



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

E.524

(05/99)

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

**Approximations du trafic de débordement pour
des flux de trafic non aléatoires**

Recommandation UIT-T E.524

(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 SERVICE MOBILE

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.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

**APPROXIMATIONS DU TRAFIC DE DEBORDEMENT
POUR DES FLUX DE TRAFIC NON ALEATOIRES**

Résumé

Pour assurer une conception et une planification précises du réseau en présence de flux de trafic multiples (par exemple, différents services assurés sur le même réseau), il est impératif de déterminer les valeurs moyennes et les variances individuelles du trafic de débordement pour les différents flux de trafic offerts au niveau d'un faisceau commun. Le calcul des valeurs exactes de ces paramètres pour des flux de trafic de débordement individuels est très complexe. La présente Recommandation propose donc différentes méthodes d'approximation des flux individuels de débordement, méthodes que l'on peut évaluer en fonction de divers critères: précision, temps de traitement, besoins en mémoire, complexité de programmation. La présente Recommandation fournit par ailleurs quelques exemples numériques de valeurs de calcul exactes que l'on pourra comparer aux résultats obtenus avec les méthodes en question.

Source

La Recommandation UIT-T E.524, révisée par la Commission d'études 2 de l'UIT-T (1997-2000), a été approuvée le 10 mai 1999 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 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, le terme *exploitation reconnue (ER)* désigne tout particulier, toute entreprise, toute société ou tout organisme public qui exploite un service de correspondance publique. Les termes *Administration*, *ER* et *correspondance publique* sont définis dans la *Constitution de l'UIT (Genève, 1992)*.

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 1999

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

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application..... 1
2	Références normatives 1
3	Termes et définitions 1
4	Abréviations 1
5	Introduction 1
6	Méthodes proposées 2
6.1	Méthode IPP 2
6.2	Méthode EC..... 3
6.3	Méthode AWW 3
6.3.1	Blocage du trafic de débordement..... 4
6.3.2	Utilisation de la formule de Wallström pour un blocage particulier..... 4
6.3.3	Traitement des variances de débordement 5
6.4	Méthode EPS 5
7	Exemples et critères de comparaison 6
8	Résumé des résultats 13
9	Historique 13

Recommandation E.524

APPROXIMATIONS DU TRAFIC DE DEBORDEMENT POUR DES FLUX DE TRAFIC NON ALEATOIRES

(révisée en 1999)

1 Domaine d'application

La présente Recommandation expose différentes méthodes d'approximation des valeurs moyennes et des variances du trafic de débordement pour des flux de trafic (non aléatoires) offerts au niveau d'une configuration de faisceaux.

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 CCITT E.521 (1988), *Calcul du nombre de circuits dans un faisceau écoulant du trafic de débordement.*
- Recommandation UIT-T E.600 (1993), *Termes et définitions relatifs à l'ingénierie du trafic.*

3 Termes et définitions

La terminologie générale de la présente Recommandation est celle de la Recommandation E.600: les notations utilisées dans la description des méthodes proposées sont explicitées au paragraphe 6.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AWW	approximation de Wilkinson Wallström (<i>approximate Wilkinson Wallström</i>)
EC	capacité équivalente (<i>equivalent capacity</i>)
EPS	flux de Poisson équivalent (<i>equivalent Poisson stream</i>)
ERT	trafic aléatoire équivalent (<i>equivalent random traffic</i>)
IPP	processus de Poisson interrompu (<i>interrupted Poisson process</i>)

5 Introduction

La présente Recommandation expose différentes méthodes d'approximation des valeurs et des variances du trafic de débordement pour des flux de trafic (non aléatoires) offerts au niveau d'un faisceau de circuits.

Les méthodes considérées sont un complément nécessaire à celles déjà présentées dans la Recommandation E.521, où interviennent des notions comme l'ingénierie des groupes de faisceau

avec égalisation du service, la protection du service et la qualité d'écoulement du trafic de bout en bout. La Recommandation E.521 est en effet en pareils cas insuffisante, du fait qu'elle ne couvre que la qualité d'écoulement du trafic pour un seul flux de trafic non aléatoire d'un faisceau de circuits.

Les méthodes de conception applicables aux domaines susmentionnés seront étudiées ultérieurement et s'appuieront sur la présente Recommandation quand elles compléteront ou remplaceront la Recommandation E.521.

