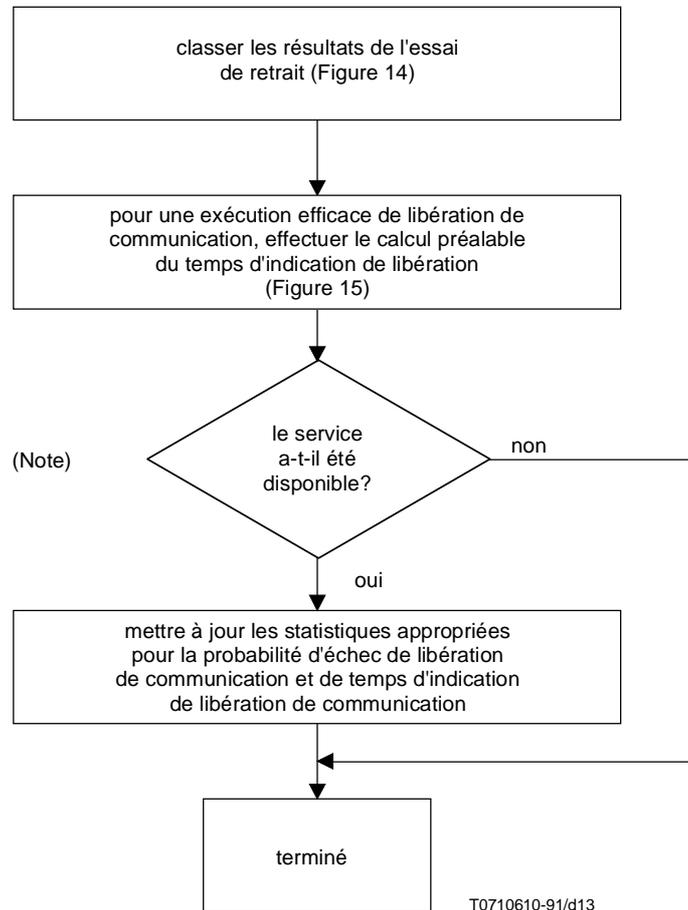
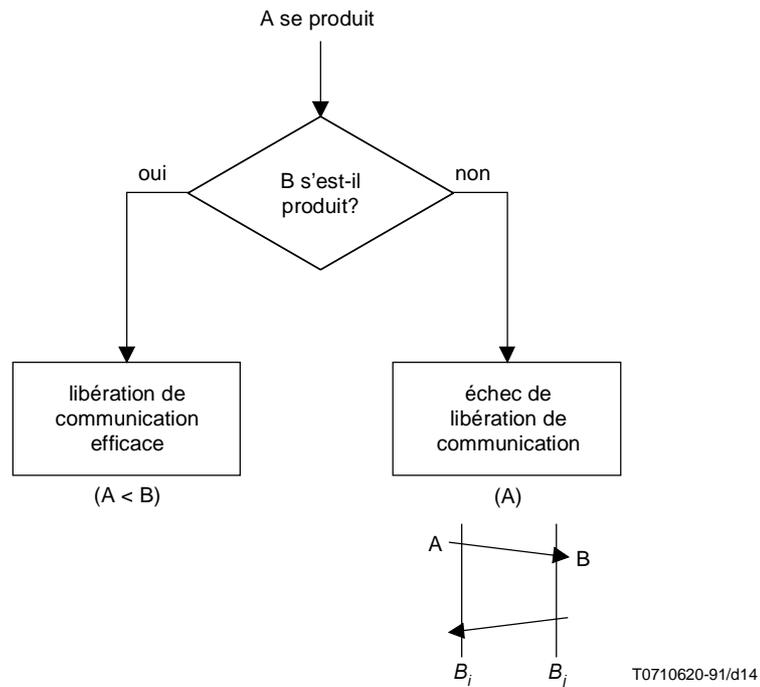


Figure 12/X.138 – Procédure d'extraction des données de l'essai de retrait



NOTE – Si les considérations d'ordre statistique appropriées ont été prises en compte, cette décision peut servir à estimer la disponibilité.

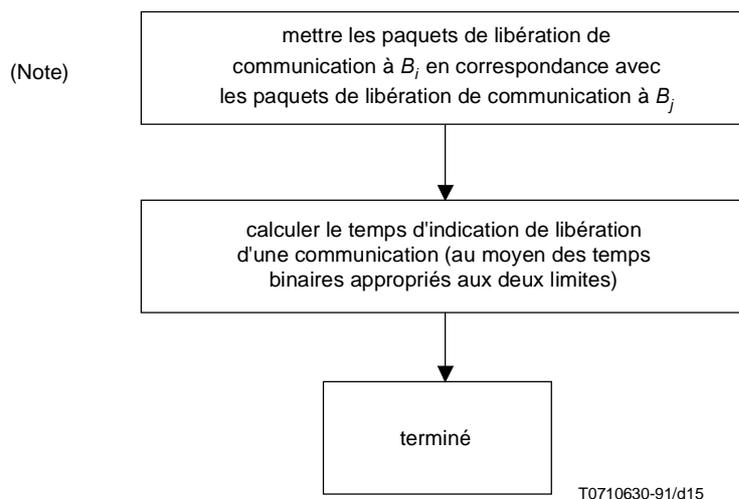
Figure 13/X.138 – Procédure de réduction des données d'un essai de retrait



A Événement de protocole demande/indication de libération
 B Événement de protocole demande/indication de libération
 La notation (A < B) signifie que l'événement A s'est produit avant l'événement B

Figure 14/X.138 – Classification d'un résultat d'essai de retrait

Le calcul du temps d'indication de libération (voir la Figure 15) implique une mise en correspondance préalable des paquets enregistrés à la limite B_i avec les paquets enregistrés à la limite B_j . Les valeurs de temporisation exactes, utilisées lors du calcul du temps d'indication de libération, dépendent de l'emplacement des limites B_i et B_j ainsi que du sens de déplacement des paquets entre ces limites.



NOTE – Toute méthode aussi efficace peut être utilisée.

Figure 15/X.138 – Calcul du temps d'indication de libération d'une communication

5.10 Estimation des paramètres de disponibilité

Une séquence appropriée d'essais de disponibilité permettra de mesurer les paramètres de disponibilité, la disponibilité du service et le temps moyen entre interruptions de service pour une connexion virtuelle donnée. Un exemple d'une telle séquence d'essais de disponibilité, appelé essai de disponibilité minimale, est décrit au A.1.1/X.137. Pour l'essai de disponibilité minimale, on définit des critères d'échec/succès, qui permettent de déterminer la disponibilité de la section. Les critères d'échec/succès peuvent être exprimés sous forme paramétrique par une série de valeurs (N_1 , N_2 , N_3 , N_4 et N_5).

Les critères d'interruption du service sont spécifiés pour un certain nombre de paramètres de décision de disponibilité (voir aussi le Tableau 2/X.137). Les correspondances entre les valeurs paramétriques (N_1 , N_2 , N_3 , N_4 et N_5) et ces critères d'interruption du service sont indiquées dans le Tableau 2. (La base statistique pour ces valeurs est donnée au A.1.2/X.137.)

On utilise les valeurs paramétriques dans l'essai de disponibilité minimale pour évaluer la disponibilité de service de la manière indiquée aux 5.10.1 et 5.10.2. (Voir aussi l'Annexe A/X.137.)

