



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

E.527

(03/2000)

SÉRIE E: EXPLOITATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU,
SERVICE TÉLÉPHONIQUE, EXPLOITATION DES
SERVICES ET FACTEURS HUMAINS

Qualité de service, gestion de réseau et ingénierie du
trafic – Ingénierie du trafic – Détermination du nombre de
circuits en exploitation automatique et semi-automatique

**Dimensionnement d'un faisceau de circuits avec
services supports à intervalles de temps
multiples et trafic de débordement**

Recommandation UIT-T E.527

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE E

EXPLOITATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU, SERVICE TÉLÉPHONIQUE, EXPLOITATION DES SERVICES ET FACTEURS HUMAINS**EXPLOITATION, NUMÉROTAGE, ACHEMINEMENT ET SERVICES MOBILES**

EXPLOITATION DES RELATIONS INTERNATIONALES

| | |
|--|-------------|
| Définitions | E.100–E.103 |
| Dispositions de caractère général concernant les Administrations | E.104–E.119 |
| Dispositions de caractère général concernant les usagers | E.120–E.139 |
| Exploitation des relations téléphoniques internationales | E.140–E.159 |
| Plan de numérotage du service téléphonique international | E.160–E.169 |
| Plan d'acheminement international | E.170–E.179 |
| Tonalités utilisées dans les systèmes nationaux de signalisation | E.180–E.189 |
| Plan de numérotage du service téléphonique international | E.190–E.199 |
| Service mobile maritime et service mobile terrestre public | E.200–E.229 |

DISPOSITIONS OPÉRATIONNELLES RELATIVES À LA TAXATION ET À LA COMPTABILITÉ DANS LE SERVICE TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL

| | |
|---|-------------|
| Taxation dans les relations téléphoniques internationales | E.230–E.249 |
| Mesure et enregistrement des durées de conversation aux fins de la comptabilité | E.260–E.269 |

UTILISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL POUR LES APPLICATIONS NON TÉLÉPHONIQUES

| | |
|---|-------------|
| Généralités | E.300–E.319 |
| Phototélégraphie | E.320–E.329 |
| DISPOSITIONS DU RNIS CONCERNANT LES USAGERS | E.330–E.399 |

QUALITÉ DE SERVICE, GESTION DE RÉSEAU ET INGÉNIERIE DU TRAFIC

GESTION DE RÉSEAU

| | |
|--|-------------|
| Statistiques relatives au service international | E.400–E.409 |
| Gestion du réseau international | E.410–E.419 |
| Contrôle de la qualité du service téléphonique international | E.420–E.489 |

INGÉNIERIE DU TRAFIC

| | |
|--|-------------|
| Mesure et enregistrement du trafic | E.490–E.505 |
| Prévision du trafic | E.506–E.509 |
| Détermination du nombre de circuits en exploitation manuelle | E.510–E.519 |

| | |
|--|--------------------|
| Détermination du nombre de circuits en exploitation automatique et semi-automatique | E.520–E.539 |
|--|--------------------|

| | |
|--|-------------|
| Niveau de service | E.540–E.599 |
| Définitions | E.600–E.699 |
| Ingénierie du trafic RNIS | E.700–E.749 |
| Ingénierie du trafic des réseaux mobiles | E.750–E.799 |

QUALITÉ DE SERVICE: CONCEPTS, MODÈLES, OBJECTIFS, PLANIFICATION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT

| | |
|--|-------------|
| Termes et définitions relatifs à la qualité des services de télécommunication | E.800–E.809 |
| Modèles pour les services de télécommunication | E.810–E.844 |
| Objectifs et concepts de qualité des services de télécommunication | E.845–E.859 |
| Utilisation des objectifs de qualité de service pour la planification des réseaux de télécommunication | E.860–E.879 |
| Collecte et évaluation de données d'exploitation sur la qualité des équipements, des réseaux et des services | E.880–E.899 |

RECOMMANDATION UIT-T E.527

DIMENSIONNEMENT D'UN FAISCEAU DE CIRCUITS AVEC SERVICES SUPPORTS À INTERVALLES DE TEMPS MULTIPLES ET TRAFIC DE DÉBORDEMENT

