

Remplacée par une version plus récente



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

X.137

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

(09/92)

**RÉSEAUX DE COMMUNICATIONS DE DONNÉES
ASPECTS DES RÉSEAUX**

**PERFORMANCES DE DISPONIBILITÉ
APPLICABLES AUX RÉSEAUX PUBLICS
POUR DONNÉES ASSURANT DES SERVICES
INTERNATIONAUX DE TRANSMISSION DE
DONNÉES À COMMUTATION PAR PAQUETS**



Recommandation X.137

Remplacée par une version plus récente

Remplacée par une version plus récente

AVANT-PROPOS

Le CCITT (Comité consultatif international télégraphique et téléphonique) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (UIT). Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée plénière du CCITT, qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études et approuve les Recommandations rédigées par ses Commissions d'études. Entre les Assemblées plénières, l'approbation des Recommandations par les membres du CCITT s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 2 du CCITT (Melbourne, 1988).

La Recommandation révisée X.137, que l'on doit à la Commission d'études VII, a été approuvée le 10 septembre 1992 selon la procédure définie dans la Résolution n° 2.

NOTES DU CCITT

- 1) Dans cette Recommandation, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation privée reconnue de télécommunications.
- 2) La liste des abréviations utilisées dans cette Recommandation se trouve dans l'annexe C.

© UIT 1993

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.

Remplacée par une version plus récente

Recommandation X.137

PERFORMANCES DE DISPONIBILITÉ APPLICABLES AUX RÉSEAUX PUBLICS POUR DONNÉES ASSURANT DES SERVICES INTERNATIONAUX DE TRANSMISSION DE DONNÉES À COMMUTATION PAR PAQUETS

(Melbourne, 1988, révisée en 1992)

Le CCITT,

considérant

(a) que la Recommandation X.1 spécifie les catégories d'utilisateurs du service international des réseaux publics pour données;

(b) que la Recommandation X.2 spécifie les services internationaux de transmission de données et les services complémentaires facultatifs offerts aux utilisateurs dans les réseaux publics pour données;

(c) que la Recommandation X.25 spécifie l'interface ETDD/ETCD pour les terminaux fonctionnant en mode paquet raccordés aux réseaux publics pour données par liaison spécialisée;

(d) que la Recommandation X.75 spécifie le système de signalisation à commutation par paquets entre réseaux assurant des services de transmission de données;

(e) que la Recommandation X.323 spécifie les arrangements généraux d'interfonctionnement de réseaux publics pour données à commutation par paquets;

(f) que la Recommandation X.96 spécifie les signaux de progression de l'appel dans les réseaux publics pour données;

(g) que la Recommandation X.110 spécifie les principes d'acheminement international et le plan d'acheminement pour les réseaux publics pour données;

(h) que la Recommandation X.213 définit le service de la couche réseau du modèle OSI;

(i) que la Recommandation X.140 définit les paramètres généraux de qualité de service pour la communication au moyen de réseaux publics pour données;

(j) que la Recommandation X.134 spécifie les limites de répartition et les événements de référence de la couche paquets en vue de définir les paramètres de performance de la commutation par paquets;

(k) que la Recommandation X.135 spécifie les performances de rapidité de service pour les réseaux publics pour données assurant des services internationaux de transmission de données à commutation par paquets;

(l) que la Recommandation X.136 spécifie les performances de précision et de sécurité de fonctionnement (y compris le blocage) pour les réseaux publics pour données assurant des services internationaux de transmission de données à commutation par paquets,

recommande à l'unanimité

(1) que les paramètres de disponibilité définis dans la présente Recommandation soient utilisés dans la planification et l'exploitation des services internationaux de transmission de données avec commutation par paquets assurés conformément aux Recommandations X.25 et X.75;

(2) que, dans ces services, les performances spécifiées par la présente Recommandation soient considérées comme étant les limites des cas les plus défavorables, dans les conditions que spécifie ce texte.