Les méthodes proposées dans la présente Recommandation sont évaluées en fonction des critères suivants: précision, temps de traitement, capacité de mémoire et programmation nécessaire. D'autres critères peuvent s'appliquer et être ajoutés ultérieurement.

Les méthodes proposées sont décrites sommairement au paragraphe 6. Le paragraphe 7 donne des exemples d'arrangements de faisceaux de circuits pour lesquels on a calculé très exactement les moyennes et les variances (solution exacte des équations d'état) qui permettent de comparer les résultats des méthodes. Le Tableau 2 récapitule pour chaque méthode les critères importants. On trouvera à la fin de la présente Recommandation une bibliographie qui permettra d'obtenir des informations détaillées sur les bases mathématiques de chaque méthode.

6 Méthodes proposées

Les méthodes suivantes sont envisagées:

- a) la méthode IPP;
- b) la méthode EC;
- c) la méthode AWW;
- d) la méthode EPS.

6.1 Méthode IPP

La méthode IPP est un processus de Poisson interrompu par un commutateur aléatoire. La durée de fermeture/ouverture du commutateur aléatoire a une distribution exponentielle négative. Le trafic qui déborde d'un faisceau de circuits peut faire l'objet d'une approximation précise grâce à un processus interrompu de Poisson étant donné que celui-ci peut représenter les caractéristiques globales du trafic de débordement. Il est caractérisé par trois paramètres, à savoir l'intensité du trafic pendant la fermeture du commutateur et les durées moyennes des périodes de fermeture/ouverture du commutateur. Pour obtenir une approximation du trafic de débordement au moyen d'un processus interrompu de Poisson, on détermine ces trois paramètres de manière que certains instants du trafic de débordement coïncident avec ceux du processus interrompu de Poisson.

Les deux types suivants de méthodes par instants appariés sont examinés dans la présente Recommandation:

- la méthode d'appariement à trois instants [1] où les paramètres du processus interrompu de Poisson sont fixés de telle sorte que les trois premiers instants de ce processus coïncident avec ceux du trafic de débordement;
- la méthode d'appariement par rapport de 4 instants [2] où les paramètres du processus interrompu de Poisson sont fixés de telle sorte que le premier instant et les rapports des deuxième et troisième et septième et huitième instants binomiaux du processus interrompu de Poisson coïncident avec ceux du trafic de débordement.

Pour analyser un faisceau de circuits où sont acheminés simultanément plusieurs flux de Poisson et plusieurs flux de trafic de débordement, chaque flux de trafic de débordement fait l'objet d'une approximation par un processus interrompu de Poisson (IPP). Cette méthode convient parfaitement

pour les calculs informatiques. Les équations de transition d'état d'un faisceau de circuits avec des données de l'IPP peuvent être résolues directement sans qu'il soit nécessaire d'introduire des modèles équivalents. On peut obtenir les caractéristiques du trafic de débordement en résolvant les équations de transition d'état. La méthode du processus interrompu de Poisson se caractérise essentiellement par le fait que l'on peut calculer les moyennes et les variances pour chaque flux de trafic de débordement.

6.2 Méthode EC

La méthode EC [3] ne fait pas appel aux moments du trafic mais au comportement transitoire du trafic primaire en introduisant une certaine fonction $\rho(n)$ de la capacité équivalente (n) du trafic de débordement partiel définie pour tout n entier positif par l'équation récursive suivante:

$$\begin{cases} \rho(0) = Em(\alpha) & \text{[formule des appels perdus d'Erlangs]} \\ \frac{n}{\rho(n)} = (m + n - a) + \alpha \cdot \rho(n - 1) \end{cases} \quad (6-1)$$

Pour les valeurs intermédiaires de n , $\rho(n)$ est obtenu par interpolation linéaire.

Dans la pratique, si l'on ne tient compte que des principaux états d'encombrement du trafic de débordement, une approximation se traduit par les formules suivantes:

$$\frac{n_i}{n} = \frac{a_i \rho_i(n_i) / D_i(n_i + 1)}{\sum_{k=1}^x a_k \rho_k(n_k) / D_k(n_k + 1)} \quad (6-2)$$

avec:

$$D_i(n) = 1 + a_i [\rho_i(n) - \rho_i(n - 1)] \quad (6-3)$$

pour définir la capacité équivalente (n_i) du trafic de débordement partiel i , en fonction de la dépendance mutuelle entre les flux partiels de trafic de débordement.

La valeur moyenne du deuxième flux partiel de débordement est:

$$O_i = a_i \pi \rho_i(n_i) \quad (6-4)$$

où π représente la congestion temporelle du faisceau de débordement.

