



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

E.760

(03/2000)

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

Qualité de service, gestion de réseau et ingénierie du
trafic – Ingénierie du trafic – Ingénierie du trafic des
réseaux mobiles

Modélisation du trafic des terminaux mobiles

Recommandation UIT-T E.760

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE E

EXPLOITATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU, SERVICE TÉLÉPHONIQUE, EXPLOITATION DES SERVICES ET FACTEURS HUMAINS**EXPLOITATION, NUMÉROTAGE, ACHEMINEMENT ET SERVICES MOBILES**

EXPLOITATION DES RELATIONS INTERNATIONALES

Définitions	E.100–E.103
Dispositions de caractère général concernant les Administrations	E.104–E.119
Dispositions de caractère général concernant les usagers	E.120–E.139
Exploitation des relations téléphoniques internationales	E.140–E.159
Plan de numérotage du service téléphonique international	E.160–E.169
Plan d'acheminement international	E.170–E.179
Tonalités utilisées dans les systèmes nationaux de signalisation	E.180–E.199
Service mobile maritime et service mobile terrestre public	E.200–E.229

DISPOSITIONS OPÉRATIONNELLES RELATIVES À LA TAXATION ET À LA COMPTABILITÉ DANS LE SERVICE TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL

Taxation dans les relations téléphoniques internationales	E.230–E.249
Mesure et enregistrement des durées de conversation aux fins de la comptabilité	E.260–E.269

UTILISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL POUR LES APPLICATIONS NON TÉLÉPHONIQUES

Généralités	E.300–E.319
Phototélégraphie	E.320–E.329

DISPOSITIONS DU RNIS CONCERNANT LES USAGERS

E.330–E.399

QUALITÉ DE SERVICE, GESTION DE RÉSEAU ET INGÉNIERIE DU TRAFIC

GESTION DE RÉSEAU

Statistiques relatives au service international	E.400–E.409
Gestion du réseau international	E.410–E.419
Contrôle de la qualité du service téléphonique international	E.420–E.489

INGÉNIERIE DU TRAFIC

Mesure et enregistrement du trafic	E.490–E.505
Prévision du trafic	E.506–E.509
Détermination du nombre de circuits en exploitation manuelle	E.510–E.519
Détermination du nombre de circuits en exploitation automatique et semi-automatique	E.520–E.539
Niveau de service	E.540–E.599
Définitions	E.600–E.699
Ingénierie du trafic RNIS	E.700–E.749

Ingénierie du trafic des réseaux mobiles **E.750–E.799**

QUALITÉ DE SERVICE: CONCEPTS, MODÈLES, OBJECTIFS, PLANIFICATION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT

Termes et définitions relatifs à la qualité des services de télécommunication	E.800–E.809
Modèles pour les services de télécommunication	E.810–E.844
Objectifs et concepts de qualité des services de télécommunication	E.845–E.859
Utilisation des objectifs de qualité de service pour la planification des réseaux de télécommunication	E.860–E.879
Collecte et évaluation de données d'exploitation sur la qualité des équipements, des réseaux et des services	E.880–E.899

RECOMMANDATION UIT-T E.760

MODÉLISATION DU TRAFIC DES TERMINAUX MOBILES

Résumé

La modélisation du trafic des terminaux mobiles dans le cas de systèmes mobiles terrestres de Terre ou par satellite (systèmes cellulaires, systèmes sans cordon, systèmes de radiomessagerie, IMT-2000, etc.) décrite dans la présente Recommandation est destinée à caractériser la demande de trafic d'utilisateur des services mobiles. Cette demande est importante pour le plan utilisateur et pour le plan signalisation.

Source

La Recommandation UIT-T E.760, élaborée par la Commission d'études 2 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 13 mars 2000 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2000

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

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1 Objectif et domaine d'application	1
2 Recommandations associées.....	2
3 Définitions	2
4 Abréviations.....	3
5 Introduction.....	3
6 Estimation de la demande de trafic pour les réseaux cellulaires.....	4
6.1 Justification.....	4
6.2 Méthodologie	5
6.3 Amélioration de la procédure d'estimation de la demande de trafic	6
7 Modélisation de la mobilité et impact sur le trafic de signalisation	7
8 Historique.....	7
Appendice I – Estimation de la demande en trafic.....	7
Appendice II – Exemple de méthodologie de modélisation du taux de transfert entre cellules, dans des systèmes mobiles cellulaires terrestres.....	10
Appendice III – Exemple de méthode de modélisation de l'enregistrement de position et du taux d'actualisation de position dans des systèmes cellulaires mobiles terrestres	14