Remplacée par une version plus récente

1 Introduction

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

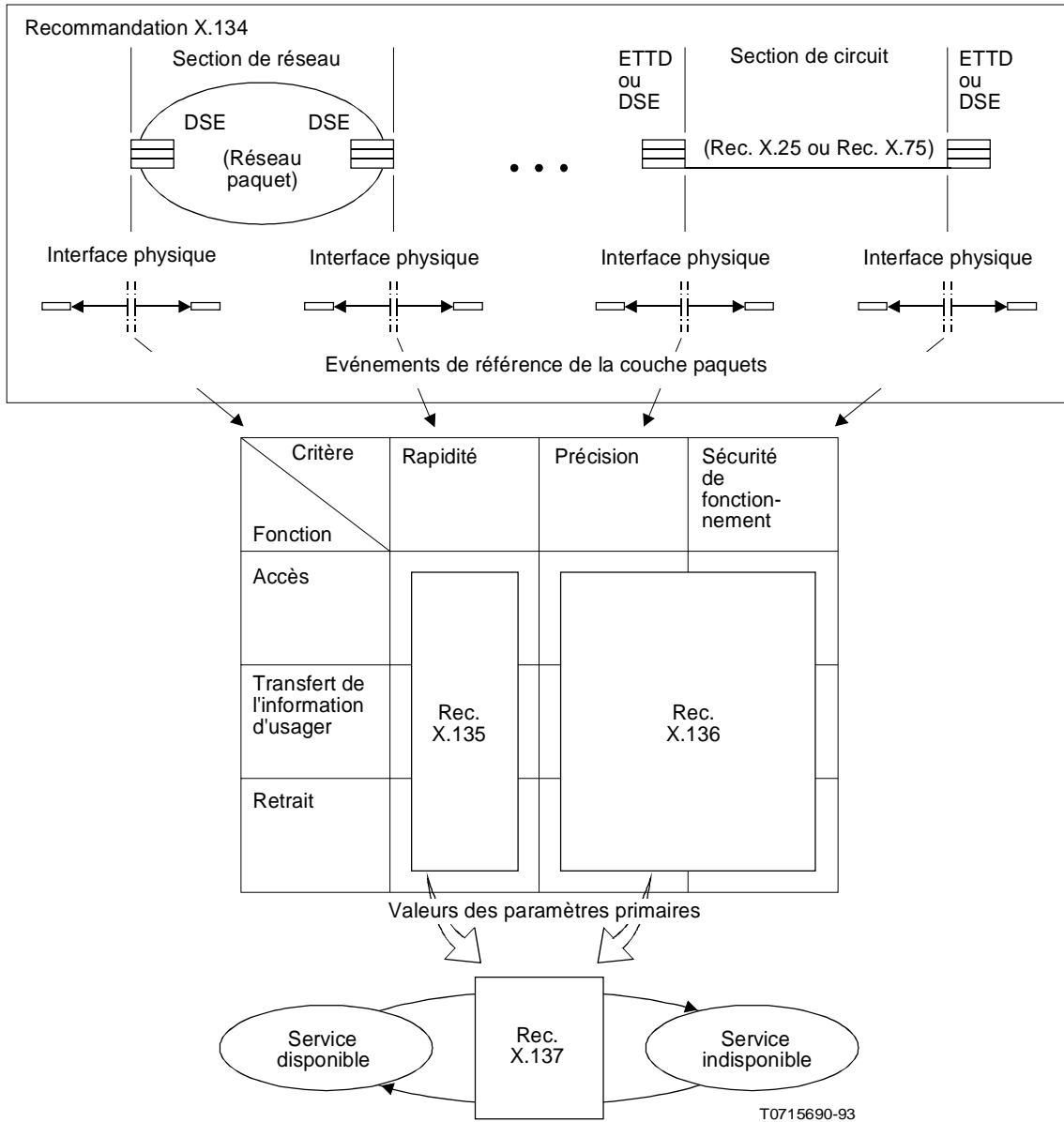


FIGURE 1/X.137

Description structurée de la performance du service à commutation par paquets

1.2 La Recommandation X.134 scinde une connexion virtuelle en sections de base dont les limites sont associées aux interfaces X.25 et X.75; elle définit également des groupes particuliers de sections de base, qui portent le nom de portions de connexion virtuelle, et pour lesquelles des performances seront établies; elle définit, enfin, un ensemble d'événements de référence de la couche paquets (PE) (*packet layer reference events*) qui sert de fondement à la

Remplacée par une version plus récente

définition des paramètres de performance. Les sections de base sont constituées de sections de réseau et de sections de circuit. Elles sont délimitées, dans chaque cas, par des équipements terminaux de traitement de données (ETTD) ou par des interfaces de centres de commutation de données (DSE) (*data switching equipment*), physiques. Deux types de parties de connexion virtuelle sont identifiés, les parties nationales et les parties internationales. On dit qu'il y a PE chaque fois qu'un paquet modifie l'état de l'interface dans la couche paquets en traversant une limite de section.

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

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

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

1.6 Deux paramètres de disponibilité sont définis dans la présente Recommandation: la disponibilité du service et le temps moyen entre les interruptions du service. Chaque paramètre peut être appliqué à toute section de base ou partie d'une connexion virtuelle. Cette généralisation de la portée des paramètres rend ceux-ci très utiles dans l'attribution des performances et dans leur enchaînement.

1.7 La présente Recommandation spécifie des valeurs de disponibilité pour les parties nationales et internationales de deux types (tableau 1/X.137). Les performances fixées pour les équipements terminaux de données ne sont pas spécifiées mais les paramètres définis dans cette Recommandation peuvent être employés pour de telles spécifications, afin d'aider les usagers à établir des relations quantitatives entre performance du réseau et qualité du service (voir la Recommandation X.140).

TABLEAU 1/X.137

Types de partie de connexion virtuelle pour lesquels les performances sont spécifiées^{a)}

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

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

Remplacée par une version plus récente

1.8 Les valeurs correspondant au cas le plus défavorable, fixées pour chacun des deux paramètres de disponibilité sont spécifiées ci-dessous pour chaque type de partie de connexion virtuelle défini dans le tableau 1/X.137. L'expression «cas le plus défavorable» signifie qu'il faut respecter ces valeurs à toute heure du jour dans la partie de connexion virtuelle la plus dégradée assurant le service international à commutation par paquets. La performance d'une partie de connexion virtuelle peut être meilleure que les valeurs correspondant au cas le plus défavorable spécifiées dans la présente Recommandation. Les objectifs nominaux tenant compte d'applications d'utilisateur et de performances de réseau plus exigeantes ainsi que des améliorations de la connectivité feront l'objet d'études ultérieures.

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

2 Fonction de disponibilité

Huit paramètres de performance, empruntés aux Recommandations X.135 et X.136, sont utilisés pour le calcul de la disponibilité d'une connexion virtuelle: la capacité de débit (X.135), la probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication (X.136), la probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication (X.136), le taux d'erreurs résiduelles (X.136), la probabilité de réinitialisation (X.136), la probabilité de signal de réinitialisation (X.136), la probabilité de déconnexion prématurée (X.136) et la probabilité de signal de déconnexion prématurée (X.136). Cinq combinaisons linéaires particulières de ces paramètres sont appelées paramètres de décision de disponibilité. Chaque paramètre de décision est associé à un seuil d'incapacité. Ces paramètres de décision et leurs seuils d'incapacité sont énumérés au tableau 2/X.137.

TABLEAU 2/X.137

Critères d'interruption du service pour les paramètres de décision de disponibilité

Paramètres de décision de disponibilité	Critères d'interruption du service
Probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication (cfp) Probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication (cep)	$(cfp + cep) > 0,9$
Capacité de débit (tc)	$tc < 80 \text{ bit/s}$
Taux d'erreurs résiduelles (rer)	$rer > 10^{-3}$
Probabilité de réinitialisation (rp) Probabilité de signal de réinitialisation (rsp ₁ , rsp ₂)	$(rsp_1 + rp + rsp_2) > 0,015$
Probabilité de déconnexion prématurée (pdp) Probabilité de signal de déconnexion prématurée (pdsp ₁ , pdsp ₂)	$(pdsp_1 + pdp + pdsp_2) > 0,01$

Remarque – Ces critères d'interruption du service sont provisoires.

La performance est considérée indépendamment de chaque paramètre de décision de disponibilité. Si la valeur du paramètre est égale ou supérieure au seuil d'incapacité retenu, la performance par rapport à ce paramètre est tenue pour acceptable. Si la valeur du paramètre est inférieure au seuil, la performance par rapport à ce paramètre est tenue pour non acceptable.

Remplacée par une version plus récente

Les événements de référence de la couche paquets qui servent à définir les paramètres de décision n'ont pas lieu si une couche de liaison de données ne peut être obtenue à une limite de section. Au cours d'un intervalle de temps ininterrompu, la couche de liaison de données d'une section de circuit est dite disponible pour le service de la couche paquets si, et seulement si:

- 1) la liaison se trouve dans la phase de transfert des informations pendant au moins 99% du temps;
- 2) toutes les périodes continues pendant lesquelles la liaison n'est pas dans la phase de transfert d'information, sont inférieures à une seconde;
- 3) tous les états d'occupation continus (contrôle de flux) durent moins de 10 secondes.