La compensation partielle de la qualité d'écoulement de trafic (GOS, *grade of service*) est réalisée si:

$$\rho_i(n_i) = C \quad (6-5)$$

C étant une constante à déterminer.

6.3 Méthode AWW

La méthode AWW fait appel à un modèle d'approximation du trafic aléatoire équivalent (ERT, *equivalent random traffic*) qui constitue une amélioration de l'approximation de Rapp. Le trafic de débordement total est divisé en différentes parties au moyen d'une expression simple [voir les formules (6-7) et (6-9)]. Pour calculer le trafic de débordement total, on peut utiliser n'importe quelle méthode. Une approximation fondée sur la formule d'Erlang, où la vitesse est indépendante de la taille du faisceau de circuits considéré, est indiquée en [4].

Les notations suivantes sont utilisées:

M	moyenne du trafic total offert;
V	variance du trafic total offert;
Z	V/M ;
B	blocage moyen du faisceau considéré;
m_i, v_i, z_i, b_i	quantités correspondantes pour un flux de trafic particulier;
\sim	symbole utilisé pour les quantités de débordement.

6.3.1 Blocage du trafic de débordement

Pour les calculs relatifs au trafic de débordement, on utilise un modèle d'approximation du trafic aléatoire équivalent. Des calculs numériques ont permis d'améliorer considérablement l'approximation classique de Rapp en ce qui concerne le trafic fictif. L'erreur introduite par l'approximation est réduite par rapport à l'erreur liée à l'utilisation du modèle de trafic aléatoire équivalent. On sait que ce modèle sous-estime les blocages réduits en cas de mélange de trafics n'ayant pas le même facteur d'irrégularité [2]. La formule indiquée dans [4] est la suivante pour $Z > 1$ (malgré une erreur d'impression):

$$A^* \approx V + Z(Z - 1)(2 + \gamma^\beta)$$

où:

$$\gamma = (2,36 Z - 2,17) \log \left\{ 1 + \frac{Z - 1}{M(Z + 1,5)} \right\}$$

et:

$$\beta = Z / (1,5M + 2Z - 1,3) \quad (6-6)$$

6.3.2 Utilisation de la formule de Wallström pour un blocage particulier

L'élaboration d'une formule simple et précise pour déterminer le blocage de trafic particulier \tilde{m}_i a suscité beaucoup d'intérêt. En 1967, Katz [5] proposait une formule de type:

$$\tilde{m}_i = m_i B (1 - w + w z_i / Z) \quad (6-7)$$

w étant une expression appropriée. Wallström a proposé une formule très simple permettant néanmoins d'obtenir des résultats raisonnables [6] et [2]:

$$w = 1 - B \quad (6-8)$$

Toutefois, le problème concret que pose cette formule est qu'un sous-courant de faible facteur d'irrégularité pourrait faire l'objet d'un blocage $b_i > 1$. Pour éviter de tels inconvénients, on procède en l'occurrence à une modification. Supposons que z_{\max} est la valeur la plus élevée de la quantité individuelle z_i . Dans ces conditions, la valeur employée est:

$$w = \begin{cases} 1 - B & \text{si } z_{\max} < Z(1 + B) \text{ sinon} \\ \frac{Z(1 - B)}{B(z_{\max} - Z)} & \end{cases} \quad (6-9)$$

6.3.3 Traitement des variances de débordement

Dans cette méthode, les covariances ne sont pas calculées séparément, mais leur effet est inclus dans les paramètres \tilde{v}_i de débordement particulier afin qu'elles correspondent à la variance totale en s'ajoutant. Les quantités \tilde{v}_i sont obtenues à partir de la variance du débordement total \tilde{V} au moyen d'une formule simple de subdivision, à savoir:

$$\tilde{v}_i = \tilde{V} v_i / V \quad (6-10)$$

On peut démontrer que la formule de subdivision de Wallström (6-8) et la formule (6-10) combinées avec le modèle de trafic aléatoire équivalent offrent un certain niveau de cohérence. Il est possible d'obtenir les mêmes résultats pour le blocage de trafic particulier en faisant les calculs pour un faisceau de circuits de $N_1 + N_2$ circuits au lieu de faire d'abord les calculs pour les circuits N_1 , puis d'offrir le trafic de débordement aux circuits N_2 .

Etant donné que les différentes variances sont traitées de cette manière, on ne peut pas comparer les résultats avec ceux du Tableau 1.

