

RECOMMANDATION UIT-R BS.1350-1

**CAHIER DES CHARGES D'UN SYSTÈME DE MULTIPLEXAGE DE SIGNAUX
DE RADIODIFFUSION SONORE MF ET D'UNE VOIE DE DONNÉES
EN SOUS-PORTEUSE OFFRANT UNE CAPACITÉ DE
TRANSMISSION RELATIVEMENT IMPORTANTE
POUR RÉCEPTION FIXE OU MOBILE**

(Question UIT-R 71/10)

(1998)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il apparaît de plus en plus nécessaire, dans le monde entier, de disposer d'un système adéquat de multiplexage de signaux de radiodiffusion sonore MF et d'une voie de données en sous-porteuse offrant une capacité de transmission relativement importante pour réception fixe ou mobile;
- b) que les techniques de radiodiffusion sonore en modulation de fréquence permettent d'assurer la transmission d'un volume de données relativement important;
- c) que la capacité des actuels systèmes de transmission de données utilisés en commun avec les systèmes de radiodiffusion sonore en modulation de fréquence est limitée;
- d) que l'évolution technique des systèmes de transmission de données de forte capacité se prêtant à un multiplexage avec des signaux MF radiodiffusés montre qu'il est techniquement possible de mettre au point des systèmes de transmission de données de forte capacité;
- e) que divers essais sur le terrain et démonstrations ont confirmé la possibilité de mettre au point des systèmes de transmission de données de forte capacité pouvant être utilisés en radiodiffusion sonore MF;
- f) que l'on a démontré la compatibilité des services stéréophoniques MF, notamment des services RDS (Radio Data System) conformes à la Recommandation UIT-R BS.643 d'une part, et de tous les nouveaux systèmes en sous-porteuse qui pourraient être proposés, d'autre part;
- g) qu'il peut être nécessaire, pour certaines applications, de disposer d'une capacité de transmission de données beaucoup plus importante;
- h) que, comparés aux systèmes RDS, les systèmes de radiodiffusion de données en sous-porteuse sont susceptibles d'offrir des capacités de transmission relativement importantes tout en respectant les spécifications de la Recommandation UIT-R BS.412;
- j) que plusieurs systèmes de transmission de données offrant une capacité relativement importante et conformes à la Recommandation UIT-R BS.1194 sont déjà en service,

recommande

1 de faire en sorte que les systèmes de multiplexage de signaux de radiodiffusion sonore MF et de voies de données en sous-porteuse offrant une capacité de transmission relativement importante pour réception fixe ou mobile:

- 1) soient compatibles avec la politique actuellement appliquée par l'UIT en matière de droits de propriété intellectuelle;

- 2) n'occasionnent aucun brouillage:
- au signal principal radiodiffusé sur la même porteuse ou sur une porteuse adjacente, en application de la Recommandation UIT-R BS.412;
 - aux services RDS ou aux autres services en sous-porteuse assurés sur la même porteuse ou sur des porteuses adjacentes, en application des Recommandations UIT-R BS.412 et BS.643;
 - aux services de radionavigation aéronautique, en application de la Recommandation UIT-R IS.1009;
- 3) soient présélectionnés sur la base des caractéristiques et spécifications suivantes, et en fonction des impératifs associés à l'application considérée:
- a) caractéristiques de qualité de fonctionnement du système:
 - fiabilité des données en présence de bruit gaussien;
 - fiabilité des données dans des conditions de réception par trajets multiples;
 - fiabilité des données en présence de signaux sur les canaux adjacents;
 - temps minimal de propagation de bout en bout;
 - taux d'erreurs sur les messages, pour diverses longueurs de messages, dans des conditions de propagation par trajets multiples;
 - temps d'acquisition de la synchronisation;
 - b) autres caractéristiques du système:
 - cycle de service minimal (économie d'énergie);
 - adressabilité des récepteurs;
 - accès conditionnel;
 - possibilité d'accepter divers types de données;
 - capacité à fonctionner dans un réseau de services de données;
 - possibilité de services additionnels en sous-porteuse;
 - capacité à fonctionner indépendamment du réseau radioélectrique;
 - accès à des stations multiples;
 - capacité de retransmission;
 - c) compatibilité du système avec la Recommandation UIT-R BS.450;
 - d) capacité du système à minimiser les éventuelles dégradations observables sur le canal audio principal et/ou dans le service RDS dans des conditions de réception par trajets multiples;
 - e) résultats d'essais du système en conditions réelles;
- 4) soient sélectionnés et spécifiés expressément au moins sur la base des caractéristiques générales suivantes:
- fréquence de la sous-porteuse;
 - largeur de bande;
 - débit de données sur la voie;
 - débit de données d'information;
 - méthode de modulation;
 - structure des paquets et mise en trame (structuration des données);
 - méthodes de correction d'erreur directe et d'entrelacement;
 - méthode de détection d'erreur;
 - niveau d'injection.
- 5) soient sélectionnés en fonction de l'application considérée.

