



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

E.525 (rév.1)

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

SERVICE TÉLÉPHONIQUE ET RNIS

**QUALITÉ DE SERVICE, GESTION
DU RÉSEAU ET INGÉNIERIE DU TRAFIC**

**CONCEPTION DES RÉSEAUX POUR
LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ
D'ÉCOULEMENT DU TRAFIC**

Recommandation E.525 (rév.1)



Genève, 1992

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 E.525, que l'on doit à la Commission d'études II, a été approuvée le 16 juin 1992 selon la procédure définie dans la Résolution n° 2.

NOTE DU CCITT

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.

© UIT 1992

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'éditeur.

CONCEPTION DES RÉSEAUX POUR LE CONTRÔLE
DE LA QUALITÉ D'ÉCOULEMENT DU TRAFIC

(révisée en 1992)

1 Introduction

Deux objectifs peuvent guider la conception des réseaux lorsqu'il s'agit de contrôler la qualité d'écoulement du trafic (GOS) (*grade of service*). Le premier est d'assurer une qualité globale d'écoulement du trafic pour l'ensemble du trafic offert au réseau. Le choix d'un plan d'acheminement qui réduise les conséquences négatives des perturbations du réseau peut être une solution. Des plans d'acheminement qui permettent une plus grande souplesse dans le choix des modalités d'acheminement sont en général plus adaptables, notamment en cas d'erreurs de prévision ou de surcharge concentrée, que les méthodes traditionnelles d'acheminement hiérarchique.

Le second objectif est de contrôler la qualité d'écoulement de certains courants de trafic en limitant l'accès à des faisceaux de circuits. Il existe pour cela plusieurs méthodes de protection du service ayant un point commun: le rejet éventuel de certaines tentatives d'appel quand le faisceau de circuits considéré a une faible capacité disponible. On utilise généralement la protection du service dans les réseaux d'acheminement par voie détournée afin de limiter le trafic de débordement, mais aussi pour privilégier une catégorie de trafic par rapport à une autre.

En cas de défaillance ou de surcharge, il peut s'avérer nécessaire de modifier temporairement les paramètres de protection du service. Cela est considéré comme relevant de la gestion du réseau qui est décrite dans les Recommandations de la série E.400.

Les applications des méthodes de protection du service sont décrites au § 2 et les méthodes existantes sont étudiées au § 3.

La configuration en groupe de faisceaux et la configuration de bout en bout sont abordées au § 4.

La protection du service fait généralement intervenir des algorithmes de dimensionnement plus complexes. On trouvera des algorithmes de dimensionnement appropriés au § 5.

D'une manière générale, le choix d'une méthode dépend des caractéristiques de sa qualité de fonctionnement et de la facilité de sa mise en œuvre, qui sont étudiées aux § 6 et 7.

On peut considérer que les plans d'acheminement souple et/ou dynamique sont des méthodes «à l'échelle d'un réseau» et que les méthodes de protection du service sont des méthodes «à l'échelle d'un faisceau de circuits». On peut utiliser un seul type de méthode ou les deux à la fois.

2 Applications

2.1 Faisceaux de circuits exploités dans les deux sens

Dans les faisceaux de circuits mixtes, les appels de A à B et de B à A sur la figure 1/E.525 partagent le même ensemble de circuits, d'où une meilleure efficacité, notamment dans les cas où les heures chargées ne coïncident pas.

Il est nécessaire, en cas d'exploitation dans les deux sens, de prendre des mesures pour protéger le trafic circulant dans un sens contre le comportement anormal du trafic circulant dans l'autre sens.

