

RECOMMANDATION UIT-R BS.1114-2

Systèmes de radiodiffusion sonore numérique de terre à destination de récepteurs fixes, portatifs ou placés à bord de véhicules fonctionnant dans la gamme de fréquences 30-3 000 MHz

(Question UIT-R 107/10)

(1994-1995-2001)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que, dans le monde entier, la radiodiffusion sonore numérique de Terre à destination de récepteurs placés à bord de véhicules et de récepteurs portatifs ou fixes fonctionnant dans la gamme de fréquences 30-3 000 MHz et assurant une couverture nationale, régionale ou locale, suscite un intérêt croissant;
- b) que l'UIT-R a déjà adopté des Recommandations qui indiquent les spécifications de systèmes de radiodiffusion sonore numérique de Terre (UIT-R BS.774) et par satellite (UIT-R BO.789) à destination de récepteurs placés à bord de véhicules et de récepteurs portatifs ou fixes;
- c) que les Recommandations UIT-R BS.774 et UIT-R BO.789 font état des avantages liés à une utilisation conjointe de systèmes de Terre et de systèmes à satellites et préconisent l'adoption d'un système de radiodiffusion sonore numérique permettant d'utiliser un récepteur commun doté de circuits à intégration à très grande échelle (VLSI, *very large scale integration*) communs et de fabriquer ainsi des récepteurs bon marché en grande série;
- d) que le Système numérique A, décrit en Annexe 2, est parfaitement conforme aux Recommandations UIT-R BS.774 et UIT-R BO.789 et que le système a été testé en conditions réelles et présenté dans un certain nombre de pays;
- e) que le Système numérique F, décrit en Annexe 3 est conforme à la Recommandation UIT-R BS.774 et que le système a été testé en conditions réelles et présenté dans quelques pays;
- f) que l'on étudie actuellement la normalisation d'un système de radiodiffusion sonore numérique par satellite à destination de récepteurs placés à bord de véhicules et de récepteurs portatifs ou fixes, fonctionnant dans la gamme de fréquences 1 400-2 700 MHz;
- g) qu'à la 7ème Conférence mondiale des Unions de radiodiffusion (Mexico, 27-30 avril 1992), les Unions de radiodiffusion ont décidé à l'unanimité:
 - «1. qu'il fallait s'efforcer de parvenir à une norme mondiale unique pour la RAN, et
 2. que les administrations sont instamment priées d'examiner les avantages pour le consommateur d'un codage commun de source et de canal ainsi que la mise en œuvre de la radiodiffusion sonore numérique à 1,5 GHz à l'échelle mondiale;»
- h) que la Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines parties du spectre (Malaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) a attribué la bande de fréquences 1 452-1 492 MHz au service de radiodiffusion sonore par satellite et au service de radiodiffusion de Terre complémentaire, pour la radiodiffusion sonore numérique. Des attributions supplémentaires ont par ailleurs été accordées à certains pays dans les bandes 2 310-2 360 MHz et 2 535-2 655 MHz au titre des numéros 750B et 757A du Règlement des radiocommunications. En outre, la Résolution 527 adoptée par la CAMR-92 traite de la radiodiffusion sonore numérique en ondes métriques;

- j) que le flux de transport MPEG-2 (TS, *transport stream*) est couramment utilisé comme conteneur d'informations codées numériques;
- k) qu'un processus de normalisation en Europe a conduit à adopter le Système numérique A (Eureka 147 comme norme ETSI ETS 300 401) pour le service de radiodiffusion sonore par satellite et le service de radiodiffusion sonore à destination de récepteurs placés à bord de véhicules et de récepteurs portatifs ou fixes;
- l) qu'un processus de normalisation au Japon a conduit à adopter le Système numérique F de radiodiffusion numérique à intégration de services (RNIS) pour la radiodiffusion sonore numérique de Terre (RNIS-T_{SB}) à destination de récepteurs portatifs, fixes ou à bord de véhicules;
- m) que l'on peut utiliser les techniques de RNIS pour mettre en oeuvre des services exploitant pleinement les avantages de la radiodiffusion numérique, et que la Recommandation UIT-R BT.1306 englobe le système RNIS-T pour la radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre,

notant

- a) qu'un résumé des systèmes numériques est proposé en Annexe 1;
- b) que les descriptions complètes des Systèmes numériques A et F sont reproduites dans les Annexes 2 et 3, respectivement,

recommande

1 d'utiliser le Système numérique A et/ou F, décrits dans les Annexes 2 et 3 respectivement, pour les services de radiodiffusion sonore numérique de Terre à destination de récepteurs placés à bord de véhicules et de récepteurs portatifs ou fixes fonctionnant dans la gamme de fréquences 30-3 000 MHz;

2 que les administrations qui souhaitent mettre en oeuvre des services de radiodiffusion sonore numérique de Terre conformes à certaines ou à toutes les prescriptions énoncées dans la Recommandation UIT-R BS.774, utilisent le Tableau 1 pour évaluer les avantages respectifs des systèmes A et F en vue des choix à faire.

NOTE 1 – La technologie dans ce domaine évolue rapidement. Par conséquent, si de nouveaux systèmes conformes aux spécifications de la Recommandation UIT-R BS.774 sont mis au point, ils pourront eux aussi être utilisés lorsqu'ils auront été portés à la connaissance de l'UIT-R. Les administrations qui élaborent des normes sur la radiodiffusion sonore numérique devraient s'efforcer, dans la mesure du possible, de parvenir à une certaine harmonisation avec d'autres normes de systèmes existantes ou en cours d'élaboration. Par exemple, on met actuellement au point des systèmes de radiodiffusion sonore numérique qui acheminent sur le même canal ou sur un canal adjacent, un signal numérique associé à un service analogique existant (diffusant généralement le même programme).

TABLEAU 1

**Evaluation des performances des Systèmes numériques A et F sur la base
des caractéristiques techniques et d'exploitation préconisées
dans la Recommandation UIT-R BS.774**

Caractéristiques préconisées dans la Recommandation UIT-R BS.774 (libellé condensé)	Système numérique A	Système numérique F
Qualité sonore et types de réception	8 à 384 kbit/s par canal audio, par incréments de 8 kbit/s. Un décodeur audio MPEG-2 Couche II fonctionnant normalement à 192 kbit/s est intégré dans les récepteurs. Pour récepteurs fixes, portatifs ou à bord de véhicules	La gamme s'étend de la «qualité téléphonique» à la «qualité CD». Capacité de son multivoie 5,1. Codeur MPEG-2 avec codage du son avancé (AAC, <i>advanced audio coding</i>) fonctionnant généralement à 144 kbit/s pour la stéréophonie. Pour récepteurs fixes, portatifs ou à bord de véhicules
Efficacité spectrale supérieure à celle des systèmes à modulation de fréquence	Possibilité d'obtenir une qualité équivalente à la stéréo à modulation de fréquence dans une largeur de bande inférieure à 200 kHz; protection requise contre le brouillage dans le même canal et par les canaux adjacents très inférieure à celle d'un service à modulation de fréquence. L'efficacité spectrale est particulièrement grande lorsque les émetteurs réutilisent la même fréquence (multiplexage fréquentiel orthogonal codé (COFDM) avec codage de convolution à correction des erreurs)	Possibilité d'obtenir une qualité équivalente à la stéréo à modulation de fréquence dans une largeur de bande inférieure à 200 kHz; protection requise contre le brouillage dans le même canal et par les canaux adjacents très inférieure à celle d'un service à modulation de fréquence. L'efficacité est particulièrement élevée si les réémetteurs réutilisent la même fréquence. Efficacité accrue par l'emploi de la modulation d'amplitude en quadrature de porteuse (MAQ-16/MAQ-64) (multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF) avec bloc concaténé et codage de convolution avec correction des erreurs)
Performances en présence de trajets multiples et de zones d'ombre	Le système est spécialement conçu pour fonctionner en présence de trajets multiples. Il fonctionne par addition de la puissance des échos pendant un intervalle de temps donné, ce qui permet aux réémetteurs situés sur le canal de couvrir les zones d'ombre	Le système est spécialement conçu pour fonctionner en présence de trajets multiples. Il fonctionne par addition de la puissance des échos pendant un intervalle de temps donné, ce qui permet aux réémetteurs situés sur le canal de couvrir les zones d'ombre

TABLEAU 1 (*suite*)

Caractéristiques préconisées dans la Recommandation UIT-R BS.774 (libellé condensé)	Système numérique A	Système numérique F
<p>Traitement du signal commun à la réception pour radiodiffusion par satellite (S) et la radiodiffusion par voie hertzienne de Terre (T)</p>	<p>Permet l'utilisation du même récepteur, de l'entrée RF à la sortie audio et données. Des antennes de réception intégrées ou distinctes peuvent être utilisées pour la réception du signal par satellite (polarisation circulaire) et du signal transmis par voie hertzienne de Terre (polarisation verticale)</p>	<p>L'emploi de systèmes MPEG-2 permet une interopérabilité maximale des récepteurs de radiodiffusion numérique de même nature, p. ex. RNIS-T/-S, radiodiffusion vidéonumérique par voie hertzienne (DVB-T/-S) et Comité de systèmes de télévision évolués (ATSC)</p>
<p>Reconfiguration et qualité en fonction du nombre de programmes</p>	<p>Le multiplexage des services est basé sur 64 sous-canaux d'une capacité allant de 8 kbit/s à environ 1 Mbit/s, selon le niveau de protection contre les erreurs, et est complètement reconfigurable, de façon dynamique. Chaque sous-canal peut en outre contenir un nombre illimité de canaux de paquets de données de capacité variable</p>	<p>Le multiplexage des données de charge utile est fondé sur les systèmes MPEG-2. Le débit de données audio peut être fixé au niveau permettant d'obtenir le meilleur compromis entre la qualité audio des programmes et le nombre de services.</p> <p>Les paramètres de transmission tels que la modulation et la correction des erreurs peuvent être reconfigurés dynamiquement par la commande de configuration de transmission et de multiplexage (TMCC, <i>transmission and multiplexing configuration control</i>)</p>
<p>Compromis étendu de la couverture/nombre de programmes</p>	<p>Cinq niveaux de protection pour les services audio et huit niveaux de protection pour les services de données grâce à l'utilisation d'un codage convolusionnel discontinu pour chacun des 64 sous-canaux (correction d'erreurs sans voie de retour (CED) de 1/4 à 3/4)</p>	<p>Quatre types de modulation et cinq niveaux de protection sont possibles (modulation de porteuse: modulation par quadrature de phase différentielle (MDP-4D), MDP-4, MAQ-16, MAQ-64; rendement de codage: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 et 7/8)</p>
<p>Même récepteur pour différents types de diffusion de programme</p> <p>– Diffusion par voie hertzienne de Terre</p>	<p>Permet de fournir des services locaux, sous-nationaux et nationaux par voie hertzienne de Terre avec une même modulation et un émetteur unique ou plusieurs émetteurs fonctionnant dans un réseau monofréquence pour pouvoir utiliser un récepteur commun.</p>	<p>Permet de fournir des services locaux, sous-nationaux et nationaux par voie hertzienne de Terre avec une même modulation et un émetteur unique ou plusieurs émetteurs fonctionnant dans un réseau monofréquence.</p>

TABLEAU 1 (*suite*)

Caractéristiques préconisées dans la Recommandation UIT-R BS.774 (libellé condensé)	Système numérique A	Système numérique F
<p>Même récepteur pour différents types de diffusion de programme (<i>suite</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Exploitation mixte/hybride – Distribution par câble 	<p>Permet d'utiliser la même bande que pour la radiodiffusion sonore par voie hertzienne de Terre (mixte) ainsi que d'utiliser des réémetteurs sur le même canal de Terre pour améliorer la couverture du satellite (hybride), donc de recevoir de manière transparente tous ces canaux sur un récepteur commun.</p> <p>Le signal peut être acheminé de façon transparente sur le câble</p>	<p>Permet d'utiliser la même bande que pour la radiodiffusion sonore par voie hertzienne de Terre (mixte) ainsi que d'utiliser des réémetteurs sur le même canal de Terre pour améliorer la couverture du satellite (hybride), donc de recevoir de manière transparente tous ces canaux sur un récepteur commun.</p> <p>Le signal peut être acheminé de façon transparente sur le câble</p>
<p>Possibilité d'insertion de données associées au programme (DAP)</p>	<p>On dispose d'un canal pour les DAP, d'une capacité de 0,66 à 64 kbit/s, en réduisant d'autant la capacité de l'un quelconque des canaux audio. Une information évolutive pour indiquer le programme et les services est fournie pour l'affichage alphanumérique à tous les récepteurs. Le décodage par langage de balisage hypertexte (HTML) de base et le décodage d'images du Groupe mixte d'experts en photographie (JPEG) sont proposés sur les récepteurs à écran graphique (1/4 VGA, <i>video graphic array</i>), etc.</p>	<p>Le multiplexage des données DAP est fondé sur les systèmes MPEG-2.</p>
<p>Assignation souple des services</p>	<p>Le multiplex peut être reconfiguré de façon dynamique de manière transparente pour l'utilisateur</p>	<p>Le multiplex peut être reconfiguré de façon dynamique de manière transparente pour l'utilisateur</p>
<p>Structure multiplexée compatible avec le modèle d'interconnexion des systèmes ouverts (OSI)</p>	<p>La structure multiplexée du système est conforme au modèle en couches OSI, notamment pour les canaux de données, sauf pour les caractéristiques différentes de protection des erreurs du canal audio MPEG-2 Couche II</p>	<p>La structure multiplexée du système est entièrement compatible avec l'architecture de systèmes MPEG-2</p>

TABLEAU 1 (*fin*)

Caractéristiques préconisées dans la Recommandation UIT-R BS.774 (libellé condensé)	Système numérique A	Système numérique F
Possibilité de services à valeur ajoutée	Tout sous-canal (parmi les 64 existants) non utilisé pour les services audio peut être utilisé pour des services de données indépendants des programmes. Les canaux réservés à la transmission de paquets de données pour les services hautement prioritaires offerts à tous les récepteurs réglés sur un service du multiplex peuvent être acheminés par canal d'information rapide (CIR). La capacité totale peut aller jusqu'à 16 kbit/s. Les récepteurs sont dotés d'une interface de données radioélectriques (RDI, <i>radio data interface</i>) pour le transfert des données vers un ordinateur	Indépendamment du débit, la capacité, jusqu'à concurrence de la pleine capacité de charge utile, peut être attribuée à des données indépendantes pour la diffusion de données commerciales, de radiomessagerie, d'images fixes, etc., éventuellement sous accès conditionnel
Possibilité de fabriquer des récepteurs bon marché	Permet de produire en grande série et à faible coût des récepteurs grand public. Des récepteurs types ont été intégrés dans deux circuits intégrés. Un fabricant a intégré l'ensemble des circuits du récepteur dans un seul circuit intégré	Le système a été spécifiquement optimisé pour permettre qu'un récepteur pour véhicule de faible complexité puisse être produit dès le départ. Un groupe de normalisation a été constitué en vue de la production de récepteurs bon marché par des techniques d'intégration à grande échelle

ANNEXE 1

Résumés des systèmes numériques

1 Système numérique A (résumé)

Le Système numérique A, également connu sous l'appellation «système Eureka 147 DAB (radiodiffusion audionumérique, *digital audio broadcasting*)» a été développé pour les applications tant par satellite que de Terre au moyen d'un même récepteur bon marché. Le système a été conçu pour des récepteurs fixes, portatifs ou à bord de véhicules avec des antennes de réception équidirectives à faible gain situées à 1,5 m au-dessus du sol. Le Système numérique A permet l'utilisation complémentaire d'émetteurs de radiodiffusion de satellite et de Terre, d'où une utilisation plus efficace du spectre et une plus grande disponibilité des services dans toutes les conditions de réception. Il offre en particulier de meilleures performances en présence de trajets multiples et de zones d'ombre, situation type d'un environnement urbain, et la puissance du récepteur du satellite requise peut être réduite par l'utilisation de répéteurs de Terre (répéteurs de complément). Le Système numérique A est capable d'offrir divers niveaux de qualité sonore, jusqu'à

des niveaux de haute qualité comparables à ceux des enregistrements numériques grand public. Il peut par ailleurs offrir différents services de données et différents niveaux d'accès conditionnel et la possibilité de réorganiser de façon dynamique les différents services du multiplex.

2 Système numérique F (résumé)

Le Système numérique F, également connu en tant que système RNIS- T_{SB} est conçu pour la radiodiffusion sonore et de données de haute qualité avec une grande fiabilité même en réception mobile. Il est conçu pour être flexible et évolutif et pour présenter une grande analogie avec la radiodiffusion multimédia utilisant des réseaux de Terre. C'est un système robuste qui utilise la modulation avec MROF, l'entrelacement bidimensionnel fréquence-temps et des codes de correction d'erreur concaténés. La modulation à MROF utilisée par le système est appelée BST-MROF (BST étant la transmission à segmentation de bande). Le système présente des éléments communs avec le système RNIS-T dans la couche physique. Il comporte de nombreux paramètres de transmission tels que le système de modulation des porteuses, les rendements de codage et du code de correction d'erreur interne ainsi que la longueur de l'entrelacement temporel. Certaines des porteuses sont assignées à la commande TMCC qui transmet les informations sur les paramètres de transmission pour la commande du récepteur. Le Système numérique F peut utiliser des méthodes de codage audio à forte compression telles que MPEG-2 AAC. Enfin, il utilise les systèmes MPEG-2. Il présente des caractéristiques d'analogie et d'interopérabilité avec de nombreux autres systèmes utilisant les systèmes MPEG-2 tels que RNIS-S, RNIS-T, DVB-S et DVB-T.

ANNEXE 2

Système numérique A

1 Introduction

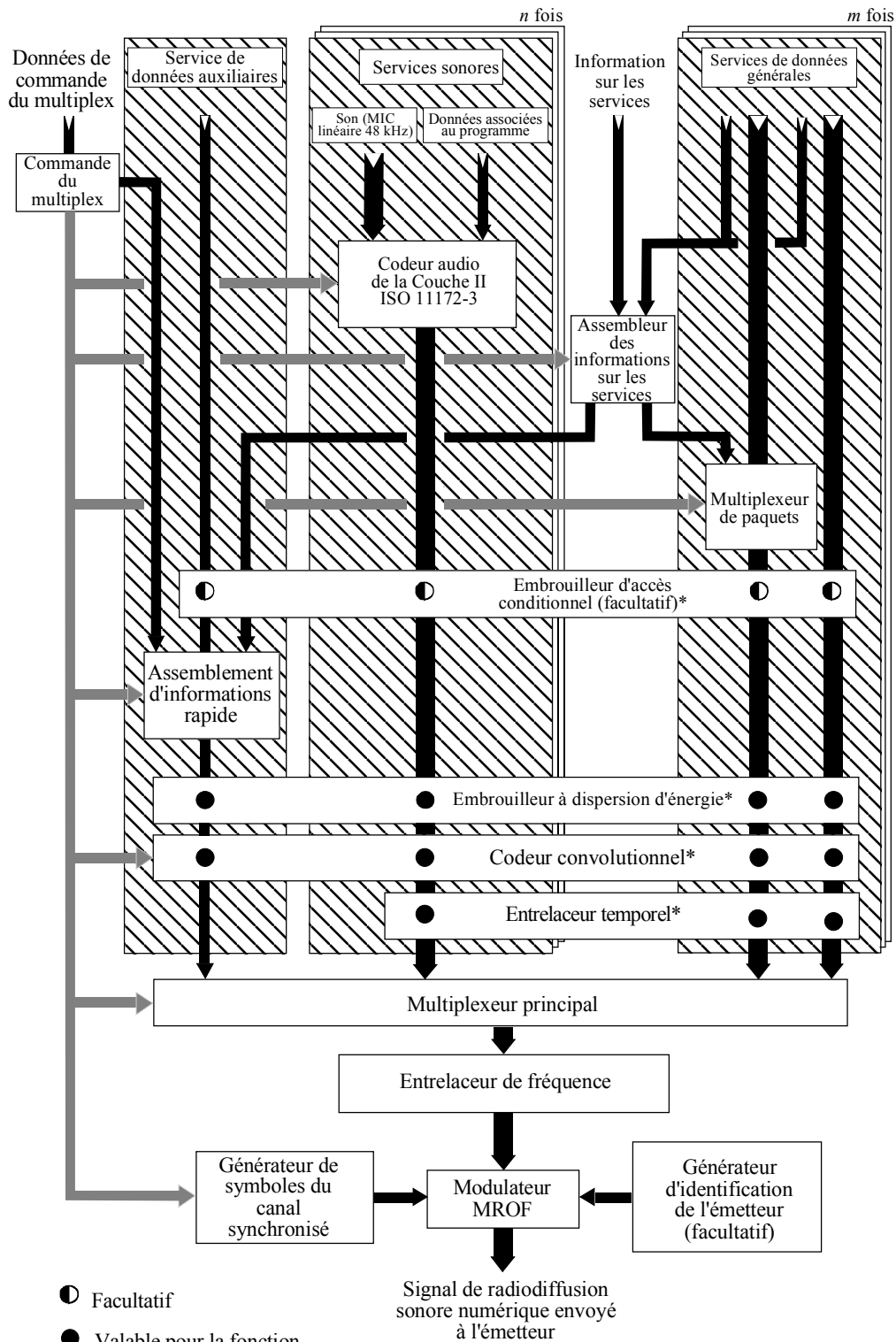
Le Système numérique A est un système de radiodiffusion numérique multiservices de haute qualité à destination des récepteurs placés à bord de véhicules et des récepteurs portatifs ou fixes. Il peut être exploité jusqu'à 3 000 MHz et utiliser différents modes de diffusion Terre, satellite, hybride (Terre-satellite) et câble. Il s'agit d'un système de radiodiffusion numérique à intégration de services polyvalent qui offre une grande souplesse d'exploitation et qui permet, conformément aux exigences de souplesse d'exploitation et de diversité des services qu'imposent aux systèmes et aux services les Recommandations UIT-R BO.789 et UIT-R BS.774 (établies à partir de la Publication spéciale sur la radiodiffusion sonore numérique et des Rapports UIT-R BS.1203 et UIT-R BO.955), de nombreuses possibilités de codage des sources et des canaux, de transmettre des données associées aux programmes sonores et de fournir des services de données indépendants.

Ce système de radiodiffusion sonore et de radiodiffusion de données est particulièrement fiable, et offre une grande efficacité d'utilisation du spectre et de la puissance. Il fait appel à des techniques numériques de pointe pour l'élimination dans le signal source des redondances et des informations qui n'ont aucune incidence sur le rendu acoustique, et produit une redondance strictement contrôlée sur le signal diffusé destiné à la correction des erreurs. L'information transmise est ensuite étalée en temps et en fréquence pour que le récepteur, fixe ou mobile, restitue un signal de haute qualité même en présence de phénomènes de propagation par trajets multiples. L'amélioration de l'efficacité d'utilisation du spectre est obtenue par entrelacement de plusieurs signaux de programme, et compte tenu des possibilités de réutilisation des fréquences spécifiques à un système,

on peut étendre pratiquement sans limites les réseaux de radiodiffusion en plaçant des émetteurs supplémentaires fonctionnant sur la même fréquence.

Le schéma de principe de la partie émission du système est donné à la Fig. 1.

FIGURE 1
Diagramme fonctionnel de la partie «émission» du système



Le Système numérique A, mis au point par le Consortium Eureka 147 (DAB) est connu sous le nom de Système Eureka DAB. Il bénéficie du soutien actif de l'Union européenne de radio-télévision (UER) et devrait être utilisé pour offrir des services de radiodiffusion audionumérique en Europe dès 1995. Depuis 1988, il a fait l'objet de démonstrations probantes et d'essais complets en Europe, au Canada, aux Etats-Unis d'Amérique et dans d'autres pays. Dans cette Annexe 2, il sera appelé «Système A». Ses spécifications complètes sont données dans la norme européenne ETS 300 401 (voir la Note 1).

NOTE 1 – Il a été jugé souhaitable d'ajouter un nouveau mode de transmission qui sert de passerelle entre les Modes I et II; il s'agit d'une amélioration compatible du Système A qui permettra d'avoir des espacements plus importants entre réémetteurs, fonctionnant dans le même canal, utilisés dans un réseau monofréquence ou comme réémetteurs de complément, ce qui se traduira par un accroissement de la souplesse et une diminution du coût de mise en œuvre de la radiodiffusion sonore numérique de Terre dans la bande 1 452-1 492 MHz.

2 Utilisation d'un modèle en couches

Le Système A est conforme au modèle de référence d'OSI décrit dans la Norme ISO 7498 (1984). L'utilisation de ce modèle est préconisée dans la Recommandation UIT-R BT.807 et le Rapport UIT-R BT.1207. La présente Recommandation établit une analogie structurelle entre le modèle OSI et les systèmes de radiodiffusion en couches. En conséquence, le Système A est décrit par référence à ce modèle, l'analogie étant illustrée au Tableau 2.

Bien des techniques en cause sont décrites plus facilement en se plaçant au niveau du fonctionnement de l'équipement à l'émetteur, ou au point central du réseau de distribution dans le cas d'un réseau d'émetteurs.

TABLEAU 2

Interprétation du modèle OSI à plusieurs couches

Nom de la couche	Description	Caractéristiques propres au système
Application	Utilisation pratique du système	Possibilités du système Qualité du son Modes de transmission
Présentation	Conversion pour la présentation	Codage et décodage audio Présentation audio Information de service
Session	Sélection des données	Sélection du programme Accès conditionnel
Transport	Groupement des données	Services de programmes Multiplex principal de services Données auxiliaires Association de données
Réseau	Voie logique	Trames audio ISO Données associées au programme
Liaison de données	Format du signal émis	Trames de transmission Synchronisation
Physique	Transmission physique (radioélectrique)	Dispersion d'énergie Codage par convolution Entrelacement en temps et en fréquence Modulation MDP-4D MROF Transmission radioélectrique

Le Système A ayant pour but fondamental de fournir des programmes radiophoniques à l'auditeur, il est décrit ci-après dans l'ordre des couches suivantes de la couche application (utilisation de l'information de radiodiffusion) et à la couche physique (moyens d'émission radioélectrique)

3 Couche application

Cette couche correspond à l'utilisation du Système A au niveau de l'application. Elle englobe les facilités et la qualité du son offertes par le Système A donc offertes par les radiodiffuseurs à leurs auditeurs, ainsi que les différents modes de transmission.

3.1 Facilités offertes par le Système A

Le Système A produit un signal qui contient un multiplex de données numériques, correspondant à plusieurs programmes en même temps. Ce multiplex contient des données radiophoniques, ainsi que des données auxiliaires: DAP, informations sur la configuration du multiplex (ICM), informations de service. Le multiplex peut aussi acheminer des données associées à des services généraux de données qui n'ont pas nécessairement de rapport avec la transmission de programmes radiophoniques.

En particulier, l'utilisateur du Système A dispose des facilités suivantes:

- réception du signal audiofréquence (c'est-à-dire le programme) fourni par le service de programme choisi;
- options fonctionnelles du récepteur qui peuvent utiliser les données auxiliaires transmises avec le programme (par exemple, le contrôle de la plage dynamique);
- affichage d'un texte donnant certaines informations sélectionnées dans les informations de service transmises. Il peut s'agir d'informations relatives au programme choisi, ou à d'autres programmes proposés;
- options permettant de choisir d'autres programmes, d'autres fonctions de récepteur et d'autres informations de service;
- un ou plusieurs services généraux de données, par exemple, informations routières.

Le Système A offre des possibilités d'accès conditionnel, et un récepteur peut être équipé de prises de sortie pour signaux numériques (données) et audionumériques (signal sonore numérisé).

3.2 Qualité du son

En fonction de la capacité du multiplex, le nombre de services radiophoniques et le format de présentation de chacun de ces services (par exemple, stéréo, mono, ambiophonie), la qualité du son et le degré de protection contre les erreurs (et par là même, la fiabilité) peuvent être choisis en fonction des besoins des radiodiffuseurs.

Les options «qualité du son» sont les suivantes:

- très haute qualité, avec une marge pour traitement du son;
- qualité subjectivement transparente, suffisante pour la plus haute qualité de radiodiffusion;
- haute qualité, correspondant à celle des services à modulation de fréquence actuels;
- qualité moyenne, correspondant à celle des services à modulation d'amplitude actuels;
- qualité «voix» seulement.

Le Système A offre une qualité uniforme de réception dans les limites de couverture de l'émetteur; au-delà, la qualité diminue de manière subjectivement progressive.

3.3 Modes de transmission

Le Système A est compatible avec trois modes de transmission qui permettent d'utiliser une large gamme de fréquences d'émission jusqu'à 3 GHz. Ces modes de transmission ont été spécialement prévus pour tenir compte de l'étalement en fréquence (effet Doppler) et de l'étalement dans le temps (retard de propagation), dans le cas de la réception mobile en présence d'échos par trajets multiples.

Le Tableau 3 donne les temps de propagation de l'écho constructif et la gamme de fréquence nominale pour la réception mobile. La dégradation due au bruit à la plus haute fréquence et dans les conditions de trajets multiples les plus défavorables, conditions rares en pratique, est de 1 dB à 100 km/h.

TABLEAU 3

Paramètre	Mode I	Mode II	Mode III
Durée de l'intervalle de garde (μ s)	246	62	31
Temps de propagation maximal de l'écho constructif (μ s)	300	75	37,5
Gamme nominale de fréquences pour la réception mobile allant jusqu'à:	375 MHz	1,5 GHz	3 GHz

Dans le Tableau 3, on constate que l'utilisation des fréquences les plus élevées impose des limites de temps de propagation plus strictes. Le Mode I convient le mieux à un réseau monofréquence de Terre, car il permet un plus grand espacement entre émetteurs. Le Mode II convient le mieux à la radiodiffusion locale à un seul émetteur de Terre et à la diffusion hybride (satellite/Terre) jusqu'à 1,5 GHz. Néanmoins, on peut aussi utiliser le Mode II pour un réseau monofréquence à couverture moyenne ou grande (par exemple à 1,5 GHz) en insérant, si nécessaire, des retards artificiels au niveau de l'émetteur ou en employant des antennes d'émission directives. Le Mode III convient le mieux à la diffusion par satellite et à la diffusion complémentaire de Terre, car on peut l'utiliser à toutes les fréquences jusqu'à 3 GHz.

Le Mode III est le mode à utiliser pour la distribution par câble, jusqu'à 3 GHz.

4 Couche présentation

Cette couche concerne la conversion et la présentation de l'information diffusée.

4.1 Codage de la source audio

La technique de codage de la source audio utilisée est la technique ISO/CEI MPEG audio de Couche II spécifiée dans la Norme ISO 11172-3. Ce système à compression et à codage en sous-bandes est également connu sous le nom de MUSICAM.

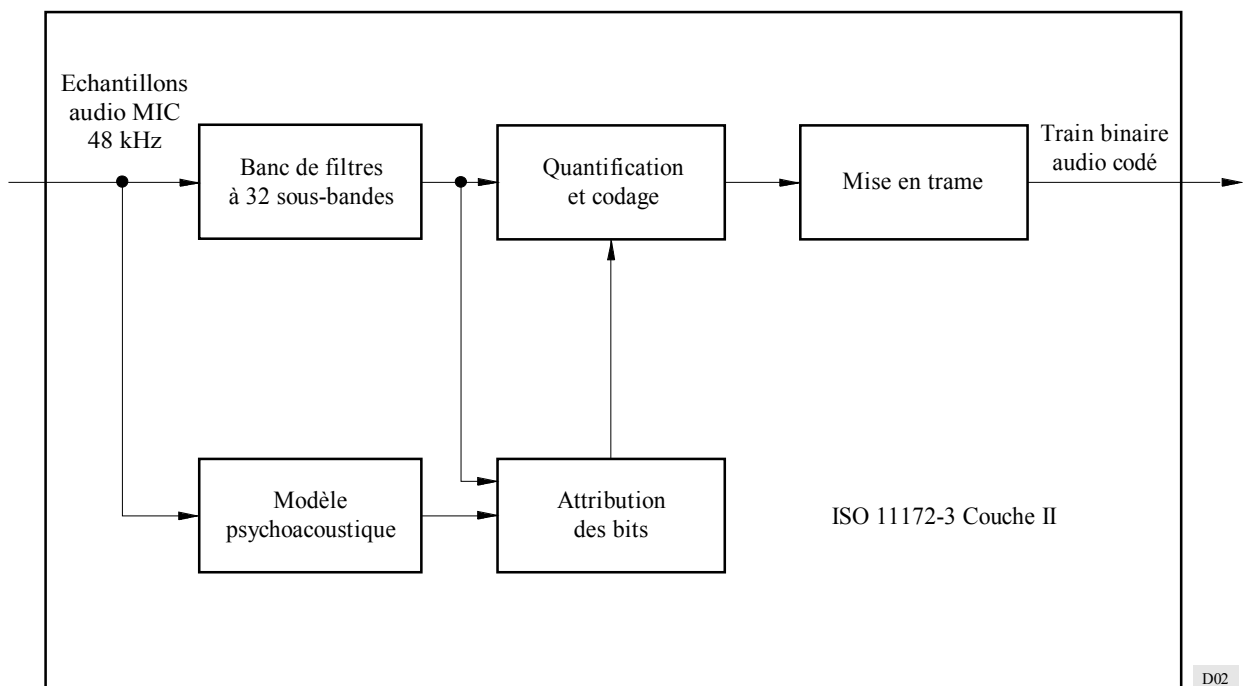
Le Système A accepte plusieurs signaux MIC audio avec une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz et des DAP. Le nombre de sources audio possible dépend du débit binaire et du type de protection retenu contre les erreurs. Le codeur audio peut fonctionner à 32, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160 ou 192 kbit/s par canal monophonique. En mode stéréophonique ou bicanal, le débit du codeur est le double de celui du mode monaural.

Ces possibilités de choix du débit binaire sont très intéressantes pour le radiodiffuseur car il peut moduler le débit binaire, en fonction de la qualité intrinsèque exigée ou du nombre de programmes radiophoniques à diffuser. Ainsi, un débit supérieur ou égal à 128 kbit/s en monophonie, ou

supérieur ou égal à 256 kbit/s en stéréophonie offre, outre une excellente qualité, une marge suffisante pour permettre l'application ultérieure de plusieurs processus de codage/décodage en série et le posttraitement audio. Pour une radiodiffusion de haute qualité, il est préférable d'utiliser un débit binaire de 128 kbit/s pour la monophonie et de 256 kbit/s pour la stéréophonie, ce qui permet d'obtenir une qualité du son dite «transparente». Même le débit de 192 kbit/s par programme stéréophonique satisfait en général aux spécifications de l'UER pour les systèmes audionumériques avec réduction du débit binaire. Un débit binaire de 96 kbit/s pour la monophonie donne une bonne qualité sonore et à 48 kbit/s la qualité est pratiquement celle de la radiodiffusion en modulation d'amplitude. Pour les programmes ne comportant que des signaux vocaux, un débit de 32 kbit/s peut être suffisant si le multiplex du système est associé avec un nombre maximal de services.

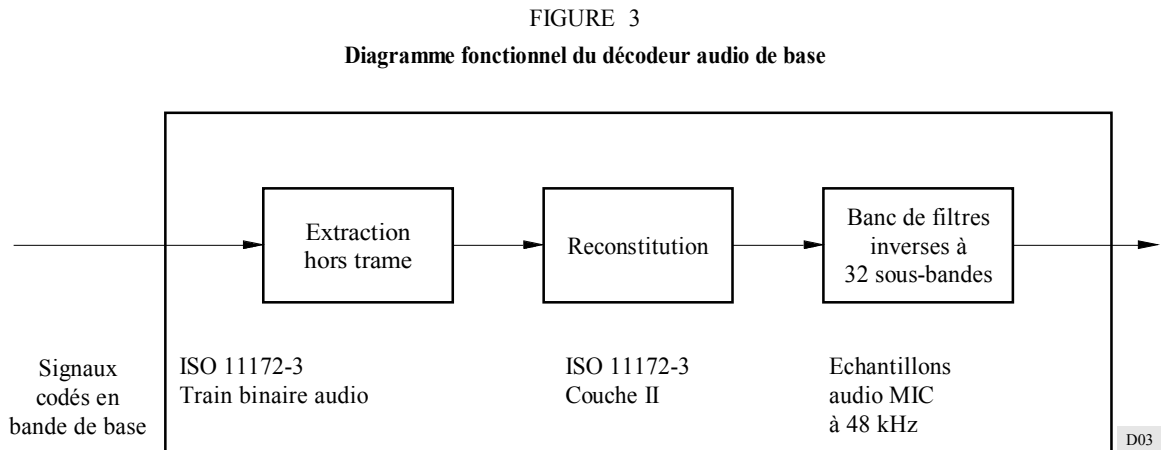
La Fig. 2 donne le diagramme fonctionnel du codeur audiofréquence. Les échantillons d'entrée MIC sont appliqués à l'entrée du codeur audiofréquence. Le codeur est capable de traiter les deux voies d'un signal stéréophonique, bien qu'il puisse, éventuellement, recevoir un signal monophonique. Un banc de filtrage polyphase divise le signal audionumérique en 32 signaux de sous-bande et crée une représentation filtrée et sous-échantillonnée du signal audiofréquence d'entrée, les échantillons filtrés étant appelés échantillons de sous-bande. La quantification et le codage sont asservis à un modèle «perceptuel» de l'oreille humaine intégré au codeur. Cet asservissement pouvant différer selon le type de codeur, on peut par exemple, utiliser une évaluation du seuil de masquage de l'oreille humaine pour obtenir les données d'asservissement du quantificateur. Les échantillons successifs de chaque signal en sous-bande sont groupés en blocs, puis, dans chaque bloc, l'amplitude maximale de chaque signal en sous-bande est déterminée et indiquée par un facteur d'échelle. Le quantificateur-codeur crée un ensemble de mots de codage à partir des échantillons de sous-bande. Ces processus sont exécutés pendant la durée des trames audiofréquences ISO, qui seront décrites à la couche réseau.

FIGURE 2
Diagramme fonctionnel du système codeur audio de base



4.2 Décodage audiofréquence

Le décodage dans le récepteur, qui repose sur une technique simple de traitement du signal est simple et économique; il exige seulement des opérations de démultiplexage, d'extension et de filtrage inverse. La Fig. 3 donne le diagramme fonctionnel du décodeur.



La trame audiofréquence ISO est introduite dans le décodeur audio ISO/MPEG Couche II qui désassemble les données de la trame afin de reconstituer les divers éléments d'information. L'unité de reconstitution rétablit les échantillons quantifiés de sous-bande et un banc de filtrage inverse transforme les échantillons de sous-bande afin de produire des signaux MIC numériques audiofréquence uniformes à la fréquence d'échantillonnage de 48 kHz.

4.3 Présentation audiofréquence

Les signaux audiofréquence peuvent être présentés sous forme monophonique ou stéréophonique, les canaux audiofréquence peuvent aussi être groupés pour la restitution de l'effet spatial. Les programmes peuvent être reliés de manière à diffuser un même programme simultanément dans plusieurs langues. Afin de satisfaire les auditeurs en milieu bruyant et les amateurs de haute-fidélité, le radiodiffuseur peut émettre un signal facultatif de commande de plage dynamique (CPD) qui peut servir, en milieu bruyant, à comprimer la plage dynamique du signal audiofréquence reproduit par le récepteur. Cette technique peut également être utilisée pour les auditeurs malentendants.

4.4 Présentation des informations associées au service

Pour chaque programme transmis par le système, on peut prévoir de visualiser les informations de service suivantes sur le récepteur:

- étiquette du programme de base (c'est-à-dire le nom du programme);
- heure et date;
- indication de programmes identiques («références réciproques») ou analogues (par exemple, dans une autre langue) diffusés dans un autre ensemble ou diffusés simultanément en modulation d'amplitude ou en modulation de fréquence;
- étiquette de service allongée pour les services associés au programme;
- informations sur le programme (par exemple, nom des artistes, des intervenants, des présentateurs, etc.);

- langue;
- type de programme (par exemple, actualités, sport, musique);
- identificateur d'émetteur;
- informations routières, reproduites au moyen d'un synthétiseur vocal intégré au récepteur.

Des données relatives au réseau d'émetteurs peuvent être également insérées pour usage interne par les radiodiffuseurs.

5 Couche session

Cette couche concerne le choix et l'accès aux informations radiodiffusées.

5.1 Sélection du programme

Pour qu'un récepteur puisse avoir un accès quasi immédiat à certains services ou à tous les services, le CIR transmet des ICM relatives au contenu actuel et futur du multiplex qui sont accessibles en lecture automatique. Les données du CIR ne sont pas entrelacées dans le temps, de sorte que les ICM ne sont pas affectées d'un retard inhérent au processus d'entrelacement temporel appliqué aux services audiofréquence et aux services de données générales. Ces données sont toujours répétées fréquemment pour des raisons de fiabilité. Lorsque la configuration de multiplexage est sur le point de changer, la nouvelle information et l'indication temporelle du changement sont envoyées à l'avance dans l'ICM.

L'auditeur peut choisir les programmes en fonction des informations textuelles transmises dans l'information de service, en utilisant le nom de service du programme, l'identité du type de programme ou la langue. Les ordres de l'auditeur sont alors exécutés par le récepteur qui utilise les éléments correspondants de l'ICM.

Si d'autres sources d'un service de programme donné sont disponibles et si un service numérique n'est plus utilisable, les données de liaison contenues dans l'information de service (à savoir les «références réciproques») peuvent être utilisées pour trouver une autre solution (renvoi, par exemple, vers un service à modulation de fréquence) et se placer en l'écoute sur le programme correspondant à cette solution. Néanmoins, en pareil cas, le récepteur reviendra au service de départ dès que la réception sera possible.

5.2 Accès conditionnel

Le système est prévu pour permettre l'accès conditionnel (synchronisation et contrôle).

L'accès conditionnel peut être appliqué indépendamment à tous les composants du service (transmis dans le canal de service principal (CSP) ou le CIR), aux services proprement dits ou à l'ensemble du multiplex.

6 Couche transport

Cette couche concerne l'identification des groupes de données en tant que services de programme, le multiplexage des données pour ces services et l'association des éléments des données multiplexées.

6.1 Services de programme

On entend par service de programme un programme radiophonique accompagné ou non de services audio et/ou de données supplémentaires, qui sont diffusés par un fournisseur de service (le radiodiffuseur). La capacité totale d'un multiplex peut être affectée à un fournisseur de service (par exemple, la diffusion de cinq ou six services de programme radiophonique de haute qualité), ou répartie entre plusieurs fournisseurs de programmes (par exemple, diffusion collective d'une vingtaine de services de programme de qualité moyenne).

6.2 Multiplex principal des services

Comme indiqué sur la Fig. 1, les données représentant chacun des programmes diffusés (données audionumériques avec des données auxiliaires, voire des données générales) sont protégées des erreurs par codage convolutionnel (voir le § 9.2) et entrelacement temporel. L'entrelacement temporel augmente la fiabilité de la transmission de données dans un environnement variable (par exemple, réception à bord d'un véhicule en mouvement) et impose un retard de transmission prévisible. Les données entrelacées et codées sont ensuite introduites dans le multiplexeur de service principal dans lequel, toutes les 24 ms, les données sont placées en séquence dans la trame multiplex. Le flux binaire combiné en sortie du multiplexeur, qu'on appelle canal CSP, a une capacité brute de 2,3 Mbit/s. Selon la vitesse de codage choisi (qui peut différer pour chacun des composants de service), le débit net est compris entre 0,8 et 1,7 Mbit/s, sur une largeur de bande de 1,5 MHz. C'est au niveau du multiplexeur de service principal que les données synchronisées provenant de tous les services de programme utilisant le multiplex sont regroupées.

Des données générales peuvent être envoyées dans le CSP sous forme d'un flux binaire non structuré ou organisé sous la forme d'un multiplex de paquets, dans lequel plusieurs sources sont combinées. Le débit, qui peut être un multiple quelconque de 8 kbit/s, est synchronisé avec le multiplex du système, sous réserve que la capacité totale du multiplex soit suffisante et compte tenu de la demande de services audio.

Le CIR n'est pas intégré au CSP et ne subit pas d'entrelacement temporel.

6.3 Données auxiliaires

Il existe trois domaines dans lesquels des données auxiliaires peuvent être acheminées dans le multiplex du système:

- le CIR, dont la capacité est limitée en fonction de la quantité d'ICM essentielles incluses;
- données associées au programme: il est possible de pouvoir transmettre une quantité modérée de DAP dans chaque canal audiofréquence;
- toutes les données auxiliaires restantes sont traitées comme un service distinct dans le CSP. La présence de ces données est signalée dans l'information de configuration de multiplexage.

6.4 Association de données

L'ICM, qui est transmise dans le CIR, décrit de façon précise le contenu actuel et futur du CSP. Les éléments essentiels de l'information de service qui concernent le contenu du CSP (pour le choix du programme) doivent être également transmis dans le CIR. Les textes plus longs, par exemple la liste de tous les programmes de la journée, doivent être transmis séparément dans le cadre d'un service de données générales. Ainsi, l'ICM et l'information de service contiennent des contributions provenant de tous les programmes diffusés.

Les DAP sont transmises dans chaque canal audio car elles comprennent surtout l'information qui est étroitement liée au programme radiophonique; elles ne peuvent donc pas être envoyées par un autre canal de transmission de données, sur lequel le temps de propagation pourrait être différent.

7 Couche réseau

Cette couche concerne l'identification de groupes de données en tant que programmes.

7.1 Trames audio ISO

Dans le codeur de la source audio, les processus sont exécutés pendant les trames audio ISO d'une durée de 24 ms. L'attribution des bits, qui varie d'une trame à l'autre et les facteurs d'échelle sont codés et multiplexés avec les échantillons de sous-bande dans chaque trame audio. L'unité d'assemblage de trame (voir la Fig. 2) assemble le flux de données délivrées par le quantificateur et le codeur et y ajoute d'autres informations, comme un en-tête, les mots du code CRC pour la détection des erreurs et les DAP, qui sont acheminées avec le signal audio codé. Chaque canal audiofréquence contient une voie de DAP de capacité variable (en général 2 kbit/s au moins), qui peut servir à acheminer une information étroitement liée au programme radiophonique (œuvres lyriques, indication parole/musique et information de CPD, par exemple).

La trame audio résultante contient, pour un seul programme, des données représentant une durée de 24 ms d'informations stéréophoniques (ou monophoniques), plus les DAP; elle correspond au format de Couche II de l'ISO 11172-3, de sorte qu'on peut la considérer comme une trame ISO. Cela permet d'utiliser un décodeur audiofréquence ISO/MPEG de Couche II dans le récepteur.

8 Couche liaison de données

Cette couche concerne les moyens permettant la synchronisation du récepteur.

8.1 Trame de transmission

Pour faciliter la synchronisation du récepteur, le signal diffusé a une structure de trame régulière (voir la Fig. 4) comprenant une séquence fixe de symboles. Chaque trame de transmission commence par un symbole zéro pour assurer une synchronisation approximative (lorsqu'aucun signal RF n'est diffusé), suivi d'un symbole de référence fixe pour assurer une synchronisation précise, des fonctions de contrôle automatique du gain et de la fréquence et de référence de phase dans le récepteur; ces symboles constituent le canal de synchronisation. Les symboles suivants sont réservés au CIR et les symboles restant fournissent le CSP. La durée totale de trame T_F est de 96 ms ou de 24 ms selon le mode de transmission, comme indiqué au Tableau 4.

FIGURE 4
Structure de la trame du multiplex

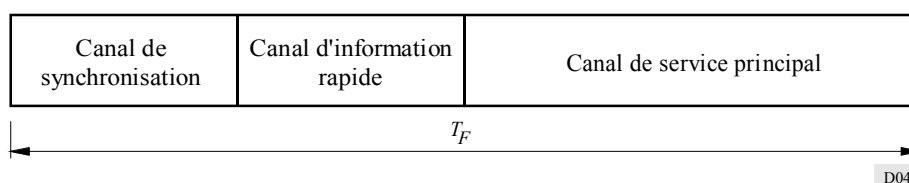


TABLEAU 4

Paramètres de transmission du Système A

	Mode I	Mode II	Mode III
Durée totale de la trame, T_F	96 ms	24 ms	24 ms
Durée du symbole zéro, T_{NULL}	1,297 ms	324 μ s	168 μ s
Durée des symboles MROF, T_S	1,246 ms	312 μ s	156 μ s
Inverse de l'espacement entre porteuses, T_u	1 ms	250 μ s	125 μ s
Durée de l'intervalle de garde, Δ ($T_S = T_u + \Delta$)	246 μ s	62 μ s	31 μ s
Nombre de porteuses émises, K	1 536	384	192

Chaque service audiofréquence du CSP se voit attribuer un intervalle de temps fixe dans la trame.

9 Couche physique

Cette couche concerne les moyens de transmission radioélectrique (c'est-à-dire la méthode de modulation et la protection contre les erreurs).

9.1 Dispersion d'énergie

Afin d'assurer une dispersion d'énergie correcte dans le signal transmis, chaque source alimentant le multiplex est brouillée.

9.2 Codage convolutionnel

Le codage convolutionnel est appliqué à chacune des sources de données alimentant le multiplex, afin d'obtenir une réception fiable. Le processus de codage passe par l'adjonction volontaire de redondances aux paquets de données de la source (longueur imposée de 7). Les paquets ainsi obtenus sont appelés paquets de données «brutes».

Dans le cas d'un signal audio, certains bits codés à la source sont volontairement mieux protégés, suivant un schéma prédéterminé appelé profil de protection inégale d'erreurs. Le rendement moyen du codage, défini comme le rapport entre le nombre de bits codés à la source au nombre de bits après le codage par convolution, est compris entre 1/3 (niveau de protection le plus élevé) et 3/4 (niveau de protection le plus faible). Différents rendements moyens peuvent être appliqués à différentes sources audio, selon le niveau de protection exigé et le débit binaire de données codées à la source. Par exemple, le niveau de protection des services audio assurés par réseau câblé peut être inférieur à celui retenu pour les services transmis par canal hertzien.

Les services de données générales sont codés par convolution au moyen d'une sélection de rendement uniforme. Les données du CIR sont codées au rendement constant de 1/3.

9.3 Entrelacement temporel

Pour faciliter la réception par un récepteur mobile, un entrelacement temporel d'une profondeur de 16 trames est appliqué aux données après codage convolutionnel.

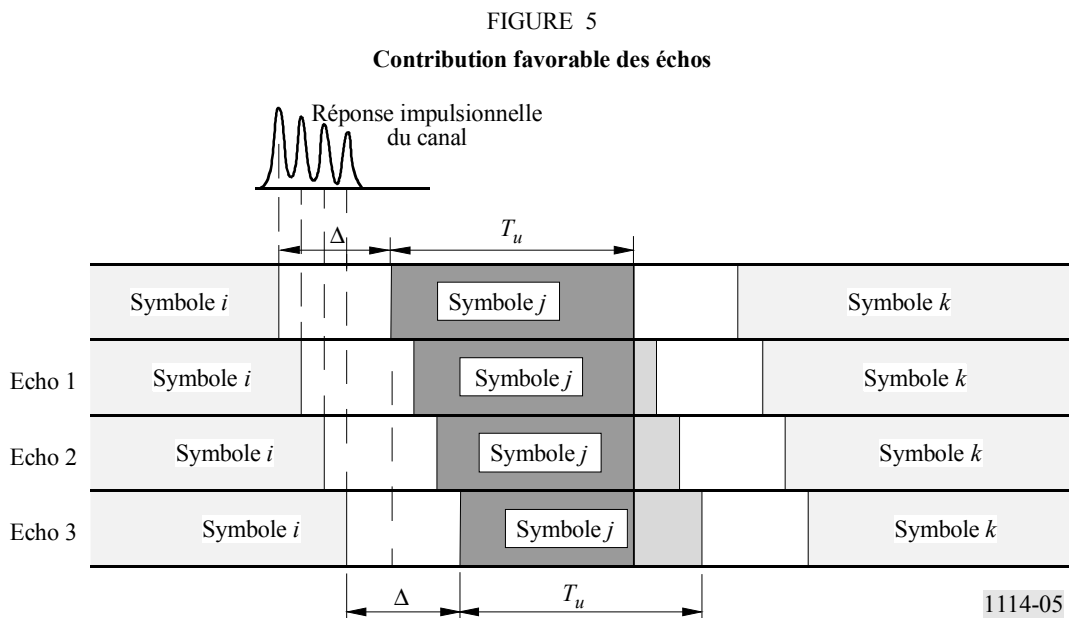
9.4 Entrelacement fréquentiel

En présence de phénomènes de propagation par trajets multiples, certaines porteuses sont renforcées par des «interférences constructives», alors que d'autres sont affaiblies par des «interférences destructives» (évanouissement du signal sélectif en fréquence). C'est la raison pour laquelle le système effectue un entrelacement fréquentiel par réarrangement du flux binaire parmi les différentes porteuses, de telle sorte que les échantillons successifs d'une même source ne sont pas tous soumis à l'évanouissement sélectif. Quand le récepteur est immobile, la diversité en fréquence est le principal moyen d'obtenir une bonne réception.

9.5 Modulation par MDP-4D MROF

Le Système A utilise la modulation MDP-4D MROF. Ce type de modulation satisfait aux conditions très rigoureuses de la radiodiffusion numérique à grand débit binaire destinée aux récepteurs mobiles, portables et fixes, et en particulier en présence de phénomènes de propagation par trajets multiples.

Le principe de base consiste à diviser l'information à diffuser en un grand nombre de flux binaires à un faible débit qui servent à moduler ensuite différentes sous-porteuses. La durée de symbole correspondante est alors supérieure à l'étalement du temps de propagation dans le canal de transmission. Dans le récepteur, tout écho d'une durée inférieure à l'intervalle de garde ne cause pas de brouillage intersymbole mais contribue au contraire de manière positive à la puissance reçue (voir la Fig. 5). Le grand nombre K de sous-porteuses est désigné collectivement sous l'appellation d'ensemble.



En présence de phénomènes de propagation par trajets multiples, certaines porteuses sont favorisées par des signaux favorables alors que d'autres subissent des interférences défavorables (évanouissement sélectif en fréquence). Par conséquent, le Système A assure une redistribution des éléments du flux binaire dans le temps et en fréquence, de telle sorte que les échantillons source successifs sont affectés par des évanouissements indépendants. Lorsque le récepteur est immobile,

la diversité de fréquences est le seul moyen d'assurer une bonne réception; la diversité de temps obtenue par l'entrelacement temporel n'apporte aucune amélioration pour un récepteur immobile. Pour le Système A, la propagation par trajets multiples est une forme de diversité d'espace; on considère qu'elle offre un avantage important, ce qui contraste fortement avec les systèmes classiques à modulation de fréquence ou numériques à bande étroite dans lesquels la propagation par trajets multiples peut empêcher toute réception d'un service.

Pour tout système pouvant bénéficier de la propagation par trajets multiples, la fiabilité du système est d'autant plus élevée que la largeur de bande du canal est grande. Dans le système, une largeur de bande d'ensemble de 1,5 MHz a été choisie pour bénéficier des avantages de la technique à large bande, et pour permettre également une certaine souplesse de planification. Le Tableau 4 indique aussi le nombre de porteuses MROF contenues dans cette largeur de bande pour chaque mode de transmission.

L'utilisation du multiplexage MROF offre un autre avantage: il permet d'obtenir une grande efficacité d'utilisation du spectre et de la puissance avec des réseaux monofréquence couvrant une zone étendue, ainsi qu'avec des réseaux denses pour zone urbaine. Les émetteurs diffusant le même programme peuvent émettre à la même fréquence quel que soit leur nombre, ce qui se traduit en outre par une réduction générale de la puissance de fonctionnement nécessaire. On peut ainsi réduire considérablement les distances de réutilisation des fréquences entre différentes zones de service.

Du fait que les échos renforcent le signal reçu, les récepteurs de tous types (portatifs, domestiques et à bord de véhicules) peuvent utiliser des antennes simples et non directives.

9.6 Spectre d'émission du Système A

A titre d'exemple, le spectre théorique du Système A est illustré à la Fig. 6 pour le mode de transmission II.

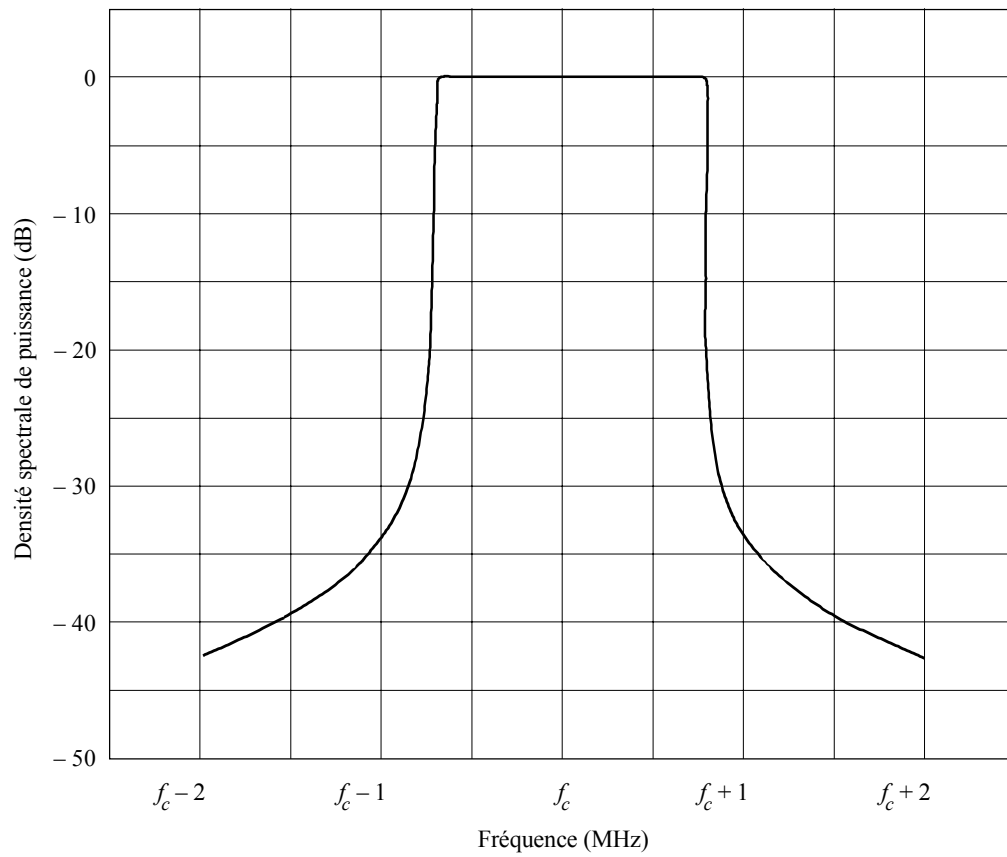
Le spectre du signal rayonné hors bande dans une bande quelconque de 4 kHz devrait se situer dans les limites d'un des gabarits définis à la Fig. 7.

Le gabarit en traits pleins devrait s'appliquer aux émetteurs en ondes métriques dans des zones critiques pour les brouillages dans le canal adjacent. Le gabarit en pointillés devrait s'appliquer aux émetteurs en ondes métriques dans les autres cas et aux émetteurs en ondes décimétriques dans des cas critiques pour les brouillages dans le canal adjacent.

Il est possible d'abaisser le niveau du signal à des fréquences situées en dehors de la largeur de bande normale de 1,536 MHz en utilisant un filtre approprié.

FIGURE 6

Spectre d'émission théorique du Système A (Mode de transmission II)

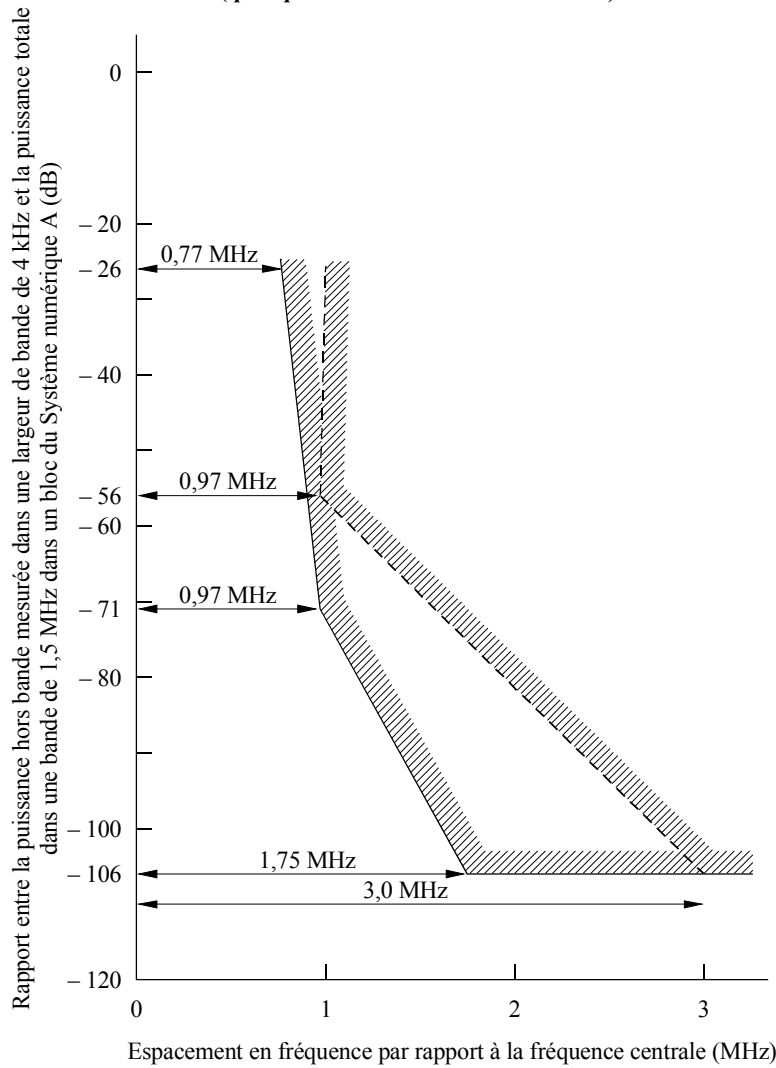


f_c : fréquence centrale du canal

1114-06

FIGURE 7

Gabarit du spectre hors bande pour un signal d'émission du Système A
(quel que soit le mode de transmission)



———— Gabarit du spectre pour des émetteurs en ondes métriques dans des zones critiques pour les brouillages dans le canal adjacent

- - - - - Gabarit du spectre pour les émetteurs dans d'autres cas

1114-07

10 Qualité de fonctionnement RF du Système A

Des tests d'évaluation de la qualité de fonctionnement du Système A ont été effectués en Mode I à 226 MHz et en Mode II à 1480 MHz, pour diverses conditions représentatives de la réception mobile et fixe. Les taux d'erreur binaire (TEB) ont été mesurés en fonction du rapport signal/bruit, S/N , sur un canal de données dans les conditions suivantes:

$$D = 64 \text{ kbit/s}, \quad R = 0,5$$

$$D = 24 \text{ kbit/s}, \quad R = 0,375$$

où:

D : débit de données à la source

R : rendement moyen de codage du canal

10.1 TEB en fonction de S/N , sur une largeur de bande de 1,5 MHz et sur un canal gaussien

Du bruit blanc gaussien a été ajouté au signal pour faire varier S/N à l'entrée du récepteur. Les Fig. 8 et 9 montrent les résultats obtenus. Par exemple, pour un rendement $R = 0,5$, les résultats mesurés (Fig. 8) peuvent être comparés à ceux obtenus par simulation informatique pour mettre en valeur la qualité de fonctionnement propre du système. On constate qu'on dispose d'une marge de mise en œuvre de moins de 1,0 dB pour un TEB de 1×10^{-4} .

10.2 TEB en fonction de S/N , sur une largeur de bande de 1,5 MHz et sur un canal de Rayleigh simulé dans un environnement rural

Les mesures du TEB en fonction de S/N ont été faites sur des canaux de données à l'aide d'un simulateur de canal avec évanouissement. Les simulations sur un canal de Rayleigh correspondent à la Fig. 5 dans la documentation Cost 207 (zone rurale type, 0-0,5 μ s) la vitesse de déplacement du récepteur étant de 15 km/h.

Les résultats sont indiqués aux Fig. 10 et 11.

10.3 TEB en fonction de S/N , sur une largeur de bande de 1,5 MHz et sur un canal de Rayleigh simulé dans un environnement rural

Des mesures du TEB en fonction de S/N ont été exécutées sur des canaux de données à l'aide d'un simulateur de canal avec évanouissement. Les simulations sur le canal de Rayleigh correspondent à la Fig. 4 dans la documentation Cost 207 (environnement rural, non vallonné, 0-5 μ s) la vitesse de déplacement du récepteur étant de 130 km/h. Les résultats sont indiqués aux Fig. 12 et 13.

FIGURE 8

TEB en fonction du rapport S/N pour le Système A (Mode de transmission I) - Canal gaussien

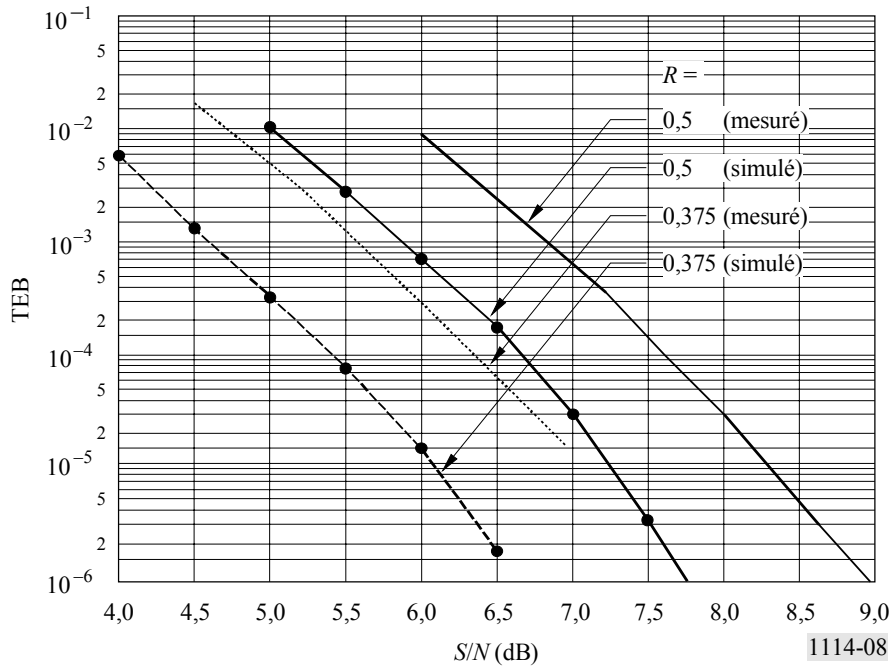


FIGURE 9

TEB en fonction du rapport S/N pour le Système A (Mode de transmission II ou III) - Canal gaussien

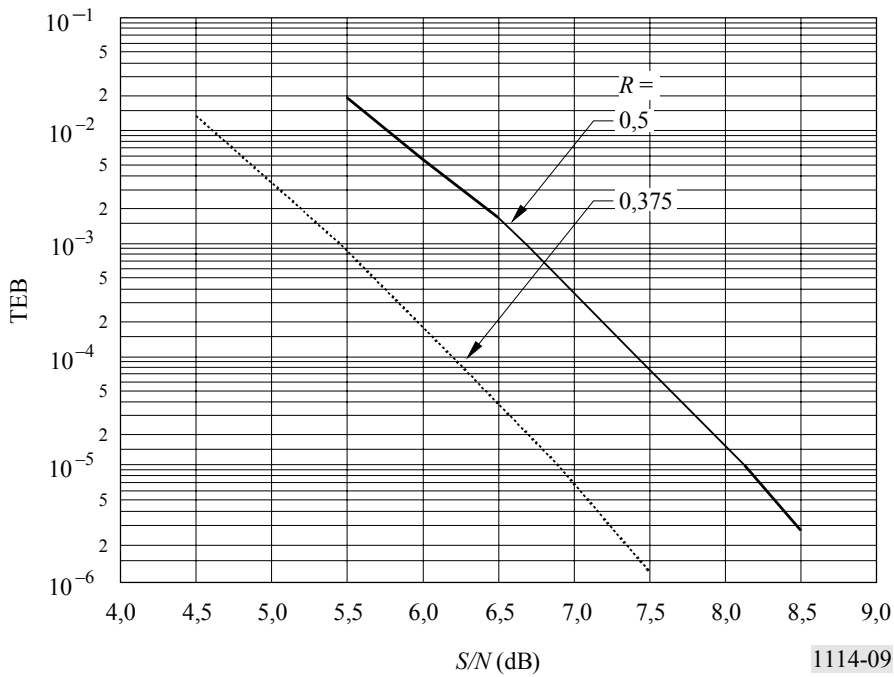


FIGURE 10

TEB en fonction du rapport S/N pour le Système A (Mode de transmission I, 226 MHz)

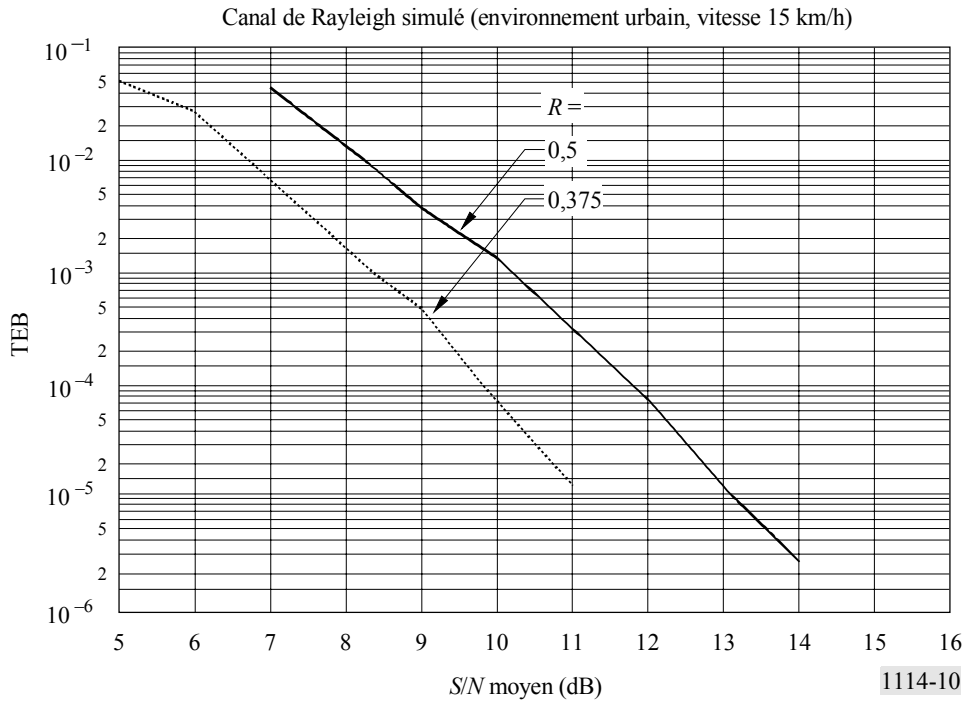


FIGURE 11

TEB en fonction du rapport S/N pour le Système A (Mode de transmission II, 1 480 MHz)

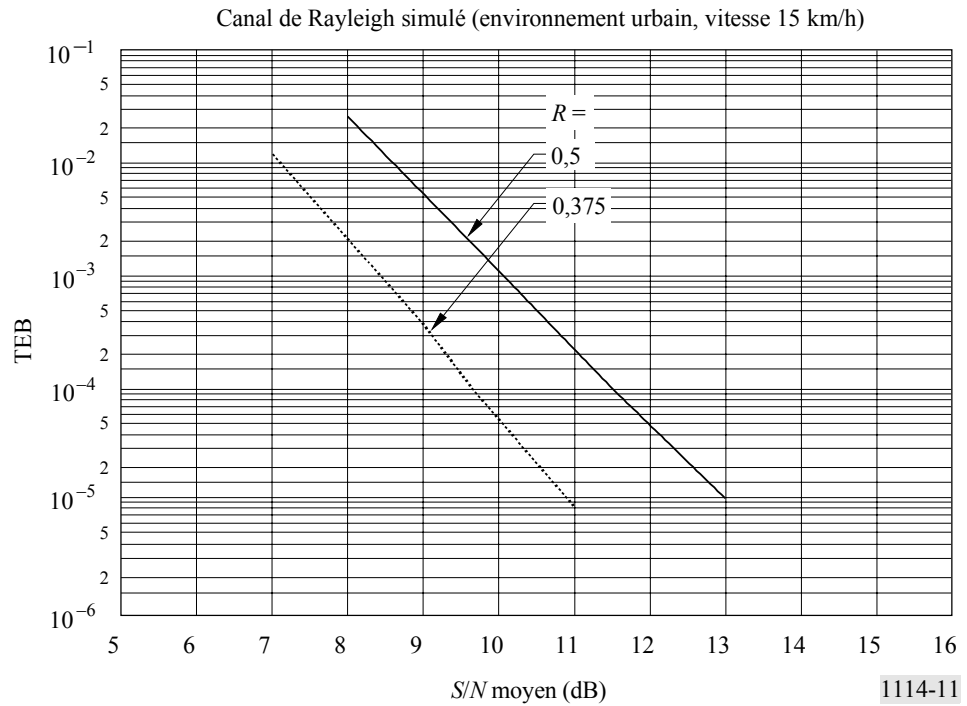
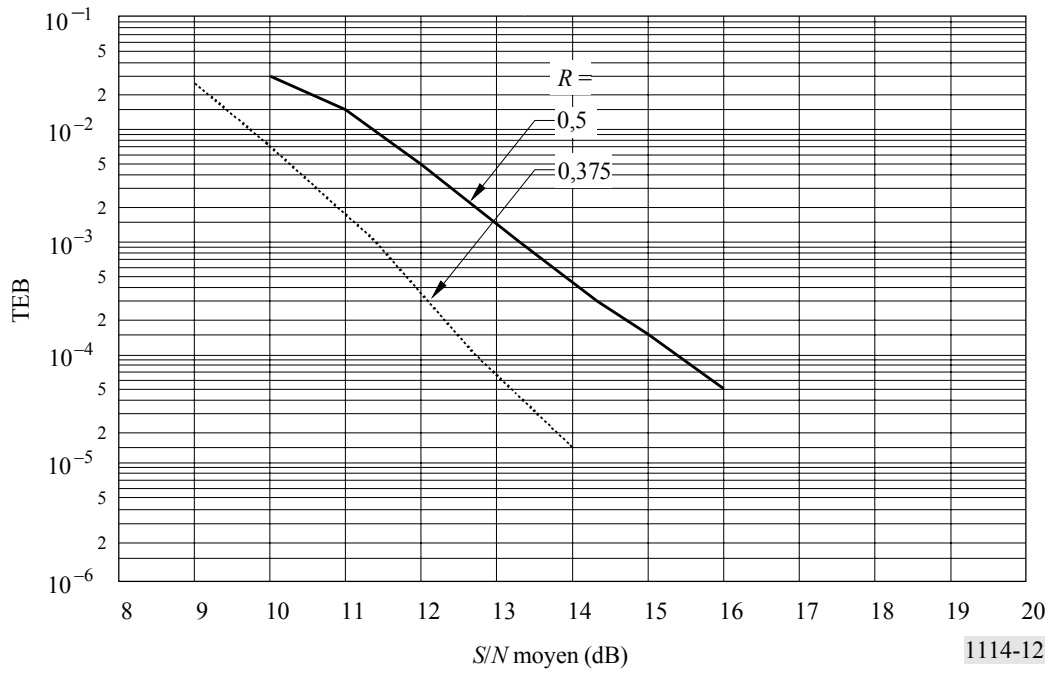


FIGURE 12

TEB en fonction du rapport S/N pour le Système A (Mode de transmission I, 226 MHz)

Canal de Rayleigh simulé (environnement rural, vitesse 130 km/h)

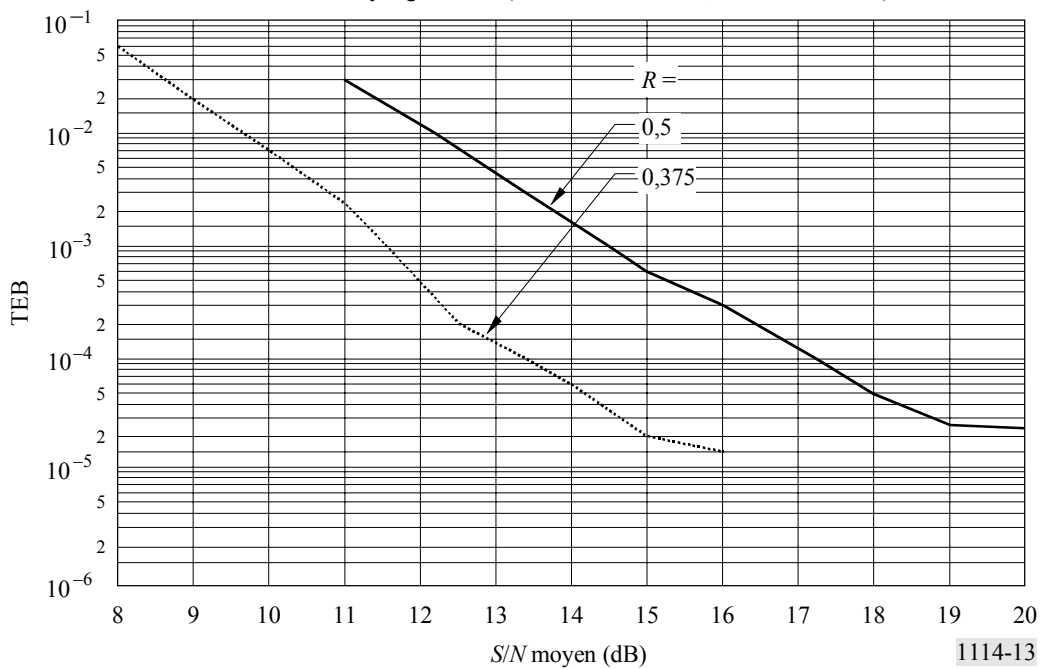


1114-12

FIGURE 13

TEB en fonction du rapport S/N pour le Système A (Mode de transmission II, 1 480 MHz)

Canal de Rayleigh simulé (environnement rural, vitesse 130 km/h)



1114-13

10.4 Qualité sonore en fonction de S/N

On a procédé à un certain nombre d'évaluations subjectives pour évaluer la qualité du son en fonction de S/N . Pour le trajet de transmission, on a utilisé l'équipement nécessaire pour établir S/N dans un canal gaussien; pour le canal de Rayleigh, on a utilisé un simulateur de canal avec évanouissement. Deux modèles «de simulation» différents, identiques à ceux décrits aux § 10.2 et 10.3, ont été utilisés dans le cas d'un canal de Rayleigh.

Dans chaque cas, il a été procédé à un essai d'écoute pendant lequel S/N a été réduit par pas de 0,5 dB en fonction des deux conditions suivantes:

- Le seuil de dégradation, c'est-à-dire le moment auquel les effets des erreurs commencent à se faire sentir. Ce seuil a été défini comme étant le moment où il se produit 3 ou 4 erreurs dans un intervalle d'environ 30 s.
- Le seuil de tolérance des dégradations, c'est-à-dire le moment auquel un auditeur cesserait vraisemblablement d'écouter le programme parce que celui-ci est devenu inintelligible ou parce que le confort d'écoute n'est plus celui recherché. Ce seuil a été défini comme étant le moment où les erreurs se produisent quasiment sans interruption et où la réception du programme est interrompue deux ou trois fois dans un intervalle d'environ 30 s.

Deux valeurs de S/N ont été relevées pour chaque essai; elles traduisent le consensus auquel est parvenu le groupe d'ingénieurs du son. Les résultats présentés ci-après correspondent aux valeurs moyennes résultant de plusieurs essais effectués avec différentes séquences de programmes.

TABLEAU 5

Qualité du son en fonction de S/N pour le Système A (Mode de transmission I): canal gaussien

Codage source		Rendement moyen de codage de canal	Seuil de dégradation S/N (dB)	Seuil de tolérance des dégradations S/N (dB)
Débit binaire (kbit/s)	Mode			
256	Stéréo	0,6	7,6	5,5
224	Stéréo	0,6	8,3	5,9
224	Stéréo	0,5	7,0	4,8
224	Stéréo converti en mono	0,5	6,8	4,5
192	Stéréo converti en mono	0,5	7,2	4,7
64	Mono	0,5	6,8	4,5

TABLEAU 6

**Qualité du son en fonction de S/N pour le Système A
(Mode de transmission II ou III) – Canal gaussien**

Codage source		Rendement moyen de codage de canal	Seuil de dégradation S/N (dB)	Seuil de tolérance des dégradations S/N (dB)
Débit binaire (kbit/s)	Mode			
256	Stéréo	0,6	7,7	5,7
224	Stéréo	0,6	8,2	5,8
224	Stéréo	0,5	6,7	4,9
224	Stéréo converti en mono	0,5	6,6	4,6
192	Stéréo converti en mono	0,5	7,2	4,6
64	Mono	0,5	6,9	4,5

TABLEAU 7

**Qualité du son en fonction de S/N pour le Système A
Canaux de Rayleigh simulés (224 kbit/s stéréo, taux de codage 0,5)**

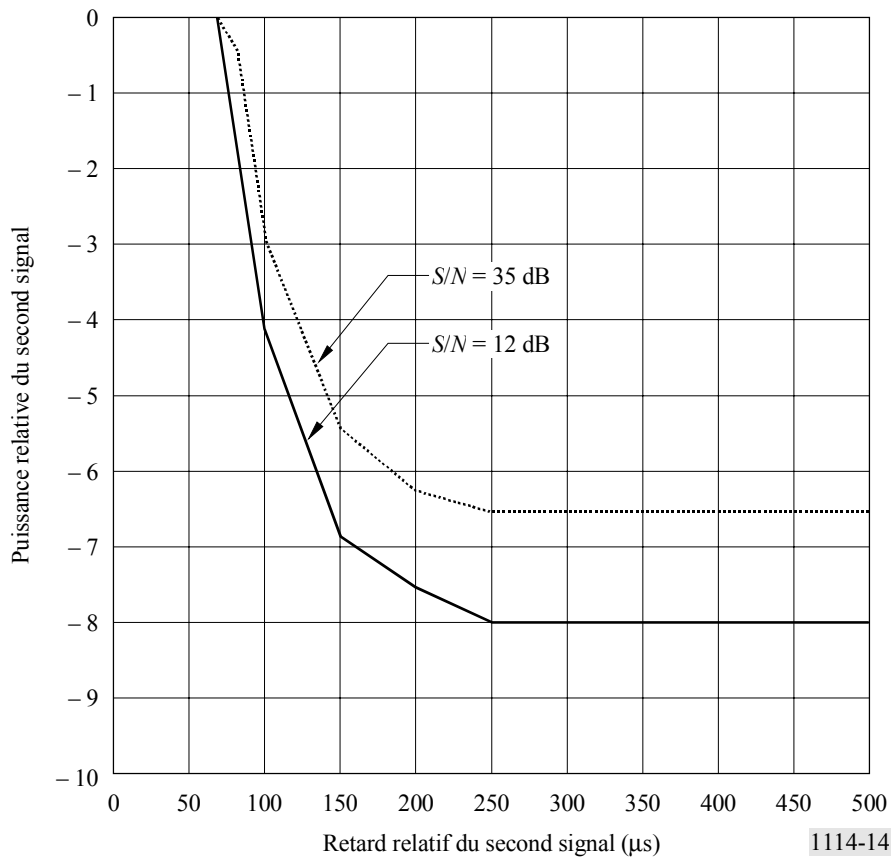
Mode	Fréquence (MHz)	Canal	Vitesse (km/h)	Seuil de dégradation S/N (dB)	Seuil de tolérance des dégradations S/N (dB)
I	226	Urbain	15	16,0	9,0
II	1 500	Urbain	15	13,0	7,0
I	226	Rural	130	17,6	10,0
II	1 500	Rural	130	18,0	10,0

10.5 Possibilité de fonctionnement dans des réseaux monofréquences

Un signal du Système A (Mode de transmission II) a été traité par un simulateur de canal pour générer deux versions du signal, l'une représentant le signal reçu sur un trajet de transmission de référence, sans retard et à puissance constante et l'autre représentant un signal avec retard provenant d'un deuxième émetteur d'un réseau monofréquence (ou un autre écho à temps de propagation important). Le décalage Doppler appliqué au second signal était compatible avec les possibilités limites du Système A. Deux séries de mesures ont été faites: dans la première, le S/N du signal reçu total avait été fixé à 12 dB et dans la seconde à 35 dB. On a mesuré la puissance relative du second signal avec retard en faisant varier le retard sur un canal de données caractérisé par un TEB de 1×10^{-4} , un débit de 64 kbit/s et un taux de codage de 0,5. Les résultats sont indiqués à la Fig. 14.