Tableau 2/X.138 – Correspondance entre les critères d'interruption du service théoriques et les critères de succès/échec de l'essai de disponibilité minimale

Paramètres de décision de disponibilité	Critères d'interruption du service	Critères de succès/échec de l'essai de disponibilité minimale
probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication (cfp) probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication (cep)	$(cfp + cep) > 0,9$	$N_1 = 4$
capacité de débit (tc)	$tc < 80 \text{ bit/s}$	$N_2 = 80$
taux d'erreurs résiduel (rer)	$rer > 10^{-3}$	$N_3 = 10^{-3}$
probabilité de réinitialisation (rp) probabilité de signal de réinitialisation (rsp_1 , rsp_2)	$(rsp_1 + rp + rsp_2) > 0,015$	$N_4 = 5$
probabilité de déconnexion prématurée (pdp) probabilité de signal de déconnexion prématurée ($pdsp_1$, $pdsp_2$)	$(pdsp_1 + pdp + pdsp_2) > 0,01$	$N_5 = 1$

5.10.1 Extraction des données de disponibilité minimale

L'essai ci-après et ses critères de décision sont définis comme étant les bases minimales qui sont nécessaires pour échantillonner l'état de disponibilité d'une section.

La Figure 16 montre une procédure permettant de conduire un essai de disponibilité minimale dans les limites d'une section. Cet essai se subdivise en deux phases: l'accès (phase I) et le transfert des informations d'utilisateur (phase II). Il nécessite que des sources, puits et moniteurs commandés soient placés à chaque limite de la section.

Au cours de la phase I, un maximum de N_1 tentatives d'établissement de communication (essais d'accès) est exécuté. La phase I se termine lorsqu'un des événements suivants se produit: une tentative d'établissement de la communication aboutit; N_1 tentatives d'établissement de communication successives n'aboutissent pas; ou la durée de la phase I dépasse 5 minutes. Chaque tentative d'établissement de communication peut être réalisée conformément à la procédure décrite au 5.7.1 et sur la Figure 3. La phase I n'est effectuée que dans le cas d'une communication virtuelle commutée.

La phase II d'un essai de disponibilité minimale consiste à tenter de conserver pendant 5 minutes une connexion virtuelle dans les limites de la section étudiée et de conserver un débit moyen supérieur à N_2 bit/s pendant cet intervalle de temps. La transmission de paquets peut être effectuée conformément à la procédure décrite dans le 5.8.1 et sur la Figure 7. Les valeurs de N et de X doivent si possible être telles que la procédure tente de réaliser un débit considérablement supérieur à N_2 bit/s. Dans le cas d'une tentative d'établissement de communication virtuelle commutée, la phase II n'est exécutée que si une tentative d'établissement de communication de phase I aboutit. Dans le cas d'un circuit virtuel permanent, seule la phase II est exécutée.

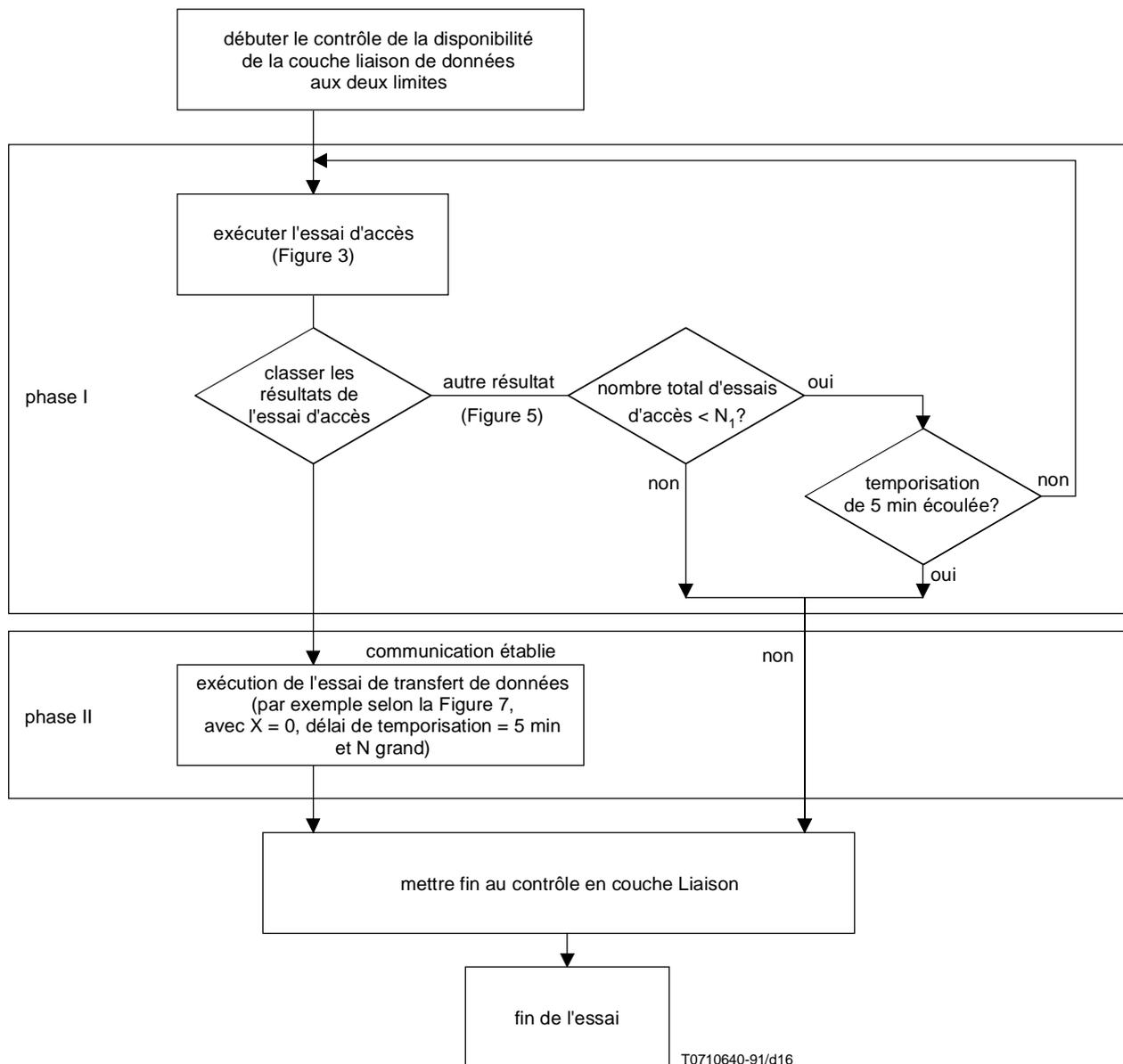


Figure 16/X.138 – Procédure d'extraction des données de l'essai de disponibilité minimale

5.10.2 Réduction des données de l'essai de disponibilité minimale

La Figure 17 montre une procédure de réduction des données de performance obtenues par un essai de disponibilité. Cette procédure met en œuvre les critères de décision de disponibilité définis dans la Recommandation X.137.

Les critères définis dans la Recommandation X.137 servent à déterminer la disponibilité des couches de liaison de données. Trois cas sont distingués: la couche de liaison de données est disponible aux deux limites de la section; la couche de liaison de données est indisponible à l'une des limites pour des raisons internes à la section; et la couche de liaison de données est indisponible à l'une des limites pour des raisons externes à la section ou est indisponible aux deux limites pour des raisons internes à la section. Dans le premier cas, la disponibilité de la section est déterminée par les résultats des phases I et II de l'essai. Dans le deuxième cas, la section est déclarée indisponible. Dans le troisième cas, l'essai est exclu.