6.4 Méthode EPS

La méthode EPS [7] consiste à convertir les valeurs maximales (crêtes) des flux de trafic en flux de Poisson équivalents (en utilisant le modèle ERT normalisé) puis à déterminer les conditions dans lesquelles l'équivalence est vraie (caractéristique de crête = variance/moyenne).

On utilise les notations suivantes:

a_i	Moyenne de trafic du flux entrant i
z_i	Valeur maximale de trafic du flux entrant i
a	Moyenne du trafic total offert
v	Variance du trafic total offert
z	Caractéristique de crête du trafic total offert
O	Moyenne du trafic de débordement total
Z	Caractéristique de crête du trafic de débordement total
V	Variance du trafic de débordement total
O_i	Moyenne de débordement du flux de trafic i
V_i	Variance de débordement du flux de trafic i
Z_i	Caractéristique de crête de débordement du flux de trafic i
$C_{(i,j)}$	Covariance de débordement des flux de trafic i et j

Les conditions de validité de la méthode EPS sont:

$$z_i \ll a_i \quad (6-11a)$$

$$(z_i - 1) \ll a_i / 3 \quad (6-11b)$$

Ces conditions sont vérifiées dans les réseaux à fort trafic actuels, où le trafic se chiffre en centaines d'erlangs, avec des caractéristiques de crête voisines de l'unité.

La méthode donne les résultats suivants:

$$O_i = f_i O \quad (6-12a)$$

$$V_i = (f_i)^2 V + f_i (1 - f_i) O \quad (6-12b)$$

Les composantes de flux f_i répondant à l'équation:

$$f_i = a_e(i)/\Sigma a_e(i) \quad (6-12c)$$

$a_e(i)$, moyenne de l'équivalent Poisson du flux i , s'écrit:

$$a_e(i) = a_i z_i + 3z_i (z_i - 1) \quad (6-13)$$

La moyenne du débordement total $O = \Sigma O_i$ et la variance V correspondante sont données par:

$$O = a_e B(s + s_e, a_e) \quad (6-14a)$$

$$V = O (1 - O + a_e/(s + s_e + 1 - a_e + O)) \quad (6-14b)$$

avec, pour a_e et s_e :

$$a_e = v + 3z (z - 1) \quad (6-15a)$$

$$s_e = a_e (a + z)/(a + z - 1) - a - 1 \quad (6-15b)$$

Le paramètre B se rapportant à la formule B de Erlang. La caractéristique de crête Z du débordement total, égal à V/O , s'écrit:

$$Z = 1 - O + a_e/(s + s_e + 1 - a_e + O) \quad (6-16)$$

La covariance des flux de débordement i et j est donnée par:

$$C(i, j) = f_i f_j (V - O) \quad (6-17)$$

De même,

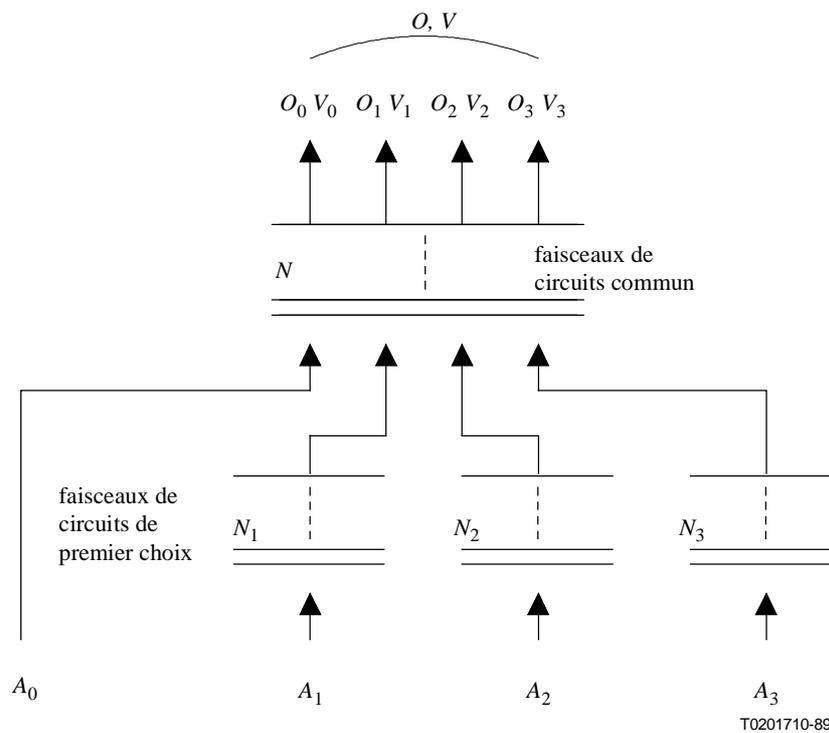
$$Z_i - 1 = f_i (Z - 1) \quad (6-18)$$

De toute évidence, comme les valeurs maximales des flux entrants suivent, dans la pratique, une loi de Poisson, $a_e(i) \rightarrow a_i$, puisque $z_i \rightarrow 1$. En conséquence, $f_i = a_i/\Sigma a_i$, et les équations ci-dessus se ramènent convenablement à celles des flux entrants donnés par la loi de Poisson [7]. Il convient également de noter que dans les conditions des équations (6-11a) et (6-11b), l'équation (6-12c) se ramène à $f_i \approx a_i z_i / \Sigma a_i z_i$.

7 Exemples et critères de comparaison

Pour tester les méthodes définies, on calcule les exemples indiqués dans le Tableau 1.

Le modèle de calcul est donné à la Figure 1.



T0201710-89

- A_i Volume du trafic Poisson offert
- N_i Nombre de faisceaux de circuits de premier choix
- N Numéro du faisceau de circuits commun
- O_i Moyenne du trafic qui déborde du faisceau de circuits commun
- V_i Variance du trafic de débordement du faisceau de circuits commun
- O Moyenne du trafic total qui déborde du faisceau de circuits commun
- V Variance du trafic total qui déborde du faisceau de circuits commun

Figure 1/E.524 – Modèle de calcul

A titre de comparaison, on définit les critères suivants:

- i) *Erreur sur le trafic de débordement*
 - *Précision des différentes moyennes et variances du trafic de débordement*
 - *Erreur moyenne*

$$\varepsilon_O^I = \frac{\sum_{\text{tous les exemples}} \sum_{i=1}^M \delta_O^i}{\{\text{nombre de flux}\} \{\text{nombre d'exemples}\}}$$

$$\varepsilon_V^I = \frac{\sum_{\text{tous les exemples}} \sum_{i=1}^M \delta_V^i}{\{\text{nombre de flux}\} \{\text{nombre d'exemples}\}}$$

- *Ecart type de l'erreur*

$$sd_O^I = \frac{\left\{ \sum_{\text{tous les exemples}} \sum_{i=1}^M (\delta_O^i - \varepsilon_O^I)^2 \right\}^{1/2}}{\{\text{nombre de flux}\} \{\text{nombre d'exemples}\}}$$

$$sd_V^I = \frac{\left\{ \sum_{\text{tous les exemples}} \sum_{i=1}^M (\delta_V^i - \varepsilon_V^I)^2 \right\}^{1/2}}{\{\text{nombre de flux}\} \{\text{nombre d'exemples}\}}$$

où:

$$\delta_O^i = (O_i - \bar{O}_i) / \bar{O}_i$$

$$\delta_V^i = (V_i - \bar{V}_i) / \bar{V}_i$$

O_i, V_i valeur calculée de la moyenne et de la variance pour chaque flux par la méthode d'approximation.

\bar{O}_i, \bar{V}_i valeur calculée exacte de la moyenne et de la variance.

M nombre de flux entrants offerts au niveau d'un faisceau de circuits commun.

– *Précision de la moyenne et de la variance du trafic de débordement total*

- *Erreur moyenne*

$$\varepsilon_O^T = \frac{\sum_{\text{tous les exemples}} \delta_O}{\{\text{nombre d'exemples}\}}$$

$$\varepsilon_V^T = \frac{\sum_{\text{tous les exemples}} \delta_V}{\{\text{nombre d'exemples}\}}$$

- *Ecart type de l'erreur*

$$sd_O^T = \frac{\left\{ \sum_{\text{tous les exemples}} (\delta_O - \varepsilon_O^T)^2 \right\}^{1/2}}{\{\text{nombre d'exemples}\}}$$

$$sd_V^T = \frac{\left\{ \sum_{\text{tous les exemples}} (\delta_V - \varepsilon_V^T)^2 \right\}^{1/2}}{\{\text{nombre d'exemples}\}}$$

où:

$$\delta_o = (O - \bar{O}) / \bar{O}$$

$$\delta_v = (V - \bar{V}) / \bar{V}$$

O, V valeur calculée de la moyenne et de la variance totales pour la méthode d'approximation.