Dans le cas contraire, on considère que la couche de liaison de données est indisponible pour assurer le service de la couche paquets.

La couche de liaison de données d'une section de circuit peut être indisponible pour les raisons suivantes:

- 1) circuit physique non fonctionnel;
- 2) contrôleur de la couche de liaison de données dans l'incapacité d'établir la phase de transfert d'information, ou se refusant à le faire;
- 3) contrôleur de la couche de liaison de données dans l'incapacité de libérer un état d'occupation ou se refusant à le faire.

Une section de connexion virtuelle est dite disponible (ou dans l'état de disponibilité) si:

- 1) le fonctionnement est acceptable au regard de tous les paramètres de décision;
- 2) les deux couches de liaison de données sont disponibles aux limites de la section.

Une section de connexion virtuelle est dite indisponible (ou dans l'état d'indisponibilité) si:

- 1) le fonctionnement d'un ou de plusieurs des cinq paramètres de décision est inacceptable;
- 2) une ou les deux couches de liaison de données ne peuvent être obtenues aux limites de la section pour des raisons internes à la section. (L'impossibilité d'obtenir la couche de liaison de données pour des raisons extérieures à la section – c'est-à-dire les défaillances des contrôleurs de liaison de données ou des circuits physiques extérieurs à la section en question – est exclue.)

Les intervalles au cours desquels une section de connexion virtuelle ne peut pas être obtenue sont identifiés en superposant les périodes de fonctionnement inacceptables, comme cela est illustré par la figure 2/X.137.

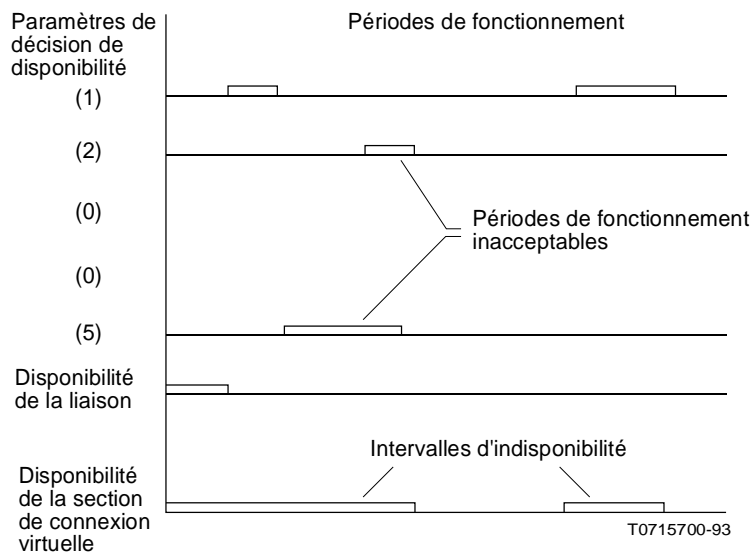


FIGURE 2/X.137

Détermination des états de disponibilité

Remplacée par une version plus récente

Pour éviter que des interférences transitoires ne soient considérées comme périodes de non-disponibilité, un examen isolé de l'état de disponibilité doit durer plus de cinq minutes. Pour réduire la probabilité de modifications d'état au cours d'un examen de l'état actuel de disponibilité, cet examen devra durer moins de 20 minutes. Un essai minimal, conforme à ces restrictions, est défini dans l'annexe B.

3 Paramètres de disponibilité

Ce paragraphe précise les valeurs relatives à deux paramètres de disponibilité, dans le cas le plus défavorable: la disponibilité du service et le temps moyen entre les interruptions du service.

3.1 Définition de la **disponibilité du service**

La disponibilité du service concerne à la fois les services de communications virtuelles et les services de circuits virtuels permanents. La disponibilité du service pour une partie de connexion virtuelle est, au cours d'une longue période, le pourcentage de l'horaire de service prévu au cours duquel cette section est disponible.

L'**horaire de service prévu pour une section de connexion virtuelle** est le temps pendant lequel l'entité responsable du réseau a accepté de mettre la section à la disposition du service. L'objectif normal serait de 24 heures par jour, 7 jours par semaine¹⁾. Une procédure permettant d'évaluer la disponibilité est décrite dans l'annexe A.

3.2 Définition du **temps moyen entre les interruptions du service**

Le temps moyen entre les interruptions du service concerne à la fois les communications virtuelles et les services de connexion virtuelle permanents. Le temps moyen entre les interruptions du service pour une section de connexion virtuelle est la durée moyenne de tout intervalle continu au cours duquel la section de connexion virtuelle est disponible. Les intervalles consécutifs de l'horaire de service prévu s'enchaînent. L'annexe A décrit une procédure permettant d'évaluer le temps moyen entre les interruptions du service sur une section.

Le temps moyen entre les interruptions du service, tel que le définit la présente Recommandation, est étroitement apparenté à la moyenne des temps de bon fonctionnement.

3.3 Valeurs

La contribution de chaque partie du réseau à la disponibilité globale du service et au temps moyen entre les interruptions du service, dans les conditions que décrit la présente Recommandation, ne devra pas être pire que les valeurs spécifiées au tableau 3/X.137. Le temps moyen entre les interruptions du service pour les parties nationales élimine jusqu'à 5% des connexions virtuelles pour tenir compte des conditions limites d'ordre géographique et climatique.

3.4 Paramètres annexes

Quatre autres paramètres sont communément utilisés pour décrire la performance de disponibilité. Ils sont généralement définis de la manière suivante:

- **le temps moyen de rétablissement du service** est la durée moyenne des intervalles au cours desquels le service est indisponible;
- **le taux d'échec** (λ) est le nombre moyen de passages de l'état de disponibilité à l'état d'indisponibilité par période de disponibilité;
- **le taux de rétablissement** (μ) est le nombre moyen de passages de l'état d'indisponibilité à l'état de disponibilité, par période d'indisponibilité;
- **l'indisponibilité** (**U**) est le rapport, sur une période longue, entre le temps d'indisponibilité du service et l'horaire de service prévu, exprimé en pourcentage.

En supposant que les défaillances et les rétablissements obéissent à une distribution exponentielle, les valeurs mathématiques de ces différents paramètres peuvent être évaluées à partir des valeurs de la disponibilité du service (**A**) et des temps moyens entre les interruptions de service, comme le résume la figure 3/X.137.

¹⁾ D'autres horaires de service prévus peuvent être spécifiés sur certains réseaux.

