



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

E.862 (rév.1)

COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

SERVICE TÉLÉPHONIQUE ET RNIS

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

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

Recommandation E.862 (rév.1)



Genève, 1992

AVANT-PROPOS

Le CCITT (Comité consultatif international télégraphique et téléphonique) est l'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.862, 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.

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

(révisée en 1992)

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 télécommunication, 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 à 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 télécommunication;
- (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:

- a) *Disponibilité*
 - Durée cumulée moyenne d'indisponibilité
- b) *Fiabilité*
 - Intensité moyenne de défaillance
- c) *Maintenabilité*
 - Temps moyen de non-détection de panne
 - Durée moyenne de panne
 - Durée moyenne de réparation active
- d) *Logistique de maintenance*
 - Durée moyenne du délai administratif
 - Durée moyenne du délai logistique

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

3 Planification pour un rendement économique optimal

3.1 Méthode de détermination et de répartition en fonction de critères économiques

Dans le domaine de la sûreté de fonctionnement, la planification consiste essentiellement à cerner les moyens (investissements, multiplication des opérations de maintenance, etc.) qui permettront de maximiser les recettes globales du réseau:

$$\max \{LCR - LCC\}$$

LCR – Recettes/vie utile (*life cycle revenue*)

LCC – Dépenses/vie utile (*life cycle cost*)

Les recettes et les dépenses sont estimées d'après leur incidence sur la capacité de l'exploitant (ou de l'Administration) à parvenir à ses objectifs (évaluation commerciale) ou sur le niveau de bien-être de l'ensemble de la société (évaluation sociale). Les principes d'évaluation de la sûreté de fonctionnement peuvent varier, et doivent être considérés comme relevant du domaine de compétence national.

On peut également résoudre le problème en déterminant les mesures propres à minimiser la valeur actuelle du total des investissements réalisés dans le réseau:

$$\min \{C_I + \sum(C_t + C_m + \dots) \cdot d_i\}$$

où:

C_I sont les dépenses d'investissement nécessaires pour parvenir à un certain degré de sûreté de fonctionnement;

C_m sont les dépenses de maintenance prévues pour l'année i ;

C_t est le coût estimatif des perturbations de trafic (manque à gagner) pour l'année i ;

d_i est le coefficient d'escompte utilisé dans l'actualisation des investissements imputés sur l'année i ;

C_t rend compte des perturbations causées par les anomalies de fonctionnement; c'est le paramètre de base qui permet de quantifier la sûreté de fonctionnement du réseau. A une diminution du coût des perturbations du trafic correspond une augmentation des recettes sur la durée de vie utile ($\Delta LCR = -\Delta C_t$).

A l'inverse des objectifs quantitatifs de sûreté de fonctionnement (méthode intuitive), cette méthode est générale dans son application et demeure actuelle quels que soient les progrès techniques accomplis ou l'évolution de la structure des coûts, etc. La sûreté de fonctionnement est donc exprimée par un indicateur non ambigu (monétaire), ce qui facilite l'étude des mesures propres à la renforcer, ainsi que la comparaison des différentes solutions envisageables, et enfin le choix final. Cette méthode peut être appliquée à la planification de tous les éléments du réseau national ou international, au dimensionnement des composantes constitutives de la sûreté de fonctionnement et au calcul du niveau de maintenance. Elle s'applique aussi bien à la planification à court terme qu'à la planification à long terme et permet de quantifier les scénarios de planification stratégique.

3.2 Modèle simplifié des coûts de perturbation du trafic

L'incidence monétaire annuelle des perturbations du trafic est la somme des coûts d'interruption du trafic commuté par circuits et par paquets (premier et deuxième termes de l'équation suivante) et des coûts d'interruption des lignes louées (dernier terme):

$$C_t = z \cdot T \cdot E \cdot \alpha \cdot A \cdot c_s + z \cdot T \cdot \lambda \cdot \beta \cdot r \cdot c_p + z \cdot T \cdot n \cdot c_l$$

où:

z est l'intensité de défaillance (nombre de pannes par an);

T est la durée moyenne d'indisponibilité (heures);

A est l'intensité du trafic commuté pendant les heures de pointe (erlangs);

- α est le coefficient exprimant la fraction du trafic de point affecté par le dérangement;
- E est la probabilité d'encombrement pendant le dérangement;
- c_s est la valeur économique du trafic commuté (unité monétaire par erlang-heure);
- λ est la densité des appels commutés par paquets pendant l'heure de pointe (paquets par heure);
- β est le coefficient exprimant la fraction des appels commutés par paquets à l'heure de pointe, affectés par la panne;
- r est la probabilité de perte de paquets ou de retard pendant le dérangement;
- c_p est la valeur économique d'un paquet perdu ou retardé (unité monétaire par paquet);
- n est le nombre de lignes louées;
- c_l est la valeur économique de l'interruption d'un circuit loué (unité monétaire par circuit-heure).