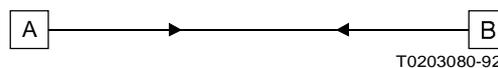


FIGURE 1/E.525

2.2 Acheminement du trafic

2.2.1 Méthodes d'acheminement par faisceau de débordement – Principes généraux

Les méthodes d'acheminement par faisceau de débordement font souvent appel à des voies directes d'acheminement de premier choix (à haut rendement) et à des voies d'acheminement détourné indirectes. En cas de surcharge, l'augmentation rapide de la proportion du trafic en acheminement détourné risque de dégrader sérieusement la qualité de fonctionnement du réseau. Il faut appliquer des méthodes de protection du service pour empêcher les communications de déborder d'une voie d'acheminement directe sur une voie d'acheminement détourné lorsque la charge des faisceaux de circuits de la voie d'acheminement détourné est très élevée. Sur la figure 2/E.525, dont la configuration hiérarchique correspond uniquement à un souci de simplification, les communications établies de A vers B empruntent une voie d'acheminement de premier choix directe et une voie d'acheminement détourné passant par D. Au centre de commutation A, il faut utiliser une méthode de protection du service pour le faisceau de circuits AD, de sorte que, lorsque l'occupation de ce faisceau dépasse une certaine limite, le trafic de débordement (par exemple, en provenance de AB) est rejeté et le trafic de premier choix (par exemple, de A vers C) devient prioritaire. Ce contrôle de la qualité d'écoulement du trafic permet à la fois de dimensionner le réseau de manière optimale (au moindre coût) en fonction des charges de trafic prévues, mais aussi de se prémunir contre les surcharges importantes.

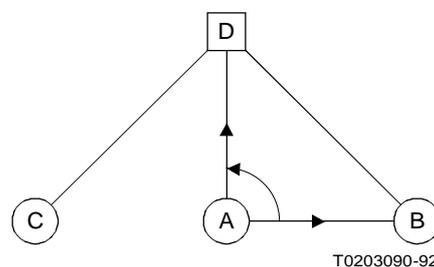


FIGURE 2/E.525

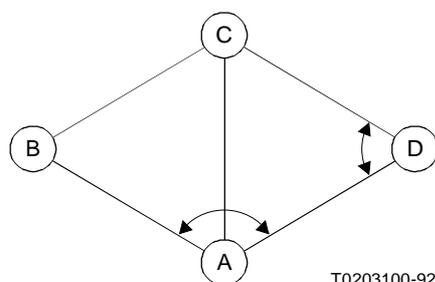
2.2.2 Acheminement détourné fixe hiérarchique

La figure 2/E.525 donne un exemple d'acheminement détourné fixe hiérarchique. Le centre de commutation D est un commutateur de transit fonctionnant à un niveau hiérarchique supérieur à celui de A, B et C. Les voies d'acheminement directes exploitées au niveau inférieur (par exemple, AB) débordent par la voie d'acheminement hiérarchique (ADB). Cette voie d'acheminement est toujours la voie d'acheminement détourné ultime. Avec de tels réseaux, il est vivement recommandé de prévoir une protection du service pour limiter le débordement du trafic sur les voies d'acheminement de dernier choix.

2.2.3 Acheminement détourné fixe non hiérarchique

Ce terme décrit des méthodes d'acheminement fondées sur des séquences fixes de voies d'acheminement détourné (comme dans le cas de l'acheminement détourné hiérarchique), mais qui ne possèdent pas un acheminement hiérarchique de dernier choix pour tout le trafic de débordement. On peut utiliser la figure 3/E.525 pour illustrer certains exemples simples mais courants. Le trafic écoulé de A vers B emprunte une voie d'acheminement de premier choix AB et une voie d'acheminement détourné de dernier choix ACB, tandis que le trafic écoulé de A vers C peut être acheminé par AC en premier choix avant de déborder sur ADC. Le trafic de D vers B emprunte d'abord la voie d'acheminement DAB avant de déborder sur DCB ou inversement. Ce principe d'acheminement est généralement connu sous le nom de débordement mutuel.

