

## RECOMMANDATION UIT-R F.751-2

**CARACTÉRISTIQUES DE TRANSMISSION ET SPÉCIFICATIONS EN MATIÈRE  
DE QUALITÉ DE FONCTIONNEMENT DES FAISCEAUX HERTZIENS POUR  
RÉSEAUX UTILISANT LA HIÉRARCHIE NUMÉRIQUE SYNCHRONE**

(Question UIT-R 160/9)

(1992-1994-1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que les Recommandations UIT-T G.707, UIT-T G.708 et UIT-T G.709 spécifient les débits binaires, la structure de multiplexage et le détail des organisations de trame pour le transport en hiérarchie numérique synchrone (SDH);
- b) que les Recommandations UIT-T G.781, UIT-T G.782 et UIT-T G.783 spécifient les caractéristiques et fonctions générales des équipements de multiplexage synchrone, la Recommandation UIT-T G.784 spécifiant la gestion de l'équipement et des réseaux en SDH;
- c) que les Recommandations UIT-T G.703 et UIT-T G.957 spécifient les paramètres physiques des interfaces électriques et optiques de l'équipement SDH;
- d) que la Recommandation UIT-R F.750 spécifie les architectures et caractéristiques fonctionnelles des faisceaux hertziens numériques (DRRS) en SDH;
- e) que les faisceaux hertziens devront sans doute avoir des caractéristiques de transmission particulières pour transporter en SDH des débits binaires conformes aux spécifications en matière de qualité et à une utilisation efficace du spectre;
- f) que, dans les systèmes actuels de disposition des canaux radioélectriques, il faut faire cohabiter des SDH-DRRS avec les systèmes hertziens existants,

*recommande*

- 1 que les SDH-DRRS soient conformes aux conditions décrites dans l'Annexe 1.

## ANNEXE 1

**1 Introduction****1.1 Domaine d'application**

La présente Annexe définit les caractéristiques de transport et spécifications en matière de qualité de fonctionnement pour les SDH-DRRS.

**2 Applications des faisceaux hertziens numériques en hiérarchie numérique synchrone (SDH-DRRS)****2.1 Interfaces avec les réseaux**

La connexion entre réseaux hertziens et réseaux SDH doit s'effectuer aux points normalisés d'interface. La connexion préférée consiste à faire coïncider les points TT' (mentionnés dans la Recommandation UIT-R F.596) avec les points de l'interface de nœud de réseau indiqués dans la Recommandation UIT-T G.708.

## 2.2 Capacité de transport

### 2.2.1 SDH-DRRS de grande capacité

Dans les réseaux principaux ou grande distance, les SDH-DRRS fonctionnent normalement aux débits de transmission des niveaux STM-1,  $n \times$  STM-1 ou STM- $n$ . Ils sont généralement déployés dans les bandes de fréquences inférieures (2-12 GHz).

Dans les réseaux d'accès ou à courte distance, les SDH-DRRS de grande capacité fonctionnent normalement au débit de transmission STM-1 ou à un de ses multiples ( $n \times$  STM-1). Ils sont généralement déployés dans les bandes de fréquences supérieures à 12 GHz.

### 2.2.2 SDH-DRRS de capacité moyenne

Dans certaines circonstances où les exigences en capacité de trafic sont inférieures à celles d'un signal STM-1 et où il est souhaitable d'employer au mieux la bande passante disponible dans le spectre radioélectrique, il peut être utile de faire appel à des faisceaux hertziens fonctionnant au débit de transmission STM-RR avec une unité VC-3 de capacité de charge utile (voir le § 6 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R F.750).

### 2.2.3 SDH-DRRS de petite capacité

Les SDH-DRRS dont la capacité de charge utile est inférieure au VC-3, par exemple  $n \times$  VC-12, sont à l'étude.

## 3 Disposition des canaux radioélectriques et compatibilité avec les systèmes existants

### 3.1 SDH-DRRS de grande capacité

Les SDH-DRRS doivent être compatibles avec les dispositions existantes des canaux radioélectriques (voir la Recommandation UIT-R F.746). Cette condition permettra aux administrations d'introduire de nouveaux faisceaux numériques synchrones sans interruption notable des réseaux hertziens employant des faisceaux analogiques et(ou) plésiochrones fonctionnant généralement à des débits inférieurs ou égaux à 140 Mbit/s. La transmission de signaux à 155 Mbit/s conformément à ces plans de partage exige une augmentation du rapport d'efficacité entre nombre d'éléments binaires et largeur du spectre radioélectrique (bits/Hz) au niveau de l'équipement de radiocommunication, ce qui peut avoir une répercussion importante sur le choix de la méthode de modulation et sur la conception des circuits de filtrage.

Le Tableau 1 donne des exemples de dispositions de canaux permettant la transmission au débit STM-1 de base et aux débits des multiples du niveau STM-1 à l'intérieur des plans de fréquences existants.

TABLEAU 1

Exemples de dispositions permettant la transmission au débit STM-1 de base et aux débits des multiples du niveau STM-1 à l'intérieur des plans de fréquences existants

Espacement des canaux (MHz)	Capacité	Exemples de méthode de modulation (1), (2)
20	1 $\times$ STM-1	MAQ-256, MAQ-512
28, 29, 29,65, 30	1 $\times$ STM-1	MAQ-64, MAQ-128, MAQ-256
28, 29, 29,65, 30	2 $\times$ STM-1	MAQ(CC)-128, MAQ(CC)-256
40	1 $\times$ STM-1	MAQ-32, MAQ-64
40	2 $\times$ STM-1	MAQ(CC)-32, MAQ(CC)-64, MAQ-512
55, 56, 60	1 $\times$ STM-1	MAQ-16, MAQ-32
55, 56, 60	2 $\times$ STM-1	MAQ(CC)-16, MAQ(CC)-32, MAQ(CC)-64, MAQ-256
80	2 $\times$ STM-1	MAQ-64
80	4 $\times$ STM-1, 1 $\times$ STM-4	MAQ(CC)-64
110, 112	1 $\times$ STM-1	MDP-4 (MAQ-4)
110, 112	2 $\times$ STM-1	MAQ-16, MAQ-32
110, 112	4 $\times$ STM-1, 1 $\times$ STM-4	MAQ(CC)-16, MAQ(CC)-32
220	4 $\times$ STM-1, 1 $\times$ STM-4	MAQ-16, MAQ-32

(1) L'abréviation MAQ englobe également la correction d'erreur directe ou les techniques de modulation à codage (telles que la modulation à codage en treillis).

(2) Dans ce Tableau, l'abréviation CC (co-channel) signifie «réutilisation de bande en fonctionnement dans le même canal».

### 3.2 SDH-DRRS de capacité moyenne

Le Tableau 2 donne des exemples de dispositions de canaux permettant la transmission au débit STM-RR à l'intérieur des plans de fréquences existants.

TABLEAU 2  
Exemples de dispositions permettant la transmission au débit STM-RR  
à l'intérieur des plans de fréquences existants

Espacement des canaux (MHz)	Capacité	Exemples de méthode de modulation <sup>(1)</sup>
10	1 × STM-RR	MAQ-64, MAQ-128
14	1 × STM-RR	MAQ-16, MAQ-32
20	2 × STM-RR	MAQ-64, MAQ-128
27,5, 28	1 × STM-RR	MAQ-4, MAQ-16
30	1 × STM-RR	QPR-9, MAQ-16
40	1 × STM-RR	MDP-4

<sup>(1)</sup> L'abréviation MAQ englobe également la correction d'erreur directe ou les techniques de modulation à codage (telles que la modulation à codage en treillis).

## 4 Fonctions spécifiques aux supports de transmission

Les faisceaux hertziens peuvent avoir besoin d'une certaine capacité de transmission entre les interfaces de nœud de réseau pour permettre la mise en œuvre d'une série de fonctions radioélectriques spécifiques (fonctions spécifiques aux supports de transmission).

Les fonctions suivantes ont déjà été relevées:

a) *Activation du commutateur de secours hertzien par avertissement anticipé*

Afin d'activer la fonction «commutation par avertissement anticipé» de l'équipement commutateur de secours hertzien lors d'événements de propagation défavorables, une méthode pratique peut être mise en œuvre sur la base de la détection rapide de l'activité relative aux erreurs (le cas échéant) sur chaque bond de la chaîne de connexion. Cette fonction est essentielle pour obtenir une exploitation à commutation «sans erreurs».