\bar{O}, \bar{V} valeur calculée exacte de la moyenne et de la variance totales.

ii) *Calculs*

- *Temps relatif de traitement*

$$C = \frac{\{\text{Total du temps de l'unité centrale (CPU, } \textit{central processing unit}) \text{ nécessaire pour calculer tous les exemples en appliquant la méthode approximative}\}}{\{\text{temps total de l'unité centrale nécessaire pour calculer tous les exemples par la formule d'Erlang}\}}$$

- *Besoins mémoire*

$$M = \frac{\text{Capacité de la mémoire nécessaire à l'exécution de la méthode d'approximation}}{\text{Capacité de la mémoire nécessaire pour l'exécution de la formule d'Erlang}}$$

- *Dimension du programme*

$$S = \frac{\text{Dimension du programme source pour la méthode d'approximation}}{\text{Dimension du programme source pour la formule d'Erlang}}$$

NOTE 1 – C, M et S doivent concerner le même processeur; le même langage et les mêmes algorithmes associés.

NOTE 2 – Selon le type de méthode d'approximation (calcul direct ou récursif), différentes compensations entre C, M et S peuvent intervenir; par exemple plus de mémoire et moins de temps; petit programme et plus de temps; etc.

Tableau 1a/E.524 – Valeur calculée exacte de la moyenne et de la variance de chaque flux de trafic de débordement – Trois faisceaux de circuits de premier choix

Cas	A_1	A_2	A_3	A_0	O_0	O_1	O_2	O_3	O
	N_1	N_2	N_3	N	V_0	V_1	V_2	V_3	V
1	7,036	26,688	64,169	–	–	0,4337	0,7490	1,091	2,274
	5	28	70	11	–	0,7656	2,111	4,441	10,51
2	7,036	26,688	64,169	–	–	0,1449	0,2758	0,4944	0,9150
	5	28	70	16	–	0,2436	0,7328	1,911	4,293
3	7,036	26,688	64,169	–	–	0,01369	0,02846	0,06628	0,1084
	5	28	70	25	–	0,02041	0,06461	0,2205	0,4464
4	7,036	10,176	13,250	–	–	0,7459	1,262	1,785	3,792
	5	6	7	14	–	1,193	2,292	3,625	11,28
5	7,036	10,176	13,250	–	–	0,2888	0,4857	0,6832	1,458
	5	6	7	19	–	0,4636	0,9089	1,460	4,754
6	7,036	10,176	13,250	–	–	0,03570	0,05915	0,08237	0,1772
	5	6	7	26	–	0,05358	0,1026	0,1621	0,5249
7	7,036	32,395	77,617	–	–	0,4516	1,176	2,344	3,972
	5	31	77	16	–	0,7434	3,466	10,39	21,41
8	7,036	32,395	77,617	–	–	0,1538	0,4294	0,9739	1,557
	5	31	77	23	–	0,2427	1,200	4,219	8,558
9	7,036	32,395	77,617	–	–	0,01303	0,03984	0,1006	0,1535
	5	31	77	35	–	0,01841	0,09378	0,3690	0,7124
10	64,169	32,395	13,250	–	–	1,157	1,455	1,320	3,933
	70	31	7	15	–	4,442	4,256	2,849	18,28
11	64,169	32,395	13,250	–	–	0,5564	0,5849	0,4749	1,616
	70	31	7	21	–	2,026	1,675	1,023	8,008
12	64,169	32,395	13,250	–	–	0,06907	0,05265	0,03848	0,1602
	70	31	7	32	–	0,2167	0,1295	0,07165	0,7075
13	7,036	26,688	64,169	3,000	0,4064	0,5038	0,8274	1,160	2,897
	5	28	70	13	0,5578	0,8566	2,243	4,574	13,16
14	7,036	26,688	64,169	3,000	0,1460	0,1840	0,3384	0,5729	1,241
	5	28	70	18	0,1992	0,3043	0,8779	2,163	5,893
15	7,036	26,688	64,169	3,000	0,01170	0,01506	0,03086	0,07035	0,1280
	5	28	70	28	0,01472	0,02218	0,06861	0,2287	0,5374
16	7,036	32,395	77,617	1,000	0,1253	0,4451	1,156	2,304	4,031
	5	31	77	17	0,1392	0,7266	3,366	10,10	21,77
17	7,036	32,395	77,617	1,000	0,04250	0,1536	0,4275	0,9674	1,591
	5	31	77	24	0,04696	0,2409	1,183	4,148	8,775
18	7,036	32,395	77,617	1,000	0,004542	0,01687	0,05106	0,1282	0,2006
	5	31	77	35	0,004891	0,02398	0,1214	0,4751	0,9548
19	64,169	32,395	13,250	9,000	1,761	1,251	1,654	1,630	6,295
	70	31	7	21	3,052	4,517	4,406	3,103	27,73
20	64,169	32,395	13,250	9,000	0,6761	0,6501	0,7389	0,6427	2,708
	70	31	7	28	1,253	2,225	1,956	1,279	13,61
21	64,169	32,395	13,250	9,000	0,06219	0,09577	0,07978	0,06069	0,2984
	70	31	7	40	0,1054	0,2884	0,1887	0,1099	1,409