NOTE 1 – Ces spécifications, considérations et applications sont étudiées plus en détail dans l'Annexe 1.

ANNEXE 1

Cahier des charges d'un système de multiplexage de signaux de radiodiffusion sonore MF et d'une voie de données en sous-porteuse offrant une capacité de transmission relativement importante pour réception fixe ou mobile

1 Introduction

1.1 Objet

Le présent document a pour objet de faciliter le choix d'un système spécifique de transmission de données en sous-porteuse, multiplexées avec une émission de radiodiffusion sonore MF, offrant une capacité de transmission relativement importante; il spécifie à cet effet le «cahier des charges» à respecter dans le choix d'un tel système, dont les caractéristiques peuvent être classées en quatre grandes catégories:

- **Les caractéristiques générales** correspondent aux paramètres de base du système de transmission de données (section 3).
- **Les caractéristiques additionnelles**, spécifiques de chaque système de transmission de données, le rendent plus ou moins adapté à tel ou tel type d'application (section 4).
- **Les caractéristiques de compatibilité** permettent de déterminer l'incidence quantitative du système de transmission de données sur les services existants, aussi bien dans le canal de radiodiffusion utilisant la même porteuse que sur les canaux adjacents (section 5).
- **Les caractéristiques de qualité de fonctionnement du système** décrivent les divers comportements du système de transmission de données lui-même (section 6).

On sait que les caractéristiques de compatibilité d'un système sont toujours importantes, quelle que soit l'application. Les caractéristiques de qualité de fonctionnement, quant à elles, dépendent des besoins précis associés à l'application. Le présent document décrit les principales caractéristiques de qualité de fonctionnement d'un système pour différentes applications.

1.2 Conditions particulières

Comme pour tout système recommandé par l'UIT, le système retenu devra être compatible avec la politique actuellement appliquée par l'Union en matière de droits de propriété intellectuelle (voir l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1). Par ailleurs, tout système proposé devra préalablement être testé en conditions réelles.

2 Applications du système

Les applications du système dépendent des caractéristiques des récepteurs, des types de données et des caractéristiques de transmission, qui font l'objet respectivement des sections 2.1, 2.2 et 2.3. Une application consiste à transmettre des données d'une ou de plusieurs catégories à partir d'émetteurs de diverses caractéristiques à des récepteurs de mêmes caractéristiques ou de caractéristiques différentes. En raison des spécificités, qu'il s'agisse des types de données, des caractéristiques des émetteurs ou encore de celles des récepteurs, il est évident que certaines caractéristiques de qualité de fonctionnement du système seront plus ou moins importantes selon l'application considérée.

2.1 Caractéristiques des récepteurs

Au niveau des récepteurs, les distinctions faites entre les différentes applications sont articulées sur les caractéristiques suivantes. Certains récepteurs suffiront pour des débits de données relativement faibles ou des critères de fiabilité peu rigoureux, mais ne conviendront pas pour des débits élevés ou des critères de fiabilité très stricts.

2.1.1 Caractéristiques physiques du récepteur considéré dans l'application

- disponibilité du système d'alimentation principal (dimensions et capacité des accumulateurs);
- qualité de fonctionnement de l'antenne du récepteur;
- mobilité et vitesse de déplacement du récepteur;
- caractéristiques de bruit du récepteur;
- bruit électrique ambiant.

2.1.2 Spécifications «données» au niveau du récepteur

- intégrité requise pour les données;
- fonctions d'adressabilité du récepteur;
- types de flux de données;
- fonctions de réseau.

Le Tableau 1 résume les caractéristiques des récepteurs utilisés dans les différentes applications.

TABLEAU 1
Différents types de récepteurs

Application	Disponibilité des sources d'alimentation	Caractéristiques de qualité de fonctionnement de l'antenne du récepteur	Mobilité
Véhicules	Bonne	Passable à bonne	0-150 km/h
Portable	Médiocre	Passable	0-5 km/h
Personnel	Très médiocre	Médiocre	0-300 km/h
Fixe	Excellent	Bonne à excellente	0 km/h

2.2 Types de données

On distingue deux types de données. Tout d'abord, les données transmises par paquets, dans la communication d'informations naturellement séparées en segments ou messages pour une raison quelconque. En général, la structure comprend alors un en-tête que l'on peut utiliser pour adresser les données à un utilisateur spécifique ou désigner quelque chose de très particulier concernant le fragment d'information considéré. On peut ensuite aller plus loin en classant ces données, en fonction de la longueur des messages (de quelques dizaines de bits jusqu'à plusieurs centaines ou milliers d'octets).

La seconde catégorie est représentée par les données transmises en continu, à débit fixe. On suppose ici que la segmentation éventuelle des données est effectuée au niveau d'une couche supérieure de la pile du protocole, le plus souvent sous forme de séquences de paquets.

2.3 Caractéristiques du système de transmission

- intensité du signal et zone de service recherchée;
- capacité des émetteurs à adresser des récepteurs spécifiques;
- fonctions de réseau de l'émetteur.

3 Caractéristiques et paramètres généraux

Les caractéristiques générales suivantes doivent être prises en compte lors du choix d'un système:

- fréquence de la sous-porteuse;
- largeur de bande;
- débit de données du canal;
- débit de données d'information;
- méthode de modulation;
- structure des paquets et mise en trame (structuration des données);
- méthodes de correction d'erreur directe et d'entrelacement;
- capacité de détection d'erreur;
- niveau d'injection.

4 Caractéristiques additionnelles

Les caractéristiques additionnelles suivantes doivent être prises en compte lors du choix d'un système:

- cycle de service minimal (économie d'énergie);
- adressabilité des récepteurs;
- accès conditionnel;
- capacité à accepter divers types de données;
- capacité à fonctionner dans un réseau de service de données;
- possibilité d'autres services en sous-porteuse;
- capacité à fonctionner indépendamment du réseau radioélectrique;
- accès de stations multiples;
- capacité de retransmission.

5 Caractéristiques de compatibilité

Les caractéristiques de compatibilité suivantes doivent être prises en compte lors du choix d'un système:

- brouillages occasionnés au service de radiodiffusion principal (sur la même porteuse);
- brouillages occasionnés aux services RDS et/ou à d'autres services en sous-porteuse (sur la même porteuse);
- rapport de protection des services de radiodiffusion (sur les canaux adjacents);
- rapport de protection des services RDS et/ou des autres services.
- Recommandation UIT-R BS.450;
- rapport de protection pour le service de radionavigation aéronautique (Recommandation UIT-R IS.1009);
- dégradation du canal audio principal dans des conditions de réception par trajets multiples.

6 Caractéristiques de qualité de fonctionnement du système

Les caractéristiques de qualité de fonctionnement du système suivantes doivent être prises en compte lors du choix d'un système:

- fiabilité des données en présence de bruit gaussien;
- fiabilité des données dans des conditions de réception par trajets multiples;
- fiabilité des données en présence de bruit impulsionnel;
- fiabilité des données en présence de signaux dans les canaux adjacents;
- temps minimal de propagation de bout en bout;
- taux d'erreurs sur les messages pour diverses longueurs de message, dans des conditions de propagation par trajets multiples;
- temps d'acquisition de la synchronisation.

La fiabilité des données appelle quelques commentaires. Ces caractéristiques sont déterminées par les méthodes de modulation et de codage ainsi que par d'autres caractéristiques du système. Le comportement en termes de fiabilité des données est en général caractérisé par le TEB (taux d'erreur sur les bits) ou le taux de perte de paquets, c'est-à-dire la probabilité de réception de messages corrects en fonction des conditions dans le canal.

En ce qui concerne le bruit, la référence est généralement le rapport signal/bruit. Dans des conditions de propagation par trajets multiples et en présence de bruit, on utilise le profil d'étalement des temps de retard et les taux d'évanouissement ainsi que les rapports signal/bruit moyens. Pour le bruit impulsionnel, le canal est décrit par référence aux puissances impulsionnelles de crête, à la largeur des impulsions et à la fréquence de répétition des impulsions. La fiabilité des données d'une manière générale détermine la zone de couverture et dépend du niveau d'injection.

7 Exemples d'applications

La définition d'une spécification générique pour un service de radiodiffusion de données MF repose sur un nombre minimal de caractéristiques.

- **I1 – canaux de service:** le canal de service est un très efficace outil de gestion de l'accès au service considéré par le terminal de l'utilisateur final (syntonisation automatique, continuité du service, etc.).
- **I2 – Service de transfert de fichiers:** il est souhaitable de prévoir une fonction de gestion transparente des transferts de fichiers par le système, qui permet d'offrir une large gamme d'applications en utilisant par exemple les logiciels courants sur ordinateurs personnels.
- **I3 – Service en temps réel:** certains services reposent sur une transmission en temps réel ou un temps de propagation maximal garanti (cas par exemple du GPS différentiel).
- **I4 – Accès conditionnel:** pour les services commerciaux, l'accès conditionnel est une caractéristique fondamentale.

NOTE – Multiplexage de services: Un système d'identification et de gestion des services permet de radiodiffuser plusieurs services ensemble.

La compatibilité avec les futurs services numériques par satellite doit être prise en compte.

Si nous considérons la définition générique d'un système de radiodiffusion quelconque (selon le modèle à sept couches et l'interface de systèmes ouverts ISO), les sept éléments fondamentaux peuvent être obtenus à partir d'une définition commune des interfaces présentes au niveau des couches 3 (I1), 4 (I3, I4) et 5 (I2).

Cette considération est à la base de toute discussion ultérieure. Pour résumer, les interfaces requises pourraient être définies par une norme universelle.

Les lignes qui suivent donnent quelques exemples d'applications spécifiques déjà en service ou à l'essai, ainsi qu'une liste des caractéristiques les plus importantes pour chacune de ces applications, parmi les caractéristiques définies plus haut.

7.1 Système de transport intelligent

Un système de transport intelligent fait appel, pour la transmission d'informations concernant le transport proprement dit, à plusieurs types de données. Les données de type 1 concernent les textes adressés aux récepteurs portatifs dotés d'écrans d'affichage de petites dimensions. En général, les volumes de données de textes acheminés dans ce cas sont compris entre 10 et 100 octets. Les données de type 2 concernent les textes plus longs ou les informations graphiques (cartes routières simples utilisées pour le guidage dans les embouteillages), et les récepteurs visés sont dans ce cas les récepteurs mobiles (installés à bord de véhicules). Les volumes de données sont généralement compris entre 100 et 5 000 octets. Enfin, les données de type 3 sont les données transparentes et les informations codées utilisées pour la navigation, notamment avec des équipements à forte mémoire (CD-ROM) dans lesquels on peut charger des cartes routières détaillées.

En matière de données, les besoins varient donc fortement. Par exemple, le système de radiorepérage GPS différentiel fait intervenir des données de type 3 devant être transmises rapidement (< 10 secondes) à des débits de l'ordre de plusieurs dizaines d'octets par seconde. Il faut par exemple de 10 à 20 octets pour une simple mise à jour de base de données (emplacement d'un autocar, situation du trafic). Du fait que les mises à jour ont pour objet d'aider le conducteur du véhicule utilisateur à utiliser le meilleur trajet, et que tout retard dans la distribution de l'information peut se traduire en la matière par de mauvaises décisions individuelles dont la multiplication entraîne des problèmes de circulation sur le réseau routier considéré, le temps de propagation de bout en bout est un paramètre très important dans ce type d'application des réseaux de transport intelligents. Dans ces systèmes, les messages de mise à jour des données sont généralement répétés de façon cyclique, mais compte tenu de l'importance du volume des données transmises, la non-réception d'une actualisation pour cause d'erreur sur le canal entraîne, pour l'utilisateur, la nécessité d'attendre la radiodiffusion suivante, et l'allongement du temps de transmission qui en résulte provoque un dérèglement de l'écoulement de la circulation.

En conséquence, pour les applications relevant de la catégorie des systèmes de transport intelligents, les caractéristiques les plus importantes sont les suivantes:

- fiabilité des données dans des conditions d'évanouissement dû à une propagation par trajets multiples et en présence de bruit;
- fiabilité des données en présence de bruit impulsionnel;
- temps de propagation de bout en bout;
- débit de données d'information;

- temps d'acquisition de la synchronisation;
- capacité de détection et de correction d'erreur;
- coût de mise en œuvre et risque associé;
- normalisation.

Par ailleurs, pour simplifier ce type de réseau et réduire les coûts, il est extrêmement souhaitable que le système considéré puisse assurer un service fiable dans la zone visée à partir d'un seul émetteur. En outre, il y a lieu d'optimiser l'efficacité d'utilisation de la capacité du système. Enfin, pour généraliser l'utilisation des informations fournies par les systèmes de transport intelligents, il faut que les récepteurs soient peu onéreux. C'est dire que dans l'évaluation des systèmes envisageables pour ce type d'application, les caractéristiques précitées devront avoir un rang de priorité élevé. Ces caractéristiques interviendront donc tout particulièrement dans la comparaison des systèmes en concurrence.

