

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1636
(06/2003)

**Modèles de référence de base et paramètres
de qualité de fonctionnement de
la transmission sur réseau en protocole
Internet à commutation par paquets
dans le service mobile par satellite**

Série M

**Services mobile, de radiorepérage et d'amateur
y compris les services par satellite associés**



Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	Vocabulaire et sujets associés

Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2010

© UIT 2010

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R M.1636

Modèles de référence de base et paramètres de qualité de fonctionnement de la transmission sur réseau en protocole Internet à commutation par paquets dans le service mobile par satellite

(Questions UIT-R 85/8, UIT-R 87/8, UIT-R 112/8 et UIT-R 233/8)

(2003)

Résumé

Cette Recommandation définit les modèles de référence de base et les paramètres de qualité de fonctionnement de la transmission sur réseau en protocole Internet (IP) à commutation par paquets dans le service mobile par satellite (SMS). Ces modèles et paramètres ainsi définis sont destinés à servir de base technique à partir de laquelle les objectifs de qualité de fonctionnement et de disponibilité seront fixés, compte tenu des caractéristiques techniques et opérationnelles de la transmission sur réseau à commutation par paquets dans le SMS.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la transmission en protocole Internet (IP) par paquets est devenue l'un des principaux services offerts par les réseaux de communication modernes y compris les systèmes mobiles à satellites;
- b) que les circuits fictifs de référence, les caractéristiques techniques, les objectifs de qualité de fonctionnement et les exigences en matière de disponibilité ont été définis pour les SMS conventionnels dans un certain nombre de Recommandations existantes;
- c) que les caractéristiques techniques et la qualité de fonctionnement doivent être définies sur la base des couches paquet IP, outre la qualité de fonctionnement de base de la transmission numérique sur des liaisons support du SMS;
- d) qu'il est nécessaire de définir des modèles de référence, des caractéristiques techniques, des paramètres de qualité de fonctionnement destinés à servir de base technique pour le développement de la transmission IP par paquets dans le SMS;
- e) que les études relatives à la qualité de fonctionnement et à la disponibilité de la transmission IP par paquets sont en cours dans d'autres instances de l'UIT-T et de l'UIT-R;
- f) que les propriétés spécifiques du SMS doivent être prises en considération lors de l'étude des objectifs de qualité de fonctionnement et des exigences en matière de disponibilité dans le cadre de la transmission sur réseau à commutation par paquets IP;
- g) que les études fondées sur un modèle de référence de base de la transmission de données par paquets IP sont utiles mais qu'il est toutefois nécessaire de disposer de modèles de référence évolués pour pouvoir étudier la transmission de données par paquets IP plus évoluée dans le SMS,

recommande

- 1** d'appliquer l'ensemble minimal de modèles de référence de base présentés dans l'Annexe 1 à la transmission par paquets IP dans le SMS;
- 2** d'utiliser les caractéristiques techniques définies dans l'Annexe 2 pour les études et les définitions relatives aux paramètres de qualité de fonctionnement et à la disponibilité pour les applications de la transmission par paquets IP dans le SMS définies dans l'Annexe 1;

3 d'utiliser les paramètres et définitions de la qualité de fonctionnement définis dans l'Annexe 3 pour la transmission par paquets IP dans le SMS définis dans l'Annexe 1.

Annexe 1

Modèles de référence de base pour la transmission par paquets IP dans le SMS

1 Introduction

Les systèmes du SMS offrent une couverture mondiale. Récemment, des services de transmission par paquets IP ont été introduits dans certains de ces systèmes. Toutefois, les réseaux de transmission par paquets IP ne sont pas formellement structurés. Une connexion fictive de référence n'a pas encore été bien définie pour ce type de transmission. Il est donc important de définir l'utilisation des liaisons du SMS pour les services de transmission par paquets IP et de spécifier un modèle de référence à partir duquel les caractéristiques et la qualité de fonctionnement pourront être étudiées.

2 Modèle de référence de base de la transmission par paquets IP dans le SMS

Les liaisons du SMS ne seront pas utilisées comme liaisons d'infrastructure à haute vitesse dans des réseaux noyau IP. Elles sont considérées comme faisant partie de la portion accès vers un routeur d'extrémité dans le réseau IP mondial. Deux applications des liaisons SMS sont envisagées. La première est une connexion d'accès d'un terminal d'utilisateur vers un routeur (R) telle que représentée à la Fig. 1. La seconde est une connexion de capacité plus grande entre un réseau local (LAN, *local area network*) mobile et un routeur d'extrémité telle qu'illustrée à la Fig. 2.