Remplacée par une version plus récente

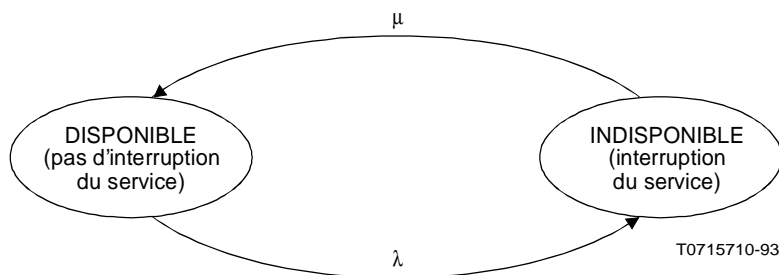
TABLEAU 3/X.137

Valeurs de la disponibilité du service et du temps moyen entre les interruptions du service, dans le cas le plus défavorable, pour les parties de connexion virtuelle

Statistiques	Type de partie de connexion virtuelle			
	Nationale		Internationale	
	A	B	A	B
Disponibilité du service (en pourcentage)	99,5	99	99,5	99
Temps moyen entre les interruptions du service (en heures)	1200	800	1600	800
Temps moyen de rétablissement du service (MTTSR) ^{a)} (en heures)	(6)	(8)	(8)	(8)

a) Les valeurs figurant entre parenthèses représentent le temps moyen de rétablissement du service MTTSR (*mean time to service restoral*) qui résulterait de la disponibilité du service et du temps moyen entre les interruptions du service indiquées dans le même tableau. Toute amélioration du temps moyen entre les interruptions du service doit servir à améliorer la disponibilité du service et non à dégrader le MTTSR.

Remarque – Toutes les valeurs spécifiées sont provisoires.



a) Diagramme d'état

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

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

$$A = 100 \left(\frac{MTBSO}{MTBSO + MTTSR} \right) = 100 \left(\frac{\mu}{\lambda + \mu} \right)$$

$$U = 100 - A = 100 \left(\frac{MTTSR}{MTBSO + MTTSR} \right) = 100 \left(\frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right)$$

b) Relation entre les paramètres

FIGURE 3/X.137

Modèle et paramètres de base pour le calcul de la disponibilité

Remplacée par une version plus récente

ANNEXE A

(à la Recommandation X.137)

Evaluation par échantillonnage des paramètres de disponibilité

A.1 Essais de disponibilité

La définition de la disponibilité exige que, pour l'ensemble des cinq paramètres de décision, les performances observées soient comparées aux seuils d'interruption du service. On considère qu'un seul succès de l'essai suivant suffit pour que la section de connexion virtuelle soit déclarée disponible. L'incapacité d'une seule section à se conformer à l'un des six critères de décision est considérée comme suffisante pour que la section virtuelle soit déclarée indisponible.

L'essai minimal de disponibilité peut être entrepris dans l'un ou l'autre sens, de part et d'autre de la section, par des équipements et des composantes qui lui sont extérieurs. Il est divisé en deux phases: l'accès et le transfert d'informations d'utilisateur. La phase d'accès n'est utilisée qu'en relation avec les communications virtuelles avec commutation.

Dans les situations où il est nécessaire de disposer d'une plus grande souplesse pour traiter des erreurs de type I et de type II, il convient d'effectuer un autre essai non minimal: le test progressif du rapport des probabilités (SPRT) (dont la méthode est décrite au § A.4).

A.1.1 Un essai minimal de disponibilité

Phase I: Tenter d'établir 4 communications consécutives aboutissant à travers A.

Phase II: (Si l'essai n'a pas échoué pendant la phase I) Pour que le test de disponibilité n'échoue pas en raison d'une entrée insuffisante de données, tenter de maintenir une connexion virtuelle à travers A pendant 5 minutes. Tenter de conserver un débit moyen sensiblement supérieur à 80 bit/s (par exemple, un débit d'au moins 150 bit/s) pendant cet intervalle de temps.

Six critères permettent d'établir le succès ou l'échec de l'essai:

- 1) l'essai échoue à la phase I si les quatre tentatives aboutissent toutes soit à une erreur dans l'établissement de la communication, soit à un échec dans l'établissement de la communication (ne concerne que les appels virtuels avec commutation);

Une analyse statistique de cet essai de phase I est présentée dans le § A.1.2. La méthode du SPRT, présentée au § A.4, peut être utilisée à la place de l'essai de phase I mentionné ci-dessus. Cette méthode offre une plus grande souplesse pour contrôler les erreurs de première et de deuxième espèce.

- 2) l'essai échoue à la phase II si l'ensemble des événements de réinitialisation et des déclenchements de réinitialisation est égal ou supérieur à cinq;
- 3) l'essai échoue à la phase II si le débit est inférieur à 80 bit/s;
- 4) l'essai échoue à la phase II si le taux d'erreurs résiduelles est supérieur à 10^{-3} ;
- 5) l'essai échoue à la phase II si l'appel et les rétablissements consécutifs de cet appel sont libérés deux fois ou plus en raison de déconnexions prématurées et/ou de déclenchements de déconnexion prématurée (ne concerne que les communications virtuelles avec commutation);
- 6) l'essai échoue à la phase I ou à la phase II si une couche de liaison de données est indisponible à une limite de section au cours d'un laps de temps de 5 minutes pour des raisons internes à A.

Si l'essai satisfait à l'ensemble des six critères de décision, il est réussi et la section de connexion virtuelle A est tenue pour disponible au cours de l'essai. Si l'essai ne répond pas à l'un des critères de décision, on considère que la section de connexion virtuelle A était indisponible au cours de l'essai.

Comme il faut tenir compte simultanément de nombreux paramètres de performance pour pouvoir considérer que A est disponible au cours d'une exploitation normale (sans procédure semblable à celle qui a été décrite ci-dessus), il n'est pas possible de prouver que la section est disponible (par exemple, il peut ne pas être possible d'observer simultanément l'accès et le transfert d'information d'utilisateur). Dans ces conditions, au cours d'une exploitation normale, si la section exécute correctement la fonction qui lui est demandée, on considère qu'elle est disponible.

Il est possible d'évaluer, sur la base de cet essai minimal (échantillons de disponibilité), la disponibilité du service et le temps moyen entre les interruptions du service. Cette évaluation est plus pratique qu'une mesure fondée sur une observation continue du service.