Recommandation E.760

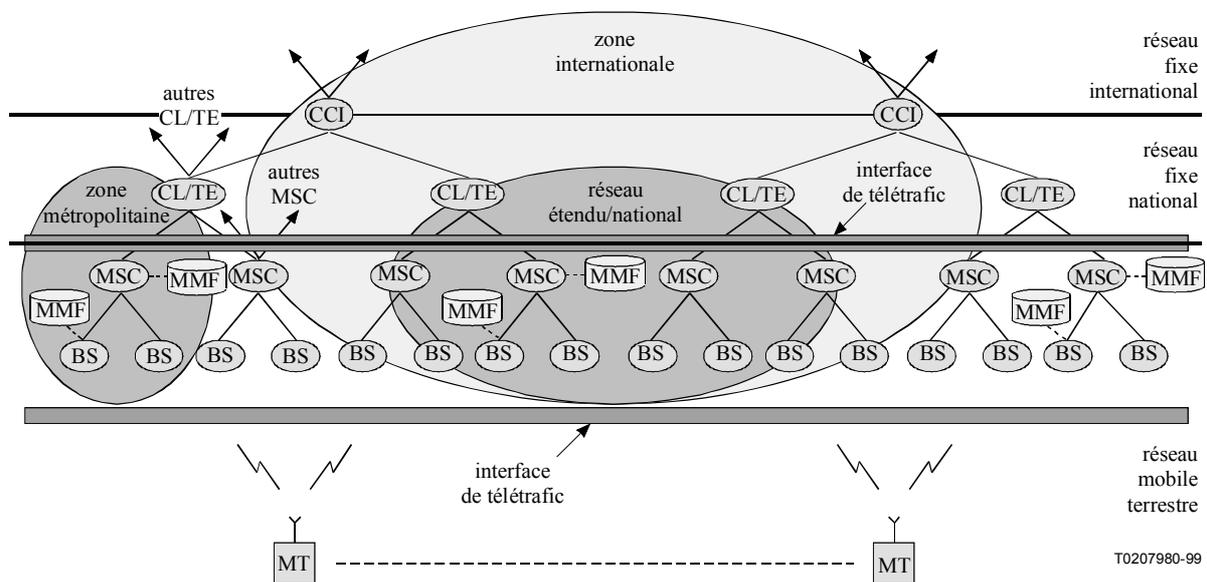
MODÉLISATION DU TRAFIC DES TERMINAUX MOBILES

(Genève, 2000)

1 Objectif et domaine d'application

1.1 La modélisation du trafic mobile hertzien dans le cas de systèmes mobiles terrestres de Terre ou par satellite (systèmes cellulaires, systèmes sans cordon, systèmes de radiomessagerie, IMT-2000, etc.) décrite dans la présente Recommandation est destinée à caractériser la demande de trafic d'utilisateur des services mobiles. Cette demande est importante pour le plan utilisateur et pour le plan signalisation.

1.2 Le domaine d'application géographique, de la modélisation de la demande de trafic et de la mobilité des terminaux englobe une grande diversité de zones allant des zones métropolitaines aux zones internationales. Ainsi, la Figure 1 montre le domaine d'application de la présente Recommandation dans le cas de réseaux cellulaires terrestres lorsqu'on suppose que les réseaux distincts fixes et mobiles sont distincts (voir Recommandation E.751). La figure montre deux interfaces de télétrafic au niveau desquelles la demande de trafic doit être caractérisée aux fins d'ingénierie du trafic. Une demande de trafic concerne l'interface radioélectrique, l'autre est associée à la caractérisation du trafic mobile en insistant sur le réseau fixe. Cette dernière caractérisation sert au dimensionnement des ressources de réseau fixe utilisées pour la prise en charge des services mobiles.



NOTE – La figure montre l'interconnexion des réseaux fixes et mobiles, conforme à la Recommandation E.220, et la ventilation des fonctions de gestion de mobilité (MMF, *mobility management function*) à l'intérieur du réseau mobile, comme c'est en général le cas avec les systèmes mobiles de la deuxième génération (par exemple le GSM). Selon les implémentations réelles et les besoins de trafic, le centre de commutation mobile (MSC, *mobile switching centre*) peut être connecté au réseau fixe au niveau du central local CL ou du central terminal, ce qui est brièvement indiqué sur la figure par la combinaison CL/TE. En fait, l'attribution des fonctions de gestion de la mobilité à une gamme d'options possibles incluant des arrangements qui résultent de l'un des réseaux intégré mobile et fixe décrit dans la Recommandation E.751.

Figure 1/E.760 – Domaine d'application de la caractérisation de la demande en trafic pour les réseaux cellulaires (réseaux mobiles et fixes distincts, communication de mobile à mobile)

1.3 La présente Recommandation traite de la modélisation de la demande de trafic associée aux systèmes mobiles terrestres et de la demande de trafic associée à l'interface radioélectrique. La modélisation de la demande de trafic axée sur le réseau fixe appelle un complément d'étude. Enfin, la modélisation du trafic pour les autres systèmes (système sans cordon, système de radiomessagerie, etc.) appelle également un complément d'étude.

2 Recommandations associées

Les Recommandations suivantes contiennent des informations contextuelles ou non qui se rapportent à la présente Recommandation.

- Recommandation CCITT E.201 (1991), *Recommandation de référence pour les services mobiles.*
- Recommandation CCITT E.202 (1992), *Principes d'exploitation du réseau pour les futurs systèmes et services mobiles publics.*
- Recommandation UIT-T E.220 (1996), *Interconnexion des réseaux mobiles terrestres publics.*
- Recommandation UIT-T E.600 (1993), *Termes et définitions relatifs à l'ingénierie du trafic.*
- Recommandation CCITT E.711 (1992), *Modélisation de la demande de l'utilisateur.*
- Recommandation CCITT E.712 (1992), *Modélisation du trafic du plan d'utilisateur.*
- Recommandation CCITT E.713 (1992), *Modélisation du trafic du plan de commande.*
- Recommandation UIT-T E.751 (1996), *Connexions de référence pour l'ingénierie du trafic des réseaux mobiles terrestres.*
- Recommandation UIT-T E.771 (1996), *Paramètres et valeurs cibles de niveau de service de réseau pour les services mobiles terrestres publics à commutation de circuits.*
- Recommandation UIT-T E.773 (1996), *Concept de niveau de service mobile aéronautique et maritime.*
- Recommandation UIT-T F.115 (1995), *Objectifs de service et principes relatifs aux futurs systèmes terrestres publics de télécommunication.*
- Recommandation UIT-R M.1034-1 (1997), *Exigences imposées à la ou aux interfaces radioélectriques des télécommunications mobiles internationales-2000 (IMT-2000).*

3 Définitions

3.1 Les définitions contenues dans les Recommandations E.600, E.751 et E.771 sont applicables à la présente Recommandation.