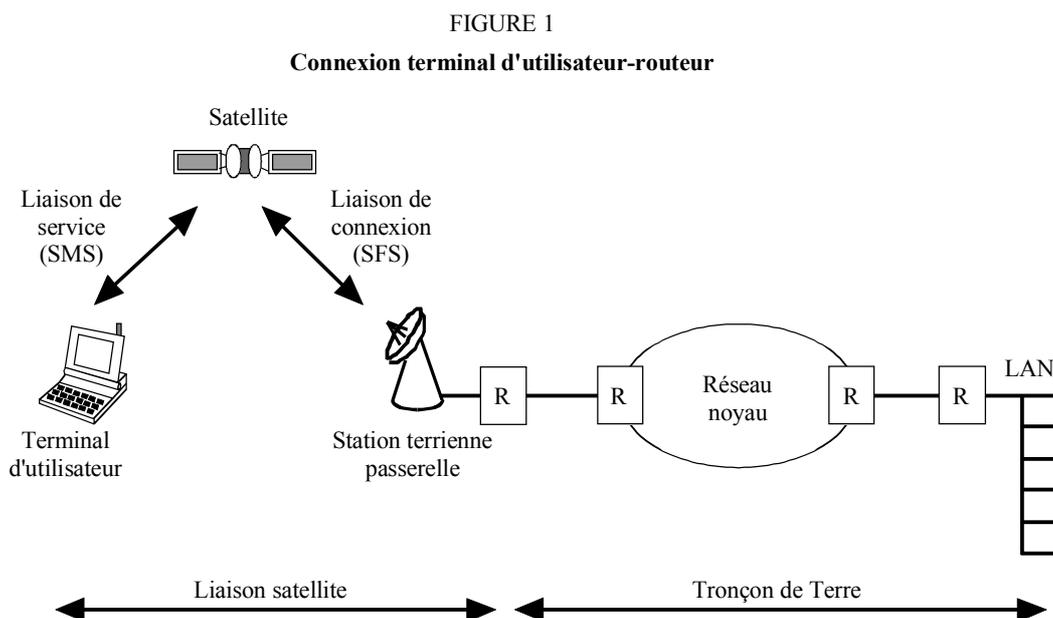
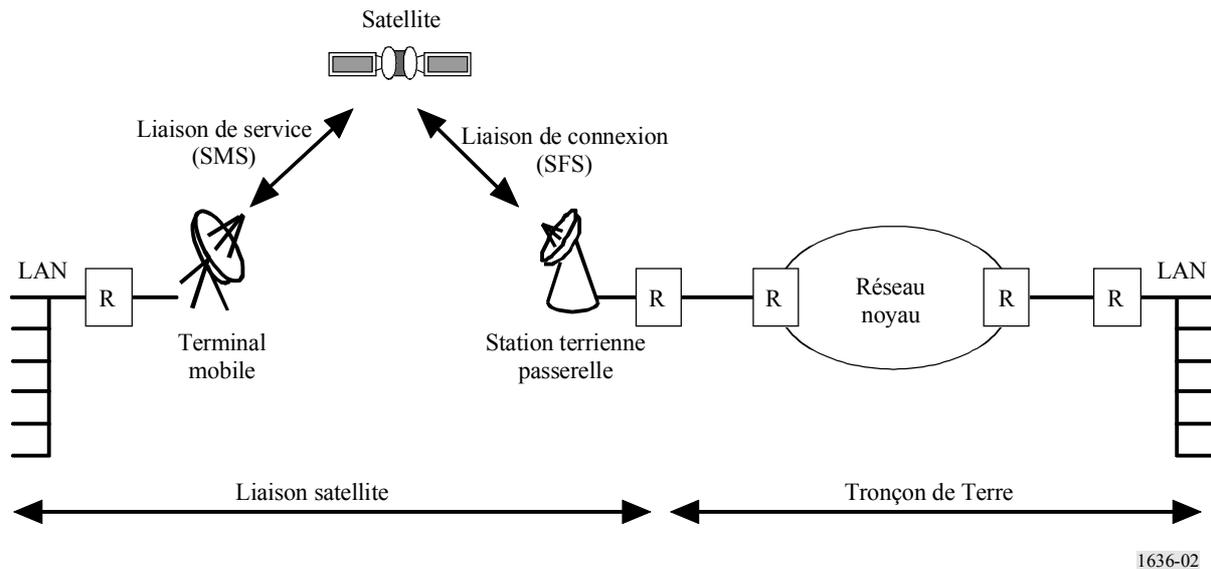


FIGURE 2
Connexion réseau LAN-routeur



1636-02

2.1 Modèles de référence

La classification des topologies du SMS est représentée dans le Tableau 1 et le routage correspondant est représenté à la Fig. 3. Cette Recommandation englobe les modèles de référence signalés par un «Oui» dans le Tableau 1.