Remplacée par une version plus récente

A.1.2 Base statistique pour l'essai de phase I avec $N = 4$

Par définition, le service est indisponible si la probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication, (cep) ajoutée à la probabilité d'échec dans l'établissement d'une communication, (cfp) est supérieure à 0,9:

$$cfp + cep > 0,9$$

Prenons donc comme hypothèse nulle H_0 et comme hypothèse alternative H_a :

$$H_0: cep + cfp < z$$

$$H_a: cep + cfp > 0,9$$

Si l'on utilise l'essai minimal de disponibilité de la présente Recommandation, la probabilité d'erreur de première et de deuxième espèce est indiquée ci-dessous:

$$\text{Pr (erreur de première espèce)} < z^4 \approx 0,24 \text{ (pour } z = 0,7)$$

$$\text{Pr (erreur de deuxième espèce)} < 1 - (0,9)^4 \approx 0,35$$

Le tableau A-1/X.137 présente les probabilités de divers événements compte tenu du niveau réel de la probabilité d'échec et d'erreur dans l'établissement des communications:

TABLEAU A-1/X.137

Qualité en terme d'erreurs lors de l'essai minimal

Somme cep + cfp réelle	Probabilité d'identification correcte de l'état «disponible»	Probabilité d'identification correcte de l'état «indisponible»	Probabilité d'identification erronée de l'état «disponible» Pr (erreur de type I)	Probabilité d'identification erronée de l'état «indisponible» Pr (erreur de type II)
0,1	0,9999	NA	0,0001	NA
0,2	0,998	NA	0,002	NA
0,3	0,992	NA	0,008	NA
0,4	0,974	NA	0,026	NA
0,5	0,937	NA	0,063	NA
0,6	0,87	NA	0,13	NA
0,7	0,76	NA	0,24	NA
0,8	0,59	NA	0,41	NA
> 0,9	NA	> 0,65	NA	< 0,35
0,95	NA	0,81	NA	0,19
0,99	NA	0,96	NA	0,04
0,999	NA	0,996	NA	0,004

NA Non applicable

Le tableau A-1/X.137 indique dans quelle mesure cet essai empêche de qualifier d'indisponible un état disponible. De plus, avec une probabilité de plus de 65%, l'essai permettra d'identifier correctement l'état indisponible.

Il convient d'utiliser la méthode du SPRT décrite au § A.4 à la place, en tant qu'essai non minimal, lorsqu'une plus grande souplesse est nécessaire pour traiter des erreurs de type I et de type II.

A.2 Procédures d'évaluation de la disponibilité du service

Il est possible de calculer, avec un degré suffisant de précision, le pourcentage de disponibilité du service de la manière suivante. En se fondant sur une évaluation *a priori* de la disponibilité du service, choisir un échantillon «s» de dimension supérieure ou égale à 300. Choisir «s» instants d'essai au cours du temps de service prévu, et les répartir au cours d'une période de mesure qui soit longue (par exemple, 6 mois). En raison de la durée prévue des interruptions

Remplacée par une version plus récente

de service, ne jamais choisir deux moments de mesure séparés de moins de 7 heures (cela permet d'éviter les corrélations entre observations). Les instants d'essai devront être répartis de manière uniforme dans le temps de service prévu. A chaque instant prédéterminé, procéder à l'essai de disponibilité décrit ci-dessus. Si le résultat est négatif, on déclare que la section n'est pas disponible pour cet échantillon. Dans le cas contraire, la section est déclarée disponible. L'évaluation du pourcentage de disponibilité du service correspond au nombre de fois où la section a été déclarée disponible, multiplié par 100 et divisé par le nombre total d'échantillons.

A.3 Procédures d'évaluation du temps moyen entre les interruptions du service

Il est possible de calculer, avec suffisamment de précision, le paramètre de temps moyen entre les interruptions du service en réalisant des échantillons consécutifs de disponibilité et en comptant les observations des passages de l'état de disponibilité à l'état d'indisponibilité.

Avant d'effectuer tout essai, choisir k intervalles de temps non consécutifs, d'une durée comprise entre 30 minutes et 3 heures. Le total des intervalles k devrait être supérieur à trois fois l'évaluation *a priori* du temps moyen entre les interruptions du service. Pendant la durée de chaque intervalle préalablement défini, réaliser des échantillonnages consécutifs des performances en termes de disponibilité. Le temps total observé en état disponible sera additionné dans un compteur cumulatif appelé «A». Toutes les observations de transition entre l'état de disponibilité et l'état d'indisponibilité seront comptabilisées dans un compteur appelé «F»²⁾.

Pour chaque intervalle préalablement défini, si:

- tous les échantillons consécutifs de disponibilité donnent un résultat positif, il conviendra d'additionner la durée totale de l'intervalle à A. Ne pas modifier la valeur cumulée de F;
- le premier échantillon donne un résultat positif et si l'un quelconque des échantillons successifs de cet intervalle donne un résultat négatif, ajouter une unité à F. Ajouter à A la durée totale de tous les échantillons de disponibilité qui précédaient le premier échec. On pourra laisser de côté le temps restant de l'intervalle qui suit le premier échantillon de disponibilité négatif, sans procéder à l'examen de sa disponibilité;
- le premier échantillon de disponibilité donne un résultat négatif, considérer que la transition d'un état à l'autre a eu lieu avant le début de l'intervalle. Ne rien ajouter à la somme A des temps de disponibilité observés. Ne rien ajouter à la somme F des modifications d'état observées. On pourra laisser de côté le temps restant de l'intervalle sans procéder à l'examen de sa disponibilité.

Une fois que les résultats relatifs à chacun des intervalles préalablement déterminés ont été comptabilisés, on obtient un rapport A/F correspondant à l'évaluation du temps moyen entre les interruptions de service. On pourra obtenir une évaluation plus précise, du point de vue statistique, en augmentant le nombre des intervalles observés, k .

Dans l'évaluation du temps moyen entre les interruptions du service on suppose que, si une interruption débute pendant un échantillon de performance de disponibilité, cet échantillon ou l'échantillon suivant détermineront l'indisponibilité de la section. C'est une hypothèse raisonnable dans la mesure où les interruptions du service, à la différence des dérangements transitoires, dureront plus de 5 minutes.

Il est possible de justifier, pour des raisons pratiques et statistiques, le fait de laisser de côté l'intervalle qui suit un échantillon de disponibilité qui a donné un résultat négatif. La section de connexion virtuelle doit retrouver l'état de disponibilité avant qu'on ne puisse à nouveau comptabiliser les temps de disponibilité et observer des transitions vers l'état de disponibilité. En premier lieu, le temps prévu pour rétablir le service pourra être long, par rapport au reste de l'intervalle. Il peut être inopportun et contre-indiqué de poursuivre les essais sur une section de réseau sur laquelle un échec a été constaté, ou qui est encombrée. En deuxième lieu, si les transitions vers l'état d'indisponibilité sont statistiquement indépendantes, le fait de négliger l'intervalle restant, susceptible de comprendre un temps de disponibilité et un nombre proportionnel de transitions vers l'état d'indisponibilité, n'altérera pas les résultats³⁾. L'interruption de l'essai n'aura pour résultat que la perte du temps d'essai. Pour réduire au minimum cette perte de temps, les intervalles de temps devraient être courts par rapport à la durée totale prévue entre des interruptions du service. Dans ces conditions, aucun essai ne devra excéder trois heures.

