



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

E.501 (rév.1)

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

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

**ESTIMATION DU TRAFIC OFFERT
SUR LE RÉSEAU**

Recommandation E.501 (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.501, 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.

ESTIMATION DU TRAFIC OFFERT SUR LE RÉSEAU

(révisée en 1992)

1 Introduction

Pour planifier la croissance du réseau, il est nécessaire d'estimer, à partir de mesures, les quantités suivantes:

- trafic offert aux faisceaux de circuits;
- trafic offert aux destinations, par origine-destination;
- trafic offert aux centres de commutation;
- tentatives d'appel offertes aux centres de commutation;
- trafic offert aux canaux sémaphores.

Ces quantités sont normalement estimées à partir de mesures du trafic écoulé et des tentatives d'appel pendant les heures chargées, mais plusieurs facteurs doivent être pris en considération en ce qui concerne les procédures de mesure et d'estimation:

- a) il peut y avoir lieu de ventiler les mesures, par exemple, par destination ou par type d'appel (appels utilisant des systèmes de signalisation différents, par exemple);
- b) il n'est pas toujours possible d'obtenir un relevé complet du trafic écoulé. Par exemple, dans un réseau comportant une combinaison de faisceaux débordants et de faisceaux finals, le trafic débordant de chaque faisceau n'est pas toujours mesurable;
- c) les mesures peuvent être faussées par l'encombrement. Il en résulte généralement une diminution du trafic écoulé, mais les répétitions de tentatives d'appel et l'action des autres composantes du réseau (par exemple, répétition automatique des tentatives) peuvent influencer sur cette diminution;
- d) lorsque des encombrements importants se renouvellent sur une période assez longue (plusieurs jours), il arrive que certains usagers s'abstiennent systématiquement de téléphoner pendant la période de la journée où l'encombrement se produit. Cet élément manquant apparent du trafic offert est appelé trafic supprimé. Il convient d'en tenir compte dans la planification, puisque le trafic offert augmentera en fonction du renforcement des équipements. A l'heure actuelle, on n'a pas défini d'algorithmes pour évaluer le trafic supprimé.

Il convient de distinguer trois cas:

- i) encombrement en amont du point de mesure. Cet élément n'est pas directement observable;
- ii) encombrement dû à l'équipement faisant l'objet de la mesure. Cet encombrement est détecté par des mesures d'encombrement;
- iii) encombrement en aval du point de mesure. Cet encombrement peut souvent être détecté à partir de mesures du trafic inefficace ou du taux d'efficacité. Il convient de noter que s'agissant de faisceaux à double sens, un encombrement en un autre point du réseau peut se produire à la fois en amont et en aval du point de mesure pour différents éléments de trafic.

Lorsque l'encombrement provient de l'équipement mesuré, il doit être correctement pris en compte dans l'estimation du trafic offert qui sert à planifier l'accroissement de ce type d'équipement.

Si l'encombrement se produit en un autre point du réseau, le planificateur doit considérer si cet encombrement persistera ou non pendant toute la période de planification envisagée, ce qui n'est pas toujours aisé lorsque l'équipement encombré n'est pas sous son contrôle direct.

La présente Recommandation propose des méthodes d'estimation correspondant à deux des cas exposés ci-dessus. Les § 2 et 3 traitent de la détermination du trafic offert à un faisceau de circuits; le § 2 traite plus précisément de l'estimation du trafic offert à un faisceau de circuits d'acheminement unique en fonctionnement normal qui peut être très encombré et le § 3 concerne l'estimation du trafic offert à une combinaison de faisceaux débordants et de faisceaux finals en l'absence d'encombrement notable. Le § 4 propose une méthode permettant de déterminer le trafic offert à des destinations par trajet origine-destination lorsqu'on dispose seulement de mesures de l'intensité du trafic sur des faisceaux de circuits ou également de mesures directes du trafic offert par origine-destination.

Au § 4, le trafic offert estimé est le «trafic offert équivalent» utilisé dans le modèle à appels rejetés défini dans l'annexe B, alors qu'aux § 2 et 3, il est tenu compte dans l'évaluation du trafic offert des tentatives répétées de l'utilisateur.

Il convient d'appliquer ces procédures d'estimation à la mesure de chacune des heures chargées. On additionnera ensuite les estimations de trafic offert obtenues pour chacune de ces heures, conformément aux procédures décrites dans la Recommandation E.500.

2 Faisceau d'acheminement unique

2.1 Pas d'encombrement important

Le trafic offert sera égal au trafic écoulé mesuré conformément à la Recommandation E.500. Aucune estimation n'est nécessaire.

2.2 Encombrement important

Supposons que A_c représente le *trafic écoulé* sur le faisceau de circuits. En partant de l'hypothèse que le renforcement du faisceau de circuits n'aura aucune incidence sur la durée moyenne des communications acheminées, ou sur le taux d'aboutissement des appels acheminés, le *trafic offert* à un faisceau de circuits peut s'exprimer par:

$$A = A_c \frac{(1 - WB)}{(1 - B)}$$

où B est la probabilité actuelle moyenne de perte pour toutes les tentatives d'appel sur le faisceau de circuits considéré et W le facteur de persévérance représentant l'effet des répétitions d'appel. Des modèles mathématiques de W sont donnés dans l'annexe A.

Pour faciliter la détermination rapide du trafic offert conformément à la procédure approchée de l'annexe A, le tableau A-1/E.501 comportant les valeurs numériques du coefficient $(1 - WB)/(1 - B)$ a été établi pour une large gamme de valeurs de B , H et r' (pour la définition de H et r' voir l'annexe A). Pour l'utilisation du tableau A-1/E.501, voir la remarque 2 de l'annexe A.

Remarque 1 — On trouve dans l'annexe A une dérivation de cette formule ainsi qu'un modèle plus complexe qui pourrait être utilisé lorsqu'on disposera de mesures des taux d'aboutissement.

Remarque 2 — Lorsqu'on ne dispose pas de mesures des taux d'aboutissement, on adoptera pour W une valeur comprise entre 0,6 et 0,9. Il faut noter qu'une valeur faible de W correspond à une estimation élevée du trafic offert. Les Administrations sont invitées à se communiquer réciproquement les valeurs de W qu'elles se proposent d'utiliser.

Remarque 3 — Il conviendrait que les Administrations gardent trace des données recueillies avant et après les augmentations de faisceaux de circuits. Ces données permettront de vérifier la validité de la formule précitée et de la valeur adoptée pour W .

Remarque 4 — Pour appliquer cette formule, on admet généralement que le faisceau de circuits est en fonctionnement normal ou que tout circuit défaillant a été mis hors service. Si des circuits ou des équipements de transmission ou de signalisation défaillants associés à ces circuits restent en service, la formule peut conduire à des résultats inexacts.

3 Disposition du réseau pour faisceau débordant et faisceau final

3.1 Faisceau débordant avec un encombrement peu important sur le faisceau final

3.1.1 Lorsqu'une relation est desservie par un faisceau débordant et un faisceau final, il est nécessaire de réaliser des mesures simultanées sur les deux faisceaux de circuits.

Supposons que A_H soit le trafic écoulé sur le faisceau débordant, et A_F le trafic qui, à partir d'un faisceau débordant, est écoulé sur le faisceau final. Lorsqu'il n'y a pas d'encombrement important sur le faisceau final, le trafic offert au faisceau débordant est:

$$A = A_H + A_F$$

3.1.2 On recommande deux types distincts de procédures qui comportent chacun plusieurs méthodes possibles. La méthode présentée au § 3.1.2.1 a), plus précise, est la méthode préconisée bien qu'elle puisse être difficile à appliquer. La méthode indiquée au § 3.1.2.2 peut servir d'estimation supplémentaire.

3.1.2.1 On effectue des mesures simultanées de A_H et du trafic total écoulé sur le faisceau final. Trois méthodes sont présentées pour estimer A_F , par ordre décroissant de préférence:

- a) A_F est mesuré directement. Dans la plupart des cas, on pourrait mesurer le trafic écoulé sur le faisceau final en fonction de la destination;
- b) le trafic total écoulé sur le faisceau final est ventilé selon la destination, proportionnellement au nombre d'appels efficaces vers chaque destination;
- c) le trafic écoulé sur le faisceau final est ventilé en fonction des rapports entre le nombre de tentatives de prise provenant des faisceaux débordants et le nombre total de tentatives de prise vers le faisceau final.

3.1.2.2 Deux autres méthodes permettent d'estimer le trafic offert au faisceau débordant qui, dans ce cas, équivaut au trafic équivalent offert:

- a) A est obtenu par la formule:

$$A_H = A [1 - E_N(A)]$$

Dans ce cas $E_N(A)$ est la formule à appels rejetés d'Erlang, N est le nombre de circuits exploités sur le faisceau débordant. On pourrait faire l'estimation sur ordinateur par calcul itératif ou manuellement en utilisant des tableaux ou des graphiques.

La précision de cette méthode risque d'être réduite en raison du caractère non aléatoire du trafic offert, de la variation d'intensité durant la période de mesure ou de l'utilisation d'une valeur incorrecte de N ;

b) A est obtenu par:

$$A = A_H / (1 - B)$$

où B est la probabilité mesurée de débordement. La précision de cette méthode risque d'être réduite par la présence de tentatives de prise répétées provenant du central si elles sont incluses dans l'enregistreur des tentatives de prise du faisceau de circuits.

Il est recommandé d'utiliser les deux méthodes indiquées sous a) et b); tout écart important nécessiterait alors un complément de recherche. Toutefois, il convient de noter que ces deux méthodes pourraient ne plus être fiables pour des faisceaux débordants lorsque la probabilité de débordement augmente; dans ce cas, des périodes de mesure beaucoup plus longues seront nécessaires pour obtenir des résultats fiables.

3.2 Faisceau débordant avec un encombrement important sur le faisceau final

Dans ce cas, l'estimation du trafic offert exige que l'on associe les méthodes présentées aux § 2.2 et 3.1. Avant de pouvoir recommander une procédure précise, il faut étudier ces différents paramètres et mieux les connaître.

4 Trafic équivalent offert par origine-destination

Le présent paragraphe vise à définir un modèle de trafic équivalent selon le modèle décrit à l'annexe B.

L'évaluation précise du trafic offert par origine-destination est indispensable à la conception, l'installation et l'entretien d'un réseau de télécommunication. C'est plus particulièrement, mais pas uniquement, le cas s'agissant de réseaux avec acheminement dynamique.

La précision de cette estimation dépend de la disponibilité de mesures et de la structure du réseau.

En fait, on peut distinguer trois cas:

- i) le trafic offert par origine-destination peut être directement mesuré par les commutateurs du réseau;
- ii) les mesures du trafic par origine-destination ne sont disponibles que sous forme d'échantillons;
- iii) les mesures du trafic par origine-destination ne sont pas disponibles.

4.1 *Détermination du trafic offert par origine-destination quand on dispose de mesures de ce trafic pour la totalité des tentatives d'appel*

En pareil cas, le problème du calcul du trafic offert par origine-destination est directement résolu par les mesures, comme spécifié au § 4.2.4 de la Recommandation E.502 et aucun autre calcul n'est nécessaire.

4.2 *Détermination du trafic offert par origine-destination quand on ne dispose que de mesures sur échantillons*

Ces mesures doivent être étayées par des mesures corrélatives du volume de trafic (en erlang) pour la totalité du trafic de départ. Plus précisément, si l'ensemble des mesures par origine-destination spécifiées au § 4.2.4 de la Recommandation E.502, du type 15 «ventilation du trafic» se rapportant à un échantillonnage de la totalité du trafic sortant du commutateur, les mesures correspondantes du volume de trafic doivent être des mesures globales du trafic sortant de départ et du trafic de transit (respectivement des types 3 et 6 dans la Recommandation précitée). Si la «ventilation du trafic» est appliquée à un faisceau de circuits spécifique, il est évident que la mesure correspondante du volume de trafic devra se faire sur ce même faisceau de circuits (mesure de type 10). Le trafic offert à partir des mesures du trafic écoulé doit être déterminé au moyen de la procédure décrite au § 2 de la présente Recommandation.

4.3 Détermination du trafic offert par origine-destination quand on ne dispose que de mesures de l'intensité du trafic par faisceau de circuits

Le présent paragraphe concerne les commutateurs qui ne procèdent à aucune mesure par origine-destination mais seulement à des mesures de l'intensité du trafic par faisceau de circuits. On peut appliquer la méthode suivante [1] aux réseaux hiérarchiques et non hiérarchiques dont le plan d'acheminement peut être fixe ou actualisé périodiquement avec la période δT .

On retient les deux hypothèses suivantes:

- i) sur chaque liaison, les appels correspondant à différentes relations de trafic subissent le même blocage, c'est-à-dire le blocage du faisceau de circuits qui a été mesuré;
- ii) si un appel est acheminé sur un trajet à deux liaisons, l'éventualité du blocage de cet appel sur une liaison ne dépend pas de l'éventualité du blocage sur l'autre liaison.

Les simulations ont montré que ces hypothèses permettent d'estimer le trafic offert pour chaque couple origine-destination avec une précision meilleure que 6 à 7%.

On suppose que les renseignements suivants sont disponibles à chaque intervalle de temps:

- i) les mesures des faisceaux de circuits comprenant la charge écoulée et le blocage sur chaque faisceau;
- ii) la séquence (fixe) d'acheminement pendant la période δT .

Sur la base de ces hypothèses, on peut démontrer l'équation suivante:

$$CL = Z \cdot a \quad (1)$$

où CL est un vecteur dont les composantes représentent le trafic écoulé de chaque faisceau de circuits, a un vecteur dont les composantes représentent le trafic offert par origine-destination, et Z une matrice dont les éléments sont définis par le blocage qui se produit sur chaque faisceau de circuits et la séquence d'acheminement.

On peut obtenir le trafic offert par origine-destination, a en résolvant l'équation (1).

Les notations, ainsi que la dérivation et la solution de l'équation (1) sont décrites à l'annexe C. L'annexe D propose deux exemples caractéristiques.

ANNEXE A

(à la Recommandation E.501)

Modèle simplifié concernant la formule présentée au § 2.2

Les tentatives d'appel arrivant au faisceau de circuits examiné peuvent être classées comme indiqué à la figure A-1/E.501.

Le nombre total de tentatives d'appel dans le faisceau de circuits est:

$$N = N_0 + N_{NR} + N_{LR}$$

Nous devons considérer $N_0 + N_{NR}$ qui serait le nombre de tentatives d'appel s'il n'y avait pas d'encombrement sur le faisceau de circuits.

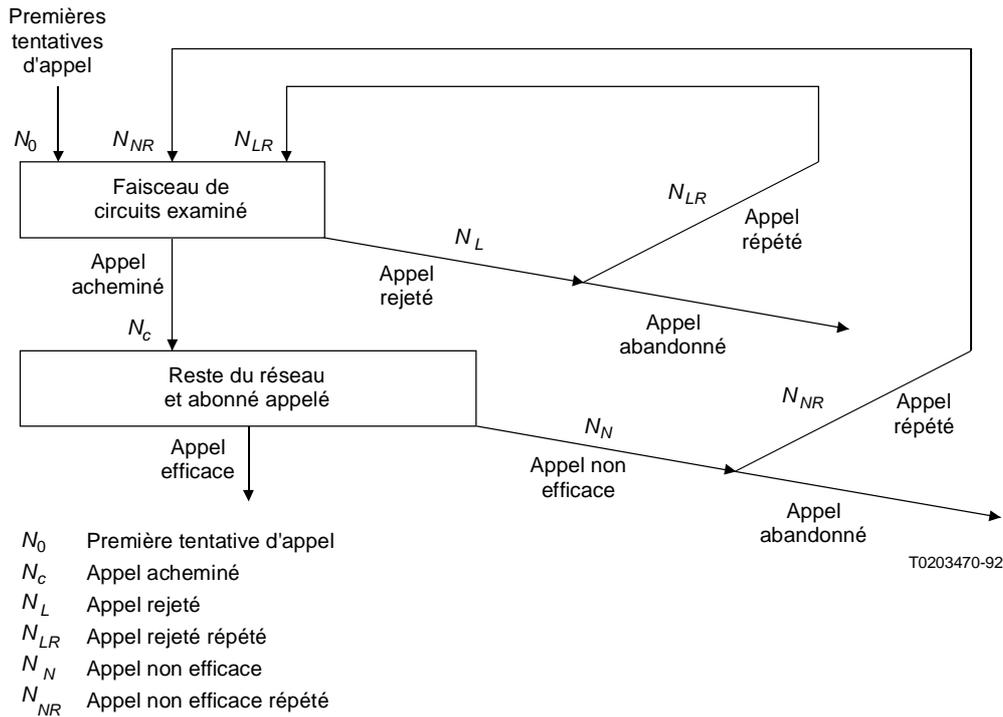


FIGURE A-1/E.501

Supposons que:

$B = \frac{N_L}{N}$ est la probabilité de blocage mesurée sur le faisceau de circuits

$W = \frac{N_{LR}}{N_L}$ est la proportion de tentatives d'appel bloquées qui sont renouvelées

Nous obtenons:

$$N_0 + N_{NR} = N - N_{LR} = (N - N_{LR}) \frac{N_c}{N_c} = N_c \frac{(N - N_{LR})}{(N - N_L)} = N_c \frac{(1 - BW)}{(1 - B)}$$

En multipliant par h , durée moyenne d'un appel écoulé sur le faisceau de circuits, nous obtenons:

$$A = A_c \frac{(1 - BW)}{(1 - B)}$$

où:

A_c est le trafic écoulé sur le faisceau de circuits.

Le modèle présenté ci-dessus est en fait une simplification étant donné que le taux N_{NR} serait modifié en cas de renforcement du faisceau de circuits.

Une autre méthode consiste à évaluer un facteur de persévérance équivalente W d'après les formules suivantes:

$$W = \frac{r'H}{1 - H(1 - r')}$$

$$H = \frac{\beta - 1}{\beta(1 - r)}$$

$$\beta = \frac{\text{toutes les tentatives d'appel}}{\text{remières tentatives d'appel}}$$

où r' est le taux d'effectivité des prises sur le faisceau de circuits examiné et r le taux d'aboutissement des tentatives d'appel vers le faisceau de circuits examiné.

On peut établir ces formules en considérant la situation après renforcement du faisceau (voir la figure A-2/E.501).

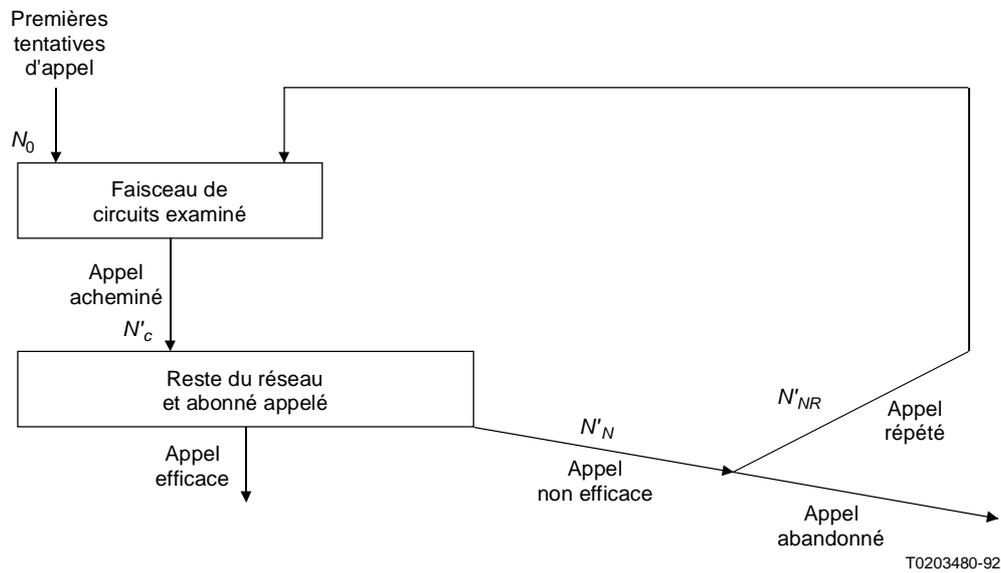


FIGURE A-2/E.501

Il est nécessaire d'estimer N'_c qui correspond aux appels à acheminer lorsqu'il n'y a pas d'encombrement sur le faisceau de circuits. Cela est possible en établissant des relations entre N_c et N_0 (avant renforcement) et entre N'_c et N_0 (après renforcement), étant donné que l'on suppose que le premier nombre de tentatives N_0 reste inchangé. On introduit les paramètres suivants:

H est la persistance globale d'abonné;

r' est le taux d'effectivité des prises sur le faisceau de circuits.

Avant renforcement:

$$H = \frac{N_{NR} + N_{LR}}{N_N + N_L}$$

$$r' = \frac{N_c - N_N}{N_c}$$

Après renforcement:

$$H = \frac{N'_{NR}}{N'_N}$$

$$r' = \frac{N'_c - N'_N}{N'_c}$$

Pour simplifier, on admet que H et r' ne sont pas modifiés par le renforcement. On peut facilement en déduire les deux relations suivantes:

$$N_0 = \frac{N_c [1 - H(1 - r') - r'BH]}{1 - B}$$

$$N_0 = N'_c [1 - H(1 - r')]$$

d'où:

$$N'_c = \frac{N_c \left[1 - \left(\frac{r'H}{1 - H(1 - r')} \right) B \right]}{1 - B}$$

En multipliant par la durée moyenne de communication h , on obtient une estimation du trafic offert en fonction du trafic écoulé.

La formule

$$H = \frac{\beta - 1}{\beta(1 - r)}$$

est valable à la fois avant et après le renforcement, ce que l'on peut aisément évaluer d'après les diagrammes ci-dessus.

Remarque 1 — D'autres Administrations seront peut-être en mesure de fournir des renseignements concernant le taux d'aboutissement des appels vers le pays de destination en question.

Remarque 2 — La procédure d'évaluation du facteur de persévérance W mentionnée ci-dessus est fondée sur l'hypothèse que H , r' et h demeurent inchangés après le renforcement du faisceau. L'élimination de l'encombrement conduit en fait à une modification de H et dans des cas pratiques cela cause une sous-évaluation du facteur W et donc une surévaluation du trafic offert dans la formule du § 2.2. Selon une étude effectuée au cours de la période 1985-1988, la surévaluation est pratiquement négligeable si $B \leq 0,2$ et $r' \geq 0,6$. Pour des valeurs B plus grandes et r' plus petites, la surévaluation peut être significative, à moins que d'autres facteurs dont l'étude n'a pas tenu compte, ne la compensent. Il est donc nécessaire de faire attention à l'utilisation du tableau A-1/E.501 dans la gamme des valeurs indiquées. Pour les réseaux à développement dynamique, la surévaluation du trafic offert et le surdimensionnement qui en résulte peuvent être tolérés, ce qui n'est pas forcément le cas de réseaux stables.

TABLEAU A-1/E.501

Valeurs de $\frac{1 - WB}{1 - B}$

$H =$	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
$B = 0,1$						
$r' = 0,3$	1,0653	1,0584	1,0505	1,0411	1,0300	1,0165
$r' = 0,4$	1,0574	1,0505	1,0427	1,0340	1,0241	1,0129
$r' = 0,5$	1,0512	1,0444	1,0370	1,0289	1,0202	1,0105
$r' = 0,6$	1,0462	1,0396	1,0326	1,0252	1,0173	1,0089
$r' = 0,7$	1,0421	1,0358	1,0292	1,0223	1,0152	1,0077
$r' = 0,8$	1,0387	1,0326	1,0264	1,0200	1,0135	1,0068
$B = 0,2$						
$r' = 0,3$	1,1470	1,1315	1,1136	1,0925	1,0675	1,0373
$r' = 0,4$	1,1293	1,1136	1,0961	1,0765	1,0543	1,0290
$r' = 0,5$	1,1153	1,1	1,0833	1,0652	1,0454	1,0238
$r' = 0,6$	1,1041	1,0892	1,0735	1,0568	1,0390	1,0201
$r' = 0,7$	1,0949	1,0806	1,0657	1,0503	1,0342	1,0174
$r' = 0,8$	1,0872	1,0735	1,0595	1,0451	1,0304	1,0154
$B = 0,3$						
$r' = 0,3$	1,2521	1,2255	1,1948	1,1587	1,1158	1,0639
$r' = 0,4$	1,2216	1,1948	1,1648	1,1311	1,0931	1,0498
$r' = 0,5$	1,1978	1,1714	1,1428	1,1118	1,0779	1,0408
$r' = 0,6$	1,1785	1,1530	1,1260	1,0974	1,0669	1,0345
$r' = 0,7$	1,1627	1,1382	1,1127	1,0862	1,0587	1,0299
$r' = 0,8$	1,1495	1,1260	1,1020	1,0774	1,0522	1,0264
$B = 0,4$						
$r' = 0,3$	1,3921	1,3508	1,3030	1,2469	1,1801	1,0995
$r' = 0,4$	1,3448	1,3030	1,2564	1,2040	1,1449	1,0775
$r' = 0,5$	1,3076	1,2666	1,2222	1,1739	1,1212	1,0634
$r' = 0,6$	1,2777	1,2380	1,1960	1,1515	1,1041	1,0537
$r' = 0,7$	1,2531	1,2150	1,1754	1,1342	1,0913	1,0466
$r' = 0,8$	1,2325	1,1960	1,1587	1,1204	1,0813	1,0411
$B = 0,5$						
$r' = 0,3$	1,5882	1,5263	1,4545	1,3703	1,2702	1,1492
$r' = 0,4$	1,5172	1,4545	1,3846	1,3061	1,2173	1,1162
$r' = 0,5$	1,4615	1,4	1,3333	1,2608	1,1818	1,0952
$r' = 0,6$	1,4166	1,3571	1,2941	1,2272	1,1562	1,0806
$r' = 0,7$	1,3797	1,3225	1,2631	1,2013	1,1369	1,0699
$r' = 0,8$	1,3488	1,2941	1,2380	1,1807	1,1219	1,0617

ANNEXE B

(à la Recommandation E.501)

Trafic offert équivalent

Dans le modèle à appels rejetés, le trafic offert équivalent est celui qui produit le trafic écoulé observé conformément à la relation:

$$y = A(1 - B)$$

où:

y est le trafic écoulé,

A est le trafic offert équivalent,

B est l'encombrement d'appel dans la partie du réseau examinée.

Remarque 1 — Il s'agit d'un concept purement mathématique. Dans la pratique, il est seulement possible de déceler le nombre de tentatives de prise dont l'effet sur l'occupation indique si elles donnent lieu à de très courtes prises ou à des communications.

Remarque 2 — Le trafic offert équivalent, qui est supérieur au trafic écoulé et par conséquent supérieur au trafic efficace, diminue lorsque la persévérance de l'abonné augmente.

Remarque 3 — B est évalué sur une base purement mathématique de sorte qu'il est possible d'établir une relation directe entre le trafic écoulé et l'encombrement d'appel B et de ne pas tenir compte du rôle du trafic équivalent offert A .

ANNEXE C

(à la Recommandation E.501)

Méthode appliquée pour déterminer le trafic offert origine-destination quand on dispose seulement de mesures de l'intensité du trafic par faisceau de circuits

[Notation, dérivation et solution de l'équation (1) du § 4.3]

Les notations suivantes sont adoptées:

L : nombre de liaisons;

P : nombre de relations de trafic;

$a(i)$: trafic offert sur la relation de trafic i ;

Trajet ij : désigne la j ème voie d'acheminement pour la relation de trafic i ;

$OL(ij)$: relation de trafic i offerte sur le trajet ij ;

$PB(ij)$: blocage du trajet ij ;

$CL(ij)$: relation de trafic i acheminée sur le trajet ij :

$$CL(ij) = OL(ij) \cdot [1 - PB(ij)] \quad (C-1)$$

Liaison de trajet ijk : désigne la k ème liaison du trajet ij :

- $k = 1$ ou 2 , puisqu'on tient seulement compte des trajets à 1 et 2 liaisons (l'extension à un trajet de n liaisons est triviale);
- chaque liaison de trajet ijk correspond à une seule liaison de réseau q ($q = 1, 2, \dots, L$), mais chaque liaison q de réseau peut correspondre à un certain nombre de liaisons de trajet ijk . Cette relation est désignée par des correspondances X , c'est-à-dire:

$$X(ijk) = q$$

q désigne un faisceau de circuits ou est égal à zéro, de sorte que:

- si $X(ij1) = 0$, cela signifie que la relation de trafic i a au plus $j - 1$ voies d'acheminement;
- si $X(ij2) = 0$ et $X(ij1) \neq 0$, cela signifie que la j ème voie d'acheminement pour la relation de trafic i est un trajet à une seule liaison.

$LB(ijk)$: blocage de la liaison ijk ;

$CL(q)$: trafic total écoulé sur la liaison q .

Grâce aux hypothèses relatives à l'indépendance du blocage des appels sur chaque liaison d'un trajet, le blocage du trajet est une simple fonction du blocage de ses liaisons:

$$PB(ij) = LB(ij1) + LB(ij2) - LB(ij1) \cdot LB(ij2)$$

S'il existe une possibilité de retour en arrière, on peut obtenir la formule suivante:

$$OL(ij) = a(i) \cdot \prod_{t=1}^{j-1} PB(it) \quad (C-2)$$

On aura donc, d'après les formules (C-1) et (C-2):

$$CL(ij) = a(i) \cdot [1 - PB(ij)] \cdot \prod_{t=1}^{j-1} PB(it) = s(ij) \cdot a(i)$$

où:

$$s(ij) = [1 - PB(ij)] \cdot \prod_{t=1}^{j-1} PB(it)$$

Le trafic total écoulé sur chaque liaison q dans ce cas sera:

$$CL(q) = \sum_{X(ijk)=q} CL(ij) = \sum_{X(ijk)=q} s(ij) \cdot a(i) \quad (C-3)$$

En l'absence de possibilité de retour en arrière, l'appel est acheminé sur la voie d'acheminement qui suit dans la séquence d'acheminement, mais seulement s'il est bloqué sur la première liaison du trajet ij . L'appel est abandonné s'il est bloqué sur la deuxième liaison. En pareil cas, il faut réécrire ainsi la formule (C-2):

$$OL(ij) = a(i) \cdot \prod_{t=1}^{j-1} LB(it1) \quad (C-2')$$

Il résulte des formules (C-1) et (C-2') que:

$$CL(ij) = a(i) \cdot [1 - PB(ij)] \cdot \prod_{t=1}^{j-1} LB(it1)$$

et en admettant dans ce cas (absence de possibilité de retour en arrière) que:

$$s(ij) = [1 - PB(ij)] \cdot \prod_{t=1}^{j-1} LB(it1)$$

on peut écrire la formule définitive comme en (C-3).

Le trafic offert sur chaque relation peut être calculé à partir des formules (C-3), dans lesquelles la définition de $s(ij)$ dépend de la présence d'une possibilité de retour en arrière dans le réseau.

Des méthodes de pseudo-inversion ou d'itération diverses peuvent être appliquées pour résoudre le système d'équations (C-3), qui peut être écrit sous la forme matricielle suivante (voir la remarque):

$$CL = Z \cdot a \tag{C-4}$$

où:

$$\begin{aligned} CL &= [CL(1) \dots\dots\dots CL(L)]^T \\ a &= [a(1) \dots\dots\dots a(P)]^T \\ Z &= [z(u,v)] \end{aligned}$$

où $z(u,v) = s(v,r)$ si la liaison u est une liaison du r ème trajet de la relation v ; autrement, il est égal à zéro.

D'une manière générale, les méthodes itératives permettent de mieux résoudre les équations dans le cas d'un vaste réseau. Toutefois, si on utilise la méthode de pseudo-inversion, la solution du système (C-4) est:

$$a^\circ = Z^\circ \cdot CL$$

où a° est l'estimée du trafic et Z° la pseudo-inverse de Z [2].

Si le système est carré, c'est-à-dire si le nombre d'équations est égal au nombre d'inconnues et par conséquent si le réseau est entièrement maillé, la solution est déterminée de manière univoque, soit:

$$Z^\circ = Z^{-1}$$

S'agissant de réseaux non entièrement connectés dans lesquels le nombre d'équations est inférieur au nombre d'inconnues, le système d'équations ne comporte pas de solution unique, de sorte qu'il faut évaluer le trafic offert pour chaque relation, en introduisant ainsi une erreur inversement proportionnelle au nombre de faisceaux de circuits. En pareil cas:

$$Z^\circ = Z^T \cdot (Z \cdot Z^T)^{-1}$$

Il peut arriver enfin que le nombre de formules soit plus grand que celui des inconnues (systèmes surdéterminés), par exemple quand d'autres mesures de réseau, comme le total du trafic des centraux, sont additionnées. En pareil cas:

$$Z^\circ = (Z^T \cdot Z)^{-1} \cdot Z^T$$

De toute manière, a° est la meilleure estimée de a , au sens des moindres carrés, sur la base des mesures disponibles.

Remarque 1 — Les symboles T et -1 utilisés dans les équations matricielles représentent les opérations de transposition et d'inversion.

Remarque 2 — Différentes relations de trafic ne voient pas le même blocage sur une liaison, surtout si l'on a recours à la réservation de circuits. La méthode proposée peut utiliser ces différentes valeurs si elles sont disponibles. En pareil cas, $LB(ijk)$ doit être interprété comme le blocage de liaison vu par la relation de trafic i sur la liaison ijk . Les équations obtenues restent inchangées.

ANNEXE D

(à la Recommandation E.501)

Exemples où la méthode décrite à l'annexe C est appliquée

Exemple 1

Considérons le réseau à trois nœuds suivant:

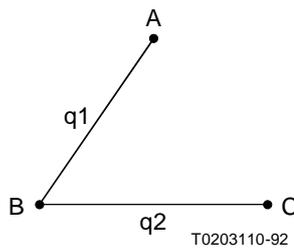


FIGURE D-1/E.501

Les couples de points et leur trajet d'acheminement unique figurent dans le tableau ci-dessous.

Couples de points	(A, B)	(B, C)	(C, A)	(B, A)	(C, B)	(A, C)
i	1	2	3	4	5	6
Trajet d'acheminement unique	$q1$	$q2$	$q2, q1$	$q1$	$q2$	$q1, q2$

Sur la base du tableau d'acheminement, on peut exprimer les correspondances $X(ijk) = q$ comme suit:

ijk	q										
111	1	211	2	311	2	411	1	511	2	611	1
112	0	212	0	312	1	412	0	512	0	612	2

La matrice Z est:

$$Z = \begin{bmatrix} s(11) & 0 & s(31) & s(41) & 0 & s(61) \\ 0 & s(21) & s(31) & 0 & s(51) & s(61) \end{bmatrix}$$

Supposons que toutes les liaisons ont la même valeur de blocage 0,1, on obtient alors les valeurs de $s(ij)$:

$s(i1) = 0,9$ pour $i = 1, 2, 4$, et 5 , et $s(i1) = 0,81$ pour $i = 3$ et 6 .

Nous obtenons ainsi:

$$\begin{bmatrix} CL(1) \\ CL(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,9 & 0 & 0,81 \\ 0 & 0,9 & 0,81 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a1 + a4 \\ a2 + a5 \\ a3 + a6 \end{bmatrix}$$

En supposant que $CL(1) = 5$ erl, et $CL(2) = 7$ erl, nous obtenons:

$$\begin{bmatrix} a1 + a4 \\ a2 + a5 \\ a3 + a6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,43 \text{ erl} \\ 3,65 \text{ erl} \\ 4,58 \text{ erl} \end{bmatrix}$$

C'est-à-dire que le trafic offert (dans les deux sens) entre les points A et B est de 1,43 erl, entre les points B et C, il est de 3,65 erl, et de 4,58 erl entre les points A et C.

Exemple 2

Considérons le réseau suivant:

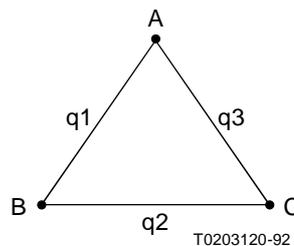


FIGURE D-2/E.501

Les couples de points et leurs séquences d'acheminement figurent dans les tableaux ci-dessous.

Couple de points	(A, B)	(B, C)	(C, A)	(B, A)	(C, B)	(A, C)
<i>i</i>	1	2	3	4	5	6
Voie d'acheminement de premier choix	<i>q</i> 1	<i>q</i> 2	<i>q</i> 3	<i>q</i> 1	<i>q</i> 2	<i>q</i> 3
Voies d'acheminement de second choix	<i>q</i> 3, <i>q</i> 2	<i>q</i> 1, <i>q</i> 3	<i>q</i> 2, <i>q</i> 1	<i>q</i> 2, <i>q</i> 3	<i>q</i> 3, <i>q</i> 1	<i>q</i> 1, <i>q</i> 2

Sur la base du tableau d'acheminement, on peut exprimer les correspondances $X(ijk) = q$ comme suit:

<i>ijk</i>	<i>q</i>										
111	1	211	2	311	3	411	1	511	2	611	3
112	0	212	0	312	0	412	0	512	0	612	0
121	3	221	1	321	2	421	2	521	3	621	1
122	2	222	3	322	1	422	3	522	1	622	2

La matrice *Z* est:

$$Z = \begin{bmatrix} s(11) & s(22) & s(32) & s(41) & s(52) & s(62) \\ s(12) & s(21) & s(32) & s(42) & s(51) & s(62) \\ s(12) & s(22) & s(31) & s(42) & s(52) & s(61) \end{bmatrix}$$

Supposons que toutes les liaisons ont la même valeur de blocage 0,1. On obtient alors les valeurs suivantes de $s(ij)$, avec ou sans retour en arrière: $s(i1) = 0,9$ et $s(i2) = 0,081$.

Nous avons donc:

$$\begin{bmatrix} CL(1) \\ CL(2) \\ CL(3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,9 & 0,081 & 0,081 \\ 0,081 & 0,9 & 0,081 \\ 0,081 & 0,081 & 0,9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a1 + a4 \\ a2 + a5 \\ a3 + a6 \end{bmatrix}$$

En supposant que $CL(1) = 5$ erl, $CL(2) = 7$ erl et $CL(3) = 10$ erl, nous obtenons:

$$\begin{bmatrix} a1 + a4 \\ a2 + a5 \\ a3 + a6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,06 \text{ erl} \\ 6,05 \text{ erl} \\ 10,16 \text{ erl} \end{bmatrix}$$

C'est-à-dire que le trafic offert (dans les deux sens) entre les points A et B est de 4,06 erl, entre les points B et C, il est de 6,05 erl, et de 10,16 erl entre les points A et C.

Références

- [1] TU (M.): *Estimation of origin-destination traffic demand in dynamic routing networks*. Proc. 13th ITC, Copenhagen, 1991.
- [2] ALBERT (A.): *Regression and the Moore-Penrose Pseudoinverse*. Academic Press, New York, 1972.