Les systèmes à satellites OSG et non OSG sont inclus. Les systèmes non OSG englobent les satellites sur orbite terrestre basse (LEO, *low Earth orbit*) et sur orbite moyenne (MEO, *medium earth orbit*) à l'exclusion des satellites sur orbite fortement elliptique (HEO, *highly elliptical orbit*). On suppose qu'il s'agit de systèmes du type «tuyau coudé» car le traitement à bord ajoute un délai de traitement supplémentaire et les liaisons inter-satellites (LIS) nécessitent un délai de propagation additionnel.

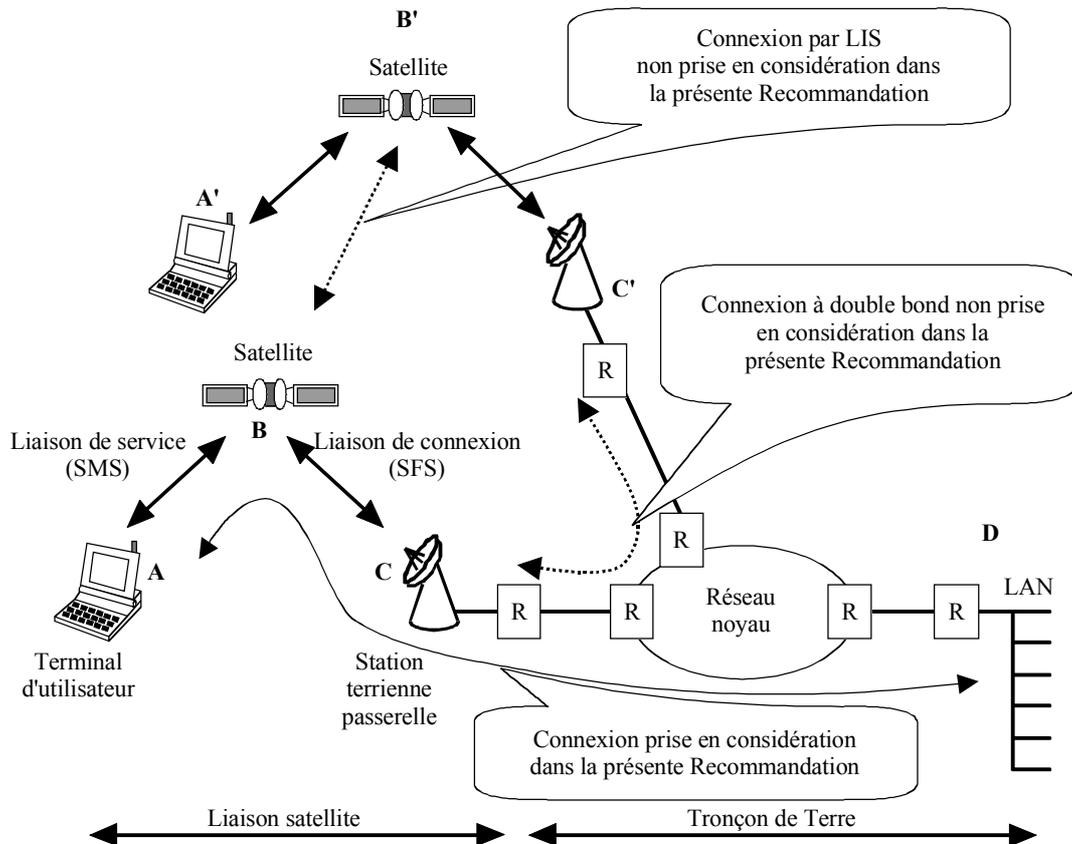
TABLEAU 1

Classification des configurations de systèmes du SMS

Caractéristiques	Trajet	OSG	HEO	MEO	LEO
Bond unique	A-B-C-D	Oui	Non	Oui	Oui
Double bond – sans LIS	A-B-C-B-A' ou A-B-C-C'-B'-A'	Non	Non	Non	Non
Double bond – via LIS	A-B-B'-A'	Non	Non	Non	Non

FIGURE 3

Routage des paquets visé par la présente Recommandation



1636-03

Ces modèles illustrent les définitions de la partie SMS et des points d'interface du réseau complet à commutation par paquets IP. Il convient de noter que la partie satellite se compose d'une liaison de service du SMS et d'une liaison de connexion classée comme relevant du SFS. Toute la discussion contenue dans la présente Recommandation sera fondée sur ces modèles pour l'étude des caractéristiques techniques et la qualité de fonctionnement des services en mode paquets IP dans le SMS.

2.2 Utilisation de connexions physiques pour réaliser des connexions logiques

Le SMS étant par nature un système à accès multiple pour les utilisateurs, il peut exister de nombreux cas dans lesquels un circuit support satellite est utilisé pour réaliser des connexions IP d'utilisateur. Le cas le plus simple correspond à une utilisation particulière d'un circuit support à satellite pour réaliser une seule connexion IP pour un utilisateur (Fig. 4a). Dans ce cas le circuit support satellite est supposé présenter une capacité de transmission fixe. Il existe un autre cas où plusieurs utilisateurs se partagent la capacité d'un même circuit support satellite. Dans ce dernier cas, une partie de la capacité fixe dans le circuit support satellite est assignée à chacun des utilisateurs (Fig. 4b). Du point de vue de chaque utilisateur, il est théoriquement possible dans le cas de la Fig. 4c de modifier la capacité assignée de manière dynamique pendant que plusieurs utilisateurs se partagent cette capacité et ceci sur la base du concept du «service assuré au mieux». L'attribution dynamique de capacité est traitée dans la présente Recommandation. Dans ce contexte, on entend par «utilisateur» un terminal mobile d'utilisateur relié par une liaison par satellite. Une sortie LAN qui est connectée à la liaison par satellite est donc un utilisateur même si le réseau LAN prend en charge plusieurs utilisateurs de service IP.

FIGURE 4a

Liaison par satellite dans le cas d'une seule connexion d'utilisateur

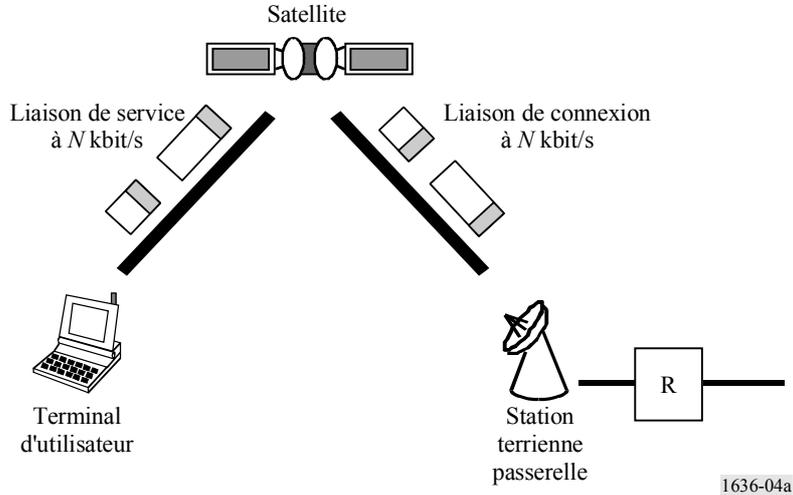


FIGURE 4b

Liaison par satellite scindée en plusieurs connexions d'utilisateur avec attribution de capacité fixe