Les autres définitions utilisées dans la présente Recommandation sont les suivantes:

3.1.1 point de rattachement au réseau: point physique situé dans le réseau et utilisé pour terminer l'acheminement d'appel vers ou en provenance du système de l'utilisateur final (identificateur de terminal). Lorsque le segment entre la terminaison physique du système de l'utilisateur final et le point d'accès au réseau, dispose de fonctions additionnelles par rapport à la connexion électrique proprement dite, une fonctionnalité de réseau d'accès est requise pour l'information d'utilisateur et le transfert de signalisation.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

BS	station de base (<i>base station</i>)
CCI	centre de commutation international
CL	central local
GSM	système mondial de communications mobiles (<i>global system for mobile communications</i>)
IMT-2000	télécommunications mobiles internationales-2000 (<i>international mobile telecommunications-2000</i>)
MMF	fonction de gestion de mobilité (<i>mobility management function</i>)
MSC	centre de commutation de mobile (<i>mobile switching centre</i>)
MT	terminal mobile (<i>mobile terminal</i>)
TE	commutateur de terminal (<i>terminal exchange</i>)

5 Introduction

5.1 Une caractéristique propre à la demande de trafic des utilisateurs mobiles est l'instabilité spatiale. Il s'agit de la variabilité géographique du point d'origine ou de la destination du trafic concernant le même utilisateur mobile après l'établissement de la connexion (mobilité simple) pendant la communication et qui tient à la mobilité du terminal d'utilisateur. Un autre aspect de la mobilité du terminal concerne la variation de la position géographique des utilisateurs entre les appels (mobilité interappels): cela se traduit par une association dynamique entre l'identificateur du terminal réel utilisé par un utilisateur et le point de rattachement au réseau pour les appels provenant ou à destination du même utilisateur.

5.2 Compte tenu de l'instabilité du trafic associée à l'activité de la source du trafic et réutilisation du spectre qui caractérise les systèmes cellulaires, la qualité du canal radioélectrique dans l'espace présente une dépendance spatiale et temporelle et dépend de certaines actions appropriées, par exemple, le transfert ou la combinaison, peut être effectué par le système pour aider à maintenir un niveau minimal de qualité de service. Bien que ces actions peuvent se traduire par une consommation des mêmes ressources utilisées pour prendre en charge les demandes d'appel, la caractérisation des processus associés dépend, entre autre, de la façon dont les ressources radioélectriques sont organisées et gérées. C'est la raison pour laquelle, la caractérisation de ces processus est traitée dans les Recommandations de la série E.750 qui sont spécialement axées sur les méthodes de dimensionnement du trafic pour les systèmes mobiles terrestres.

5.3 Une façon de décrire l'instabilité du trafic aux fins d'ingénierie fait appel à la distribution dans l'espace et dans le temps de la population des utilisateurs sur une zone géographique donnée. Cette distribution doit ensuite être mappée avec la demande des utilisateurs tout en conservant la dépendance spatiale et temporelle.

Parmi les facteurs qui affectent cette distribution, citons:

- le type d'environnement (intérieur/extérieur, professionnel, résidentiel, etc.);
- la géographie et les profils de mobilité sur la zone considérée (espace ouvert, espace urbain, faubourg, etc.);
- les caractéristiques de mobilité (piéton/véhicule, vitesse, etc.);
- la pénétration du service.

5.4 Bien qu'une utilisation efficace du spectre disponible peut être obtenue en utilisant diverses techniques d'attribution dynamique de largeurs de bande pour faire face à la volatilité du trafic mobile, la plupart des systèmes existants sont dimensionnés d'après une approche correspondant au cas le plus défavorable avec une relation à une population statique d'utilisateurs. Cela implique l'estimation de la demande de trafic maximale dans une zone considérée (en général une cellule) et la détermination consécutive du nombre de canaux radioélectriques associés à cette zone. Cette estimation est fondée sur des données tels la densité de la population résidentielle, la pénétration du service, les caractéristiques géographiques, le trafic par abonné, etc.

Dans la présente Recommandation, on s'intéresse à l'approche correspondant au cas le plus défavorable défini ci-dessus; l'estimation de la demande de trafic fondée sur la prise en considération explicite de la volatilité temporelle et spatiale du trafic appelle un complément d'étude.

5.5 Enfin, pour découpler la caractérisation de la demande de trafic du dimensionnement et de contrôle et à l'harmoniser avec la méthodologie utilisée pour l'ingénierie du trafic des réseaux et services fixes, il faut séparer les processus décrivant la demande de trafic pour les systèmes prenant en charge les services mobiles et des processus résultant de l'exploitation des réseaux, (maintenance de la qualité du canal et le traitement du transfert, etc.).

6 Estimation de la demande de trafic pour les réseaux cellulaires

6.1 Justification

6.1.1 Pour l'ingénierie du trafic dans le cas de réseaux cellulaires, les informations concernant la répartition géographique de la population revêtent une importance essentielle pour un exploitant. Pour les nouveaux acteurs d'un marché, cette information peut en général être estimée seulement à partir des données de recensement publiées. Le niveau de détail de ces informations peut aller jusqu'au niveau municipal ou d'une circonscription. A partir de la base de données de recensement et de la taille de la zone géographique, il est possible d'évaluer la densité de population pour le lieu considéré. On peut ensuite déterminer la demande de trafic en utilisant les prévisions de pénétration annuelle et l'intensité moyenne du trafic par abonné.

6.1.2 En parallèle avec le processus d'ingénierie du trafic, la couverture radioélectrique est également planifiée pour la mise en place de l'infrastructure. A partir de la base de données de relief et la base de données de la morphologie ainsi que du niveau du signal souhaité nécessaire pour offrir des services dans les bâtiments et en dehors, les sites d'implantation des stations de base sont identifiés. Souvent, une couverture contiguë est nécessaire, et les stations de base sont placées à proximité les unes des autres afin d'éliminer des trous de la couverture dans la mesure du possible. En réalité, le relief est en général irrégulier. Afin d'éliminer la plupart des trous dans la couverture, il est nécessaire d'avoir un chevauchement important de la couverture entre les stations de base. Ainsi, les lignes de séparation définies par un niveau de signal égal pour deux ou plusieurs stations de base formeront la limite de la région du "meilleur serveur" pour chacun des sites de station de base. En d'autres termes, lorsqu'un mobile se trouve dans la zone du meilleur serveur d'un site d'implantation des stations de base particulier, il recevra le signal le plus intense depuis ce site même si les signaux des autres sites peuvent être encore suffisants pour les communications. En associant les stations mobiles au site d'implantation des stations de base d'une région du meilleur serveur, on peut obtenir¹ le meilleur rapport porteuse/brouillage sur la liaison descendante.

6.1.3 Etant donné que les régions du meilleur serveur ont une forme rarement régulière en raison du relief et des autres caractéristiques géographiques, la capacité à recevoir le trafic de chaque site de station de base est assez différente. En mappant la région du meilleur serveur avec la carte de la

¹ En outre, lorsqu'on utilise une commande de puissance sur la liaison montante, une puissance d'émission minimale est suffisante ce qui peut prolonger la durée de vie des accumulateurs des portables.

densité de population, une estimation du premier ordre de la demande de trafic par secteur peut être effectuée. Toutefois, cela peut conduire à d'importantes inexactitudes étant donné que les utilisateurs sont en général concentrés le long des routes et dans les bâtiments et rarement dans des espaces ouverts. Une méthode pour obtenir une estimation plus précise de la demande de trafic consiste à s'intéresser à la population dans des zones où elle a la plus forte probabilité d'être localisée.

On peut pour cela attribuer des pondérations à différentes caractéristiques géographiques. Sur la base de ces pondérations, le trafic associé à chaque cellule peut être estimé de manière plus précise. À l'évidence, pour une cellule qui contient plusieurs espaces ouverts, le volume de trafic sera probablement très faible. En revanche, pour une cellule contenant des bâtiments et des zones commerciales, la densité de trafic sera probablement élevée.

6.2 Méthodologie

6.2.1 Pour la procédure d'estimation de la demande de trafic, les données d'entrée sont les suivantes:

Données d'entrée

- taille de la zone de service² (hauteur, largeur);
- nombre et position des stations de base desservant la zone de service;
- contours de la région la mieux desservie autour de chaque station de base;
- taille des surfaces élémentaires identiques (hauteur, largeur) dans une grille théorique superposée à la zone de service;
- population de la zone desservie;
- taux de pénétration du service;
- trafic par utilisateur;
- facteurs de pondération associés aux caractéristiques géographiques de la zone de service (voir Tableau 1).

Tableau 1/E.760 – Facteurs de pondération pour la demande de trafic en relation avec des caractéristiques géographiques

Caractéristique	Pondération
Route	A étudier
Espace ouvert	A étudier
Plan d'eau	A étudier
Route et constructions	A étudier
Espace ouvert et route	A étudier
Espace ouvert et constructions	A étudier
Espace ouvert et plan d'eau	A étudier

² La zone de service est supposée rectangulaire pour simplifier la description de la méthodologie. Bien que la description conserve un caractère général, dans la pratique, les parties des régions les mieux desservies au-delà des limites d'une zone de service rectangulaire doivent être prises en considération en étendant à elles l'utilisation de la procédure.

6.2.2 Résultat de la procédure:

Résultats

- demande de trafic associé à chaque site de station de base se trouvant dans la zone de service.

6.2.3 L'estimation de la demande de trafic associée à l'interface radioélectrique des systèmes mobiles cellulaires se fait selon les étapes suivantes:

Procédure

- étape a) détermination des régions du meilleur serveur associées aux sites d'implantation des stations de base;
- étape b) superposition de la grille théorique constituée de zones élémentaires sur la zone de service;
- étape c) traçage approximatif des contours des régions du meilleur serveur par la séquence des côtés les plus proches des zones élémentaires. De cette façon, on décompose la région du meilleur serveur, décomposition dont la granularité dépend de la taille des zones élémentaires;
- étape d) à chaque zone élémentaire est associé un facteur de pondération dépendant des caractéristiques de la partie sous-jacente de la zone de service. Les types de facteurs de pondération sont indiqués dans le Tableau 1;
- étape e) à chaque zone élémentaire, on affecte une demande de trafic. Les détails des calculs sont les suivants:
- i) les facteurs de normalisation associés à chaque zone élémentaire de la grille théorique sont calculés sur la base des pondérations associées données à l'étape d). Les facteurs de normalisation sont utilisés pour répartir le trafic offert dans la zone de service sur les régions les mieux desservies, et finalement, sur les stations de base;
 - ii) une demande de trafic moyen initial par surface élémentaire est calculée en multipliant le trafic offert par utilisateur par la densité d'utilisateurs dans une zone élémentaire (la densité d'utilisateurs dans une zone élémentaire s'obtient en divisant la population totale par la surface de la zone de service, et en multipliant le résultat par la pénétration du service);
 - iii) le trafic initial moyen par zone élémentaire du ii) ci-dessus est multiplié par le facteur de normalisation associé. On obtient ainsi la demande de trafic associé à chaque zone élémentaire;
- étape f) les produits obtenus en iii) de l'étape e) associés aux zones élémentaires comprenant la même région du meilleur serveur sont additionnés: ce qui donne la demande de trafic associée à chaque station de base.

Un exemple de calcul de la demande de trafic en utilisant la procédure est donné dans l'Appendice I.

6.3 Amélioration de la procédure d'estimation de la demande de trafic

Il est possible d'améliorer la procédure d'estimation de la demande de trafic. Par exemple, des renseignements socio-économiques peuvent explicitement influencer sur les facteurs de pondération utilisés pour caractériser la demande de trafic associée à chaque site de station de base. L'utilisation de renseignements additionnels ayant un effet sur l'échelle de pondération appelle un complément d'étude.

7 Modélisation de la mobilité et impact sur le trafic de signalisation

7.1 Les réseaux mobiles nécessitent des fonctionnalités de signalisation spéciales pour exécuter des tâches essentielles à la prise en charge des services mobiles (enregistrement, authentification, localisation, actualisation de la localisation, surveillance de la qualité des canaux, leur établissement, etc.). Bien que la prise en considération explicite des processus associés au trafic et à la mobilité sur le plan signalisation appelle un complément d'étude, un modèle destiné à tenir compte du comportement mobile de l'utilisateur est utilisé dans les Appendices II et III. L'objet de ce modèle est de représenter une base à partir de laquelle des futures Recommandations sur le dimensionnement des réseaux mobiles pourraient être élaborées. Ce modèle tient compte du taux de franchissement par les utilisateurs à des limites entre deux régions adjacentes ayant une signification pour les réseaux mobiles, telles les cellules radioélectriques (Appendice II) et les zones de localisation (Appendice III). Le taux de franchissement des utilisateurs est un élément qui a une incidence directe sur les processus de signalisation et par conséquent, sur l'ingénierie du trafic associée au plan de signalisation.

8 Historique

8.1 Recommandation publiée pour la première fois en 2000.

Bibliographie

- GRILLO (D.), SKOOG (R.A.), CHIA (S.), LEUNG (K.K.): Traffic Engineering for Personal Communications in ITU-T Work: The Need to Match Practice and Theory, *IEEE Personal Communications*, Vol. 5, No. 6, pp. 38-58, décembre 1998.

APPENDICE I

Estimation de la demande en trafic

I.1 Le présent appendice décrit le calcul de la demande de trafic au moyen de la procédure décrite au 6.2.3. Les étapes a) à e) de la procédure sont illustrées à la Figure I.1 avec des relations avec les valeurs suivantes:

Données d'entrée

- dimension de la zone de service (hauteur: 1,6 km; largeur: 1,1 km);
- nombre de sites de station de base dans la zone de service: 8, position des sites de station de base: comme indiqué dans la Figure I.1 a);
- contour de la région du meilleur serveur autour de chaque site de station de base: comme indiqué dans la Figure I.1 a);
- dimensions des zones élémentaires identiques (hauteur: 100 m, largeur: 100 m) de la grille théorique de superposition de la zone de service;
- population dans la zone de service: 17 600;
- taux de pénétration du service: 5%;
- trafic par utilisateur: 20 mErlang;
- facteurs de pondération pour les caractéristiques géographiques de la zone de service: comme indiqué dans le Tableau I.1.

En particulier, la Figure I.1 a) montre les caractéristiques géographiques et les régions du meilleur serveur de la zone considérée. La Figure I.1 b) représente la grille $100 \times 100 \text{ m}^2$ superposée à la zone de service. Cela représente une résolution de la base de données de relief numérique qui éventuellement déterminera la résolution de la carte du meilleur serveur ainsi que la carte dit de

répartition du trafic. En supposant que les données de recensement indiquent que la population dans la zone de $1,1 \times 1,6 \text{ km}^2$ est de 17 600 personnes, soit une densité de population de $1/100 \text{ m}^2$. Avec un taux de pénétration du service de 5%, il y aura 880 abonnés dans cette zone. Etant donné que chaque utilisateur générera un trafic de 20 mErlangs, le trafic total dans la zone sera de 17,6 Erlangs, soit à une densité moyenne de trafic de 1 mErlangs pour 100 m^2 . Etant donné que la résolution de la base de données numérique de relief a une précision de $100 \times 100 \text{ m}^2$, la prédiction informatique du niveau du signal pour la région du meilleur serveur sera quantifiée sur une zone élémentaire de même taille (voir Figure I.1 c)). Enfin, on suppose également que les facteurs de pondération pour la charge de trafic en relation avec les caractéristiques géographiques sont ceux représentés dans le Tableau I.1.

I.2 En mappant la région du meilleur serveur avec les zones élémentaires de trafic, il est possible de calculer la demande de trafic pour chaque cellule. En appliquant les facteurs de pondération à la zone géographique comme indiqué à la Figure I.1 b), on peut obtenir la carte de pondération représentée à la Figure I.1 d). En faisant la somme de toutes les pondérations dans la zone de service et connaissant le trafic total, le trafic pour chaque intervalle peut être ventilé comme indiqué à la Figure I.1 e). Enfin, en mappant la région du meilleur serveur avec la carte de trafic, on peut prédire le trafic pour chaque cellule [Figure I.1 f)].

Pour montrer l'importance de l'utilisation des facteurs de pondération, considérons la demande de trafic de la cellule 1. Sans facteur de pondération, la charge de trafic prévue sera de 3,3 Erlangs. Toutefois, avec la pondération, la charge de trafic prévue sera de 4,2 Erlangs (30% supérieure).

Il convient de noter que les facteurs de pondération utilisés dans cet exemple sont donnés à titre indicatif et pour les applications réelles il sera nécessaire de les ajuster pour obtenir une précision satisfaisante.

Tableau I.1/E.760 – Facteurs de pondération pour la demande de trafic liés aux caractéristiques géographiques (valeurs indicatives)

Caractéristique	Pondération
Route	2
Espace ouvert	1
Plan d'eau	0
Route et construction	3
Espace ouvert et route	2
Espace ouvert et construction	3
Espace ouvert et plan d'eau	1

APPENDICE II

Exemple de méthodologie de modélisation du taux de transfert entre cellules, dans des systèmes mobiles cellulaires terrestres

II.1 La prévision du taux de transfert dans un système cellulaire a certains points communs avec la prévision de la demande du trafic, mais aussi certaines grandes différences. Pour une cellule donnée, la demande de trafic dépend de la densité d'utilisateur dans la cellule entière, tandis que le taux de transfert dépend de la densité d'utilisateur uniquement en limite de cellule³. La mobilité de l'utilisateur en cours d'appel n'a qu'un effet de deuxième ordre sur la demande de trafic, tandis qu'il a un effet fondamental sur le taux de transfert. Le degré de mobilité ou la vitesse des utilisateurs doit être pris en considération, c'est-à-dire qu'il faut faire la distinction entre les utilisateurs intérieurs et les utilisateurs extérieurs, et pour les utilisateurs extérieurs entre les piétons et ceux qui se trouvent à bord de véhicules.

Le taux de transfert dans une cellule est le taux d'utilisateurs en cours d'appel franchissant une limite de cellule. Compte tenu du chevauchement entre cellules en toute première approximation, la limite de cellule peut être prise comme étant la limite de la région du meilleur serveur de station de base. L'hypothèse selon laquelle le taux de transfert est égal au taux de franchissement en cours d'appel de la limite de la région du meilleur serveur conduit à une estimation prudente du taux de transfert, étant donné que le système introduit une certaine hystérésis avant l'exécution d'un transfert⁴.

II.2 En ce qui concerne les cellules, il faut faire une distinction entre le taux de transfert sortant (taux de transfert associé à des utilisateurs sortant d'une cellule) et le taux de transfert entrant (utilisateurs sortant d'une cellule). Les deux taux sont estimés de la même façon. Evidemment, un transfert entrant dans une cellule est un transfert sortant de la cellule adjacente. Aussi, nous intéresserons-nous ici au taux de transfert sortant en ne perdant pas de vue que la même chose peut être dite du taux de transfert entrant.

Soit une cellule caractérisée par:

- une densité d'utilisateurs en cours d'appel en un point quelconque, donnée par la fonction $\sigma = \sigma(x, y)$;
- une valeur moyenne de la composante dans la direction sortante normale de la vitesse de chaque utilisateur en cours d'appel en un point (x, y) du contour, donnée par la fonction: $v_n = v_n(x, y)$;
- la valeur moyenne obtenue en considérant que la composante précitée est égale à zéro lorsqu'elle est négative (c'est-à-dire, lorsque l'utilisateur se dirige vers l'intérieur);
- une limite/un contour L .

Ainsi, le nombre d'utilisateurs en cours d'appel franchissant une limite de cellule par unité de temps, h , est:

$$h = \int_L \sigma v_n d l \quad (\text{II-1})$$

³ Seuls les transferts dus à la mobilité de l'utilisateur, c'est-à-dire le franchissement par l'utilisateur des limites entre deux cellules sont pris en considération ici. Les autres types de transfert (par exemple ceux dus à des brouillages excessifs de fréquences ou un rééquilibrage du trafic entre cellules) ne sont pas pris en considération dans le modèle proposé.

⁴ Le cas d'une configuration cellulaire hiérarchique dans laquelle des macro-cellules recouvrent des micro-cellules, se traduisant par des règles plus élaborées d'exécution des transferts, appelle un complément d'étude.

Deux approches différentes mise à part une combinaison des deux, peuvent être suivies pour intégrer cette expression. Si la cellule se trouve dans une zone rurale traversée par quelques voies de circulation et sans agglomération à la frontière (voir Figure II.1), la densité σ peut être considérée comme étant nulle pour tous les points de la limite, à l'exception des voies de circulation. La façon la plus simple d'évaluer le taux de franchissement sortant consiste à faire la somme des taux de franchissement sortant pour chacune des voies de circulation franchissant la limite:

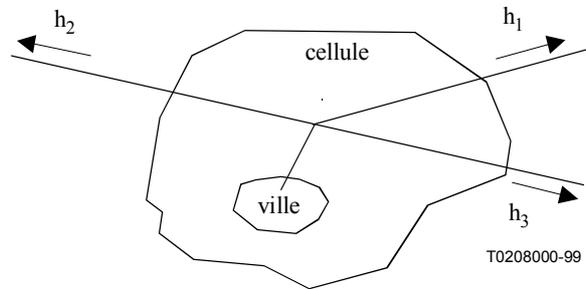


Figure II.1/E.760 – Zone rurale type

$$h = \sum_j h_j \quad (\text{II-2})$$

dans laquelle h_j est le nombre d'utilisateurs en cours d'appel qui franchissent par unité de temps la cellule vers l'extérieur par la route i . Noter que la présence d'une ville à l'intérieur d'une cellule, comme c'est le cas dans la Figure II.1, n'est pas prise en considération explicitement dans la formule II.2. h_j peut être estimé à partir des informations de trafic routier qui sont publiées. Le nombre de véhicules passant par chaque route par unité de temps doit être multiplié par le facteur de pénétration du service et par le trafic moyen par utilisateur. Si la limite de cellule se trouve à proximité d'une ville, le nombre de piétons (disposant d'un portable et se trouvant en cours de conversation) franchissant la frontière par chacune des routes doit également être pris en considération.

Cette approche, qui est relativement simple dans des zones rurales dotées de quelques routes, devient compliquée lorsque le nombre de routes franchissant une cellule est important et même bien plus complexe dans une zone urbaine avec un grand nombre de rues. La référence [1] montre que lorsque le nombre de routes ou de rues traversant une cellule est de l'ordre de 10 ou plus, une bonne approximation consiste à supposer que les mobiles suivent une direction aléatoire uniformément répartie avec la même vitesse moyenne dans toutes les directions. Si v est la vitesse moyenne de chaque utilisateur en cours d'appel, on a:

$$v_n = \frac{v}{\pi} \quad (\text{II-3})$$

et la formule (II-1) devient alors:

$$h = \int_L \frac{\sigma v}{\pi} d l \quad (\text{II-4})$$

Si les valeurs de σ et de v peuvent être considérées comme étant constantes le long du contour, le taux de franchissement sortant est:

$$h = \frac{\sigma v}{\pi} p \quad (\text{II-5})$$

dans laquelle p est le périmètre de la cellule.

Si on peut considérer que σ est constant dans tous les points internes de la cellule:

$$h = a \frac{vP}{\pi S} \quad (\text{II-6})$$

où a est la demande de trafic (au départ + à l'arrivée) dans la cellule et S la surface de ladite cellule.

La formule (II-5) et même la formule (II-6) peuvent être utilisées dans la plupart des cas seulement comme première approximation étant donné que les hypothèses sur lesquelles elles sont fondées sont en général non satisfaites. Ainsi, une façon plus appropriée d'évaluer (II-4) consiste à utiliser une grille de recouvrement sur la cellule tel qu'expliqué dans l'Appendice I. La Figure II.2 montre une grille de recouvrement de $100 \times 100 \text{ m}^2$ sur une cellule. La limite de la cellule passe par quatorze cases de la grille.

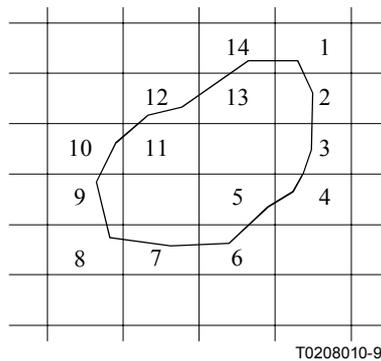


Figure II.2/E.760 – Utilisation d'une grille pour estimer le taux de transfert

Pour chaque case i de la grille, la demande trafic a_i , la vitesse moyenne v_i et la longueur p_i de la limite de cellule se trouvant dans la case considérée peuvent être estimées et alors la formule (II-4) devient:

$$h = \frac{1}{\pi \cdot s} \sum_i a_i v_i p_i \quad (\text{II-7})$$

où s est la surface d'une case ($10\,000 \text{ m}^2$ dans le cas considéré).

Pour estimer le produit $a_i v_i$ dans chaque case, il peut être utile de distinguer trois types d'utilisateur ayant des caractéristiques de mobilité très différentes:

- utilisateurs à l'intérieur des bâtiments, caractérisés par une demande de trafic a_{di} et une vitesse moyenne v_{di} ;
- utilisateurs piétons à l'extérieur, caractérisés par une demande de trafic a_{pi} et une vitesse moyenne v_{pi} ⁵;
- utilisateurs à bord de véhicules, caractérisés par une demande de trafic a_{ci} et une vitesse moyenne v_{ci} .

⁵ Les utilisateurs se trouvant dans de grandes surfaces intérieures (comme par exemple, dans les centres commerciaux importants) peuvent avoir un comportement de mobilité plus voisin des utilisateurs piétons extérieurs que des utilisateurs se trouvant dans des petits sites intérieurs. Dans ce cas, ils doivent être caractérisés par une vitesse v_{pi} et non pas v_{di} et par une demande de trafic a_{pi} et non pas a_{di} .

La formule (II-7) peut alors s'écrire:

$$h = \frac{1}{\pi \cdot s} \sum_i (a_{di} v_{di} a_{pi} v_{pi} + a_{ci} v_{ci}) p_i \quad (\text{II-8})$$

a_{di} , a_{pi} et a_{ci} peuvent être estimés par une procédure analogue à celle présentée dans l'Appendice I: pour estimer la demande de trafic du groupe d'utilisateurs dans la zone totale et la répartir parmi les cases en assignant un facteur de pondération à chaque case. Pour évaluer cette moyenne a_{di} , a_{pi} ou a_{ci} , on peut estimer la fraction des utilisateurs en mouvement pendant un appel et la multiplier par une estimation de leur vitesse moyenne.