2) Au départ, chaque compteur est mis à zéro.

3) Si les interruptions tendent à être regroupées, l'interruption d'un essai à la suite d'une transition vers l'état d'indisponibilité aura pour résultat une surestimation du temps moyen entre les interruptions du service. Si les interruptions ont tendance à être non regroupées, l'interruption d'un essai à la suite d'une transition vers l'état d'indisponibilité aura pour résultat une sous-estimation du temps moyen entre les interruptions du service.

Remplacée par une version plus récente

La procédure d'évaluation qui vient d'être décrite présente deux sources d'erreurs. En premier lieu, si une interruption commence au cours du dernier échantillon de disponibilité de l'intervalle, cette transition peut entraîner ou non l'échec de l'échantillon. Si l'échantillon ne donne pas un résultat négatif, la transition d'état peut passer inaperçue et le temps moyen entre les interruptions de service pourra en être surestimé. En deuxième lieu, un état de transition constaté dans le premier échantillon de disponibilité de l'intervalle peut entraîner ou non l'échec de l'échantillon. D'après la procédure d'évaluation, si l'échantillon donne un résultat négatif, l'intervalle sera négligé, la transition d'état passera inaperçue et le temps moyen entre les interruptions de service sera surestimé. On peut minimiser ces effets marginaux en augmentant la durée de chaque intervalle, donc en augmentant le nombre des échantillons de disponibilité et en diminuant, par la même occasion, l'effet du résultat du premier et du dernier échantillon, en proportion de l'ensemble des résultats des échantillons. La durée minimale recommandée pour les intervalles est de 30 minutes, dans lesquels seront pris 6 échantillons de 5 minutes.

Il est également possible de corriger les deux inconvénients en remplaçant la première instruction donnée ci-dessus par la suivante:

- si tous les échantillons consécutifs de disponibilité donnent un résultat positif, ajouter toute la durée de l'intervalle à A. Prendre un dernier échantillon de disponibilité immédiatement à la suite de l'intervalle. Si cet échantillon donne un résultat négatif, augmenter F d'une unité. Si l'échantillon donne un résultat positif, ne pas modifier F. La longueur de l'échantillon additionnel n'a pas d'effet sur A.

Cette modification identifie toute transition d'état qui aurait eu lieu pendant le dernier échantillon et élimine la première source d'erreur. Elle tient également compte de certaines transitions qui auraient eu lieu à l'extérieur de l'intervalle. Ces transitions sont comptées avec la même probabilité que celle avec laquelle la deuxième source d'erreur élimine de manière inappropriée des transitions. Dans ces conditions, la procédure modifiée corrige l'une et l'autre source d'erreur. En utilisant cette modification, on évalue avec plus de précision le temps moyen entre les interruptions du service.

A.4 *Méthodologie SPRT (test progressif du rapport des probabilités)*

A.4.1 *Procédure d'essai SPRT*

Pour la phase I, effectuer un test progressif du rapport des probabilités⁴⁾ des deux hypothèses suivantes, en utilisant une valeur appropriée de z ($z < 0,9$). Ce test utilisera les tentatives successives d'établissement d'une communication à travers la section A soumise à l'essai. Si le SPRT conclut que H_0 est vraie, passer à la phase II de l'essai minimal; par contre, si le SPRT conclut que H_a est vraie, cesser l'essai et conclure que le service est indisponible du fait que la probabilité d'échec d'établissement d'une communication, ajoutée à la probabilité d'erreur dans l'établissement d'une communication, dépasse le seuil d'interruption du service qui est de 0,9.

H_0 : $cep + cfp < z$ (le critère d'interruption du service n'est pas observé)

H_a : $cep + cfp > 0,9$ (le critère d'interruption du service est observé)

A.4.2 *Méthodologie SPRT*

Les hypothèses utilisées sont fondées sur les critères provisoires figurant dans la présente Recommandation, selon lesquels lorsque la somme de la probabilité d'échec et de la probabilité d'erreur d'établissement d'une communication dépasse 0,9 (c'est-à-dire si $cfp + cep > 0,9$), il y a interruption du service. On suppose implicitement que l'on peut en réalité faire une distinction entre $cfp + cep > 0,9$ et $cfp + cep < 0,9$. Toutefois, le mieux que l'on puisse réellement faire est d'établir une distinction entre $cfp + cep > 0,9$ et $cfp + cep < z$ ($0 < z < 0,9$).

La méthode du test progressif du rapport des probabilités (SPRT) (*sequential probability ratio test*) contrôle simultanément les erreurs de type I et de type II; ce test constitue le meilleur outil statistique disponible⁵⁾ pour décider entre deux variantes. Pour plus de simplicité, la présente annexe utilise la même probabilité de décision erronée pour les erreurs⁶⁾ de type I et de type II. Dans la présente section, on suppose une distribution binomiale pour la réussite ou l'échec de chaque tentative d'établissement de communication.

⁴⁾ La méthodologie SPRT est décrite au § A.4.2.

⁵⁾ Voir George G. Roussas, *A First Course in Mathematical Statistics*, by Addison-Wesley.

⁶⁾ Dans les formules ci-dessous, $\text{erreur} = \Pr(\text{erreur de première espèce}) = \Pr(\text{erreur de deuxième espèce})$. On utilise généralement des valeurs d'erreur de 0,01 à 0,10.

Remplacée par une version plus récente

On examine ci-dessous les hypothèses à tester, la règle de décision, les points de décision supérieur et inférieur, le nombre prévu de tentatives d'établissement d'une communication et le plus petit nombre de tentatives ayant abouti ou ayant échoué pour achever le SPRT.

A.4.3 Hypothèses

Le SPRT utilise les deux hypothèses suivantes, dans lesquelles H_0 représente le seuil d'interruption du service non dépassé, et H_a le seuil d'interruption du service dépassé.

H_0 : $cep + cfp < z$ (le critère d'interruption du service n'est pas observé)

H_a : $cep + cfp > 0,9$ (le critère d'interruption du service est observé)

A.4.4 Règle de décision et points de décision supérieur et inférieur

Le SPRT parvient à une décision en se fondant sur la qualité observée, qui est supérieure ou inférieure à une valeur donnée. Ces valeurs dépendent du nombre d'observations considérées (n) et correspondent respectivement à $UD(n)$ et $LD(n)$. Les formules pour $LD(n)$ et $UD(n)$ sont données ci-dessous, après la règle de décision.