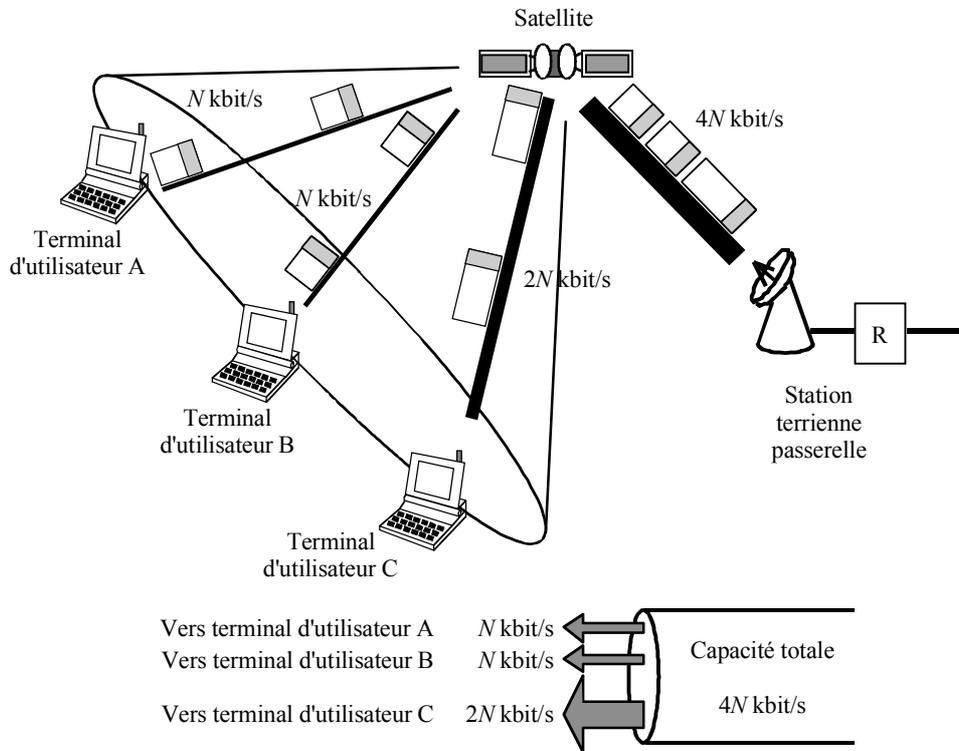
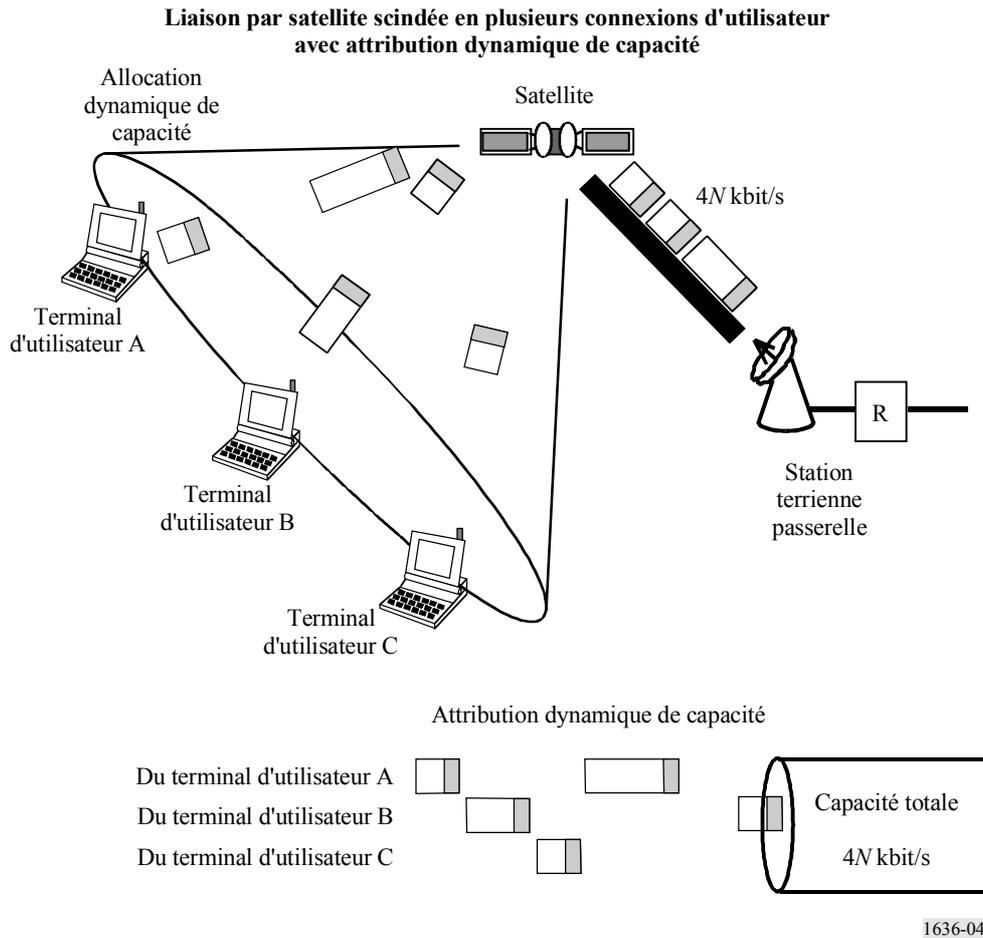


FIGURE 4c



Annexe 2

Caractéristiques techniques nécessaires à la prise en charge des couches inférieures de transmission par paquets IP dans le SMS

1 Caractéristiques techniques et paramètres de transmission

Etant donné que le service de transmission par paquets IP est assuré sur une liaison numérique du SMS, il est naturel de décrire les caractéristiques techniques en mettant l'accent sur les paramètres de transmission. Les paramètres ci-après sont les éléments de base qui permettent de caractériser une liaison numérique du SMS de ce type dans laquelle est assuré un service de transmission par paquets IP. Pour ces paramètres, on a utilisé leurs définitions conventionnelles.

- a) *Caractéristiques de transmission du support*
 - Type de transmission
 - Débit de transmission (bit/s)
 - Schéma de correction d'erreur directe (CED)
 - Seuil de TEB
 - Pourcentage de temps pendant lequel le seuil de TEB n'est pas dépassé.

b) *Caractéristiques de transmission par paquets pour la couche 2*

- Description générale du protocole de couche 2
- Structure de trame de la liaison par satellite du SMS et adaptation paquet-trame
- Longueur des paquets
- Structure de l'en-tête des paquets
- Contrôle d'erreur et capacité de retransmission de couche 2
- Eventuel schéma de limitation des collisions de paquets
- Conversion de la pile protocolaire pour la liaison par satellite du SMS.

c) *Caractéristiques temporelles*

- Temps de propagation (ms)

Dans le cas de systèmes à satellites OSG, le temps de propagation dépend de la position relative du mobile par rapport à la position orbitale du satellite, et on considère qu'il est constant pour chaque mobile stationnaire si l'on néglige une légère fluctuation. Par ailleurs, dans le cas de systèmes à satellites en orbite circulaire intermédiaire MEO, le temps de propagation le plus faible au niveau du point subsatellite est de 69 ms et le temps de propagation le plus élevé en bordure de la zone couverte par le satellite est de 103 ms. Le temps de propagation sera inférieur dans le cas de systèmes à satellites LEO.