On peut considérer que le débordement mutuel est une méthode «à l'échelle d'un réseau» dans la mesure où, si le commutateur au point A ou sur la liaison AD tombe en panne, l'acheminement du trafic DB peut se poursuivre jusqu'à son terme en passant par le point C. Dans cette situation, il faudra peut-être recourir à des méthodes de protection du service pour protéger le trafic de premier choix, sur les liaisons BC et/ou CD, contre l'augmentation du trafic DB [11].



T0203100-92

FIGURE 3/E.525

Bien qu'il existe une certaine différence entre les classes de commutateurs dans les deux plans d'acheminement, la configuration n'est pas hiérarchique du fait qu'il est impossible de trouver un faisceau de circuits hiérarchique final pour l'ensemble du trafic acheminé. L'application des méthodes de protection du service est peut-être moins simple que dans le cas de l'acheminement hiérarchique, mais les principes généraux décrits au § 2.2.1 restent applicables.

2.2.4 Acheminement dynamique

Il est possible d'utiliser de nombreuses formes d'acheminement dynamique (préplanifié ou adaptatif) avec commande centralisée ou décentralisée (voir la Recommandation E.170). Une caractéristique commune à la plupart des plans d'acheminement dynamique est la disponibilité d'un grand nombre de possibilités d'acheminement détourné pour une connexion donnée. Avec l'acheminement dynamique, la protection du service est cruciale et répond à plusieurs besoins spécifiques:

- la protection doit être plus sévère qu'avec d'autres plans d'acheminement en débordement (c'est-à-dire qu'il faut utiliser des paramètres de protection plus importants);
- si possible, la protection du service doit concerner tous les faisceaux de circuits d'une voie d'acheminement détourné, ce qui peut nécessiter certains échanges d'informations entre les commutateurs ou avec un processeur central;
- en liaison avec l'acheminement adaptatif, la protection du service peut être utilisée non seulement pour bloquer le trafic de débordement, mais aussi pour choisir une voie d'acheminement détourné satisfaisante (en général une voie d'acheminement sur laquelle tous les faisceaux de circuits ont au moins un nombre demandé de circuits libres).

2.3 Service prioritaire

Les méthodes de protection du service peuvent également être utilisées pour accorder la priorité à un type donné de trafic, par exemple dans un réseau multiservice comme le réseau numérique avec intégration des services (RNIS).

2.4 Stabilité

Pour assurer la stabilité dans des réseaux ayant des plans d'acheminement non hiérarchique, il convient d'utiliser la protection du service pour restreindre le trafic de débordement si ce dernier déborde sur une voie d'acheminement détourné empruntée également par le trafic de premier choix.

3 Méthodes existantes

3.1 Faisceau de circuits dédoublé

La méthode du faisceau de circuits dédoublé est une technique simple qui consiste à scinder un faisceau de circuits en deux sous-faisceaux, le trafic prioritaire pouvant accéder à l'ensemble du faisceau de circuits et le trafic non prioritaire (en général de débordement) ne pouvant accéder qu'à un sous-faisceau. Le trafic prioritaire est normalement

offert en premier au sous-faisceau réservé, ce qui revient à utiliser un faisceau débordant séparé. Dans le cas des faisceaux de circuits mixtes, le faisceau est divisé en 3 sous-faisceaux. Le premier sert à acheminer le trafic dans un sens, le deuxième pour l'acheminer dans l'autre sens et le troisième est utilisé dans les deux sens.

3.2 *Mise en réserve des circuits*

Le trafic non prioritaire n'est accepté sur le faisceau de circuits considéré que si le nombre momentané de circuits libres de ce faisceau, observé à l'arrivée d'un appel non prioritaire, dépasse une limite inférieure donnée (quels que soient les circuits libres). Si le nombre de circuits libres est inférieur ou égal à la limite fixée, un certain pourcentage (qui peut être de 100%) des appels non prioritaires est rejeté (voir la Recommandation E.412). Les appels prioritaires sont toujours acceptés s'il existe des circuits libres.

La mise en réserve des circuits peut également être effectuée sélectivement, pour limiter les tentatives d'appel aux destinations difficiles à atteindre. Dans le cas des faisceaux de circuits mixtes, la qualité d'écoulement du trafic (GOS) dans un sens peut se détériorer en raison de l'augmentation du volume du trafic dans l'autre sens. Pour résoudre ce problème, on peut appliquer sélectivement la mise en réserve des circuits pour restreindre l'augmentation du trafic. La condition peut être le nombre d'appels acheminés pour le courant de trafic augmenté.

3.3 *Circuits virtuels*

Cette méthode limite le nombre de circuits utilisables pour chaque classe de trafic. Un appel appartenant à une certaine classe reçoit un circuit libre quand le nombre de circuits occupés par des appels de cette classe est inférieur à une valeur prédéfinie.

4 **Objectifs de la conception des réseaux**

4.1 *Configuration en groupe de faisceaux*

En acheminement détourné hiérarchique, on appelle «groupe de faisceaux» l'ensemble constitué par un faisceau de circuits final et par des faisceaux débordants à partir desquels le trafic déborde sur le faisceau final. Un tel faisceau doit être conçu comme un ensemble et, pour cela, il faut d'abord appliquer les critères de qualité d'écoulement du trafic à l'ensemble du groupe de faisceaux en question plutôt qu'à chacun des faisceaux finals. Ensuite, le problème du dimensionnement en fonction d'une charge importante doit être envisagé pour la totalité du groupe de faisceaux. Il faut déterminer les paramètres appropriés des méthodes de protection du service dans le cadre du processus du dimensionnement afin de répondre de manière optimale aux critères de qualité d'écoulement du trafic sur les groupes de faisceaux dans des conditions normales et en cas de charge importante.

4.2 *Ingénierie de trafic de bout en bout*

En acheminement non hiérarchique, les critères de qualité d'écoulement du trafic doivent être appliqués à toutes les voies d'acheminement pouvant être utilisées pour réaliser la connexion de bout en bout. Il faut déterminer de façon appropriée les paramètres des méthodes de protection du service dans le cadre du processus du dimensionnement afin de répondre de manière optimale aux critères de qualité d'écoulement du trafic de bout en bout dans des conditions normales et en cas de charge importante.

5 **Evaluation et dimensionnement**

5.1 *Faisceau de circuits dédoublé*

En acheminement détourné hiérarchique, le faisceau de circuits final dédoublé permet d'obtenir un faisceau débordant distinct pour le trafic de premier choix. Le dimensionnement doit alors répondre aux critères de qualité d'écoulement du trafic du groupe de faisceaux. Parmi les méthodes d'évaluation classiques susceptibles d'être utilisées figure notamment la théorie du trafic aléatoire équivalent de Wilkinson [1]. On peut recourir aux méthodes du processus interrompu de Poisson pour procéder à une évaluation plus précise [2], [3] et pour évaluer la qualité de fonctionnement du réseau [4].

Les faisceaux de circuits dédoublés peuvent être utiles pour contrôler la qualité d'écoulement du trafic dans l'acheminement non hiérarchique. La méthode précise de dimensionnement et d'évaluation dépend du cas envisagé et, d'une manière générale, il est plus commode d'utiliser des méthodes d'analyse à moment unique [5], [6].

5.2 *Mise en réserve des circuits*

En acheminement détourné hiérarchique, il convient d'appliquer au faisceau final des paramètres de mise en réserve des circuits afin de répondre de manière optimale aux critères de qualité d'écoulement du trafic du groupe de faisceaux pour l'ensemble du trafic qui lui est offert. Pour évaluer les courants de Poisson, il existe une méthode de récurrence qui peut être étendue aux cas de débordement [7] grâce aux techniques du trafic aléatoire équivalent. Les méthodes du processus interrompu de Poisson [3] peuvent être utilisées pour obtenir une évaluation plus précise et pour déterminer la qualité de fonctionnement du réseau [8]. Des méthodes analytiques sont disponibles pour les courants de trafic ayant des durées d'occupation différentes, un facteur d'irrégularité différent et des débits binaires différents [12].