A.4.4.1 Règle de décision

Si, pour n tentatives, le nombre de tentatives ayant échoué est supérieur à $UD(n)$, le critère d'interruption du service est observé.

$$\left\{ \sum_{j=i}^{\alpha} x_j \geq UD(n) \right\}$$

Si, pour n tentatives, le nombre de tentatives ayant échoué est inférieur à $LD(n)$, le critère d'interruption du service n'est pas observé.

$$\left\{ \sum_{j=i}^{\alpha} x_j \leq LD(n) \right\}$$

Continuer à faire des tentatives d'appel jusqu'à ce qu'une décision soit prise.

Formules pour $UD(n)$ et $LD(n)$:

$$UD(n) = \frac{\left(\log \left(\frac{(1 - erreur)}{(erreur)} \right) - n * \log \left(\frac{(1 - 0,9)}{(1 - z)} \right) \right)}{\log \left(\frac{0,9 * (1 - z)}{z * (1 - 0,9)} \right)}$$

$$LD(n) = \frac{\left(\log \left(\frac{(erreur)}{(1 - erreur)} \right) - n * \log \left(\frac{(1 - 0,9)}{(1 - z)} \right) \right)}{\log \left(\frac{0,9 * (1 - z)}{z * (1 - 0,9)} \right)}$$

A.4.5 Nombre prévu de tentatives d'établissement de communication

Le nombre prévu de tentatives d'établissement d'une communication avant que le SPRT ne parvienne à une décision est utile pour déterminer la durée et le coût de l'essai. Dans les hypothèses H_0 et H_a , le nombre prévu de tentatives d'établissement d'une communication est respectivement $E_0(N)$ et $E_a(N)$. Les approximations asymptotiques correspondantes sont indiquées ci-après; elles sont fondées sur l'utilisation d'une probabilité binomiale pour la somme des probabilités d'erreur et d'échec lors de l'établissement d'une communication. Les calculs qui ont permis d'inscrire dans le tableau A-3/X.137 des valeurs supérieures à 100 ont été faits à l'aide de ces approximations. Le reste du tableau A-3/X.137 a été établi à l'aide de techniques de calcul matriciel par itération, qui donnent des valeurs plus précises.

Remplacée par une version plus récente

$$E_0(N) \approx \frac{\left((1 - 2 * erreur) * \log \left(\frac{(erreur)}{(1 - erreur)} \right) \right)}{z * \log \left(\frac{0,9 * (1 - z)}{z * (1 - 0,9)} \right) + \log \left(\frac{(1 - 0,9)}{(1 - z)} \right)}$$

$$E_a(N) \approx \frac{\left((1 - 2 * erreur) * \log \left(\frac{(1 - erreur)}{(erreur)} \right) \right)}{0,9 * \log \left(\frac{0,9 * (1 - z)}{z * (1 - 0,9)} \right) + \log \left(\frac{(1 - 0,9)}{(1 - z)} \right)}$$

A.4.6 Plus petit nombre d'échecs ou de réussites pour achever un SPRT

L et U représentent le plus petit nombre de tentatives d'établissement d'une communication qui est requis par le SPRT pour décider respectivement les hypothèses si H_0 ou H_a sont vraies. Si toutes les tentatives d'établissement L aboutissent, le critère d'interruption du service n'est pas observé; par contre, si toutes les tentatives d'établissement U échouent, le critère d'interruption du service est observé. Le test SPRT se poursuivra souvent après que les valeurs de U ou de L auront été atteintes, mais U et L sont les plus petites valeurs permettant de prendre une décision en faveur de H_a ou de H_0 . Les valeurs de U, L, $E_0(N)$ sont indiquées dans les tableaux A-2/X.137 et A-3/X.137.

TABLEAU A-2/X.137

U/L

Nombre minimal de tentatives d'établissement d'une communication

Erreur (en pourcentage)			
z	10%	5%	1%
0,85	39/6	52/8	81/12
0,80	19/4	25/5	40/7
0,75	13/3	17/4	26/6
0,70	9/2	12/3	19/5
0,65	7/2	10/3	15/4
0,60	6/2	8/3	12/4
0,55	5/2	6/2	10/4
0,50	4/2	6/2	8/3
0,45	4/2	5/2	7/3
0,40	3/2	4/2	6/3
0,35	3/2	4/2	5/3
0,30	2/2	3/2	5/3
0,25	2/2	3/2	4/3
0,20	2/2	2/2	4/3
0,15	2/2	2/2	3/3
0,10	1/1	2/2	3/3

Remarque 1 – U est le plus petit nombre d'erreurs ou d'échecs successifs dans l'établissement d'une communication nécessaire pour achever le SPRT (décision en faveur de H_a).

Remarque 2 – L est le plus petit nombre de réussites successives d'établissement de la communication nécessaire pour achever le SPRT (décision en faveur de H_0).

Remarque 3 – z est la valeur de décision dans l'hypothèse nulle (H_0).

Remarque 4 – Les en-têtes des colonnes représentent les taux d'erreur spécifiés. Compte tenu des approximations utilisées dans le SPRT, ces taux d'erreur ont une limite supérieure correspondant au rapport $erreur/(1 - erreur)$. Les différences sont minimales dans la gamme des taux d'erreur considérés.

Remplacée par une version plus récente

TABLEAU A-3/X.137

$E_a(N) / E_0(N)$

Nombre prévu de tentatives d'établissement d'une communication

Erreur (en pourcentage)			
z	10%	5%	1%
0,85	161,3/143,7	243,2/216,6	413,3/368,1
0,80	51,5/45,3	74,5/65,1	122,7/101,4
0,75	27,4/22,3	39,3/32,5	63,9/52,2
0,70	17,1/14,4	24,5/20,1	40,1/32,3
0,65	12,1/10,2	17,3/13,9	27,9/22,2
0,60	9,2/7,4	13,3/10,8	21,0/16,3
0,55	7,4/6,1	10,0/7,7	16,5/13,0
0,50	5,8/4,9	8,6/6,5	13,0/10,1
0,45	5,4/4,3	7,0/5,4	10,9/8,4
0,40	4,0/3,7	5,6/4,8	8,8/7,2
0,35	3,9/3,4	5,5/4,3	7,0/5,7
0,30	2,6/2,8	4,1/3,7	6,5/5,2
0,25	2,6/2,6	3,7/3,3	5,4/4,6
0,20	2,4/2,5	2,7/2,8	5,0/4,1
0,15	2,4/2,3	2,5/2,7	3,7/3,7
0,10	1,0/1,0	2,4/2,4	3,7/3,7

Remarque 1 – $E_a(N)$ est le nombre prévu d'essais nécessaire pour achever le SPRT lorsque le «réseau» est indisponible.