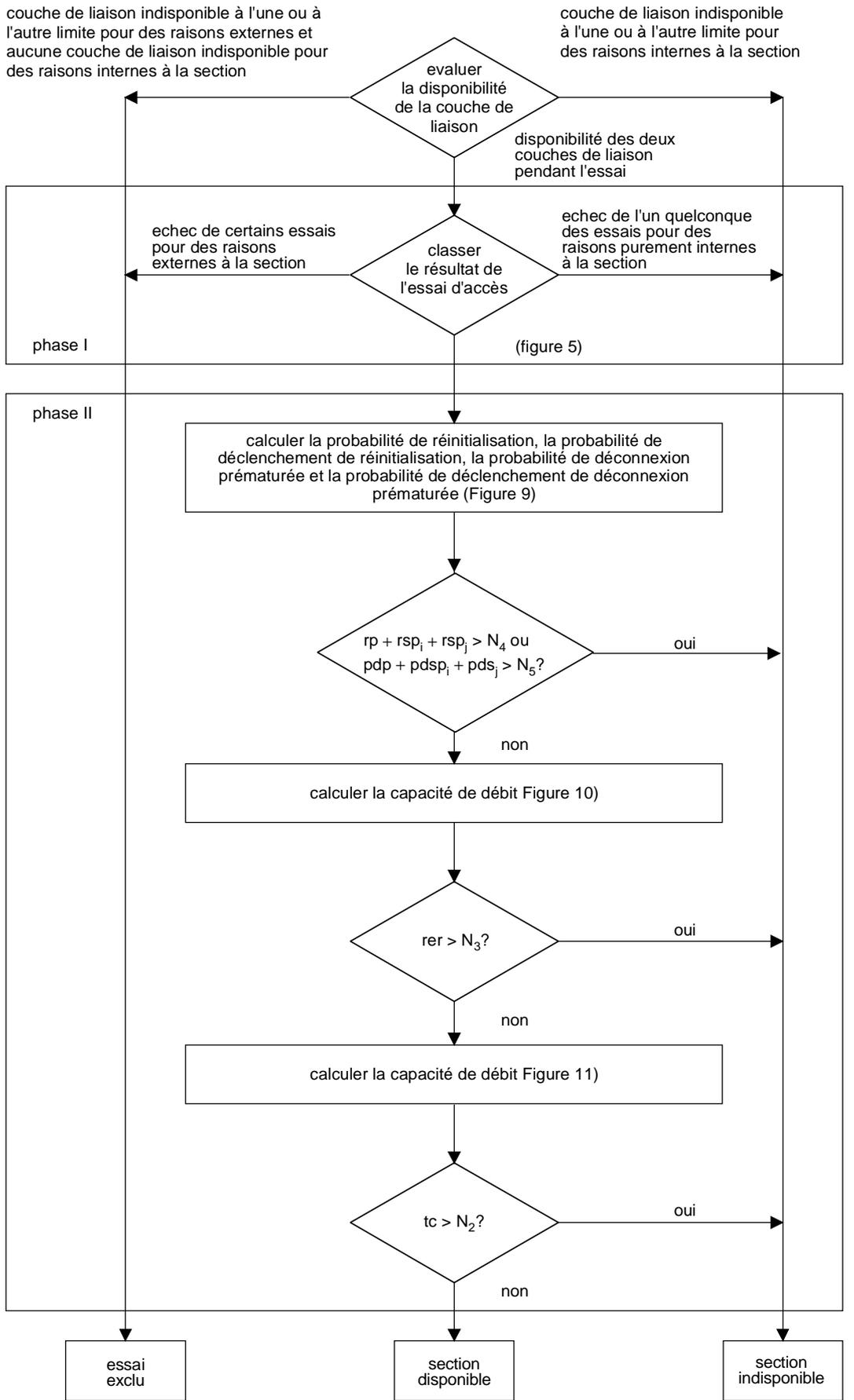


Figure 17/X.138 – Procédure de réduction des connées de l'essai de disponibilité minimal

Le traitement des résultats de la phase I est indiqué dans la partie supérieure de la Figure 17. Le résultat de chaque tentative est déterminé conformément à la procédure décrite au 5.7.2. Si toutes les tentatives aboutissent à une erreur dans l'établissement de la communication ou à un échec dans l'établissement de la communication, la section du circuit virtuel est considérée comme indisponible pendant la durée de l'essai. Si une quelconque tentative d'établissement de communication n'aboutit pas pour des raisons externes aux limites de la partie (par exemple à cause de dérangements de l'équipement d'essai), l'essai est exclu et n'est pas utilisé pour déterminer les paramètres de disponibilité.

Si un quelconque essai d'accès aboutit et qu'aucun essai d'accès n'échoue pour des raisons externes à la section, la disponibilité de celle-ci est déterminée par les résultats obtenus dans la phase II.

Le traitement des résultats de la phase II est indiqué dans la partie inférieure de la Figure 17. La procédure de réduction met en œuvre les critères de décision suivants, fondés sur le Tableau 2:

- si la somme du nombre observé d'événements de réinitialisation et du nombre de déclenchements de réinitialisation pendant la phase II est supérieure à N_4 , la section est indisponible;
- si le nombre observé d'événements de libération de communication dus à des déconnexions prématurées ou à des déclenchements de déconnexion prématurée est supérieur à N_5 (dans le cas d'une communication virtuelle commutée), la section est indisponible;
- si le taux d'erreurs résiduel mesuré pendant la phase II est supérieur à N_3 , la section est indisponible;
- si le débit observé pendant la phase II est inférieur à N_2 bit/s, la section est indisponible.

Si la section n'est pas indisponible conformément à l'un des quatre critères qui précèdent, elle est considérée comme disponible pendant l'essai.

5.10.3 Estimation de la disponibilité de service

On peut calculer une estimation suffisamment proche de la disponibilité de service pour une section de circuit virtuel en exécutant une série d'essais de disponibilité minimale comme indiqué ci-dessous.

Une séquence d'au moins 300 essais de disponibilité est conduite sur la section pendant une longue période de mesure (6 mois par exemple). Du fait des durées des interruptions de service à prévoir, il y aura lieu d'intercaler au moins 7 heures entre chaque essai (afin d'éviter une corrélation entre essais de disponibilité). Les essais seront répartis uniformément dans la durée de service prévue. Un essai dont le résultat est exclu peut être remplacé par un essai exécuté immédiatement après lui. La valeur estimée de la disponibilité de service est de 100 fois le nombre d'essais ayant permis de déclarer la section disponible, divisé par le nombre d'essais dont le résultat n'a pas été exclu.

5.10.4 Estimation du temps moyen entre interruptions de service

On peut calculer une estimation suffisamment proche du temps moyen entre interruptions de service pour une section de circuit virtuel en exécutant une série d'essais de disponibilité. [Ces méthodes admettent l'hypothèse d'une durée jusqu'à interruption de service sans registres séparés (croissant exponentiellement).]

Choisir k intervalles de temps non consécutifs, d'au moins 30 minutes et d'au plus 3 heures chacun. La durée totale des k intervalles devra dépasser le triple de la valeur estimée *a priori* pour le temps moyen entre interruptions de service. Pendant la durée de chaque intervalle, on conduira des essais consécutifs de disponibilité dans la section. Un essai supplémentaire "postintervalle" sera effectué immédiatement après le dernier essai de chaque intervalle. Le temps mesuré (A) dans l'état de disponibilité et le nombre observé (F) de transitions de l'état de disponibilité à l'état d'indisponibilité permettront d'obtenir une estimation du temps moyen entre interruptions de service.