Tableau 1b/E.524 – Valeur calculée exacte de la moyenne et de la variance de chaque flux de trafic de débordement – Deux faisceaux de circuits de premier choix

Cas	A_1	A_2	A_3	A_0	O_0	O_1	O_2	O_3	O
	N_1	N_2	N_3	N	V_0	V_1	V_2	V_3	V
22	8,200	30,000	–	–	–	0,6153	1-139	–	1,755
	5	30	–	10	–	1,179	3,473	–	6,159
23	8,200	30,000	–	–	–	1,807	2,465	–	4,272
	5	30	–	5	–	3,263	7,431	–	13,00
24	8,200	30,000	–	–	–	0,01866	0,04814	–	0,06680
	5	30	–	21	–	0,03026	0,1233	–	0,1993
25	8,200	30,000	–	–	–	0,2111	0,4629	–	0,6740
	5	30	–	14	–	0,3902	1,372	–	2,355
26	8,200	14,300	–	–	–	0,04699	0,09279	–	0,1398
	5	7	–	22	–	0,07700	0,1980	–	0,3724
27	8,200	14,300	–	–	–	0,3744	0,7547	–	1,129
	5	7	–	16	–	0,6603	1,763	–	3,322
28	8,200	14,300	–	–	–	0,9282	1,892	–	2,820
	5	7	–	12	–	1,614	4,212	–	7,774
29	8,200	14,300	–	–	–	2,002	4,095	–	6,098
	5	7	–	7	–	3,272	7,806	–	13,64
30	8,200	42,000	–	–	–	0,02324	0,09886	–	0,1221
	5	37	–	27	–	0,03602	0,3019	–	0,4197
31	8,200	42,000	–	–	–	0,2136	0,8353	–	1,049
	5	37	–	19	–	0,3682	2,945	–	4,204
32	8,200	42,000	–	–	–	1,499	4,437	–	5,935
	5	37	–	8	–	2,616	14,60	–	21,00
33	8,200	42,000	–	–	–	0,6940	2,416	–	3,110
	5	37	–	13	–	1,237	8,493	–	12,30
34	30,000	14,300	–	–	–	0,06570	0,05450	–	0,1202
	30	7	–	25	–	0,1628	0,1116	–	0,3922
35	30,000	14,300	–	–	–	0,4669	0,4662	–	0,9331
	30	7	–	18	–	1,300	1,088	–	3,461
36	30,000	14,300	–	–	–	1,374	1,739	–	3,113
	30	7	–	12	–	3,932	4,001	–	10,91
37	30,000	14,300	–	–	–	2,425	3,806	–	6,231
	30	7	–	7	–	6,994	7,628	–	18,16
38	8,200	67,900	–	–	–	0,01656	0,1007	–	0,1173
	5	65	–	30	–	0,02497	0,3667	–	0,4658
39	8,200	67,900	–	–	–	0,1835	0,9716	–	1,155
	5	65	–	20	–	0,3132	4,189	–	5,488
40	8,200	67,900	–	–	–	0,5393	2,449	–	2,986
	5	65	–	14	–	0,9685	10,73	–	14,35
41	8,200	67,900	–	–	–	1,361	4,707	–	6,068
	5	65	–	8	–	2,441	19,71	–	26,55
42	51,500	14,300	–	–	–	0,07517	0,04089	–	0,1161
	54	7	–	27	–	0,2290	0,08146	–	0,4339
43	51,500	14,300	–	–	–	0,6402	0,4689	–	1,109
	54	7	–	18	–	2,248	1,101	–	4,799