- Saut de temps de propagation lors du transfert de satellite (ms)

Une modification brusque du temps de propagation peut être observée lorsqu'il y a transfert d'un satellite à un autre dans le cas de constellations à satellite non OSG ou OSG. La probabilité de transfert entre satellites est différente pour les systèmes à satellites non OSG et les systèmes à satellites OSG. Dans le cas de systèmes OSG, ce transfert peut uniquement se produire pour des terminaux mobiles en déplacement, dû au repositionnement ou au phénomène d'occultation dû à l'infrastructure.

Dans le cas de systèmes à satellites en orbite circulaire intermédiaire MEO, la valeur du saut de temps de propagation sera maximale dans une configuration de transfert où un satellite est situé à un angle d'élévation faible pour lequel le temps de propagation est maximal (103 ms) vers un autre satellite pour lequel le temps de propagation est minimal (69 ms). Le saut de temps de propagation le plus important sera donc de 34 ms dans ce cas.

Annexe 3

Paramètres de qualité de fonctionnement et définition de ces paramètres dans le cas de la transmission par paquets IP dans le SMS

1 Introduction

Les paramètres de qualité de fonctionnement propres aux paquets IP revêtent un caractère essentiel dans le cas d'un service de transmission par paquets IP dans le SMS. Les définitions contenues dans les Recommandations UIT-T Y.1540 et UIT-T Y.1541 devraient servir de base à la présente analyse. Parallèlement, les aspects propres au SMS doivent être pris en considération. Ce serait une erreur, dans le cas d'applications du SMS, de porter une trop grande attention aux paramètres dans leurs détails. Les propriétés spécifiques des systèmes du SMS OSG et non OSG doivent être correctement reflétées dans la définition des paramètres généraux. Il est également important de choisir les paramètres adaptés à l'attribution d'objectifs de qualité de fonctionnement aux différentes sections d'une connexion IP dans une liaison du SMS.

2 Définition des paramètres de qualité de fonctionnement

2.1 Paramètres associés aux paquets IP

Les paramètres suivants sont considérés comme étant essentiels. Chaque paramètre est défini et interprété dans le contexte du SMS. Ils suffisent à caractériser le transfert de paquets IP sur une liaison du SMS. D'autres paramètres, tel le débit erratique de transfert des paquets, sont considérés comme étant trop détaillés pour être appliqués aux liaisons du SMS.

2.1.1 Temps de transfert des paquets IP (IPTD, *IP packet transfer delay*)

Le temps IPTD est le temps de transmission total associé à une connexion IP de bout en bout. Ce temps peut être également défini pour une section d'une connexion de bout en bout. Le temps IPTD pour une connexion de bout en bout doit être attribué correctement à toutes les sections formant la connexion de bout en bout.

Etant donné que le temps de transmission est considéré par certains ingénieurs comme étant trop important sur une liaison à satellite, il est essentiel d'identifier la valeur admissible de l'IPTD pour la section liaison mobile par satellite comprenant à la fois une liaison de connexion et une liaison de service. Les systèmes de transmission par paquets IP sont classés en systèmes sensibles au temps de propagation et en systèmes sensibles aux erreurs. Dans le cahier des charges du système, il est indiqué quel système utiliser en fonction de l'importance accordée au temps de propagation ou aux erreurs. Le temps IPTD pour une liaison du SMS, $IPTD_{sat}$, peut être déterminé séparément pour chaque système.

Il convient de noter que le temps $IPTD_{sat}$ est pris en considération après l'établissement d'une liaison par satellite et que ce temps, associé à une transmission à accès aléatoire dans le cas d'une attribution dynamique de capacité, peut être inclus dans le temps de traitement du signal pour la mise en trame et l'adaptation pour la liaison du SMS, désignée par $T_{processing}$ ci-dessous.

a) *IPTD pour les systèmes sensibles au temps de propagation*

Pour les systèmes sensibles au temps de propagation, qui ne disposent pas de capacité de retransmission au niveau de la couche 2, le délai $IPTD_{sat}$ est défini comme suit:

$$IPTD_{sat} = T_{propagation} + T_{processing} + T_{buffer}$$

où:

$T_{propagation}$: temps de propagation d'une liaison du SMS

$T_{processing}$: temps de traitement du signal nécessaire à la mise en trame et à l'adaptation pour la liaison du SMS

T_{buffer} : délai de mise en tampon au niveau d'un routeur ou d'une interface pour connecter la liaison du SMS à une tronçon de Terre.

b) *IPTD pour les systèmes sensibles aux erreurs*

Pour les systèmes sensibles aux erreurs, qui disposent d'une capacité de retransmission au niveau de la couche 2, le temps $IPTD_{sat}$ varie avec le nombre de retransmissions nécessaires. Si l'on veut définir le temps $IPTD_{sat}$ pour les systèmes sensibles aux erreurs, celui-ci est donné par la relation:

$$IPTD_{sat} = \sum_{n=1}^{N+1} \{ T_{n, propagation} + T_{n, processing} \} + T_{buffer}$$

où:

N : nombre de retransmissions

$T_{n, propagation}$: $T_{propagation}$ pour la $n^{\text{ième}}$ transmission

$T_{n, processing}$: $T_{processing}$ pour la $n^{\text{ième}}$ transmission.

Il convient de noter que la valeur importante du temps $IPTD_{sat}$ après plusieurs essais de retransmission au niveau de la couche 2, dans une liaison de satellite, peut n'avoir aucune signification, car le schéma de retransmission au niveau de la couche 4 ou des couches supérieures peut éliminer le paquet IP différé lorsque le délai de temporisation a expiré. En outre, il peut être nécessaire de disposer d'un terme probabiliste à prendre en considération dans l'expression pour pouvoir tenir compte d'un mécanisme de retransmission. Ces sujets appellent un complément d'étude de manière à obtenir une définition plus appropriée du temps $IPTD_{sat}$ pour les systèmes sensibles aux erreurs.

2.1.2 Variation du temps de transmission des paquets IP (IPDV, *IP packet delay variation*)

Le temps IPTV varie en fonction de plusieurs facteurs qui incluent l'encombrement dans la partie du réseau considéré dans la présente Recommandation ainsi que la mise en trame et la commande de retransmission au niveau de la couche 2. La variation IPDV peut être définie de nombreuses façons comme cela est indiqué dans les Recommandations relatives au mode de transfert asynchrone, mais pour les besoins de la présente Recommandation on supposera qu'il s'agit de la différence entre le temps IPTD le plus important et le temps IPTD le plus faible comme suit:

Pour les systèmes sensibles au temps de propagation, qui ne disposent pas de capacité de retransmission au niveau de la couche 2:

$$IPDV = IPTD_{max} - IPTD_{min}$$

où:

$IPTD_{max}$: temps IPTD le plus grand

$IPTD_{min}$: temps IPTD le plus faible.

Pour les systèmes sensibles aux erreurs, qui disposent d'une capacité de retransmission au niveau de la couche 2, la méthode statistique décrite dans l'Appendice 2 de la Recommandation UIT-T Y.1541 est appliquée, dans laquelle:

$IPTD_{max}$: temps IPTD le plus grand pendant un intervalle de mesure

$IPTD_{min}$: temps IPTD le plus faible pendant un intervalle de mesure.

Plusieurs valeurs de la variation IPDV sont mesurées sur un intervalle de temps important, constitué de plusieurs courts intervalles de mesure. La valeur de $X\%$ de ces variations IPDV doit être conforme à l'objectif défini. La valeur de X est à déterminer.

Il convient de noter que des fluctuations du temps de propagation affectent également la variation IPDV. Dans le cas de systèmes à satellites non OSG, la variation du temps de propagation due au mouvement des satellites doit être prise en considération. En outre, il peut se produire une modification brusque du temps de propagation résultant du transfert d'un satellite à l'autre dans une constellation.

2.1.3 Taux de perte des paquets IP (IPLR, *IP packet loss ratio*)

Le taux IPLR est le rapport entre le nombre de paquets IP perdus et le nombre total de paquets IP émis. Dans les liaisons du SMS, une interruption brève due à un phénomène d'écran ou d'occultation peut conduire à une perte de paquets IP.

2.1.4 Taux d'erreur sur les paquets IP (IPER, *IP packet error ratio*)

Le taux IPER est le rapport nombre de paquets IP erronés/nombre total de paquets IP avec et sans erreurs. Cette définition générale est applicable à une liaison du SMS sans considération particulière de la propriété des systèmes du SMS.

2.2 Disponibilité

La disponibilité du service peut être définie à deux niveaux. Il faut tout d'abord définir la disponibilité de liaison du SMS et ceci en s'inspirant de la Recommandation UIT-R M.828¹.

Il est également nécessaire de définir la disponibilité au niveau IP. Conformément à la Recommandation UIT-T Y.1540, une liaison de transmission de paquets IP est déclarée comme étant indisponible si le taux de perte de paquets IP est supérieur à un seuil donné. Il convient en général d'appliquer le même seuil que celui spécifié dans la Recommandation précitée. Une valeur seuil de 75% pour le taux IPLR est provisoirement prise pour hypothèse pour une durée de 5 min ou plus.

3 Considération relative aux objectifs de qualité de fonctionnement

Pour analyser les paramètres et les objectifs de qualité de fonctionnement, il est nécessaire de tenir compte des propriétés des liaisons du SMS et de la capacité à les mesurer dans des environnements opérationnels réels. Il convient d'accorder une attention toute particulière à l'homogénéité avec les dispositions conventionnelles décrites dans les Recommandations UIT-R existantes de la série M.