b) *Régulation automatique de la puissance émise (RAPE)*

La fonction RAPE peut être utile afin de réduire le brouillage nodal entre faisceaux hertziens. Elle peut par ailleurs servir à améliorer la linéarité ou à augmenter le nombre possible de niveaux de modulation de l'équipement de radiocommunication. Il est prévu de mettre en œuvre la RAPE au bond par bond.

c) *Information et commande de commutation de secours hertzien*

Il peut être nécessaire d'accéder à ce signal de commande dans les stations possédant la fonctionnalité de préfixe de section de multiplexage (MSOH) ou de préfixe de section de régénération (RSOH) selon la mise en œuvre physique de la commutation de secours hertzien (voir le § 3.4 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R F.750).

d) *Supervision de la propagation*

Ce signal de commande peut être nécessaire pour recueillir des données sur les conditions de propagation régnant sur l'itinéraire radioélectrique.

e) *Fonctions relatives au trafic auxiliaire, à la maintenance auxiliaire et à la supervision*

Dans de nombreuses applications, les faisceaux hertziens offrent un éventail de fonctions auxiliaires, comme les suivantes:

- trafic auxiliaire jusqu'à  $n \times 1,5$  Mbit/s ou  $n \times 2$  Mbit/s,
- détection et correction d'erreur directe,
- acquisition de données de propagation,

- voies auxiliaires de données à 64 kbit/s,
  - fonctions de maintenance auxiliaire, par exemple alarmes de station,
  - voies temporaires données/voix pour la maintenance.
- f) *Supervision de la qualité de fonctionnement de bout en bout pour connexions radioélectriques composées de multiples répéteurs régénérateurs SDH sans terminaison de section de multiplexage*

Dans cette application, il peut être utile d'envoyer au terminal radioélectrique distant des informations sur les blocs d'erreurs (évaluées à la parité B2 d'entrée) qui pénètrent dans le système radioélectrique de l'extérieur, en recourant à des octets spécialisés. De cette façon, la supervision de la qualité en termes d'erreurs de bout en bout du réseau de gestion des télécommunications sera assurée par le terminal distant sans traitement supplémentaire.

#### **4.1 Techniques de transport des fonctions spécifiques aux supports de transmission**

Plusieurs techniques sont à disposition pour assurer les fonctions décrites ci-dessus, le choix pouvant dépendre de la mise en œuvre. Deux exemples en sont donnés ci-après.

##### **4.1.1 Préfixe complémentaire de trame hertzienne (RFCOH)**

Les faisceaux hertziens exigent, dans certaines applications, un RFCOH pour assurer le transport des fonctions décrites ci-dessus. Ce RFCOH est ajouté au signal de transport de trame synchrone de niveau 1 (STM-1). Il est accessible au niveau des équipements, aussi bien de la station terminale que des stations de régénération.

##### **4.1.2 Préfixe de section (SOH)**

Les faisceaux hertziens peuvent, dans certaines applications, utiliser des octets situés à l'intérieur du SOH afin d'assurer les fonctions décrites ci-dessus. Ces octets sont les octets spécifiques des supports de transmission dont il est question au § 4.2 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R F.750 et qui sont réservés à l'usage national et à la future normalisation internationale. Dans ce cas, il serait possible de transporter un trafic auxiliaire de débit pouvant atteindre 2 Mbit/s. Si toutefois l'UIT-T définissait la fonction attribuée à ces octets réservés pour la future normalisation internationale, les faisceaux hertziens numériques en hiérarchie synchrone seraient rendus conformes à la Recommandation UIT-T G.708.

### **5 Techniques de transmission**

Les SDH-DRRS nécessiteront un filtrage plus poussé ou un nombre plus élevé de niveaux de modulation afin de s'adapter à la capacité antérieure d'un même canal radioélectrique.

Un certain nombre de techniques éprouvées, comme la correction d'erreur, la modulation codée, les systèmes à porteuses multiples, la RAPE, l'égalisation adaptative, la commutation sans à-coups ni erreur binaire sur canal de secours, la diversité d'espace ou de fréquence et l'annulation de polarisation croisée sont à disposition pour compenser diverses dégradations telles que les évanouissements dus à la propagation par trajets multiples, les perturbations radioélectriques, le bruit thermique, les erreurs de rythme, etc.

Quelques caractéristiques des techniques de transmission par SDH-DRRS sont mentionnées ci-après.

#### **5.1 Correction d'erreur**

La capacité du préfixe (SOH) n'est pas suffisante pour mettre en œuvre certains systèmes de correction d'erreur actuellement utilisés. La mise en œuvre de ces derniers pourrait augmenter encore le débit binaire brut du faisceau hertzien.

#### **5.2 Embrouillage**

La Recommandation UIT-T G.709 spécifie qu'un embrouilleur synchrone de trame à 7 positions doit être utilisé au niveau du signal STM-*n*. Pour les faisceaux hertziens employant certains procédés de modulation (par exemple la MAQ-64) spécialement envisagés pour les liaisons de grande capacité sur de longues distances, un tel embrouilleur n'est pas suffisant dans les étages de démodulation et de récupération du rythme; il peut également ne pas être en mesure d'assurer une répartition spectrale suffisamment uniforme pour permettre la compatibilité avec les faisceaux analogiques. Des embrouilleurs à séquence courte peuvent par ailleurs faire dépendre la qualité de fonctionnement de la nature des données. Il y a lieu que la conception de la section hertzienne soit telle qu'un embrouillage adéquat y soit assuré.

## 6 Spécifications en matière de qualité de fonctionnement

Les SDH-DRRS seront intégrés dans des réseaux gérés en SDH. Les Recommandations applicables de l'UIT-T et de l'UIT-R indiquent les spécifications en matière de qualité de fonctionnement qu'il convient d'observer dans un SDH-DRRS. Le respect de ces exigences implique la fourniture d'équipements de grande qualité et l'application de directives appropriées lors des études d'itinéraire. Les textes applicables de l'UIT-T et de l'UIT-R en matière d'intégration appropriée des faisceaux hertziens en SDH dans les réseaux SDH sont indiqués ci-dessous.

### 6.1 Qualité en termes d'erreurs

La Recommandation UIT-T G.821 indique les objectifs de qualité en termes d'erreurs qu'il y a lieu d'atteindre au niveau de 64 kbit/s. La Recommandation UIT-R F.594 indique les objectifs de qualité pour les liaisons radionumériques de qualité élevée. Pour les circuits de qualité moyenne et de qualité locale, voir les Recommandations UIT-R F.696 et UIT-R F.697.

Les règles applicables aux réseaux de transport exploités au niveau primaire ou au-dessus figurent dans la Recommandation UIT-T G.826.

Les objectifs de qualité en termes d'erreurs des SDH-DRRS doivent être conformes à la Recommandation UIT-T G.826, ce qui rendra ces faisceaux conformes aux spécifications de la Recommandation UIT-T G.821.

### 6.2 Rythme et synchronisation

Les SDH-DRRS doivent être conçus de manière à fonctionner dans un réseau synchrone. Les principes généraux et instructions d'application pour la synchronisation des équipements de multiplexage SDH sont contenus dans la Recommandation UIT-T G.782. La Recommandation UIT-T G.783 spécifie les valeurs de temporisation et de synchronisation.

Les SDH-DRRS peuvent extraire les références de rythme à partir de trois types de signaux d'entrée:

- ceux de l'interface de synchronisation extérieure conforme à la Recommandation UIT-T G.703;
- ceux de l'interface avec les signaux en hiérarchie numérique plésiochrone (PDH) conforme à la Recommandation UIT-T G.703 (contenant la synchronisation de référence);
- ceux de l'interface STM-*n*.

Selon leur type, les SDH-DRRS pourront recevoir un ou plusieurs signaux d'entrée contenant la référence de rythme. Il est recommandé qu'ils aient la capacité de commuter automatiquement sur un autre rythme de référence en cas de perte de celui qui avait été choisi (voir la Recommandation UIT-T G.782).

### 6.3 Gigue et dérapage

La gigue et le dérapage dans la SDH sont spécifiés aux interfaces STM-*n* et dans la Recommandation UIT-T G.703 afin de limiter le cumul de gigue dans les systèmes SDH.

Les caractéristiques de gigue et de dérapage sont indiquées dans la Recommandation UIT-T G.783 pour les équipements de multiplexage basés sur la SDH et dans la Recommandation UIT-T G.958 pour les systèmes de ligne basés sur la SDH.

### 6.4 Disponibilité

Les objectifs de disponibilité pour les faisceaux hertziens numériques sont indiqués dans la Recommandation UIT-R F.557. Pour les circuits de qualité moyenne et de qualité locale, voir respectivement les Recommandations UIT-R F.696 et UIT-R F.697.

---