La Figure 18 montre une procédure de réduction des données de performance ainsi recueillies et d'estimation du temps moyen entre interruptions de service. Cette procédure met en œuvre les spécifications suivantes:

- si le résultat d'un essai quelconque est exclu dans un certain intervalle, tous les essais de cet intervalle sont ignorés;
- si la section est indisponible lors du premier essai d'un intervalle, supposer que la transition à l'état d'indisponibilité s'est produite avant le début de l'intervalle et ignorer tous les essais de cet intervalle;
- si la section est disponible lors du premier essai d'un intervalle et n'est pas disponible lors d'un essai ultérieur d'un intervalle quelconque, ajouter une unité au nombre observé (F) de transitions à l'état d'indisponibilité. Ajouter à la durée cumulée (A) des états de disponibilité celle de tous les essais effectués dans l'intervalle qui précède le premier résultat d'indisponibilité; ignorer tous les essais dans l'intervalle qui suit le premier résultat d'indisponibilité;
- si la section est disponible lors de tous les essais d'un intervalle, ajouter la durée de ces essais à la durée cumulée (A) des états de disponibilité. Si la section n'est pas disponible lors de l'essai postintervalle, ajouter une unité au nombre observé (F) de transitions à l'état d'indisponibilité.

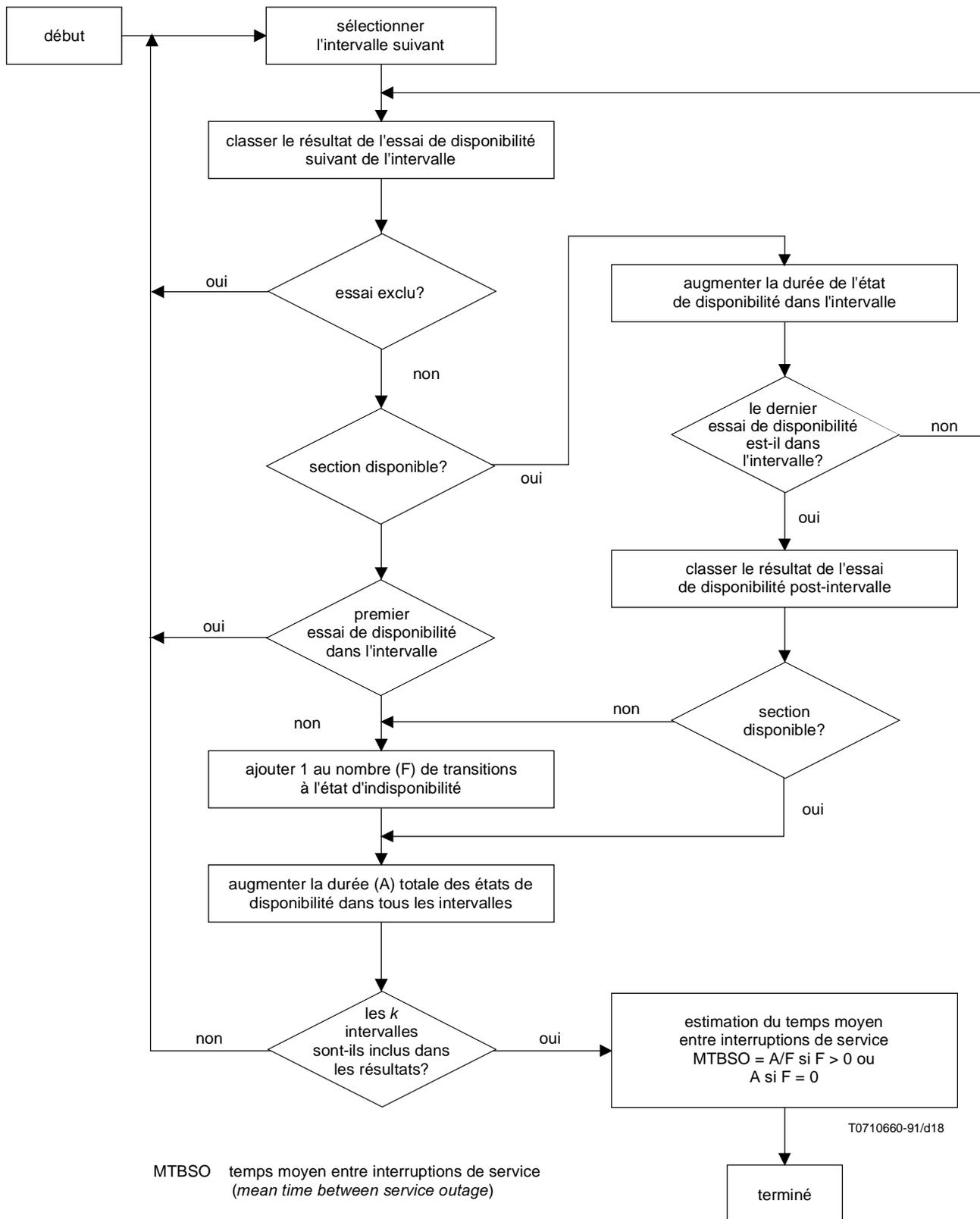


Figure 18/X.138 – Procédure de réduction des données pour estimer le temps moyen entre interruptions de service

Une fois que les résultats de tous les k intervalles ont été traités, on estime le temps moyen entre interruptions de service par le rapport A/F si $F > 0$ et par la valeur de A si $F = 0$.

L'estimation du temps moyen entre interruptions de service admet l'hypothèse que, si une interruption commence lors d'un essai de disponibilité, cet essai (ou le suivant) permet de conclure que la section est indisponible. Cette hypothèse est logique puisque les interruptions de service, contrairement aux échecs transitoires, dureront sans doute plus de 5 minutes.

Le fait d'ignorer le reste des essais d'un intervalle à la suite d'un résultat d'indisponibilité se justifie aussi bien sur le plan pratique que sur le plan statistique. Il est indispensable que la section de connexion virtuelle revienne à l'état de disponibilité avant que l'on puisse cumuler de quelconques nouvelles valeurs de durée de disponibilité et avant que de quelconques nouvelles transitions à l'état d'indisponibilité puissent être observées. En premier lieu, la durée à prévoir pour rétablir le service peut être grande par rapport à celle qui reste à disposition dans l'intervalle. Il sera sans doute peu judicieux et peu économique de continuer à contrôler une section de réseau en dérangement ou encombrée. En deuxième lieu, si les transitions à l'état d'indisponibilité sont statistiquement indépendantes, le fait d'ignorer le reste de l'intervalle, qui pourrait faire augmenter la durée des états de disponibilité, ne faussera pas le résultat. (Si des interruptions ont tendance à ne pas rester dispersées, l'ignorance d'essais après transition à l'état d'indisponibilité tendra vers une surestimation du temps moyen entre interruptions de service. Si les interruptions ont tendance à rester dispersées, l'ignorance d'essais après transition à l'état d'indisponibilité tendra vers une sous-estimation du temps moyen entre interruptions de service.) Les intervalles devront être courts par rapport à la somme du temps prévu jusqu'à rétablissement de service et du temps prévu entre interruptions de service. Chaque intervalle ne devra donc pas dépasser 3 heures. Une longueur minimale de 30 minutes est recommandée pour chaque intervalle, avec des essais de disponibilité de 5 minutes.

Une interruption qui commence pendant le premier essai de disponibilité ne donnera pas toujours un résultat d'indisponibilité. Conformément à la procédure d'estimation, si un résultat d'indisponibilité se produit, l'intervalle correspondant est ignoré, la transition d'état est omise et le temps moyen entre interruptions de service est surestimé. L'essai postintervalle permet d'identifier toute transition d'état qui s'est produite lors du dernier essai de l'intervalle. Il tient également compte de certaines transitions qui se sont produites en dehors de l'intervalle. Ces transitions sont affectées d'un niveau de probabilité égal à celui de l'omission de transitions pendant le premier essai d'un intervalle. Les deux sources de distorsion tendront ainsi à s'annuler.