Pour l'acheminement non hiérarchique, les méthodes d'évaluation à moment unique sont une fois de plus recommandées. Il existe des formules de récurrence simples pour un faisceau de circuits dans lequel les circuits sont réservés et qui achemine des trafics de Poisson. En outre, on peut étendre les méthodes à moment unique [7] pour obtenir une meilleure précision en tenant compte de l'encombrement en aval et des corrélations de trafic [6], [8].

5.3 *Circuits virtuels*

Des méthodes d'évaluation analytique existent pour les circuits virtuels [12].

6 **Caractéristiques de qualité de fonctionnement**

6.1 *Efficacité*

Sous réserve des critères de qualité d'écoulement du trafic, on peut mesurer l'efficacité en évaluant la capacité d'écoulement du trafic nécessaire pour acheminer 1 erlang de trafic quand la charge est normale. A cet égard, on peut pratiquement mettre sur le même plan la méthode de mise en réserve des circuits, la méthode des faisceaux de circuits dédoublés et la méthode des circuits virtuels, à condition qu'elles soient correctement dimensionnées.

6.2 *Protection contre les surcharges*

Les deux méthodes de protection du service, mise en réserve des circuits et faisceau de circuits final dédoublé avec faisceau débordant réservé, assurent une bien meilleure protection contre les surcharges pour le trafic final de premier choix, en cas de surcharge générale et de surcharge par débordement, que les méthodes moins courantes du faisceau de circuits final dédoublé avec faisceau de circuits final réservé et la méthode des circuits virtuels. De plus, la mise en réserve de circuits l'emporte sur la méthode du faisceau de circuits final dédoublé avec faisceau de circuits débordant réservé dans des situations de surcharge très diverses: trafic prioritaire excessif, trafic non prioritaire excessif, surcharge uniforme des deux courants de trafic.

6.3 *Robustesse*

La mise en réserve des circuits offre un avantage important puisqu'elle fournit un solide profil de qualité de fonctionnement par rapport aux variations de la charge de trafic (baisse du trafic de priorité combinée à une hausse du trafic non prioritaire) et aux valeurs des paramètres de mise en réserve. Quelle que soit la taille des faisceaux de circuits, on peut faire face aux variations (imprévues) du trafic.

Avec la mise en réserve des circuits, un même paramètre sera vraisemblablement optimal pour une gamme étendue de configurations, en cas de charge normale et en cas de surcharge.

Par contre, la partie réservée d'un faisceau de circuits dédoublé et les valeurs de paramètres pour la méthode des circuits virtuels doivent être redimensionnées pour différentes configurations et (lorsque la partie réservée est dimensionnée selon un schéma de charge de trafic normal) cette méthode ne permettra pas d'obtenir des valeurs optimales en cas de surcharge.

6.4 *Facteur d'irrégularité*

Les variations du facteur d'irrégularité du trafic de débordement ont une influence légèrement plus grande sur les probabilités d'encombrement dans le cas d'un faisceau de circuits dédoublé que dans le cas de la mise en réserve des circuits.

Les conséquences des variations du facteur d'irrégularité du trafic de débordement sur les probabilités d'encombrement dans le cas des circuits virtuels seront étudiées ultérieurement.

7 Effets de la mise en œuvre

7.1 Méthodes de dimensionnement

Il existe des méthodes pour le calcul des circuits virtuels, d'un faisceau de circuits dédoublé ou d'un paramètre de mise en réserve de circuits [7], [8], [9], [10] et [12].

7.2 Mesures de trafic

Toutes les méthodes de protection du service appellent l'évaluation du trafic à protéger et de tous les autres éléments du trafic en question.

L'application efficace des méthodes de protection du service peut exiger la connaissance de mesures de trafic autres que les simples données relatives au faisceau de circuits.

Avec la méthode du faisceau de circuits dédoublé, le trafic de premier choix acheminé peut être facilement évalué au moyen de mesures sur chaque faisceau de circuits. Avec la méthode de mise en réserve des circuits, des mesures autres que les mesures classiques sont nécessaires pour évaluer le trafic de premier choix offert.

7.3 Aspects relatifs à l'exploitation

La mise en réserve des circuits et les circuits virtuels étant des techniques commandées par logiciel, il est facile de modifier la protection de tel ou tel courant de trafic en modifiant les paramètres du logiciel. Cela permet d'apporter temporairement des modifications au titre de la gestion du réseau. Il convient de prendre certaines précautions dans ce genre de situations pour retrouver les mêmes valeurs des paramètres de conception.

7.4 Conditions techniques de réalisation

Les méthodes fondées sur l'utilisation de faisceaux de circuits dédoublés peuvent s'appliquer aux commutateurs électromécaniques et aux commutateurs commandés par processeur.

Etant donné que, dans la pratique, les techniques de mise en réserve sélective des circuits et de basculement sur circuits virtuels doivent impérativement être commandées par logiciel au titre du service de débordement conditionnel, elles s'appliquent uniquement aux commutateurs à commande par programme enregistré.

Quelle que soit la méthode choisie, le commutateur doit pouvoir faire la différence entre le trafic prioritaire et le trafic non prioritaire.

Références

- [1] WILKINSON (R.I.): Theories for toll traffic engineering in the USA. *Bell System Technical Journal*, vol. 35, mars 1956.
- [2] MATSUMOTO (J.), WATANABE (Y.): Analysis of individual traffic characteristics for queueing systems with multiple Poisson and overflow inputs. *Proc. 10th ITC*, paper 5.3.1, Montréal, 1983.
- [3] KUCZURA (A.): The interrupted Poisson Process as an overflow processor. *Bell System Technical Journal*, vol. 52, n° 3, 1973.
- [4] MANSFIELD (D.R.), DOWNS (T.): A moment method for the analysis of telephone traffic networks by decomposition. *Proc. 9th ITC*, paper 2.4.4, Torremolinos, 1979.
- [5] MANSFIELD (D.R.), DOWNS (T.): On the one-moment analysis of telephone traffic networks. *IEEE Trans. Comm.*, 27, p. 1169 à 1174, 1979.
- [6] LE GALL (F.), BERNUSSOU (J.): An analytical formulation for grade-of-service determination in telephone networks. *IEEE Trans. Comm.*, 31, p. 420 à 424, 1983.
- [7] COOPER (R.B.): Introduction to Queueing Theory. *North Holland*, 1977.
- [8] SONGHURST (D.J.): Protection against traffic overload in hierarchical networks employing alternative routing. *Proc. Telecommunication Network Planning Symposium*, p. 214 à 220, Paris, 1980.
- [9] LEBOURGES (M.), PASSERON (A.): Contribution to a network sizing procedure using probability distributions of traffic data. *Networks '86*, Tarpon Springs, 1986.

- [10] LINDBERGER (K.): Simple approximations of overflow system quantities for additional demands in the optimization. *Proc. 10th ITC*, Montréal, 1983.
- [11] FOSSETT (L.D.), LIOTINE (M.): The traffic engineering benefits of flexible routing in international networks. Network Planning in the 1990's. *Proceedings of the Fourth International Network Planning Symposium*, Palma de Majorque, Espagne, 17-22 septembre 1989, Luis Lada, Editor, North-Holland, p. 325 à 331.
- [12] CHANDRAMOHAN (J.): An analytic multiservice performance model for a digital link with a wide class of bandwidth reservation strategies. *IEEE JSAC*, vol. 9, n° 2, février 1991.