Résumé

La présente Recommandation traite des méthodes de dimensionnement pour un ensemble de faisceaux de circuits gérant des services supports à intervalles de temps multiples, qui consiste en des faisceaux de premier choix et un faisceau de débordement recevant le trafic de débordement en provenance des faisceaux de premier choix. A ces fins, la présente Recommandation donne des exemples de méthodes permettant de calculer le facteur de pointe du trafic de débordement, ainsi que d'autres permettant de calculer les probabilités de blocage des communications individuelles dans le faisceau de débordement.

Source

La Recommandation UIT-T E.527, révisée par la Commission d'études 2 de l'UIT-T (1997-2000), a été approuvée le 13 mars 2000 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.

L'assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), 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 l'AMNT.

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

NOTE

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2000

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

TABLE DES MATIÈRES

| | | Page |
|-------|--|-------------|
| 1 | Domaine d'application de la présente Recommandation | 1 |
| 2 | Références normatives | 1 |
| 3 | Termes et définitions | 1 |
| 4 | Introduction..... | 1 |
| 5 | Modélisation du dimensionnement des faisceaux de circuits..... | 2 |
| 5.1 | Modélisation du trafic offert..... | 2 |
| 5.2 | Catégories de faisceaux de circuits..... | 2 |
| 5.3 | Objectifs en matière de niveau de service..... | 2 |
| 6 | Caractérisation du trafic de débordement provenant d'un faisceau de premier choix..... | 3 |
| 6.1 | Calcul de l'intensité du trafic d'un débordement individuel..... | 3 |
| 6.2 | Calcul du facteur de pointe des débordements individuels..... | 3 |
| 7 | Méthodes de dimensionnement d'un faisceau de débordement | 3 |
| 7.1 | Principes..... | 3 |
| 7.2 | Calcul des probabilités de blocage des communications individuelles | 4 |
| 8 | Historique..... | 4 |
| 9 | Références..... | 4 |
| | Annexe A – Exemples de méthodes de calcul des variances de débordement provenant d'un faisceau de premier choix..... | 4 |
| A.1 | Hypothèses et notations | 4 |
| A.2 | Méthodes de calcul des variances | 5 |
| A.2.1 | Méthode exacte..... | 5 |
| A.2.2 | Méthode d'approximation..... | 6 |
| | Annexe B – Exemples de méthodes de calcul des probabilités de blocage des communications individuelles d'un faisceau de débordement..... | 7 |
| B.1 | Méthode du réseau réduit..... | 7 |
| B.2 | Notations..... | 7 |
| B.3 | Détermination de la capacité équivalente n_i | 8 |
| B.4 | Encombrement dans le temps Π | 9 |
| B.5 | Probabilité de blocage B_i | 9 |
| B.6 | Deuxième débordement | 10 |
| B.7 | Domaine d'application | 10 |
| B.8 | Temps de traitement et activité de programmation..... | 10 |

Recommandation E.527

DIMENSIONNEMENT D'UN FAISCEAU DE CIRCUITS AVEC SERVICES SUPPORTS À INTERVALLES DE TEMPS MULTIPLES ET TRAFIC DE DÉBORDEMENT

(révisée en 2000)

1 Domaine d'application de la présente Recommandation

La présente Recommandation traite des méthodes de dimensionnement pour un ensemble de faisceaux de circuits gérant des services supports à intervalles de temps multiples, qui consiste en des faisceaux de premier choix et un faisceau de débordement recevant le trafic de débordement en provenance des faisceaux de premier choix. A ces fins, la présente Recommandation donne des exemples de méthodes permettant de calculer le facteur de pointe du trafic de débordement, ainsi que d'autres permettant de calculer les probabilités de blocage des communications individuelles dans le faisceau de débordement.

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 E.524 (1999), *Approximations du trafic de débordement pour des flux de trafic non aléatoires.*
- Recommandation UIT-T E.526 (1993), *Dimensionnement d'un faisceau de circuits avec services supports à intervalles de temps multiples et sans trafic de débordement.*
- Recommandation CCITT E.731 (1992), *Méthodes de dimensionnement des ressources exploitées en mode commutation de circuits.*
- Recommandation UIT-T E.737 (1997), *Méthodes de dimensionnement pour le RNIS à large bande.*

3 Termes et définitions

La terminologie générale de l'ingénierie du trafic utilisée dans la présente Recommandation est donnée dans la Recommandation E.600.

4 Introduction

La présente Recommandation décrit des méthodes de dimensionnement d'un faisceau de circuits avec services supports à intervalles de temps multiples et trafic de débordement. Les méthodes de dimensionnement d'un faisceau de circuits avec services supports à intervalles de temps multiples et sans trafic de débordement sont présentées dans la Recommandation E.526. La présente Recommandation complète donc la Recommandation E.526.

La présente Recommandation traite d'un faisceau de débordement vers lequel s'écoule le trafic des multiples débordements qui proviennent des faisceaux de premier choix. On suppose qu'aussi bien

les faisceaux de débordement que les faisceaux de premier choix sont des faisceaux à disponibilité intégrale (voir Recommandation E.731).

Les courants individuels de trafic seront exprimés d'une part en fonction des communications comme dans la Recommandation E.524, et d'autre part en fonction des faisceaux occupés comme dans la Recommandation E.526.

La présente Recommandation est aussi liée aux Recommandations E.731 et E.737, puisque les méthodes de dimensionnement qui sont présentées dans celles-ci sont fondées sur la technique de modélisation du trafic à intervalles de temps multiples d'un réseau à commutation de circuits qui gère un trafic mixte ayant des exigences différentes en matière de largeur de bande.

5 Modélisation du dimensionnement des faisceaux de circuits

5.1 Modélisation du trafic offert

Aux fins de l'ingénierie du trafic, le trafic support à intervalles de temps multiples est souvent caractérisé par les paramètres suivants:

- courant de trafic, représenté par la variable i ;
- débit d'arrivée des communications pour le courant de trafic i , représenté par la variable λ_i ;
- temps moyen de blocage pour le courant de trafic i , représenté par la variable $1/\mu_i$;
- nombre de circuits occupés par une communication pour le courant de trafic i , représenté par la variable d_i ;
- intensité du trafic mesurée en nombre de communications pour le courant de trafic i , représentée par la variable A_i ($A_i = \lambda_i/\mu_i$);
- facteur de pointe pour le courant de trafic i , représenté par la variable Z_i .

5.2 Catégories de faisceaux de circuits

Dans la présente Recommandation, on a considéré les deux catégories suivantes de faisceaux de circuits avec services supports à intervalles de temps multiples.

a) faisceaux de premier choix

Un faisceau de premier choix est un faisceau de circuits qui reçoit du trafic frais. Le trafic frais est modélisé à l'aide d'un processus poissonnien d'arrivée et son facteur de pointe est donc égal à un. Le faisceau de premier choix avec services supports à intervalles de temps multiples peut gérer divers courants de communications qui occupent des nombres différents d'intervalles de temps lorsqu'ils sont acceptés.

Suivant les définitions et les notations de la Recommandation E.526, la dimension du faisceau de premier choix est représentée par le nombre de circuits dans le faisceau.

b) faisceaux de débordement

Un faisceau de débordement est un faisceau de circuits qui reçoit du trafic de débordement provenant des faisceaux de premier choix. Il peut aussi gérer le trafic frais qu'il reçoit.

La dimension du faisceau de débordement est aussi représentée par le nombre de circuits dans le faisceau.

5.3 Objectifs en matière de niveau de service

Aux fins du dimensionnement des faisceaux de circuits avec services supports à intervalles de temps multiples, on considère que les probabilités de blocage des communications sont des paramètres importants en ce qui concerne le niveau de service (GOS, *grade of service*). Les objectifs que sont

les probabilités de blocage des communications de liaison et les probabilités de blocage des communications de bout en bout sont donc souvent utilisés dans le processus de dimensionnement d'un réseau qui est constitué de faisceaux de circuits. Puisque les probabilités de blocage des communications de bout en bout sont souvent calculées à partir des probabilités de blocage des communications de liaison et des configurations d'acheminement, comme décrit dans la Recommandation E.737, il est important d'évaluer les probabilités de blocage des communications individuelles dans un faisceau de circuits. La présente Recommandation est donc centrée sur des méthodes de calcul des probabilités de blocage des communications individuelles au niveau du faisceau de circuits.

6 Caractérisation du trafic de débordement provenant d'un faisceau de premier choix

6.1 Calcul de l'intensité du trafic d'un débordement individuel

Après avoir obtenu les probabilités de blocage des communications individuelles dans un faisceau de premier choix, on peut évaluer les intensités de trafic O_i des débordements individuels comme suit:

$$O_i = A_i B_i \quad (6-1)$$

où B_i représente la probabilité de blocage des communications du i ème courant de trafic dans le faisceau de premier choix. Des exemples de méthodes de calcul de la probabilité de blocage des communications B_i sont donnés dans les Recommandations E.526, E.731 et E.737.

6.2 Calcul du facteur de pointe des débordements individuels

Afin de caractériser le trafic de débordement aux fins du dimensionnement du faisceau de débordement, les facteurs de pointe du trafic de débordement individuel qui est reçu par le faisceau de débordement sont souvent utilisés. Le facteur de pointe Z_i est défini par la formule:

$$Z_i = V_i / O_i \quad (6-2)$$

où V_i représente la variance du trafic de débordement.

Des exemples de méthodes de calcul des variances et donc des facteurs de pointe des débordements individuels sont donnés à l'Annexe A.

7 Méthodes de dimensionnement d'un faisceau de débordement

7.1 Principes

Le problème fondamental du dimensionnement d'un faisceau de débordement est la détermination de la dimension du faisceau et des valeurs de paramètres des régimes de protection des services tels que la mise en réserve éventuelle des circuits de jonction (voir Recommandations E.731 et E.737), sous la contrainte des objectifs de blocage des communications à atteindre de manière économique dans une situation donnée de trafic reçu. Il faut noter que les courants de trafic de débordement qui sont reçus par le faisceau peuvent être caractérisés par leur intensité de trafic et leur facteur de pointe. Lorsque le trafic de débordement provient directement d'un faisceau de premier choix, son intensité et son facteur de pointe peuvent être calculés à l'aide des méthodes données dans le paragraphe 6.

Afin de procéder au dimensionnement du faisceau de débordement, on peut en principe utiliser la procédure itérative suivante:

étape 1: soit un ensemble initial de valeurs représentant la dimension du faisceau et, éventuellement, les paramètres des régimes de protection des services;

étape 2: évaluer les probabilités de blocage individuel des communications dans le faisceau pour l'ensemble de valeurs représentant la dimension du faisceau et les paramètres en question, afin de vérifier si les objectifs en matière de blocage sont satisfaits;

étape 3: mettre fin à la procédure si tous les objectifs sont atteints et s'il est aussi satisfait à un certain critère d'optimisation. Sinon, modifier les valeurs représentant la dimension du faisceau et les paramètres des régimes de protection des services et reprendre l'étape 2.

Comme indiqué dans l'étape 2, il faut calculer toutes les probabilités de blocage des communications dans le faisceau.

7.2 Calcul des probabilités de blocage des communications individuelles

Plusieurs méthodes permettent un calcul approximatif des probabilités de blocage des communications individuelles dans le faisceau de débordement. Le Tableau A.1/E.737 donne une liste (non exhaustive) des méthodes disponibles.

L'Annexe B donne l'exemple d'une autre méthode qui n'a pas été mentionnée dans le Tableau A.1/E.737.

8 Historique

Publiée pour la première fois en 1995, la présente Recommandation a été révisée en 2000.

9 Références

- [1] ODA (T.): Moment Analysis for Traffic Associated with Markovian queueing Systems, *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 39, n° 5, p. 737 à 746, mai 1991.
- [2] LE GALL (P.): Overflow traffic combination and cluster engineering, *Proceedings of ITC-11*, document 2.2 B-1, Kyoto 1985.
- [3] de PAZ (C.): A non linear dynamic analysis of overflow traffic, *Comunicaciones de Telefónica I + D*, n° 19, décembre 2000.

ANNEXE A

Exemples de méthodes de calcul des variances de débordement provenant d'un faisceau de premier choix

A.1 Hypothèses et notations

Soit un faisceau de premier choix avec services supports à intervalles de temps multiples qui reçoit des flux de trafic en loi de Poisson. On suppose que le faisceau de circuits est un faisceau à disponibilité intégrale. Les notations suivantes sont utilisées:

Paramètres du modèle

- N capacité du faisceau (nombre d'intervalles de temps dans le faisceau).
 I nombre de courants de trafic.
 i identificateur du courant de trafic, $i = 1, 2, \dots, I$.
 λ_i débit d'arrivée du courant de trafic i .
 μ_i inverse du temps moyen de blocage des communications dans le courant i .
 A_i intensité du trafic mesurée en nombre de communications, $A_i = \lambda_i/\mu_i$.

- d_i nombre de circuits utilisés par une communication dans le courant i .
- B_i probabilité de blocage des communications du courant de trafic i dans le faisceau de premier choix.
- O_i moyenne du débordement i .
- V_i variance du débordement i .
- Z_i facteur de pointe du débordement i .

Notations employées dans le calcul

- n_i nombre de communications en cours dans le courant i .
- \mathbf{n} état du faisceau, $\mathbf{n} = (n_1, n_2, \dots, n_I)$.
- E espace des états du faisceau $E = (\mathbf{n})$.
- $|E|$ nombre total d'états dans l'espace des états E .
- \mathbf{Q} matrice $|E| \times |E|$ des coefficients des équations stationnaires.
- π vecteur dont les composantes sont les probabilités stationnaires dans le faisceau.
- \mathbf{R}_i matrice $|E| \times |E|$ du débit de débordement du courant de trafic i .
- f_i premier moment vectoriel du débordement i .
- F_i premier moment du débordement i .
- S_i second moment du débordement i .
- \mathbf{e} vecteur $|E| \times 1$ dont toutes les composantes sont égales à un.
- \mathbf{I} matrice diagonale $|E| \times |E|$ dont tous les éléments diagonaux sont égaux à un.

On notera que les probabilités stationnaires π sont des solutions des équations $\pi\mathbf{Q} = 0$ et $\pi\mathbf{e} = 1$, et que, dans des cas particuliers, elles s'expriment sous la forme d'un produit, comme mentionné dans les Recommandations E.526, E.731 et E.737.

La matrice $\mathbf{R}_i = [r_i(\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2)]$ du débit de débordement est une matrice diagonale dont le n_i ème élément diagonal $r_i(\mathbf{n}, \mathbf{n})$ est défini comme suit:

$$r_i(\mathbf{n}, \mathbf{n}) = \begin{cases} \lambda_i & \text{: lorsqu'une communication entrante dans le courant } i \text{ est rejetée dans l'état } \mathbf{n}, \\ 0 & \text{: dans les autres cas.} \end{cases} \quad (\text{A.1-1})$$

A.2 Méthodes de calcul des variances

A.2.1 Méthode exacte

La moyenne et la variance du débordement du courant i peuvent être calculées à l'aide de la procédure suivante.

Procédure de calcul exact

- Etape 1) Calculer π et B_i .
- Etape 2) Calculer la moyenne O_i à l'aide de la formule $O_i = A_i B_i$.

Etape 3) Résoudre le système suivant d'équations linéaires pour le vecteur f_i :

$$f_i (\mu_i I - Q) = \pi R_i \quad (\text{A.2-1})$$

Etape 4) Calculer F_i et S_i à l'aide des formules

$$F_i = O_i \quad (\text{A.2-2})$$

$$S_i = \left(\frac{1}{\mu_i} \right) f_i R_i e + F_i \quad (\text{A.2-3})$$

Etape 5) Calculer la variance V_i et le facteur de pointe Z_i à l'aide des formules

$$V_i = S_i - (F_i)^2 \quad (\text{A.2-4})$$

$$Z_i = V_i / O_i \quad (\text{A.2-5})$$

La manière d'obtenir les équations (A.2-1) à (A.2-3) ainsi que des exemples numériques sont donnés dans la référence [1]. La procédure de calcul des variances ci-dessus peut aussi être appliquée aux faisceaux à intervalles de temps multiples où un régime de protection des services tel que la mise en réserve des circuits de jonction, décrite dans les Recommandation E.526, E.731 et E.737, est utilisé.

On notera que, lorsque la dimension du faisceau et le nombre de courants de trafic sont grands, la complexité des calculs nécessaires pour résoudre l'équation (A.2-1) dans l'étape 3) devient grande, à cause du grand nombre de dimensions.

A.2.2 Méthode d'approximation

Afin de réduire la complexité des calculs nécessaires pour déterminer le second moment S_i , on peut utiliser la méthode d'approximation suivante lorsque le faisceau de circuits est un faisceau à disponibilité intégrale.

Le principe de la méthode d'approximation consiste à établir un processus stochastique hypothétique dont la dimension de l'espace des états est plus petite et donc plus facile à traiter que celle de l'espace initial des états E . Soit un espace $E' = (j : 0 \leq j \leq N)$. En supposant que le faisceau est exploité suivant une politique de partage complet et que les probabilités π sont connues, et en représentant par E_j un sous-espace de l'espace E du faisceau qui est tel que $J = (n : \sum_{i=1,2,\dots,I} d_i n_i = j)$, on peut définir les débits de transition d'états $q(j_1, j_2)$ dans l'espace des états E' comme suit:

$$q(j_1, j_2) = \begin{cases} \lambda_i & : 0 \leq j_1 \leq N - d_i, j_2 = j_1 + d_i, \text{ pour tout } i, \\ \xi_i(j_i) & : d_i \leq j_1 \leq N, j_2 = j_1 - d_i, \text{ pour tout } i, \\ 0 & : \text{ dans les autres cas} \end{cases} \quad (\text{A.2-6})$$

où $\xi_i(j)$ est donné par la formule:

$$\xi_i(j) = \mu_i E \left[n_i \mid \sum_{i=1,2,\dots,I} d_i n_i = j \right] = \mu_i \left\{ \sum_{n \in E_j} n_i \pi(n) \right\} / \left\{ \sum_{n \in E_j} \pi(n) \right\} \quad (\text{A.2-7})$$

Les notations suivantes sont employées en ce qui concerne le modèle de transition d'états:

Q' matrice $N \times N$ des coefficients des équations stationnaires, $Q' = [q(j_1, j_2)]$.

π' vecteur $N \times 1$ dont les N composantes satisfont au système d'équations $\pi' Q' = 0$ et $\pi' e = 1$.

R_i' matrice $N \times N$ du débit de débordement du courant de trafic i .

f_i' premier moment vectoriel du débordement i .

S_i' valeur approchée du second moment du débordement i .

On notera que l'on a l'égalité $\pi'(j) = \sum_{n \in E_j} \pi(n)$. La matrice $R_i' = [r_i'(j_1, j_2)]$ est une matrice diagonale dont le j ième élément diagonal $r_i'(j, j)$ est défini comme suit:

$$r_i'(j, j) = \begin{cases} \lambda_i & \text{: lorsqu'une communication entrante dans le courant } i \text{ est rejetée dans l'état } j, \\ 0 & \text{: dans les autres cas.} \end{cases} \quad (\text{A.2-8})$$

La procédure de calcul d'une approximation de la variance de chaque débordement peut être construite comme suit:

Procédure d'approximation

Etape 1) Calculer π et B_i .

Etape 2) Calculer la moyenne O_i à l'aide de la formule $O_i = A_i B_i$.

Etape 3) Résoudre le système suivant d'équations linéaires pour le vecteur f_i' :

$$f_i'(\mu_i I - Q') = \pi' R_i' \quad (\text{A.2-9})$$

Etape 4) Calculer F_i et S_i' à l'aide des formules

$$F_i = O_i \quad (\text{A.2-10})$$

$$S_i' = (1/\mu_i) f_i' R_i' e + F_i \quad (\text{A.2-11})$$

Etape 5) Calculer les valeurs approchées de la variance V_i' et du facteur de pointe Z_i' à l'aide des formules

$$V_i' = S_i' - (F_i)^2 \quad (\text{A.2-12})$$

$$Z_i' = V_i' / O_i \quad (\text{A.2-13})$$

Des exemples numériques sont donnés dans la référence [1]. L'approximation est bonne, en particulier lorsque les débits des services μ_i sont les mêmes et qu'aucune mise en réserve des circuits de jonction n'est effectuée.

ANNEXE B

Exemples de méthodes de calcul des probabilités de blocage des communications individuelles d'un faisceau de débordement

B.1 Méthode du réseau réduit

Cette méthode est déduite de la référence [2].

B.2 Notations

Pour le trafic de débordement partiel de $n^{0,i}$ ($i = 1, \dots, x$)

- nombre d'intervalles de temps simultanés: d_i .
- intensité du trafic (en fonction des communications): b_i .
- intensité du trafic (en fonction des circuits): $(b_i \cdot d_i)$.
- fonction de débordement: $\rho_i(n)$.
- facteur de pointe: $z_i = \frac{\text{variance}}{\text{moyenne}}$ (du trafic).
- capacité équivalente (en fonction des communications): n_i .

Pour le faisceau de circuits de premier choix de $n^{0,i}$

- nombre de circuits: m_i .
- intensité du trafic offert (en fonction des communications): a_i .
- probabilité de débordement: $p_i = E_{m_i/d_i}(a_i)$ où $E_n(a)$ est la formule de perte d'Erlang étendue au cas où n n'est pas nécessairement un nombre entier. Nous avons la relation: $b_i = a_i p_i$.

Pour le faisceau de débordement

- nombre de circuits: N .
- intensité du trafic total (en fonction des communications): $b = \sum_{i=1}^x b_i$
- intensité du trafic total (en fonction des circuits): $M = \sum_{i=1}^x b_i d_i$
- facteur de réduction: Z_0
- encombrement dans le temps: Π
 - intensité du trafic lors du deuxième débordement (en fonction des communications): O_i
 - probabilité de blocage partiel: $B_i = O_i/b_i$

B.3 Détermination de la capacité équivalente n_i

La fonction de débordement $\rho_i(n)$ est définie à l'aide du processus de récurrence suivant, déduit du processus de récurrence (6-1) de la Recommandation E.524:

$$\rho_i(0) = p_i = E_{m_i/d_i}, \rho_i(n) = p_i = E_{m_i/d_i}(a_i), \frac{n}{\rho_i(n)} = \left(\frac{m_i}{d_i} + n - a_i \right) + a_i \rho_i(n-1) \quad (\text{B-1})$$

Ce processus de récurrence peut produire des instabilités numériques qui conduisent à des valeurs numériques dont l'erreur est importante lorsque les conditions suivantes sont satisfaites:

$$\frac{\alpha_i(n) - \sqrt{a_i \cdot (n+1)}}{a_i} < \rho_i(n) < \frac{\alpha_i(n) + \sqrt{a_i \cdot (n+1)}}{a_i} \quad (\text{B-2})$$

où:

$$\alpha_i(n) = a_i - \frac{m_i}{d_i} - n - 1 \quad (\text{B-3})$$

Afin d'éviter ce problème de calcul, on peut utiliser pour $\rho_i(n)$ la limite supérieure suivante, plus resserée (voir [3]):

$$\rho_i(n) < \frac{\sqrt{\alpha_i^2(n) + 4a_i \cdot (n+1)} - \alpha_i(n)}{2a_i} \quad (\text{B-4})$$

où $\alpha_i(n)$ est donné par la formule (B-3). Cette limite supérieure possède les deux propriétés suivantes:

- a) elle devient plus resserée lorsque n croît,
- b) on la calcule directement à l'aide de la formule (B-4) sans utiliser le procédé de récurrence.

La *capacité équivalente* n_i (en fonction des communications) est la solution de l'ensemble suivant d'équations, déduit de l'ensemble (6-2) de la Recommandation E.524:

$$\frac{n_i}{N} = \frac{a_i \rho_i(n_i) / D_i(n_i + 1)}{\sum_{k=1}^x a_k d_k \rho_k(n_k) / D_k(n_k + 1)}, \quad i = 1, \dots, x \quad (\text{B-5})$$

avec:

$$D_i(n) = 1 + a_i [\rho_i(n) - \rho_i(n - 1)] \quad (\text{B-6})$$

La seule modification est l'introduction du paramètre d_k dans le dénominateur de l'équation (6-2) de la Recommandation E.524. Le *facteur de pointe* z_i est donné par l'expression:

$$z_i = D_i(1) \quad (\text{B-7})$$

NOTE – Pour le trafic direct, nous avons: $m_i = 0, b_i = a_i, \rho_i(n) = D_i(n) = 1$.

B.4 Encombrement dans le temps Π

L'expression (A-3) de l'Annexe A/E.526 devient:

$$\Pi = B_1 \approx \left(\frac{1}{Z_0} \right) \cdot E_{N/Z_0} \left(\frac{M}{Z_0} \right) \quad (\text{B-8})$$

le facteur de réduction devenant:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^x a_i d_i^2 \rho_i(n_i)}{\sum_{i=1}^x b_i d_i} \quad (\text{B-9})$$

$E_n(a)$ est la formule de perte d'Erlang, n étant un nombre fractionnaire. On se souviendra que Π est égal à la probabilité de blocage B_1 d'un trafic direct ($m_i = 0$) avec intervalles de temps simples ($d_i = 1$) et arrivées suivant la loi de Poisson.

B.5 Probabilité de blocage B_i

Le facteur $H_i(d_i)$ est le même que le facteur H_i de l'Annexe A/E.526. Nous obtenons donc pour la probabilité de blocage du courant de trafic partiel $n^{0,i}$:

$$B_i = B_1 \cdot \frac{\rho_i(n_i)}{E_{m_i/d_i}(a_i)} \cdot H_i(d_i) \quad \text{avec} \quad H_i(d_i) = \frac{K^{d_i} - 1}{K - 1} \quad (\text{B-10})$$

où le terme K est défini par la formule:

$$K = \left[\frac{N}{M} \right]^{1/Z} \quad \text{avec:} \quad V = \sum_{i=1}^x b_i d_i^2 \quad \text{et} \quad Z = \frac{V}{M} \quad (\text{B-11})$$

B.6 Deuxième débordement

La formule (6-4) de la Recommandation E.524 permet maintenant de déduire l'intensité *du deuxième débordement partiel* O_i (en fonction des communications):

$$O_i = a_i \rho_i(n_i) H_i(d_i) \times \Pi \quad (\text{B-12})$$

On obtient d'une manière semblable, à partir de la forme modifiée de la formule (6-5) de la Recommandation E.524, le niveau partiel de service:

$$\rho_i(n_i) \cdot H_i(d_i) = C \quad (\text{B-13})$$

où C est une constante adaptée sur le plan économique.

NOTE – Cette égalisation n'est possible que lorsque la valeur de d_i est assez faible. Pour des communications vidéo (grandes valeurs de d_i), il est nécessaire de recourir aux méthodes de protection des services.

B.7 Domaine d'application

Cette méthode d'approximation peut être utilisée pour des valeurs:

$$d \leq 10, z \leq 3 \quad (\text{B-14})$$

B.8 Temps de traitement et activité de programmation

Les valeurs données au Tableau 2/E.524 sont approximativement valables.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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

18544

Imprimé en Suisse
Genève, 2001