6 Méthode de synchronisation de l'équipement

6.1 Synchronisation de l'équipement

La synchronisation d'entités séparées d'un équipement peut être effectuée comme suit:

6.1.1 Conditions générales

Comme indiqué sur la Figure 19, on utilise une connexion par le réseau téléphonique public commuté (RTPC) pour la communication entre les ETTD pendant leur synchronisation.

Il serait utile que le trajet de synchronisation puisse aussi servir à acheminer les résultats des mesures effectuées. Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure.

Il y a lieu de synchroniser les ETTD immédiatement avant chaque mesure. La période de mesure ne devra pas avoir une durée qui puisse donner lieu à une dérive de grandeur telle que l'imprécision soit trop grande.

6.1.2 Ligne de communication par RTPC

Les ETTD seront équipés d'un accès asynchrone en plus de l'accès utilisé pour la connexion au(x) réseau(x) à commutation de paquets faisant l'objet des mesures. L'accès asynchrone est raccordé au RTPC par modem conforme à la Recommandation V.22, avec réponse automatique selon la Recommandation V.25.

La connexion par RTPC doit être par commutation de circuits (et est censée avoir un temps de propagation aller et retour constant). Cette connexion n'est nécessaire que pendant l'établissement de la synchronisation des horloges.

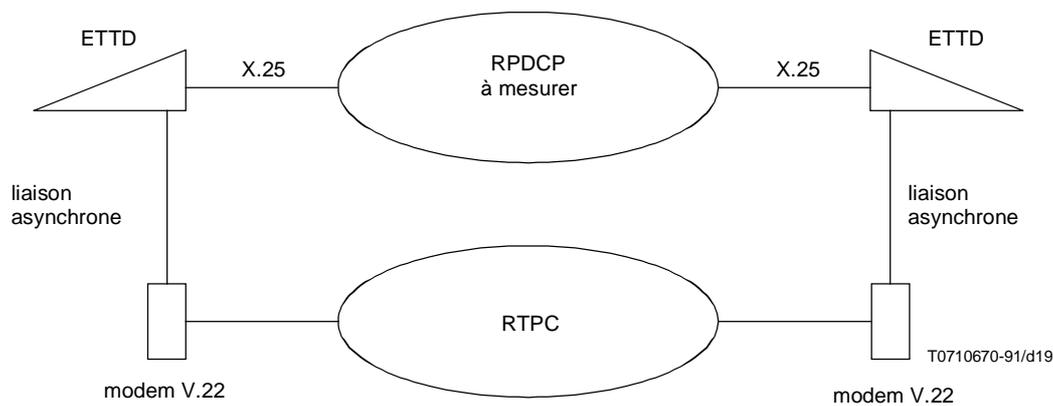


Figure 19/X.138 – Configuration de synchronisation

6.1.3 Horloge locale des ETTD

Les ETTD doivent avoir une horloge locale de stabilité suffisante pour conserver la précision requise de la synchronisation pendant toute la période de mesure. Il convient d'utiliser une précision d'au moins 1 unité sur 10^5 (y compris l'imprécision de calage initial de fréquence, la dérive et l'incertitude de synchronisation).

NOTE – Un complément d'étude est nécessaire quant à la valeur pratique de cette précision.

Des horloges aussi précisément réglées peuvent donner lieu à une dérive de $2 \times 10^5 \times \text{temps}$, c'est-à-dire d'environ 12 ms/10 minutes.

6.1.4 Fonction de télécommande

Chaque ETTD doit pouvoir accepter une commande en IA5 de l'ETTD distant, par l'intermédiaire d'un accès asynchrone distinct de l'accès de mesure en mode paquet. Il doit également pouvoir envoyer des commandes en IA5 à l'ETTD distant, par cet accès asynchrone.

6.1.5 Réinitialisation des horloges

Chaque fois qu'un ETTD reçoit la commande `TIMER_SET`, son horloge interne est réinitialisée au temps 0. Le temps de réponse à cet ordre doit être compris entre 0 ms et 5 ms après réception de la commande.

6.1.6 Horodateur

La granulosité de l'horodateur sera inférieure ou égale à 1 ms.

6.1.7 Procédure de synchronisation

L'ETTD A envoie à l'ETTD B un message `TIMER_SET` terminé par un retour de chariot, sur le conduit asynchrone. Soit t_0 le temps d'émission du caractère de retour de chariot.

Lorsque l'ETTD B a reçu le caractère de retour de chariot, il met son horloge à zéro et répond à l'ETTD A par un message `TIMER_ACK` terminé par un retour de chariot. Ces deux actions devront être réalisées dans un intervalle de 5 ms après réception du message `TIMER_SET`.

Lorsque l'ETTD A a reçu le caractère de retour de chariot au temps t_1 , il règle son horloge sur $\frac{(t_1 + t_m - t_0)}{2}$ où t_m est la durée de transmission asynchrone du message `TIMER_ACK`, c'est-à-dire 83,3 ms à 1200 bit/seconde.

Ce processus est décrit par la Figure 20.

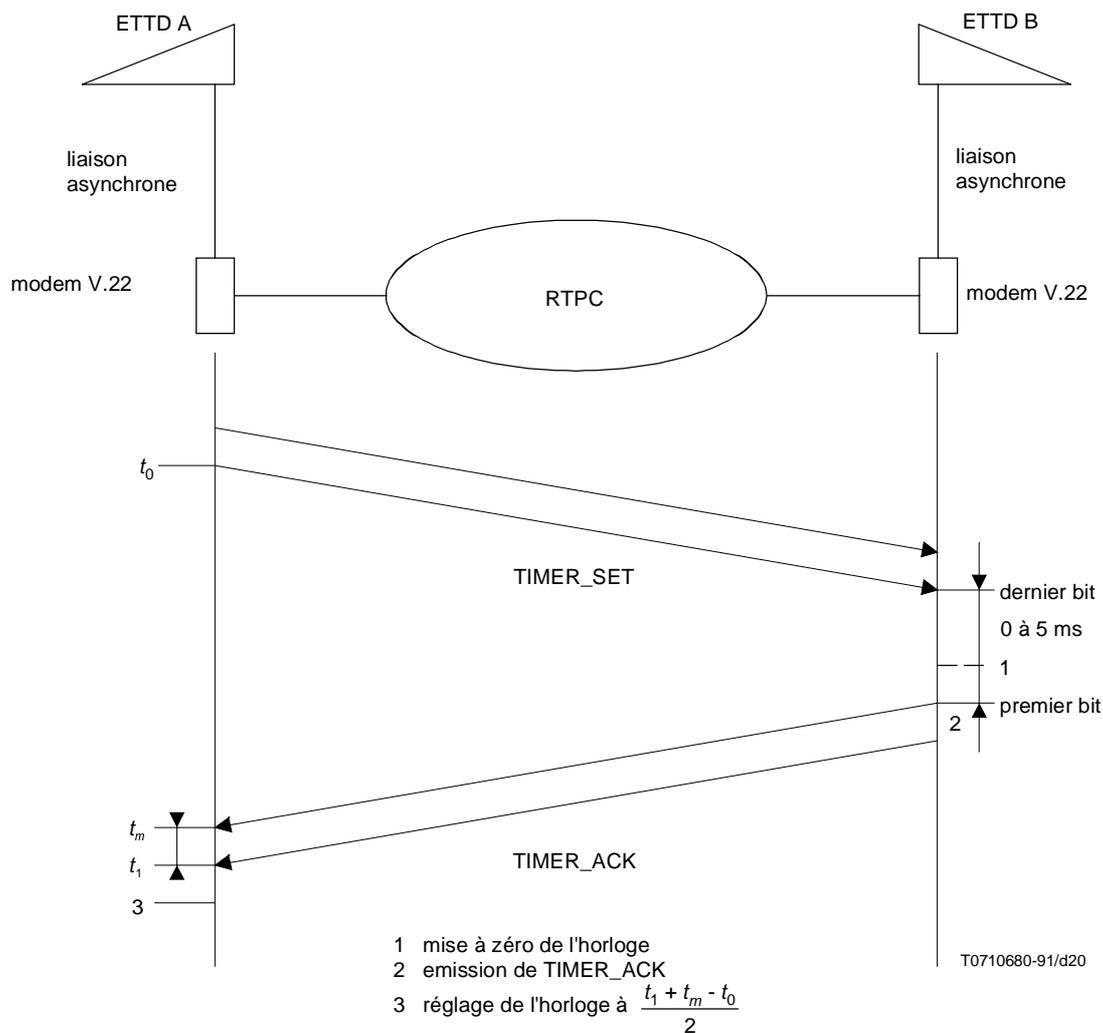


Figure 20/X.138 – Procédure de synchronisation

Annexe A

Calcul des statistiques de performance d'un réseau commuté en mode paquet

La présente annexe donne des renseignements sur le calcul des statistiques de performance en mode paquet et sur les conditions (ou facteurs) de mesure qui ont une influence sur leur observation. Les formules détaillées sont indiquées au A.1. Le sous-paragraphe A.2 présente quelques définitions statistiques de base. Le sous-paragraphe A.3 donne un facteur de correction à appliquer à la formule de mesure du débit.

A.1 Statistiques

Le Tableau A.1 a), b) et c) constitue une référence pour le calcul des statistiques relatives aux paramètres de performance traités dans les Recommandations X.135, X.136 et X.137. Pour chaque paramètre, on indique une équation permettant de calculer une observation x donnée. La plupart de ces équations font appel aux noms des variables définies dans ces Recommandations.

Tableau A.1 a/X.138 – Calcul de statistiques pour les paramètres de performance: Rapidité de service – Temps

Paramètre	Pour une observation	Moyenne d'échantillon	Estimation de la variance
temps d'établissement d'une communication	$d_1 - d_2 = x$ (Note 1)	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \bar{x}$	$\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$
temps de transfert des paquets de données	$t_1 - t_2 = x$ (Note 2)	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \bar{x}$	$\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$
temps d'indication de libération	$t_1 - t_2 = x$ (Note 3)	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \bar{x}$	$\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$
NOTE 1 – d_1, d_2 sont définis au 2.2/X.135. NOTE 2 – t_1, t_2 sont définis au 3.1/X.135. NOTE 3 – t_1, t_2 sont définis au 5.1/X.135.			

Tableau A.1 b/X.138 – Calcul de statistiques pour les paramètres de performance: Rapidité de service – Capacité de débit

Paramètre	Pour une observation	Pondérations	Estimation de la moyenne d'échantillon pour la capacité de débit (Note 1)
capacité de débit	$T(\gamma) = \frac{B}{t} = x$ (Note 2)	$\frac{t_i}{\sum_{i=1}^M t_i} = w_i$	$\sum_{i=1}^M w_i x_i = \bar{x}$
NOTE 1 – La variance d'échantillon pour la capacité de débit est égale à: $\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$ bien que cette formule ne soit valable que si les durées t_i ($i = 1$ à N) sont toutes égales. L'interprétation de la variance de l'échantillon pour la capacité de débit est claire dans ce cas mais ne l'est pas dans celui d'un échantillon pondéré. Cette formule sera applicable en cas d'utilisation de la technique de mesure indiquée en variante au 4.2/X.135. NOTE 2 – $T(\gamma)$ = est le débit en régime permanent mesuré avec le jeu optimal des facteurs de pondération, γ .			

Tableau A.1 c/X.138 – Calcul de statistiques pour les paramètres de performance: Précision, sûreté de fonctionnement et disponibilité

Paramètre	Pour une observation	Pondérations	Moyenne d'échantillon
probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication	$0,1 = x$ (Note 1)	–	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \bar{x}$
probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication	$0,1 = x$ (Note 2)	–	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \bar{x}$
taux d'erreurs résiduel	$\frac{N_E + N_L + N_X}{N_T} = X$ (Note 3)	$\frac{N_{Ti}}{M \sum_{i=1}^M N_{Ti}} = w_i$	$\sum_{i=1}^M w_i x_i = \bar{x}$
probabilité de signal de réinitialisation (pour une seule limite)	$\frac{S}{N_{vc-s}} = x$ (Note 4)	$\frac{N_{vc-si}}{M \sum_{i=1}^M N_{vc-si}} = w_i$	$\sum_{i=1}^M w_i x_i = \bar{x}$
probabilité de réinitialisation	$\frac{R}{N_{vc-s}} = x$ (Note 5)	$\frac{N_{vc-si}}{M \sum_{i=1}^M N_{vc-si}} = w_i$	$\sum_{i=1}^M w_i x_i = \bar{x}$
probabilité de signal de déconnexion prématurée (pour une seule limite)	$\frac{d}{N_{vc-s}} = x$ (Note 6)	$\frac{N_{vc-si}}{M \sum_{i=1}^M N_{vc-si}} = w_i$	$\sum_{i=1}^M w_i x_i = \bar{x}$
probabilité de déconnexion prématurée	$\frac{p}{N_{vc-s}} = x$ (Note 7)	$\frac{N_{vc-si}}{M \sum_{i=1}^M N_{vc-si}} = w_i$	$\sum_{i=1}^M w_i x_i = \bar{x}$
probabilité d'échec de libération d'une communication	$0,1 = x$ (Note 8)	–	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \bar{x}$
disponibilité de service	$0,100 = x$ (Note 9)	–	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \bar{x}$
temps moyen entre interruptions de service	$\frac{A}{F} = x$ (Note 10)	$\frac{F_i}{M \sum_{i=1}^M F_i} = w_i$	$\sum_{i=1}^M w_i x_i = \bar{x}$

NOTE 1 – $x = 1$ si une erreur se produit pendant l'établissement d'une communication (voir 2.1.1/X.136).

NOTE 2 – $x = 1$ si un échec se produit pendant l'établissement d'une communication (voir 2.1.1/X.136).

NOTE 3 – Total de transferts conforme à la Figure 3/X.136.

NOTE 4 – s est le nombre de déclenchements de réinitialisation observés à la limite (voir 3.2.1/X.136). N_{vc-s} est le nombre de secondes d'observation du circuit virtuel.

NOTE 5 – R est le nombre d'événements de réinitialisation observés (voir 3.2.2/X.136). N_{vc-s} est le nombre de secondes d'observation du circuit virtuel.

NOTE 6 – d est le nombre de déclenchements de déconnexion prématurée observés à la limite (voir 3.3.1/X.136). N_{vc-s} est le nombre de secondes d'observation du circuit virtuel.

NOTE 7 – s est le nombre d'événements de déconnexion prématurée observés (voir 3.3.2/X.136). N_{vc-s} est le nombre de secondes d'observation du circuit virtuel.

NOTE 8 – $x = 1$ si un échec se produit pendant la libération de la communication (voir 4.1/X.136).

NOTE 9 – $x = 100$ si l'observation permet de conclure que le service est disponible (voir 3.1/X.137).

NOTE 10 – "A" est la durée cumulée des états de disponibilité.

"F" est le nombre observé de transitions à l'état d'indisponibilité ou 1 (voir A.3/X.137).