Remarque 2 – $E_0(N)$ est le nombre prévu d'essais nécessaire pour terminer le SPRT lorsque le «réseau» est disponible.

Remarque 3 – z est la valeur de décision dans l'hypothèse nulle (H_0).

Remarque 4 – Les en-têtes des colonnes représentent les taux d'erreur spécifiés. Compte tenu des approximations utilisées dans le SPRT, ces taux d'erreur ont une limite supérieure correspondant au rapport erreur/(1 – erreur). Les différences sont minimales dans la gamme des taux d'erreur considérés.

ANNEXE B

(à la Recommandation X.137)

Performance représentative de la disponibilité de bout en bout

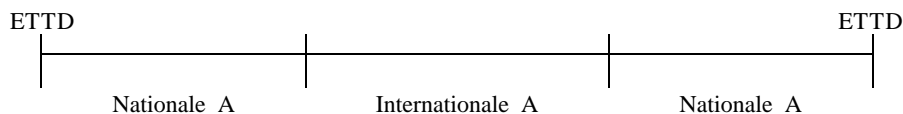
Cette annexe contient deux exemples qui montrent comment la performance en matière de disponibilité de bout en bout (ETTD à ETTD) peut être évaluée à partir des performances individuelles de tronçons de connexion virtuelle spécifiées dans la présente Recommandation. Deux exemples de concaténation de parties de connexion virtuelle de type A et de type B, sont définis. La disponibilité de service et le temps moyen entre les interruptions du service sont calculés de bout en bout pour chaque exemple. Bien que d'autres modèles de réseaux et d'autres hypothèses statistiques soient possibles, les méthodes présentées dans cette annexe constituent un moyen pratique d'évaluer la performance de bout en bout à partir de la performance des parties du réseau.

B.1 Définition des exemples de connexions de bout en bout

Les deux exemples de connexions de bout en bout (c'est-à-dire d'ETTD à ETTD) présentés dans cette annexe seront appelés, pour des raisons de commodité, configuration du «type 1» et configuration du «type 2». Ces configurations théoriques, mais significatives, utilisent les limites de répartition et les événements de référence de la couche paquets décrits dans la Recommandation X.134. Le tableau 1/X.137 définit les types de parties de connexion virtuelle.

Remplacée par une version plus récente

La configuration du type 1 est définie comme suit:



B.2 Performance en matière de disponibilité de bout en bout pour les exemples de configurations du type 1 et du type 2

Les performances en matière de disponibilité de bout en bout ont été calculées pour les configurations des exemples de connexion du type 1 et du type 2 (voir les tableaux B-1/X.137 et B-2/X.137 ci-dessous). Dans ces calculs, on a appliqué les méthodes décrites ci-dessous aux diverses parties de réseau qui, pour faciliter la définition de ces exemples, sont caractérisées par des valeurs de précision et de sécurité de fonctionnement spécifiées dans la présente Recommandation pour le cas le plus défavorable.

En supposant que les caractéristiques de disponibilité du service correspondant aux diverses parties de réseau sont indépendantes d'un point de vue statistique, on peut alors calculer les performances de bout en bout en multipliant le pourcentage de temps pendant lequel chacune des parties du réseau est disponible.

Exemple: Pour calculer la disponibilité du service de bout en bout pour la configuration du type 1, il convient de se référer au tableau 3/X.137 qui donne les caractéristiques de disponibilité des diverses parties (Nationale A: 99,5%, Internationale A: 99,5%). La disponibilité de bout en bout exprimée en pourcentage est alors:

$$99,5 \cdot 99,5 \cdot 99,5 = 98,5$$

On peut évaluer la performance de bout en bout pour le temps moyen entre les interruptions du service en supposant que les valeurs du temps moyen entre les interruptions du service pour chaque partie du réseau sont indépendantes et caractérisées par une distribution exponentielle. Il en résulte que l'on peut calculer l'objectif de performance, T , pour le temps moyen de bout en bout entre les interruptions du service, à l'aide de la formule suivante:

$$T = [T_1^{-1} + T_2^{-1} + \dots + T_i^{-1} + \dots + T_N^{-1}]^{-1}$$

où T sera exprimé en heures si le temps moyen entre les interruptions du service pour chacune des N parties du réseau, T_i ($i = 1, 2, \dots, N$), est exprimé en heures.

Exemple: Pour la configuration du type 1, le temps moyen entre les interruptions du service dans la partie nationale A est de 1200 heures; dans la partie internationale A, ce temps s'établit à 1600 heures (voir le tableau 3/X.137). L'objectif de performance de bout en bout est donc:

$$[1200^{-1} + 1600^{-1} + 1200^{-1}]^{-1} = 436 \text{ heures}$$

Remplacée par une version plus récente

TABLEAU B-1/X.137

Performance de disponibilité et de temps moyen de bout en bout entre les interruptions du service pour la configuration du type 1

Configuration du type 1	
Statistiques	Valeur de bout en bout
Disponibilité du service (en pourcentage)	98,5
Temps moyen entre les interruptions du service (en heures)	436

TABLEAU B-2/X.137

Performance de disponibilité et de temps moyen de bout en bout entre les interruptions du service pour la configuration du type 2

Configuration du type 2	
Statistiques	Valeur de bout en bout
Disponibilité du service (en pourcentage)	97,5
Temps moyen entre les interruptions du service (en heures)	300

ANNEXE C

(à la Recommandation X.137)

Liste alphabétique des abréviations utilisées dans la présente Recommandation

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>)
DSE	Centre de commutation de données (<i>data switching equipment</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 outages</i>)
MTTSR	Temps moyen de rétablissement du service (<i>mean time to service restoration</i>)
OSI	Interconnexion de systèmes ouverts (<i>open systems interconnection</i>)

Remplacée par une version plus récente

pdp	Probabilité de déconnexion prématurée (<i>premature disconnect probability</i>)
pdsp	Probabilité de signal de déconnexion prématurée (<i>premature disconnect stimulus probability</i>)
PE	Événement de référence de la couche paquets (<i>packet layer reference event</i>)
rer	Taux d'erreurs résiduelles (<i>residual error rate</i>)
rp	Probabilité de réinitialisation (<i>reset probability</i>)
rsp	Probabilité de signal de réinitialisation (<i>reset stimulus probability</i>)
SPRT	Test progressif du rapport des probabilités (<i>sequential probability ratio test</i>)
tc	Capacité de débit (<i>throughput capacity</i>)