Le modèle suppose que les paramètres sont stochastiquement indépendants et ne varient pas dans le temps. Toutefois, tel est rarement le cas. Lorsque la probabilité de panne est plus élevée à certaines heures de la journée, il peut y avoir une corrélation entre le trafic et l'intensité de défaillance (le temps étant un paramètre commun). La durée d'indisponibilité peut dépendre de l'heure de la journée et du jour de la semaine auquel la panne se produit. Pour tenir compte des corrélations entre paramètres on peut modéliser les variations dans le temps du trafic, de l'intensité de défaillance, de la durée d'indisponibilité, etc. Le problème est simplifié lorsque l'on suppose que les pannes sont uniformément distribuées dans le temps. Le trafic d'heure de pointe demandé pendant le dérangement équivaut alors au trafic moyen et on peut calculer les valeurs de α lorsque l'on connaît le profil du trafic. La Recommandation E.523 définit les profils de trafic normalisés pour des flux de trafic internationaux. L'addendum au manuel sur la qualité de service expose quelques résultats de calculs.

Lorsque l'on ne perd qu'une fraction de la capacité, on observe un accroissement de l'encombrement. La probabilité moyenne d'encombrement ou de retard de transmission de paquets pendant le dérangement dépend de la capacité de transmission résiduelle et du profil de trafic. Le manuel propose quelques exemples de probabilité d'encombrement dans le cas d'un trafic commuté.

3.3 *Evaluation économique du volume de trafic perturbé (c)*

Le coefficient c traduit l'objectif que se fixe l'Administration considérée dans la planification de la sûreté du fonctionnement. A des valeurs élevées de c correspond un degré de sûreté de fonctionnement également élevé, et inversement. Les objectifs de l'exploitant (commerciaux ou sociaux) déterminent parfois la valeur de ce coefficient. Citons, entre autres éléments importants, les facteurs suivants:

- acceptation, par les usagers, du coût financier de la sûreté de fonctionnement;
- structure du marché (intensité de la concurrence, etc.);
- catégorie d'usagers et de services touchés;
- degré d'encombrement, de retard ou de perturbation de transmission;
- durée du dérangement;
- accessibilité des moyens de communication de remplacement pour l'utilisateur affecté;
- heure du jour, jour de la semaine ou mois de l'année auquel le dérangement se produit;
- fréquence des dérangements antérieurs, etc.

Les Administrations sont invitées à procéder à leurs propres enquêtes auprès de leurs clients afin de déterminer les valeurs à retenir dans la planification. L'annexe B donne un exemple d'enquête de ce type. Lorsqu'il n'est pas possible d'entreprendre de telles études, des estimations approximatives pourront être dérivées des informations relatives aux mesures prises précédemment dans le réseau. Il y aura lieu de comparer le coût des mesures envisageables au volume de trafic protégé. Les mesures paraissant intuitivement raisonnables sont associées à de faibles valeurs de c tandis que les mesures manifestement déraisonnables se traduisent par une valeur plus élevée. On suppose que les valeurs ainsi déterminées sont également applicables à la planification du réseau futur. Lorsqu'il n'est pas du tout possible d'estimer la valeur de c , on peut néanmoins utiliser cette méthode pour déterminer la priorité relative des diverses solutions envisageables et établir approximativement une répartition optimale des ressources disponibles.

3.4 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_I) 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.

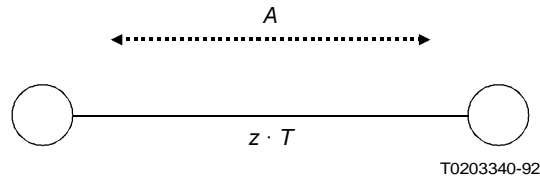
Etape 4 – Contrôle du respect des exigences minimales.

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.