Pour chaque paramètre, on indique une équation permettant de convertir plusieurs observations, x_i , en une valeur moyenne de l'échantillon, x . Lorsque des observations isolées ne dépendent ni de la durée de mesure ni du nombre d'éléments binaires transmis, la moyenne de l'échantillon est la moyenne arithmétique de celui-ci. Dans les autres cas (mesure de la capacité de débit, du taux d'erreurs résiduel, de la probabilité de déclenchement de réinitialisation, de la probabilité de déclenchement de déconnexion prématurée, de la probabilité de déconnexion prématurée, du temps moyen entre interruptions de service) les moyennes d'échantillon sont calculées avec une pondération appropriée de chaque observation en fonction de la durée de celle-ci ou bien du nombre d'éléments binaires transmis.

Pour trois paramètres (le temps d'établissement d'une communication, le temps de transfert des paquets de données et le temps d'indication de libération) une formule permet d'estimer la variance de leur loi de répartition. Pour quatre autres paramètres (probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication, probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication, probabilité d'échec de libération d'une communication et disponibilité de service) on admet que leur répartition suit la loi binomiale et qu'en conséquence leur variance et celle de l'échantillon correspondant ne donnent pas de renseignements supplémentaires sur la qualité du service. Pour les six autres paramètres, dont les observations individuelles dépendent de leur durée ou du nombre de bits transmis pendant ce temps (capacité de débit, taux d'erreurs résiduel, probabilité de déclenchement de réinitialisation, probabilité de déclenchement de déconnexion prématurée, probabilité de déconnexion prématurée, temps moyen entre interruptions de service) aucune formule n'est indiquée pour calculer une variance d'échantillon. Pour évaluer la variabilité de ces paramètres, il faut choisir pour chacun d'eux une seule taille fixe d'observations.

La première étape pour mettre au point un ensemble d'observations de capacité de débit consiste à choisir un jeu de facteurs de pondération γ paramétrables par l'utilisateur: la taille des fenêtres de la couche Paquet, la longueur des paquets de données, la classe de débit, l'utilisation du bit D et les intervalles entre paquets doivent tous être choisis de manière à maximiser le débit possible. Le sous-paragraphe A.2 donne des indications sur la façon d'ajuster ces facteurs pour améliorer le débit. Chaque observation de la capacité de débit sera fondée sur le jeu optimal des facteurs de pondération γ . La moyenne de ces observations, pondérée par la durée de chacune d'elles, donnera une valeur unique d'estimation de la capacité de débit.

Afin d'interpréter correctement les valeurs de performance mesurées, il faut connaître les conditions de mesure applicables. Le Tableau A.2 recense les facteurs généraux qui peuvent avoir une influence sur les valeurs de chacun des paramètres de performance définis. Les mesures obtenues conformément à la présente Recommandation devront contenir (ou indiquer) une spécification des facteurs de pondération appliqués pendant la mesure. Les effets des facteurs ainsi spécifiés sur le débit seront décrits ci-dessous, assortis de conseils pour le compte rendu d'essais multiples et d'un facteur de correction pour les mesures de débit.

Tableau A.2/X.138 – Facteurs d'influence sur les valeurs des paramètres de performance

Facteurs	csd	dpd	tc	cid	cep	cfp	rer	rsp	rp	pdsp	pdp	ccfp	sa	mtbso
débit binaire	x	x	x	x										
taille de paquet dans la couche Liaison de données	x	x	x	x										
taille de fenêtre dans la couche Paquet		x	x											
longueur de paquet		x	x				x							
autres connexions virtuelles	x	x	x	x	x		x		x		x		x	x
heure du jour	x	x	x	x	x		x		x		x		x	x
classe de débit		x	x											
utilisation du bit D			x											

Tableau A.2/X.138 – Facteurs d'influence sur les valeurs des paramètres de performance (fin)

Facteurs	csd	dpd	tc	cid	cep	cfp	rer	rsp	rp	pdsp	pdp	ccfp	sa	mtbso
intervalles entre paquets		x	x											
csd temps d'établissement d'une communication dpd temps de transfert des paquets de données tc capacité de débit cid temps d'indication de libération cep probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication cfp probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication rer taux d'erreurs résiduel rsp probabilité de signal de réinitialisation rp probabilité de réinitialisation pdsp probabilité de signal de déconnexion prématurée pdp probabilité de déconnexion prématurée ccfp probabilité d'échec de libération d'une communication sa disponibilité de service mtbso temps moyen entre les interruptions du service														

A.2 Formules statistiques

Diverses formules statistiques sont indiquées ci-dessous afin d'éliminer la confusion qui résulte souvent de la comparaison de formules pour paramètres d'échantillon (estimés) et pour paramètres de répartition (représentatifs d'une population).

A.2.1 Moyenne d'échantillon

De même que la moyenne arithmétique d'un ensemble d'observations, la moyenne observée sert d'estimation de la moyenne vraie de la loi sous-jacente. Dans des conditions assez générales, la moyenne:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{k=1}^n x_k}{n}$$

est l'estimateur, par la méthode du maximum de vraisemblance, de la moyenne vraie de la loi.

A.2.2 Variance d'échantillon

La variance estimée, $s(X)$ ou s , d'une séquence d'observation est définie comme suit:

$$s = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n - 1}$$

et sert à donner des valeurs estimées de la précision de la moyenne \bar{x} , \bar{x} estimée.

L'utilisation du facteur $\left(\frac{1}{n} - 1\right)$ garantit que cet estimateur sera sans biais, dans la mesure où $E[s(X)] = V$, où V est la variance vraie de la loi sous-jacente.

A.2.3 x^{e} centile

Le x^{e} centile ($0 < x < 100$) d'une distribution continue et cumulative F est tout nombre Y qui satisfait l'équation $F(Y) = \frac{x}{100}$. Si F est strictement croissante, Y est unique. Pour des distributions discrètes, les centiles ne sont généralement pas uniques. Dans ce cas, tout Y pour lequel $F(Y)$ est un minimum mais supérieur ou égal à $\frac{x}{100}$, sera un x^{e} centile de F .

Par exemple, le 95^e centile d'un ensemble de mesures sera un nombre Y quelconque tel que:

- 1) au moins 95% des mesures tombent au-dessous de Y ;
- 2) le nombre de telles mesures inférieures à Y soit un minimum.

A.2.4 Minimum

Le minimum d'un ensemble de mesures est la plus petite valeur atteinte par une mesure quelconque de cet ensemble.

A.2.5 Maximum

Le maximum d'un ensemble de mesures est la plus grande valeur atteinte par une mesure quelconque de cet ensemble.

A.3 Facteur de correction pour mesures de débit

Si le débit est mesuré par observation d'événements sortants, un facteur de correction pourra être appliqué à la formule de mesure de débit afin de tenir compte de toute différence de taille éventuelle entre A_0 et A_k ou entre A_0 et A_m (conformément aux définitions indiquées au 4.1/X.135).

Si les événements sortants sont observés à la limite B_i , le facteur de correction sera le suivant:

<i>Etat observé</i>	<i>Correction appliquée</i>
$f(A_0) = f(A_k)$	Pas de correction
$f(A_0) > f(A_k)$	Soustraire de A_0 , depuis $t_2 - t_1$, la durée d'insertion des bits de données d'utilisateur excédentaires à la limite B_i [$f(A_0) - f(A_k)$]
$f(A_0) < f(A_k)$	Ajouter à A_0 , depuis $t_2 - t_1$, la durée d'insertion des bits de données d'utilisateur déficitaires à la limite B_i [$f(A_0) - f(A_k)$]

Par analogie, la table pour le cas d'observation d'événements entrants à la limite B_j sera la suivante:

<i>Etat observé</i>	<i>Correction appliquée</i>
$f(A_0) = f(A_k)$	Pas de correction
$f(A_0) > f(A_k)$	Soustraire de A_0 , depuis $t_2 - t_1$, la durée d'insertion des bits de données d'utilisateur excédentaires à la limite B_j [$f(A_0) - f(A_k)$]
$f(A_0) < f(A_k)$	Ajouter à A_0 , depuis $t_2 - t_1$, la durée d'insertion des bits de données d'utilisateur déficitaires à la limite B_j [$f(A_0) - f(A_k)$]

L'erreur introduite par la non-application de ce facteur de correction sera normalement très petite.