3.1 Temps de propagation des paquets IP et variation du temps de propagation dans un environnement du SMS

Il convient d'étudier le temps, $T_{propagation}$, d'une liaison du SMS compte tenu de sa valeur élevée.

La configuration la plus défavorable correspond à une liaison OSG présentant un angle d'élévation faible avec l'horizon. Dans le cas de systèmes LEO et MEO, la situation peut être meilleure s'il y a un grand nombre de satellites assurant une bonne couverture de la surface de la Terre.

Le temps $T_{propagation}$ dépend de l'emplacement de la station mobile par rapport à la position orbitale du satellite et peut être considéré comme constant dans le cas d'un système OSG pour chaque station mobile stationnaire. Par ailleurs, la variation du temps, $T_{propagation}$, devient importante pour les systèmes à satellites non OSG. Par exemple, dans le cas de systèmes MEO à satellites en orbite circulaire intermédiaire, le temps, $T_{propagation}$, le plus faible au point subsatellite est de 69 ms et le temps le plus élevé en bordure de la couverture du satellite est de 103 ms. La variation de $T_{propagation}$ atteint donc 34 ms. La variation de $T_{propagation}$ sera inférieure dans le cas de systèmes à satellites LEO. Des valeurs types des temps de propagation dans chaque environnement du SMS sont données dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Valeurs types des caractéristiques de temps de propagation pour chaque environnement du SMS

	OSG	MEO	LEO
Temps de propagation maximal (ms)	280	80-120	20-60
Transfert de satellite pendant une communication	Improbable	Toutes les 2 h	Toutes les 10 min
IPDV en cas de transfert (ms)	Néant	< 34	< 4

¹ La Recommandation UIT-R M.828 définit la disponibilité sur un intervalle de 10 s. Une autre Recommandation (UIT-R M.1476) recommande à titre provisoire que, pour la partie SMS du réseau numérique à intégration de services (RNIS), l'indisponibilité d'une liaison radioélectrique combinée du SMS ne soit pas supérieure à 0,1% du temps.

3.2 Taux IPLR et taux IPER²

Le taux IPLR et le taux IPER sont définis dans la Recommandation UIT-T Y.1541 comme étant respectivement égaux à 1×10^{-3} et 1×10^{-4} pour des distances qui ne sont pas définies. Il serait nécessaire de tenir compte de la qualité de fonctionnement en transmission numérique qui est définie pour le SMS dans l'actuelle série M des Recommandations UIT-R³.

Pour information, on considère qu'il y aurait une relation de compromis entre la diminution du temps de transfert et la réduction des erreurs sur les paquets pour un système conçu comme suit:

a) *Taux IPLR et IPER pour les systèmes sensibles au temps de transmission*

Pour ce type de systèmes, qui ne disposent pas de capacité de retransmission au niveau de la couche 2 qui augmente le temps de transfert, les taux IPLR et IPER sont déterminés par la qualité de fonctionnement du canal satellite. On considère que les statistiques d'occultation de la liaison et d'évanouissement pourraient chacune causer d'importantes erreurs sur les paquets, en fonction du débit du canal, des tailles des blocs de CED et des marges pour les liaisons du système.

b) *Taux IPLR et IPER pour les systèmes sensibles aux erreurs*

Ces systèmes peuvent présenter d'importants temps de transfert dus à la retransmission au niveau de la couche 2. Toutefois, les erreurs sur les paquets peuvent être réduites pour une connexion de bout en bout sur le canal satellite. On considère que le taux IPER est déterminé seulement par l'efficacité des algorithmes de détection des erreurs associés avec une redondance des mécanismes de codage de paquet. Le taux IPLR sera en général dominé par l'élimination due au dépassement des tampons pendant les périodes d'encombrement. Aucun de ces effets n'est particulièrement intensément lié au canal satellite.

² On note dans la Recommandation UIT-T Y.1540 que les objectifs de qualité de fonctionnement tel l'IPLR seront étudiés pendant la période où la liaison considérée est en état de disponibilité.

³ Par exemple, dans la Recommandation UIT-R M.1181, on recommande, pour les liaisons numériques du SMS d'un débit maximal de 16 kbit/s, un TEB meilleur à 1×10^{-5} après correction d'erreur pendant un temps non inférieur à 95% du temps de disponibilité. Une autre Recommandation (UIT-R M.1476) spécifie un objectif de qualité de fonctionnement supérieur pour le SMS faisant partie du RNIS, de sorte que le TEB doit être meilleur que 9×10^{-7} après correction d'erreur pendant plus de 99% du temps de disponibilité. Les systèmes du SMS évolués et récents peuvent obtenir une qualité de fonctionnement meilleure même pour des débits de transmission plus grands.