3.4.1 Exemple numérique

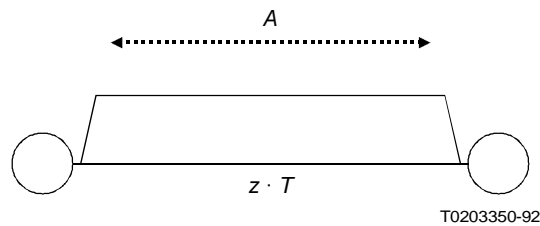
Etape 1 – Réseau planifié sans tenir compte spécialement de la sûreté de fonctionnement.

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.



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:

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

$$\text{Valeur actuelle } C_t d = (96\ 000) (14) = 1\ 344\ 000$$

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

$$C_t = 0$$

Changement dans les coûts dus à la perturbation du trafic:

$$\Delta C_{td} = 0 - 1\,344\,000 = -1\,344\,000$$

Coûts de maintenance sans redondance:

$$C_m = zc_m = (0,1)(1000) = 100 \text{ par an}$$
$$\text{Valeur actuelle } C_{md} = (100)(14) = 1400$$

Coûts de maintenance avec redondance:

$$C_m = 2zc_m = (2)(0,1)(1000) = 200 \text{ par an}$$
$$\text{Valeur actuelle } C_{md} = (200)(14) = 2800$$

Changement des coûts de maintenance:

$$\Delta C_{md} = 2800 - 1400 = 1400$$

Réduction de coût:

$$\Delta C_{td} + \Delta C_{md} = -1\,344\,000 + 1400 = -1\,342\,600$$

Changement du coût total:

$$\Delta C_t + \Delta C_{md} + \Delta C_{td} = 400\,000 - 1\,342\,600 = -942\,600$$

Conclusion

Cette mesure est rentable puisque $\Delta C_t + \Delta C_{md} + \Delta C_{td} < 0$. 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.

4 Applications au réseau international

4.1 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.

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

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.

4.2 *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.

4.3 *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 § 3.4:

- 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.

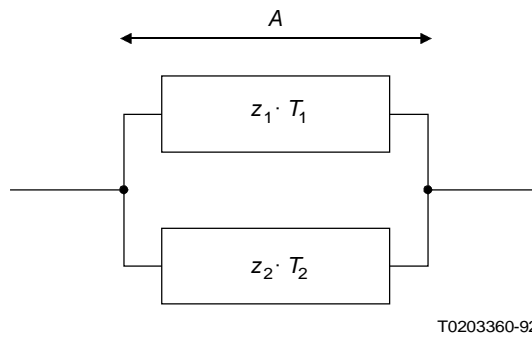


FIGURE A-1/E.862

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):

$$C_t = z^2 T^2 Ac(1)/8760$$

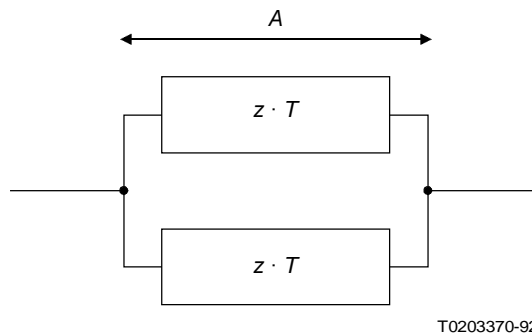


FIGURE A-2/E.862

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

$$\Delta C_t = zTAc(1) - z^2 T^2 Ac(1)/8760$$

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

A.3 Exemple: dimensionnement optimal pour des liaisons diversifiées

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

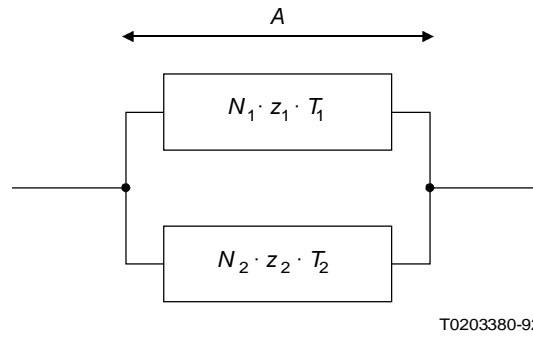


FIGURE A-3/E.862

C_N = est le coût par canal. 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

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

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 assignments 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:

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

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 usagers 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 usagers, 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 d'Amérique].

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