Annexe B

Facteurs pouvant avoir une influence sur la performance mesurée

B.1 Débits binaires

Le débit binaire d'une section de circuit (habituellement mesuré en bits par seconde) constitue une limite supérieure pour la capacité de débit de chaque section. Des débits binaires très élevés correspondent en général à des charges utiles très élevées. Le débit binaire a également une incidence sur le temps d'établissement d'une communication, sur le temps de transfert des paquets de données et sur le temps d'indication de libération. Un débit binaire supérieur dans une section de circuit correspond généralement, ici encore, à de plus faibles valeurs de ces durées.

B.2 Taille de fenêtre dans la couche Liaison de données

Etant donné que la couche Liaison de données sous-tend tous les canaux logiques qui l'utilisent, elle a une incidence sur le temps d'établissement d'une communication et sur le temps d'indication de libération ainsi que sur le temps de transfert de paquets de données et sur le débit. L'augmentation de la grandeur des fenêtres dans la couche Liaison de données va généralement de pair avec une diminution des durées et une augmentation du débit.

B.3 Taille de fenêtre dans la couche Paquet

L'augmentation des tailles de fenêtre dans la couche Paquet peut augmenter le débit et diminuer les durées.

B.4 Longueur de paquet

La longueur des paquets de données peut avoir une incidence sur le temps de transfert des paquets de données, sur le débit et éventuellement sur le taux d'erreurs résiduel. Les paquets de données de grande longueur vont de pair avec des durées plus longues mais avec des débits plus importants grâce à leur meilleur rendement. Des paquets de données de grande longueur présentent théoriquement une plus grande probabilité que des erreurs dans le champ des données d'usager puissent échapper à la détection effectuée par le contrôle de redondance cyclique à seize bits de la couche Liaison de données; ils peuvent donc correspondre à une augmentation de la probabilité d'erreurs résiduelles.

B.5 Autres connexions virtuelles

L'existence de connexions virtuelles actives autres que celle qui est en essai sur la même liaison de données peut augmenter la charge de cette liaison. La concurrence dans la couche Liaison de données sous-jacente peut avoir une incidence défavorable sur un grand nombre de paramètres de performance (temps d'établissement d'une communication, temps de transfert de paquets de données, débit, probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication, probabilité de réinitialisation, probabilité de déconnexion prématurée, temps d'indication de libération, disponibilité de service et temps moyen entre interruptions de service).

B.6 Heure du jour

Etant donné que l'heure du jour exerce généralement une influence sur la charge du réseau, ce facteur affectera la performance d'une façon semblable à l'existence d'autres connexions virtuelles.

B.7 Classe de débit

Ce facteur peut avoir une incidence sur le temps de transfert des paquets et sur le débit de certains réseaux. Lors de la mesure de la capacité de débit, il convient de choisir la classe de débit maximale.

B.8 Utilisation du bit D

Etant donné que le bit D, lorsqu'il est mis à 1 dans un paquet de données, implique que l'ETTD récepteur émette un paquet prêt à recevoir (RR, *receiver ready*) pour accuser formellement réception de ce paquet de données, son utilisation peut augmenter la charge imposée à la connexion virtuelle et donc diminuer le débit.

B.9 Intervalles entre paquets

Les règles qui régissent les intervalles temporels entre paquets de données successifs (autres que celles qui sont requises par le réseau aux fins de la commande de flux) doivent être spécifiées pour les essais relatifs au temps de transfert des paquets de données.

B.10 Compte rendu d'essais multiples effectués à différents emplacements

Une description complète des performances d'un réseau peut exiger que de multiples mesures expérimentales soient relevées à différents sites de transit, comme dans les villes. En général, il conviendra de rendre compte des sites d'essai. Si les données mesurées sont notablement influencées par les configurations d'ordre géographique des essais, il y aura lieu de considérer l'implantation géographique comme un facteur à introduire dans les procédés statistiques qui devront être utilisés pour estimer les paramètres de performance.

Annexe C

Exemples d'application des mesures

La précision requise pour les mesures dépendra de l'usage qui sera fait des résultats ainsi obtenus. Trois objectifs courants pour les mesures de performance sont indiqués ci-dessous.

C.1 Exemples

C.1.1 Tests d'acceptation

L'acceptation d'un service peut dépendre de la démonstration d'un niveau donné de performance, ce qui peut impliquer la mesure des paramètres de performance spécifiés et l'exécution d'un test d'hypothèse pour déterminer si les niveaux de performance sont acceptables.

Ces tests sont normalement du type unilatéral. Un test relatif au temps de transfert de paquets de données est indiqué ci-dessous. L'hypothèse nulle H_0 est que le temps est acceptable (comme ce sera le plus souvent le cas) alors que l'hypothèse alternative H_a est que le temps est trop grand et donc inacceptable.

- H_0 : le temps moyen de transfert des paquets de données est inférieur ou égal à x millisecondes;
- H_a : le temps moyen de transfert des paquets de données est supérieur à x millisecondes.

H_0 et H_a seront inversés si l'on recherche une valeur de paramètre plus élevée (comme dans le cas de la disponibilité de service).

C.1.2 Maintenance

Un service ayant été accepté à un certain niveau de performance, les fournisseurs de ce service peuvent souhaiter établir des limites de maintenance. Celles-ci sont des seuils de performance à partir desquels le fournisseur prend des mesures pour rétablir une performance tombée au-dessous de ces seuils d'acceptation. Dans le test d'hypothèses suivant, x sera la valeur indiquée dans le test d'acceptation ci-dessus et le rejet de l'hypothèse nulle (aucune maintenance n'est nécessaire) motivera l'exécution de la maintenance.

- H_0 : le temps moyen de transfert des paquets de données est inférieur ou égal à x millisecondes;
- H_a : le temps moyen de transfert des paquets de données est supérieur à x millisecondes.

C.1.3 Conformité des données à une loi particulière

Dans certaines circonstances, il importe de déterminer si un ensemble de valeurs mesurées correspond assez bien à une loi de répartition particulière. Ce type de test est utile pour indiquer si une hypothèse relative à la loi de répartition d'un certain type de mesure est correcte. Dans le test indiqué ci-dessous, l'hypothèse nulle est que la loi est uniforme dans l'intervalle fermé de 0 à 10.

- H_0 : la loi du temps de transfert des paquets de données est uniforme (0,10);
- H_a : la loi du temps de transfert des paquets de données n'est pas uniforme (0,10).

C.2 Comparaisons appariées et multiples

Les comparaisons appariées et multiples sont utiles pour évaluer l'effet d'un facteur (ou d'une combinaison de facteurs) sur une performance observée. Une série de comparaisons entre moyennes appariées n'est pas équivalente à une comparaison simultanée de toutes les moyennes. Les conclusions que la moyenne A ne présente pas de différence significative par rapport à la moyenne B , ni la moyenne C par rapport à la moyenne B , ne conduisent donc pas nécessairement à la conclusion que les moyennes A et C ne présentent pas de différences significatives l'une par rapport à l'autre, d'autant moins que le niveau de signification est différent pour l'une et pour l'autre.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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