Tableau 1c/E.524 – Valeur calculée exacte de la moyenne et de la variance de chaque flux de trafic de débordement – Un faisceau de circuits de premier choix

Cas	A_1	A_2	A_3	A_0	O_0	O_1	O_2	O_3	O
	N_1	N_2	N_3	N	V_0	V_1	V_2	V_3	V
44	51,500	14,300	–	–	–	1,403	1,362	–	2,765
	54	7	–	13	–	5,079	3,224	–	11,50
45	51,500	14,300	–	–	–	2,586	3,675	–	6,261
	54	7	–	7	–	9,612	7,513	–	21,11
46	8,200	–	–	4,000	0,03309	0,04990	–	–	0,08299
	5	–	–	16	0,04785	0,08712	–	–	0,1789
47	8,200	–	–	4,000	0,3494	0,4859	–	–	0,8354
	5	–	–	11	0,5382	0,9155	–	–	1,975
48	8,200	–	–	4,000	0,9011	1,169	–	–	2,070
	5	–	–	8	1,327	2,120	–	–	4,554
49	8,200	–	–	4,000	1,802	2,142	–	–	3,944
	5	–	–	5	2,369	3,588	–	–	7,333
50	30,000	–	–	4,000	0,01660	0,05973	–	–	0,07633
	30	–	–	20	0,02296	0,1558	–	–	0,2228
51	30,000	–	–	4,000	0,1991	0,5806	–	–	0,7796
	30	–	–	13	0,3062	1,743	–	–	2,656
52	30,000	–	–	4,000	0,5988	1,400	–	–	1,999
	30	–	–	9	0,9338	4,255	–	–	6,730
53	30,000	–	–	4,000	1,560	2,558	–	–	4,118
	30	–	–	5	2,199	7,620	–	–	12,01
54	51,500	–	–	4,000	0,01445	0,07537	–	–	0,08982
	54	–	–	22	0,01966	0,2413	–	–	0,3131
55	51,500	–	–	4,000	0,1208	0,5143	–	–	0,6351
	54	–	–	15	0,1819	1,893	–	–	2,575
56	51,500	–	–	4,000	0,4286	1,383	–	–	1,812
	54	–	–	10	0,6788	5,300	–	–	7,549
57	51,500	–	–	4,000	1,145	2,429	–	–	3,574
	54	–	–	6	1,726	9,299	–	–	13,55

8 Résumé des résultats

On trouvera au Tableau 2 une récapitulation des méthodes disponibles et des mesures de qualité en fonction des différents critères.

Tableau 2/E.524 – Comparaison des différentes méthodes d'approximation

Fonctions	Comparaison		
	Efforts de calcul		
Méthode	Temps de traitement	Capacité mémoire requise	Effort de programmation
Méthode du processus interrompu de Poisson à 3 moments	400	5	50
par rapport de 4 moments	1000	5	50
Méthode de la capacité équivalente	40	2	3
Méthode d'approximation de Wilkinson et Wallström	3	1,6	3
Méthode EPS	3	2	3

9 Historique

Recommandation E.524 – Première édition en 1988; révisée en 1992; deuxième révision en 1999.

Bibliographie

- [1] MATSUMOTO (J), WATANABE (Y): Analysis of individual traffic characteristics for queuing systems with multiple Poisson and overflow inputs, *Proc. 10th ITC*, paper 5.3.1, Montréal 1983.
- [2] RENEBY (L): On individual and overall losses in overflow systems, *Proc. 10th ITC*, paper 5.3.5, Montréal 1983.
- [3] LE GALL (P): Overflow traffic combination and cluster engineering, *Proc. 11th ITC*, paper 2.2B-1, Kyoto 1985.
- [4] LINDBERG (P), NIVERT (K), SAGERHOLM (B): Economy and service aspects of different designs of alternate routing networks, *Proc. 11th ITC*, Kyoto 1985.
- [5] KATZ (S): Statistical performance analysis of a switched communications network, *Proc. 5th ITC*, New York 1967.
- [6] LINDBERGER (K): Simple approximations of overflow system quantities for additional demands in the optimization, *Proc. 10th ITC*, Montréal 1983.
- [7] BHANDARI (R): A model for stream overflows in circuit-switched communication networks, *IEICE Transactions on Communications: Special Issue on Telecommunications Network Planning and Design*, Vol, E80-B, n° 2, p. 324-331 (1997).

SERIES 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 Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication