



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

E.862

(11/1988)

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

Qualité de service; notions, modèles, objectifs,
planification de la sûreté de fonctionnement – Utilisation
des objectifs de qualité de service pour la planification des
réseaux de télécommunication

**PLANIFICATION DE LA SÛRETÉ DE
FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE
TÉLÉCOMMUNICATIONS**

Réédition de la Recommandation E.862 du CCITT publiée
dans le Livre Bleu, Fascicule II.3 (1988)

NOTES

1 La Recommandation E.862 du CCITT a été publiée dans le Fascicule II.3 du Livre Bleu. Ce fichier est un extrait du Livre Bleu. La présentation peut en être légèrement différente, mais le contenu est identique à celui du Livre Bleu et les conditions en matière de droits d'auteur restent inchangées (voir plus loin).

2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

**PLANIFICATION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT
DES RÉSEAUX DE TÉLÉCOMMUNICATIONS**

Introduction

La présente Recommandation a trait aux modèles et aux méthodes de planification de la sûreté de fonctionnement, d'exploitation et de maintenance des réseaux de télécommunications, ainsi qu'à l'application de ces méthodes aux divers services du réseau international.

Le CCITT,

considérant

- (a) que l'économie est souvent un aspect important de la planification de la sûreté de fonctionnement;
- (b) que l'aptitude à assurer un certain niveau de sûreté de fonctionnement varie d'un fournisseur de réseau à un autre;
- (c) que les fournisseurs de réseau se trouvent souvent en situation de concurrence;
- (d) que les Recommandations E.845, E.850 et E.855 énoncent les objectifs à atteindre en matière de servibilité;
- (e) que les objectifs en matière de sûreté de fonctionnement découlent des Recommandations Q.504, Q.514, et X.134-X.140;
- (f) que ces objectifs ont été définis de manière intuitive plutôt que fondés sur une analyse des besoins des usagers;
- (g) qu'il n'existe pas de méthode claire permettant d'appliquer ces objectifs à la planification;
- (h) qu'il est nécessaire de définir une méthode permettant de déterminer et de répartir les marges de sûreté de fonctionnement dans le réseau de télécommunications;
- (i) que les termes et les définitions liés aux concepts utilisés à propos de la sûreté de fonctionnement sont énoncés dans la Recommandation E.800,

recommande

que les procédures définies dans la présente Recommandation soient employées par les Administrations pour planifier, concevoir, exploiter et entretenir leurs réseaux.

1 Considérations générales

Il existe essentiellement deux méthodes de planification de la sûreté de fonctionnement:

Méthode intuitive

Le degré de sûreté de fonctionnement est déterminé par synthèse des objectifs et des procédures en usage. Cette méthode constitue un substitut commode en l'absence de méthode analytique et lorsque les données nécessaires à une analyse approfondie ne sont pas disponibles.

Elle reflète la situation telle qu'elle se présente mais ne permet pas aux Administrations d'atteindre leur but essentiel, à savoir le degré de sûreté de fonctionnement le plus économique, compte tenu des besoins des usagers et des désagréments qui leur sont occasionnés.

Méthode analytique

La méthode analytique se fonde sur des principes qui définissent l'objet de la planification de la sûreté de fonctionnement. Ces principes sont établis à l'aide d'un modèle quantitatif. Le degré de sûreté de fonctionnement est calculé par application du modèle, compte tenu de tous les facteurs pertinents dans chaque cas de planification.

- Principe de base: Le principal objet de la planification en matière de sûreté de fonctionnement consiste à trouver un équilibre entre les besoins des usagers dans ce domaine et leur demande pour des coûts modiques.
- Modèle: Les conséquences de pannes sont exprimées en termes de coût et sont incluses en tant que facteurs de coûts additionnels dans la planification et l'optimisation des coûts. Le facteur coût reflète l'expérience des usagers en ce qui concerne les pannes du réseau, quantifiées en termes financiers, ainsi que les frais encourus par les Administrations au titre des réparations et des pertes de recettes dues aux pertes de trafic.
- Application: Une méthode est fournie à l'Administration pour intégrer la sûreté de fonctionnement comme composante naturelle de la planification, en tenant compte des informations recueillies sur place au sujet de la situation réelle considérée. Cette méthode permet l'élaboration de règles de planification simplifiées.

L'application de la méthode analytique permet d'atteindre le niveau de sûreté de fonctionnement le plus équilibré sur le plan économique, du point de vue des usagers. On réduit ainsi les risques de réclamations d'usagers, de perte de trafic au profit des concurrents et d'investissements inutiles. Cette méthode est donc considérée comme la meilleure méthode générale de planification de la sûreté de fonctionnement pour l'Administration comme pour les usagers.

Des recommandations s'imposent quant aux objectifs opérationnels de sûreté de fonctionnement afin de déceler les défauts et aussi de contrôler et de comparer les résultats obtenus dans ce domaine sur le réseau national et sur le réseau international. L'expérience découlant de l'application de cette méthode analytique peut donner lieu à la révision des recommandations existantes.

2 Mesures générales pour la planification de la sûreté de fonctionnement

La sûreté de fonctionnement est décrite à l'aide de mesures définissant la disponibilité, la fiabilité et la maintenabilité du réseau et de ses parties constitutives, ainsi que la logistique de maintenance (pour la maintenance du réseau). Les mesures recommandées sont celles-ci:

Disponibilité

Durée cumulée moyenne d'indisponibilité

Fiabilité

Intensité moyenne de défaillance

Maintenabilité

Temps moyen de non-détection de panne

Durée moyenne de panne

Durée moyenne de réparation active

Logistique de maintenance

Durée moyenne du délai administratif

Durée moyenne du délai logistique

Note – Les définitions de ces mesures sont données dans la Recommandation E.800 et le Supplément n° 6.

3 Caractéristiques des pannes de réseau

Les pannes du réseau de télécommunications se caractérisent essentiellement par leur incidence sur le service qu'assure le réseau, c'est-à-dire par la perturbation du trafic qu'elles occasionnent. Les mesures importantes déterminant la perturbation du trafic due à une panne sont:

La durée de la panne (durée moyenne d'indisponibilité), T en heures (h)

L'intensité moyenne de trafic affecté par la panne, A en erlangs (E)

La probabilité moyenne d'encombrement durant la panne, P

La gravité d'une panne dépend aussi de la façon dont les usagers réagissent et de la perte de recettes pour les Administrations. Pour exprimer ce facteur, on quantifie en termes économiques la valeur d'une unité de volume de trafic (Eh) perturbé par la panne.

Mesure: la valeur économique du volume de trafic affecté est c (unités monétaires par Eh)

Ce facteur peut être influencé par un certain nombre d'autres facteurs:

- la catégorie d'usagers et les services qui sont touchés,
- le niveau d'encombrement ou de perturbation des transmissions durant la panne,
- la durée de la panne,
- l'accès à d'autres moyens de communication pour les usagers victimes de la panne,
- la période de la journée, de la semaine ou de l'année où la panne se produit,
- la fréquence des pannes par le passé.

En outre, les dépenses de maintenance corrective encourues par l'Administration contribuent également à l'évaluation des conséquences des pannes.

Mesure: le coût de maintenance par panne est c_m (unités monétaires par panne).

4 Planification pour un rendement économique optimal

4.1 Méthode économique de détermination et de répartition

En termes mathématiques, le principe majeur de la planification en matière de sûreté de fonctionnement consiste à mettre au point des mesures qui réduisent au minimum le coût total du réseau:

$$\min \{ C_I + C_m \cdot d + C_t \cdot d + \dots \}$$

où

C_I sont les coûts d'investissement permettant d'atteindre un certain degré de sûreté de fonctionnement,

C_m sont les coûts annuels prévisibles de maintenance corrective,

C_t sont les coûts annuels prévisibles dus à la perturbation du trafic,

d est le coefficient d'actualisation pour le calcul de la valeur actuelle des coûts annuels pendant la durée utile de l'équipement.

C_t reflète la gêne causée par les pannes et doit être considérée comme le paramètre de base des services qui détermine et répartit la sûreté de fonctionnement dans le réseau dans des conditions données.

Une mesure est optimale si les deux conditions suivantes sont remplies:

- 1) l'avantage escompté (par exemple un moindre coût dû à la perturbation du trafic) est supérieur au coût, ce qui veut dire que cette mesure est rentable;
- 2) la mesure prise est la meilleure en ce sens que le rapport avantage/coût est maximal. Il n'existe pas d'autre mesure capable de fournir un profit supérieur.

Cette méthode permet d'envisager un profit du point de vue de l'utilisateur, c'est-à-dire que les mesures prises ne seront pas nécessairement avantageuses pour l'Administration à court terme. De ce fait, il se peut que les tarifs et les taxes doivent être augmentés pour financer ces mesures. Il est néanmoins recommandé de satisfaire les besoins des usagers car c'est généralement la politique la plus avantageuse pour l'Administration à long terme.

Cette méthode est applicable à la planification de tous les éléments des réseaux nationaux et internationaux et à la détermination de la sûreté de fonctionnement de ses composants ainsi que du niveau de la logistique de maintenance. Elle s'applique aussi à la planification à court terme, comme à l'optimisation à long terme et à la planification stratégique.

La méthode décrite ci-dessus ne risque pas d'être rendue obsolète par l'évolution des techniques ou les changements intervenant dans la structure des coûts, etc. La sûreté de fonctionnement est convertie en une mesure concrète (financière) ce qui facilite l'évaluation des actions décidées dans ce domaine, ainsi que la comparaison et le choix entre les différentes possibilités offertes.

4.2 Modèle des coûts dus à la perturbation du trafic

Le coût annuel dû à la perturbation du trafic est le produit du volume de trafic perturbé (communications perdues, retardées ou affectées par des dégradations de la transmission) par l'évaluation monétaire du volume de trafic perturbé c et l'intensité moyenne de défaillance z ce qui donne:

$$C_t = PAzTc$$

où

T est la durée de l'état d'encombrement accru ou de perturbation accrue de transmission imputable à une panne, soit essentiellement le temps d'indisponibilité. Il pourrait cependant être nécessaire de prendre également en considération l'encombrement dû à la surcharge de trafic qui suit la relève du dérangement.

A est l'intensité du trafic offert.

P est la portion du volume de trafic offert pendant un temps T , qui est retardée ou perdue.

z est l'intensité moyenne de défaillance.

c est l'estimation monétaire du volume de trafic perturbé. c peut dépendre d'un nombre variable de facteurs, c'est-à-dire que $c = c(P, T, A, \dots)$.

En supposant des variations de trafic $A(t)$ et, de ce fait, des variations d'encombrement $P[A(t)] = P(t)$, A et P sont calculées comme suit:

$$P = \frac{\int_0^T A(t) P(t) dt}{\int_0^T A(t) dt} \quad A = \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt$$

Normalement, il n'est pas possible de prédire le moment où une défaillance se produira. Dans ce cas, A est une moyenne sur une longue période tenant compte des variations annuelles et des tendances à long terme. P est calculé à partir d'un profil de trafic moyen. Des méthodes de calcul du trafic sont décrites dans les Recommandations E.506, E.510 et E.520 à E.523.

4.3 *Evaluation économique du volume de trafic perturbé, c*

Le facteur c reflète l'objectif visé par une Administration ou une société d'exploitation en ce qui concerne la planification de la sûreté de fonctionnement. Une haute estimation de c donnera un haut niveau de sûreté de fonctionnement et vice versa. Les valeurs utilisées par les Administrations sont fonction de la dépendance du public à l'égard des télécommunications, déterminée elle-même par le niveau de vie, l'économie nationale, les tarifs, etc. Il appartient donc à chaque Administration de fixer le facteur c au niveau national.

Il est cependant recommandé que ce facteur reflète l'expérience conjuguée de l'Administration et des usagers. En d'autres termes, il devrait prendre en compte les éléments suivants:

- 1) la perte de recettes des Administrations due au trafic non retrouvé après la relève du dérangement;
- 2) une évaluation de la perte économique moyenne pour l'utilisateur correspondant à une unité de volume de trafic (Eh) perturbé par un dérangement;
- 3) un montant symbolique reflétant la gêne occasionnée à l'utilisateur moyen.

La somme des points 2) et 3) ci-dessus doit refléter le prix que l'utilisateur moyen est disposé à payer pour éviter un erlang par heure de trafic offert, retardé ou perdu en raison d'un dérangement. On peut en déduire le niveau de sûreté de fonctionnement qui satisfait les usagers et pour lequel ils sont disposés à payer.

Il est conseillé aux Administrations de faire leur propre enquête auprès des usagers afin de déterminer les valeurs à utiliser pour la planification. L'annexe B donne un exemple d'enquête de ce type.

Si cela n'est pas possible, des estimations approximatives peuvent être obtenues à partir d'informations sur les mesures prises dans le réseau. Le coût d'une mesure est comparé au volume de trafic qu'elle permet de «sauver». Les mesures intuitivement considérées comme raisonnables donnent la limite inférieure de c , tandis que les mesures manifestement déraisonnables en donnent la limite supérieure. Les valeurs ainsi obtenues permettent de procéder à une optimisation, en supposant qu'elles sont valables également pour planifier le futur réseau.

S'il est absolument impossible d'estimer le facteur c , cette méthode peut néanmoins être utilisée pour déterminer la répartition optimale d'un montant donné de ressources. Toutefois, le niveau de sûreté de fonctionnement ainsi obtenu ne satisfait pas toujours les usagers.

4.4 *Procédure de planification*

Les coûts dus à la perturbation du trafic sont inclus dans les calculs économiques de planification en tant que facteurs-coûts additionnels, la sûreté de fonctionnement étant ainsi considérée comme partie intégrante de la planification.

La procédure de planification de la sûreté de fonctionnement comprend quatre étapes:

Etape 1: Planification d'un réseau répondant aux conditions requises en matière de fonctionnement et de capacité

Le point de départ est un réseau planifié et dimensionné de manière à répondre aux besoins de fonctionnement et de capacité ne tenant pas compte particulièrement de la sûreté de fonctionnement (solution zéro). La deuxième étape consiste à recenser les modifications nécessaires pour promouvoir la sûreté de fonctionnement.

Etape 2: Recherche de mesures visant à améliorer la sûreté de fonctionnement

Des mesures visant à améliorer la sûreté de fonctionnement s'imposent si les coûts dus à la perturbation du trafic sont élevés ou si de telles mesures peuvent être prises sans occasionner de grosses dépenses. On trouvera ci-après une liste non exhaustive de mesures de ce type:

- Protection des équipements en vue d'éviter les défaillances
- Choix d'équipements fiables et de maintenance facile
- Modernisation et remplacement des équipements usagés
- Redondance
- Surdimensionnement
- Intensification de la logistique de maintenance
- Mesures de gestion du réseau pour réduire les effets des dérangements

Etape 3: Analyse des mesures

Exprimer les améliorations en termes de changements au niveau de la perturbation du trafic et des coûts de maintenance ($\Delta C_t + \Delta C_m$) pour chaque mesure. Il faut seulement calculer les coûts qui diffèrent d'une option à une autre. L'annexe A donne des exemples de modèles de sûreté de fonctionnement pour la conception du réseau et la planification de la logistique de maintenance, et pour la détermination des besoins concernant les composants du réseau.

Comparer $\Delta C_t + \Delta C_m$ au coût d'investissement accru (ΔC_t) pour chaque mesure, par exemple à l'aide de la méthode de la valeur actuelle.

Choisir le meilleur ensemble de mesures, c'est-à-dire celui qui donne le coût total le plus faible.

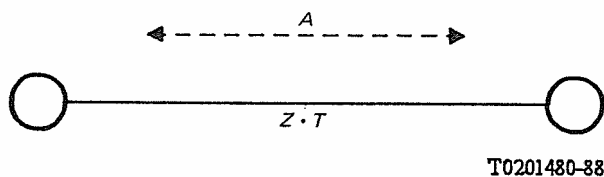
Etape 4: Contrôle du respect des exigences minimales

Pour des raisons commerciales ou autres, un niveau de service minimal peut être prescrit par la réglementation d'Etat ou par les Recommandations du CCITT. La fixation de prescriptions au niveau national relève d'une décision nationale. Pour la planification du réseau international, il est recommandé aux Administrations de vérifier si des objectifs de sûreté de fonctionnement, déductibles de ceux déjà stipulés dans les Recommandations du CCITT, sont respectés. Si tel n'est pas le cas, il convient de chercher quelles sont exactement les raisons de la non conformité. Si cela est justifié, on ajustera le niveau de la sûreté de fonctionnement.

4.4.1 Exemple numérique

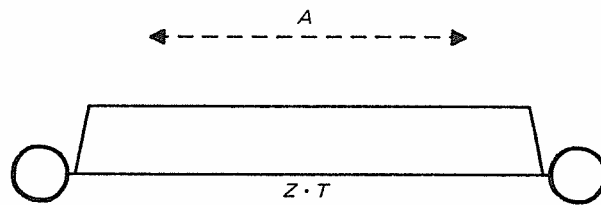
Etape 1: Réseau planifié sans tenir compte spécialement de la sûreté de fonctionnement

Le réseau envisagé est la jonction entre deux centraux.



Etape 2: Recherche de mesures visant à améliorer la sûreté de fonctionnement

La mesure considérée consiste à introduire un câble physiquement redondant. Ce câble est supposé être dimensionné pour acheminer la totalité de la charge de trafic, ce qui veut dire qu'une simple défaillance ne doit pas perturber celui-ci.



T0201490-88

Etape 3: Analyse de la mesure envisagée

Hypothèses

Intensité de défaillance	z	= 0,1 défaillance/année
Temps moyen d'indisponibilité	T	= 24 h
Trafic moyen offert	A	= 100 E
Encombrement	P	= 1 (sans redondance)
	P	= 0 (avec redondance)
Estimation monétaire du volume de trafic perturbé	c	= 400 unités monétaires/Eh
Coefficient d'actualisation (durée utile 25 ans, intérêt annuel 5%)	d	= 14
Coût de maintenance par défaillance	c_m	= 1000 unités monétaires/défaillance
Coût du câble redondant	C_I	= 400 000 unités monétaires

Calculs

Coûts dus à la perturbation du trafic pour un réseau sans équipement:

$$C_I = P \cdot A \cdot z \cdot T \cdot c = 1 \times 100 \times 0,1 \times 24 \times 400 = 96\ 000 \text{ par an}$$

$$\text{Valeur actuelle } C_I d = 96\ 000 \times 14 = 1\ 344\ 000$$

Coûts dus à la perturbation du trafic pour un réseau avec équipements redondants (la possibilité de pannes simultanées est négligeable):

$$C_I = 0$$

Changement dans les coûts dus à la perturbation du trafic:

$$\Delta C_I d = 0 - 1\ 344\ 000 = -1\ 344\ 000$$

Coûts de maintenance sans redondance:

$$C_m = z c_m = 0,1 \times 1000 = 100 \text{ par an}$$

$$\text{Valeur actuelle } C_m d = 100 \times 14 = 1400$$

Coûts de maintenance avec redondance:

$$C_m = 2z c_m = 2 \times 0,1 \times 1000 = 200 \text{ par an}$$

$$\text{Valeur actuelle } C_m d = 200 \times 14 = 2800$$

Changement des coûts de maintenance:

$$\Delta C_m d = 2800 - 1400 = 1400$$

Réduction de coût:

$$\Delta C_I d + \Delta C_m d = -1\ 344\ 000 + 1400 = -1\ 342\ 600$$

Changement du coût total:

$$\Delta C_I + \Delta C_m d + \Delta C_I d = 400\ 000 - 1\ 342\ 600 = -942\ 600$$

Conclusion

Cette mesure est rentable puisque $\Delta C_l + \Delta C_m d + \Delta C_r d < 0$. Elle est optimale ou non selon qu'il existe ou non d'autres mesures plus rentables.

Etape 4: Contrôle des exigences minimales

Les mesures supplémentaires éventuelles destinées à satisfaire aux exigences gouvernementales (pour des raisons de défense, en cas d'urgence, etc.) doivent être prises.

5 Applications au réseau international

5.1 Valeur du facteur c pour le trafic international (Nécessite un complément d'étude)

Afin de déterminer et de répartir la sûreté de fonctionnement selon les différentes parties du réseau international, il faut convenir d'une méthode uniforme d'évaluation du trafic affecté. Il est recommandé d'utiliser les valeurs suivantes (c_i) à titre de guide pour la planification du réseau international.

$$c_i = x_i DTS : s/Eh \quad (\text{valeurs à déterminer})$$

DTS: Droits de tirage spéciaux. Ces valeurs doivent se rapporter à une année de référence déterminée. Les hausses de prix dues à l'inflation, le besoin croissant de télécommunications de la part de l'ensemble de la population, etc, doivent être pris en considération.

5.2 Recommandations concernant la planification (Nécessite un complément d'étude)

Lorsque les valeurs de c ont été établies, il est possible de procéder à des analyses économiques de la sûreté de fonctionnement du réseau international. De telles études peuvent être faites de la même manière et en partie avec les mêmes données que les études de coût pour la taxation et la comptabilité.

L'objet de ces études est de déboucher sur des recommandations en matière de planification, par exemple en ce qui concerne le niveau de redondance, l'appui de maintenance, etc., dans différentes parties du réseau international.

5.3 Objectifs opérationnels en matière de sûreté de fonctionnement (Nécessite un complément d'étude)

Les résultats des analyses économiques de la sûreté de fonctionnement du réseau international sont présentés en termes de fiabilité, de maintenabilité et de logistique de maintenance pour les différentes parties du réseau. Cela aide les Administrations à surveiller et à contrôler leurs réseaux afin de déceler les défauts, les erreurs de planification, etc.

ANNEXE A

(à la Recommandation E.862)

Modèles simplifiés de planification de la sûreté de fonctionnement

A.1 Considérations générales

L'objet de cette annexe est de donner des exemples simples de l'emploi de différents modèles de sûreté de fonctionnement pour calculer les coûts dus à la perturbation du trafic et de l'application de ces calculs à la planification. Une liste des mesures possibles est donnée au § 4.4:

- planification du réseau (voir les § A.2 et A.3),
- détermination de la sûreté de fonctionnement des composants du réseau (voir le § A.4),
- planification de la logistique de maintenance (voir le § A.5).

A.2 Exemple: redondance

Les coûts dus à la perturbation du trafic pour un équipement redondant constitué de deux entités indépendantes comme décrit à la figure A-1/E.862 sont:

$$C_t = P_1 z_1 T_1 A c(P_1) + P_2 z_2 T_2 A c(P_2) + z_1 z_2 T_1 T_2 A c(1)/8760$$

où

P_1 est l'encombrement moyen lorsque l'entité 1 est défaillante,

P_2 est l'encombrement moyen lorsque l'entité 2 est défaillante.

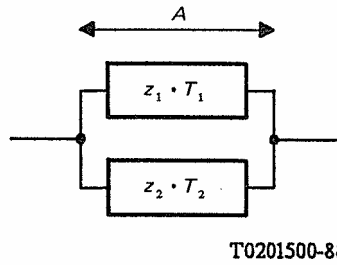


FIGURE A-1/E.862

Le cas le plus simple est celui où les deux entités sont identiques et où chacune est capable d'acheminer la totalité du trafic (voir la figure A-2/E.862):

$$C_t = z^2 T^2 A c(1) / 8760.$$

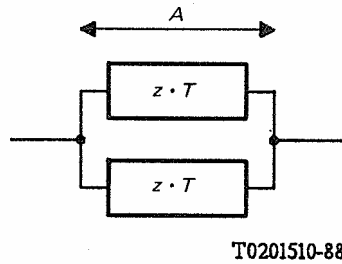


FIGURE A-2/E.862

En installant une entité redondante, les coûts dus à la perturbation du trafic sont réduits comme suit:

$$\Delta C_t = z T A c(1) - z^2 T^2 A c(1) / 8760.$$

Le deuxième terme est souvent négligeable. Une valeur approchée de ΔC_t peut être obtenue par la formule $\Delta C_t = z T A c(1)$.

A.3 Exemple: dimensionnement optimal pour des liaisons diversifiées

Le problème est de déterminer le nombre optimal des voies, respectivement N_1 et N_2 , en fonction desquelles les deux liaisons redondantes doivent être dimensionnées, voir la figure A-3/E.862.

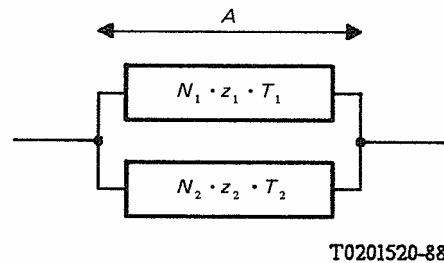


FIGURE A-3/E.862

C_N = est le coût par voie. La répartition optimale des voies dans les deux sens est obtenue comme suit:

$$\min_{N_1, N_2} \left\{ (N_1 \cdot C_{N1} + N_2 \cdot C_{N2}) + (P_1 \cdot A \cdot z_1 \cdot T_1 \cdot C(P_1) + P_2 \cdot A \cdot z_2 \cdot T_2 \cdot C(P_2)) \cdot d \right\}$$

Cela suppose un surdimensionnement en l'absence de panne. Les avantages qui en résultent ne sont pas pris en compte dans la formule. Quant à l'effet de pannes simultanées, elles n'influencent pas l'optimisation.

A.4 Exemple: temps optimal d'essai

Supposons que l'intensité de défaillance $z(t)$ après un certain temps de fonctionnement (t) soit donnée par

$$z(t) = z_0 + ze^{-bt}$$

où

$z_0 + z$ est l'intensité de défaillance $t = 0$,

z_0 est l'intensité constante de défaillance après la période initiale de défaillance,

b est le facteur déterminant la diminution de l'intensité de défaillance durant la période initiale de défaillance.

Grâce aux essais, les pannes peuvent être corrigées avant qu'elles aient occasionné une perturbation du trafic et des frais de maintenance. Supposons que:

$c_m + ATc$ sont les coûts de maintenance et de perturbation du trafic par panne,

C est le coût des essais par an.

Le temps optimal d'essai (t') est donné par la formule suivante:

$$\min_t \left\{ tC + \frac{z}{b} e^{-bt} (c_m + ATc) \right\}$$

où

$\frac{z}{b} e^{-bt}$ est le nombre additionnel de pannes survenant en cours d'exploitation, en fonction du temps d'essai.

Temps optimal d'essai: $t' = \frac{1}{b} \ln \frac{z(c_m + ATc)}{C}$.

A.5 Exemple: nombre optimal d'unités de maintenance

La durée moyenne du délai $w(N)$, exprimée en fonction du nombre d'agents de maintenance (N) peut dans certains cas être exprimée mathématiquement à l'aide de la théorie des files d'attente. Le cas le plus simple est celui où les temps entre défaillances et les temps de réparation sont répartis exponentiellement (modèle de file d'attente $M/M/N$). On obtient $w(N)$ au moyen de la formule.

$$w(N) = \left[\frac{(z/\mu)^N \cdot \mu}{(N-1)! (N\mu - z)^2} \right] / \left[\sum_{k=0}^{N-1} \frac{1}{k!} \left(\frac{z}{\mu} \right)^k + \frac{1}{N!} \left(\frac{z}{\mu} \right)^N \left(\frac{N}{N\mu - z} \right) \right]$$

où

N est le nombre d'unités de maintenance,

z est l'intensité des défaillances,

$w(N)$ est le temps moyen en fonction de N ,

A est l'intensité du trafic affecté,

c est l'évaluation du volume de trafic affecté,

μ est la densité de réparation.

Il est possible d'affiner le modèle en tenant compte des classes de priorité. Il est possible aussi de laisser des pannes présentant un degré de priorité plus élevé interrompre des assignations de priorité moindre.

Si C_N est le coût annuel par unité de maintenance, le nombre optimal des unités de maintenance est obtenu par la formule:

$$\min_N \{ NC_N + zw(N)Ac \}$$

ANNEXE B

(à la Recommandation E.862)

Exemple d'enquête pour l'évaluation monétaire du volume de trafic perturbé, c

B.1 Le but est d'aboutir à des données de coût permettant d'évaluer le facteur c . Différents groupes d'utilisateurs sont étudiés, avec leur évaluation monétaire des défaillances totales et partielles pour des relations de trafic typiques et pour différents services. Ces enquêtes menées auprès d'abonnés résidentiels et d'abonnés d'affaires sont effectuées sur la base des hypothèses suivantes:

- a) Les utilisateurs ressentent les interruptions des télécommunications du point de vue de la gêne occasionnée et de celui du coût direct.
- b) Dans le cas des abonnés résidentiels, c'est la gêne qui prédominera vraisemblablement alors que pour les abonnés d'affaires, le coût direct peut être important.
- c) Le coût et la gêne augmentent avec la durée des interruptions et le volume de trafic perturbé.
- d) Comme une conséquence naturelle de la grande variation des besoins en télécommunications, le coût et la gêne causés par les dérangements sont ressentis de manière très variable.
- e) Les abonnés résidentiels ne sont pas en mesure d'évaluer la gêne subie en termes monétaires. Les dérangements affectant des lignes téléphoniques privées provoquent en général l'irritation des utilisateurs, mais ne sont pas sources de coût direct (excepté dans les cas de dérangements de longue durée).

B.2 *Défaillances totales*

B.2.1 *Trafic commercial*

Des sociétés commerciales choisies au hasard sont invitées à répondre à la question suivante: «A combien estimez-vous le coût d'une interruption totale du service téléphonique ou de transmission de données résultant d'une indisponibilité ayant duré 5 minutes, 1 heure, 4 heures, 8 heures, 24 heures et 3 jours?».

Les sociétés commerciales ayant subi une panne sont invitées à répondre à la question: «A combien estimez-vous le coût de la défaillance du réseau dont vous venez d'être victime?».

Pour évaluer l'intensité du trafic affecté en cas d'interruptions totales, on peut se fonder sur le nombre de lignes du central et le nombre de terminaux de données destinés à la communication de chaque société et sur des informations relatives au dimensionnement des circuits interurbains, enfin sur des mesures de l'intensité d'appel des différentes classes d'utilisateurs.

Sur la base d'un coût établi, on estime le facteur c grâce à la formule suivante:

$$c = \frac{\text{(coût établi par l'utilisateur)}}{\text{(intensité moyenne de trafic) (temps d'indisponibilité)}}$$

Les valeurs moyennes du facteur c pour la téléphonie et la transmission de données sont calculées pour différents secteurs professionnels au moyen d'un profil de marché (répartition des emplois par secteur).

B.2.2 *Abonnés résidentiels*

Des groupes de discussion sur les interruptions peuvent être organisés pour arriver à une évaluation raisonnable. Si on constate que les utilisateurs ne sont pas disposés à payer davantage pour améliorer la sûreté de fonctionnement, on attribue au facteur c une valeur relativement basse.

B.3 *Dérangements partiels*

L'interruption partielle d'une relation se traduit, pour l'utilisateur, par des frais dus essentiellement aux retards des transactions commerciales. En appliquant un salaire horaire calculé, les frais sont évalués pour les abonnés d'affaires. Sur la base d'informations relatives au volume du trafic commercial et privé, on obtient une valeur moyenne du facteur c pour le trafic perturbé par des dérangements partiels.

B.4 Résultats

Le tableau B-1/E.862 donne quelques exemples de chiffres obtenus par l'Administration suédoise. Ces chiffres ont été utilisés dans divers cas de planification. La perte de recettes des Administrations y est incluse. Les montants des dépenses et les taux de change sont ceux du 1^{er} janvier 1986 [1 SEK (couronne suédoise) \approx 0,1 dollar des Etats-Unis].

TABLEAU B-1/E.862

Evaluation économique des communications empêchées (c)		
Champ d'application	Classe de défaillance	
	Dérangement total ($P = 1$)	Dérangement partiel ($P < 0,5$)
Abonnés d'affaires ayant un gros volume de trafic de données	1000 SEK/Eh	250 SEK/Eh
Sur le réseau à grande distance	400 SEK/Eh	100 SEK/Eh
Usagers dans une zone à faible densité de population. Coût élevé des communications de remplacement	200 SEK/Eh	50 SEK/Eh
Valeur moyenne pour les zones comportant surtout des abonnés résidentiels	100 SEK/Eh	25 SEK/Eh
Zones résidentielles avec accès aisé aux services essentiels. Faible coût des communications de remplacement	30 SEK/Eh	10 SEK/Eh

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