7.2 Radiomessagerie

Dans les applications de radiomessagerie, les données sont radiodiffusées par paquets relativement brefs à destination de récepteurs personnels. L'une des caractéristiques les plus importantes dans ce type d'application est l'efficacité des systèmes d'économie de consommation électrique, puisque les récepteurs personnels sont très limités au niveau des alimentations. Par ailleurs, ces récepteurs sont généralement dotés d'antennes dont le rendement est très médiocre. La fiabilité des services de radiomessagerie repose sur la retransmission des données, soit sur la même porteuse, soit sur des porteuses différentes, technique qui réduit le débit effectif; toutefois, l'importance du débit n'est en l'occurrence pas aussi grande que dans d'autres applications.

Les caractéristiques suivantes sont importantes pour les applications de radiomessagerie:

- cycle de service minimal (économie d'énergie);
- coût de mise en oeuvre;
- adressage des récepteurs;
- fonctions réseau de l'émetteur;
- détection et correction d'erreur.

7.3 Données continues

Pour les applications dites de «données continues», les données à transmettre ne doivent aucunement être fragmentées au niveau de la couche physique ou de la couche liaison de données. L'éventuelle fragmentation intervient au niveau d'une couche supérieure, et elle est alors transparente aux frontières naturelles des données, au niveau de la couche physique et de la couche liaison de données associées au système considéré. Ce type d'application fait souvent, mais pas toujours, intervenir des signaux de niveau élevé émis par des émetteurs de forte puissance, dont les antennes sont installées en position surélevée et qui desservent de vastes zones de service.

Les principales caractéristiques de qualité de fonctionnement de ces systèmes sont les suivantes:

- débit de données d'information;
- fiabilité des données en présence de bruit gaussien;
- fiabilité des données dans des conditions de propagation par trajets multiples et en présence de bruit;
- fiabilité des données en présence de signaux de forte intensité dans les canaux adjacents;
- adressabilité des récepteurs;
- possibilités d'accès conditionnel.

7.4 Transfert de fichiers

Dans ces applications, une interface spécialisée permet d'acheminer les données en transmission point (multi) point du fournisseur de l'information à un (ou plusieurs) récepteurs. Les caractéristiques suivantes sont importantes:

- adressabilité des récepteurs;
- débit de données d'information;
- accès conditionnel;
- capacité à fonctionner dans un réseau de service de données.

7.5 Informations sous forme de texte

Les informations fournies sous forme de texte – actualités, informations météorologiques, programmes musicaux, etc. – sont l'une des principales applications des systèmes de radiodiffusion FM multiplex. Ce type de service d'information impose une fiabilité élevée au niveau de la transmission et donc des méthodes de détection et de correction d'erreur puissantes.

7.6 Informations d'urgence

La diffusion d'informations en situation d'urgence – avis de séisme, de gros temps ou de tsunami, etc. – est l'une des plus importantes applications des systèmes FM multiplex. Lorsque des informations d'urgences sont diffusées pendant un programme FM, les récepteurs synthonisés sur la fréquence basculent automatiquement sur ces informations.

7.7 GPS différentiel

Les systèmes de diffusion de données en sous-porteuse multiplexées avec des programmes de radiodiffusion en modulation de fréquence permettent de transmettre deux types de corrections utilisés par les systèmes mondiaux de radiorepérage différentiels. Les systèmes GPS différentiels classiques reposent sur une technique temporelle de mesure de phase codée, et nécessitent des valeurs de débit de données qui peuvent atteindre plusieurs centaines de bits par seconde. Dans les systèmes de ce type, la durée globale d'acheminement d'un bout à l'autre du canal de communication, compte tenu du traitement dans l'émetteur et dans le récepteur, doit être inférieure à 10 secondes. Dans la seconde catégorie de systèmes GPS différentiels, la correction, beaucoup plus précise, repose sur la phase de la porteuse qui assure la transmission depuis le satellite. Ici, le débit de données peut atteindre plusieurs milliers de bits par seconde, tandis que la durée totale de transmission doit être inférieure à la demi-seconde. Pour les applications aux systèmes GPS différentiels, les caractéristiques suivantes du système en sous-porteuse MF sont les plus importantes:

- durée globale de transmission très courte;
- faible taux d'erreur;
- bonne couverture.

Par ailleurs, il est essentiel de prévoir un système de détection d'erreur efficace, soit dans le flux de données, soit au niveau du système de transmission des données. Du fait que le GPS différentiel classique (phase codée) est appelé à jouer un grand rôle dans les applications des systèmes de transport intelligents, les caractéristiques visées à la section 7.1 de la présente annexe sont également importantes.