Pour évaluer p_i , on a considéré que les limites de cellule à l'intérieur d'un bâtiment étaient en général plus irrégulières que dans les espaces ouverts, ce qui se traduit par des valeurs plus élevées de p_i . De plus, dans le cas de bâtiments élevés, les étages élevés sont plus sensibles aux effets de visibilité directe entre les antennes de la station de base et les ouvertures dans les murs (fenêtres, portes extérieures, etc.) qui peuvent modifier la relation entre les dispositifs d'émission/de réception et la station la meilleure valable pour les étages inférieurs. Ces effets se traduisent en général par des séquences de cellules plus petites et entrelacées et finalement par des valeurs de p_i plus élevées. La quantification de la relation de dépendance qui existe entre p_i et ces aspects appelle un complément d'étude.

Dans certaines zones, une approche combinée de celles représentées par les formules (II-2) et (II-8) peut s'avérer plus appropriée. Par exemple, dans une ville traversée par quelques autoroutes comme c'est le cas dans la Figure II.3 a), ou une cellule dont la limite se trouve en partie à l'intérieur d'une ville et en partie en dehors [Figure II.3 b)].

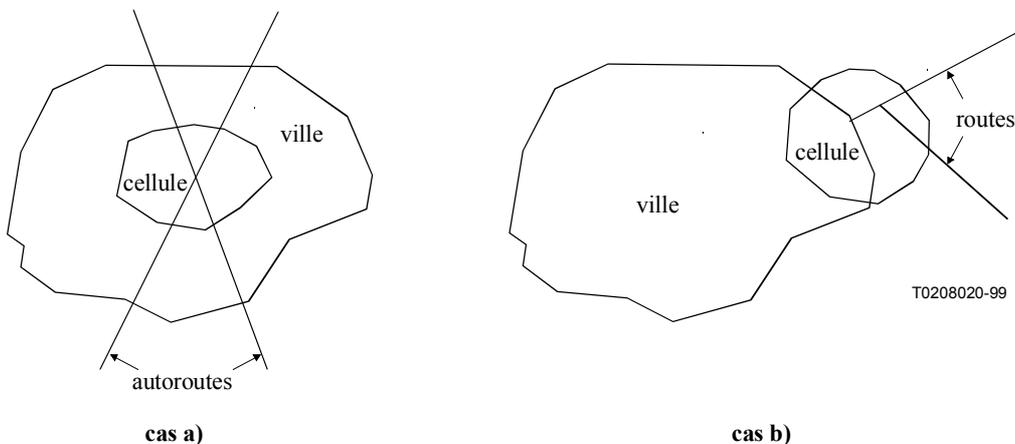


Figure II.3/E.760 – Exemples dans lesquels il est préférable d'utiliser une approche mixte pour évaluer le taux de transfert

Dans ces cas, une fraction élevée des transferts peut provenir de véhicules se trouvant sur les quelques routes ou autoroutes mais le nombre de transferts produits par les autres utilisateurs (piétons ou véhicules dans des rues ou utilisateurs à l'intérieur) peut également être important. Il vaut peut-être mieux estimer le taux de transfert produit par des utilisateurs dans des véhicules sur les routes au moyen de la formule (II-2) et le taux de transfert produit par les autres utilisateurs au moyen de la formule (II-8). Dans cette formule a_{ci} ne doit pas inclure le trafic produit par des utilisateurs se trouvant dans des véhicules sur les routes.

APPENDICE III

Exemple de méthode de modélisation de l'enregistrement de position et du taux d'actualisation de position dans des systèmes cellulaires mobiles terrestres

Un enregistrement de position est effectué lorsque l'utilisateur active son portable et une mise à jour de position est effectuée lorsqu'un portable activé franchit la frontière d'une zone de localisation.

Le taux total d'enregistrements de position dans une zone géographique ne dépend pas de la configuration de la zone de localisation alors que le taux d'actualisation de position en dépend. Pour estimer le taux d'enregistrement de position, un exploitant doit tout d'abord estimer le nombre d'utilisateurs dans la zone et le multiplier par le taux d'enregistrements de position par utilisateur, lequel peut être évalué à partir de l'expérience acquise dans des zones géographiques caractéristiques analogues. Si l'exploitant souhaite répartir le taux total d'enregistrements de position en taux d'enregistrements de position pour chaque cellule, il est possible de suivre la même procédure exposée dans l'Appendice I pour la répartition de la demande de trafic pour chaque cellule.

Pour estimer le taux d'actualisation de position dans une zone de positionnement, on peut utiliser la même méthodologie proposée à l'Appendice II pour estimer le taux de transfert. Les formules de l'Appendice II s'appliquent à ce cas en remplaçant seulement:

- la cellule par la zone de localisation;
- la demande de trafic par le nombre d'utilisateurs dont les portables sont activés.

Cette méthodologie peut être valable pour la mise en place initiale du réseau. Une fois que le réseau a été mis en place, les statistiques peuvent être prises sur le taux de transfert entre chaque paire de cellules adjacentes. En supposant que le taux d'actualisation de position est proportionnel au taux de transfert entre chaque paire de cellules adjacentes, il est possible d'évaluer le taux d'actualisation de position pour chaque autre configuration de zone de localisation. On peut alors choisir la configuration de la zone de localisation qui minimise le taux total d'actualisation de position.

Bibliographie

- [1] MORALES-ANDRÉS (G.), VILLÉN-ALTAMIRANO (M.): An Approach to Modelling Subscriber Mobility in Cellular Radio Networks, *Forum TELECOM-87*, Genève 1987.

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