L'intervalle de garde est de 64 μs en Mode de transmission II; les résultats font donc apparaître qu'il n'y a aucune dégradation tant que le second signal est situé dans l'intervalle de garde.

FIGURE 14
Exemple de possibilité d'un réseau monofréquence pour le
Système A (Mode de transmission II)



ANNEXE 3

Système numérique F

1 Introduction

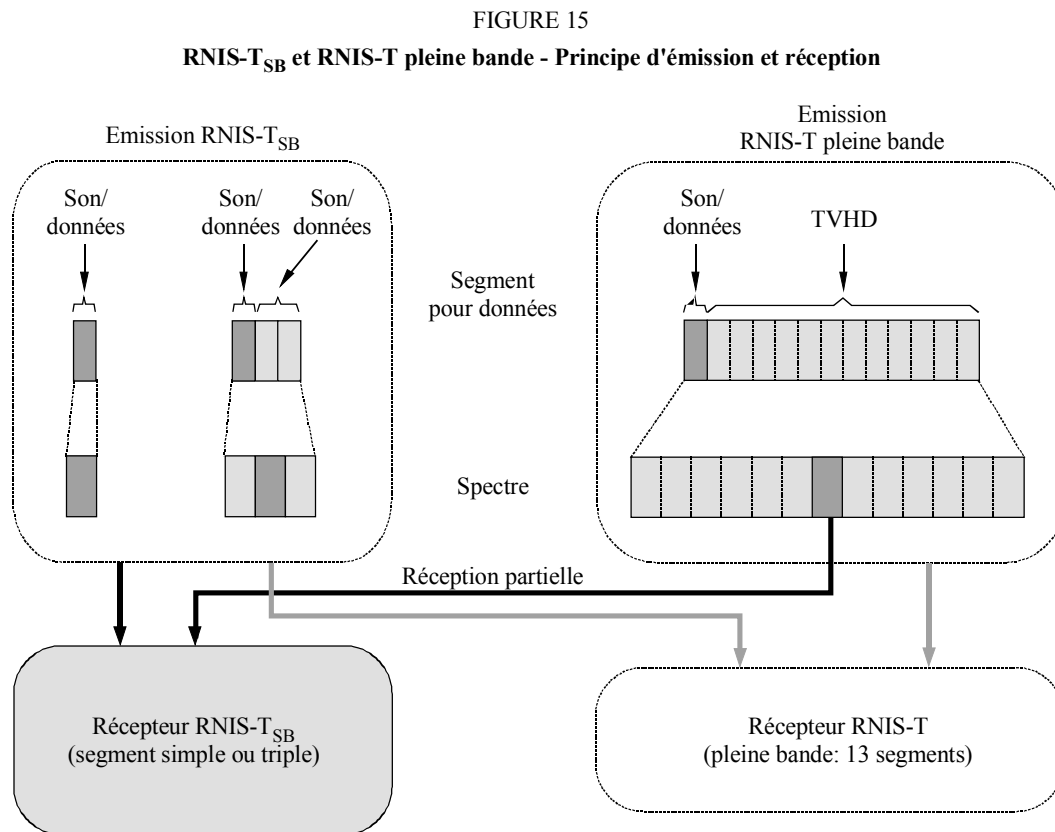
Le Système numérique F (Système F), également connu en tant que Système RNIS- T_{SB} est conçu pour la radiodiffusion sonore et de données de haute qualité avec une grande fiabilité même en réception mobile. Il est conçu pour être flexible et évolutif, pour présenter une grande analogie avec la radiodiffusion multimédia utilisant des réseaux de Terre et pour être conforme aux caractéristiques prescrites dans la Recommandation UIT-R BS.774.

C'est un système robuste qui utilise la modulation avec multiplexage MROF, l'entrelacement fréquence-temps bidimensionnel et des codes de correction d'erreur concaténés. La modulation à MROF utilisée par le système est appelée BST-MROF (BST étant la transmission à segmentation de bande). Le Système F présente des éléments communs avec le système RNIS-T de radiodiffusion de télévision de Terre numérique dans la couche physique. La largeur de bande d'un bloc MROF, appelé segment MROF, est de 500 kHz, environ. Etant donné que le Système F est constitué d'un ou de trois segments MROF, sa largeur de bande est d'environ 500 kHz ou 1,5 MHz environ.

Il comporte de nombreux paramètres de transmission tels que le système de modulation de porteuse, les taux de codage du code de correction d'erreur interne ainsi que la longueur de l'entrelacement temporel. Certaines des porteuses sont assignées à la commande TMCC qui transmet les informations sur les paramètres de transmission pour la commande du récepteur.

Le Système F peut utiliser des méthodes de codage audio à forte compression telles que MPEG-2 Couche II, AC-3 et MPEG-2 AAC. Enfin, il utilise les systèmes MPEG-2. Il présente des caractéristiques d'analogie et d'interopérabilité avec de nombreux autres systèmes utilisant les systèmes MPEG-2 tels que RNIS-S, RNIS-T, DVB-S et DVB-T.

La Fig. 15 montre les concepts de transmission RNIS-T_{SB} et RNIS-T pleine bande ainsi que la réception correspondante.



TVHD: Télévision à haute définition

1114-15

2 Caractéristiques du Système F

2.1 Robustesse

Le Système F utilise la modulation à multiplexage MROF, l'entrelacement fréquentiel et temporel bidimensionnel et des codes de correction d'erreur concaténés. Le MROF est une méthode de modulation multiporteuse, insensible aux trajets multiples et qui, en particulier, ajoute un intervalle de garde dans le domaine temporel. L'information émise est répartie dans les domaines fréquentiel et temporel par entrelacement, puis elle est corrigée par le décodeur de Viterbi et le décodeur Reed-Solomon (RS). C'est ainsi que l'on obtient dans le récepteur un signal de haute qualité, même en présence d'une importante propagation par trajets multiples, que le récepteur soit fixe ou mobile.

2.2 Grand choix de modes d'émission

Le Système F utilise la transmission BST-MROF à un ou trois segments MROF, c'est-à-dire la transmission à segment simple ou triple. La largeur de bande du segment MROF est définie d'une des trois manières selon le gabarit de canal de référence, soit 6, 7 ou 8 MHz. La largeur de bande est égale au quatorzième de la largeur de bande du canal de référence (6, 7 ou 8 MHz), c'est-à-dire 429 kHz (6/14 MHz), 500 kHz (7/14 MHz) ou 571 kHz (8/14 MHz). La largeur de bande du segment MROF doit être choisie en fonction de la situation des fréquences de chaque pays.

La largeur de bande d'un segment simple est d'environ 500 kHz, raison pour laquelle la largeur de bande en transmission à segment simple est de 500 kHz environ et celle de la transmission à segment triple de 1,5 MHz environ.

Le Système F propose un choix de trois modes de transmission qui permet d'utiliser une large gamme de fréquences d'émission et quatre longueurs d'intervalle de garde possibles pour la détermination de la distance entre émetteurs de réseau à fréquence unique (SFN, *single frequency network*). Ces modes de transmission ont été conçus pour faire face à l'étalement Doppler et à l'étalement temporel de propagation compte tenu de la réception mobile en présence d'échos par trajets multiples.

2.3 Souplesse

La structure multiplexée du Système F est entièrement conforme à l'architecture des systèmes MPEG-2. Pour cette raison, il est possible de transmettre simultanément plusieurs contenus numériques tels que son, texte, images fixes et/ou données.

Le radiodiffuseur peut aussi choisir, selon ses préférences, la méthode de modulation de la porteuse, le rendement de codage avec correcteur d'erreur, le temps d'entrelacement, etc., du système. Quatre méthodes de modulation de porteuse sont possibles, MDP-4D, MDP-4, MAQ-16 et MAQ-64, cinq taux de codage, 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 et 7/8, et cinq temps d'entrelacement, de 0 à environ 1 s. La porteuse TMCC transmet au récepteur les informations sur le type de modulation et le taux de codage utilisés par le système.

2.4 Analogie et interopérabilité

Le Système F utilise la modulation BST-MROF et les systèmes MPEG-2; il présente donc des éléments communs avec le système RNIS-T pour la radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre (DTTB, *digital terrestrial television broadcasting*) au niveau de la couche physique, ainsi qu'avec les systèmes RNIS-T, RNIS-S, DVB-T et DVB-S qui utilisent les systèmes MPEG-2 dans la couche transport.

2.5 Transmission et codage de la source efficaces

Le Système F utilise le MROF, une méthode de modulation très efficace au niveau de l'utilisation de la bande de fréquences qui permet aussi de faire des réseaux de radiodiffusion avec réutilisation des fréquences utilisant des émetteurs additionnels fonctionnant tous à la même fréquence rayonnée.

Par ailleurs, les canaux de radiodiffuseurs indépendants peuvent être transmis ensemble sans bande de garde par le même émetteur tant que la fréquence et la synchronisation des bits sont les mêmes dans les différents canaux.

Le Système F peut adopter le codage MPEG-2 AAC. La qualité «proche du CD» peut être obtenue au débit de 144 kbit/s pour la stéréophonie.

2.6 Indépendance des radiodiffuseurs

Il s'agit d'un système à bande étroite pour l'émission d'au moins un programme sonore. Pour cette raison, les radiodiffuseurs peuvent disposer de leur propre canal RF dans lequel ils peuvent choisir eux-mêmes les paramètres de transmission.

2.7 Faible consommation

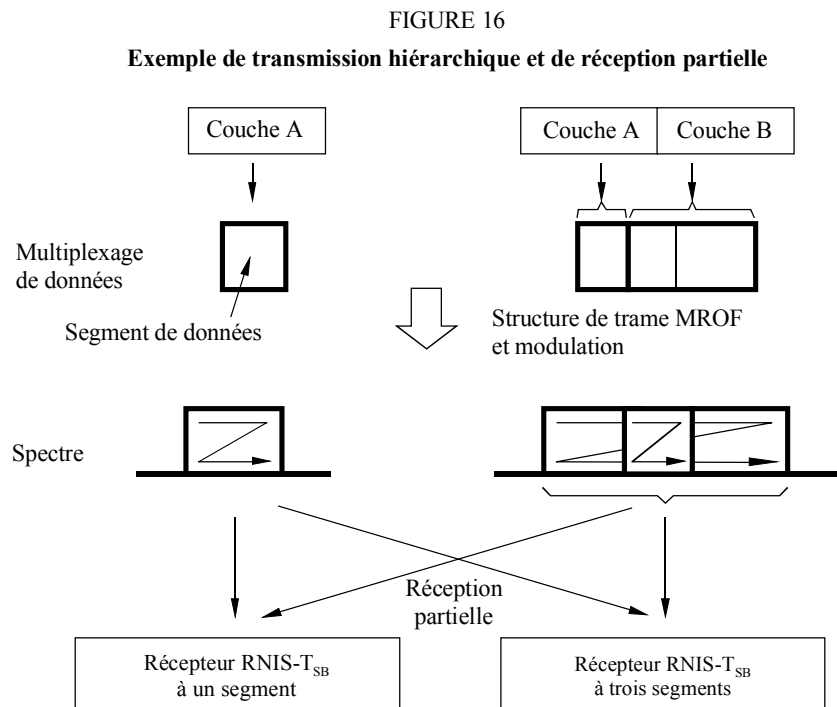
Pratiquement tous les dispositifs peuvent être rendus petits et légers par l'emploi de circuits intégrés à grande échelle. L'aspect le plus important des efforts visant à réduire la taille de la batterie est la faible consommation de courant du dispositif. Plus l'horloge du système est lente, plus la consommation est faible. Pour cette raison, un système à bande étroite, à faible débit tel que celui de la transmission par segment unique permet de réaliser un récepteur portatif et léger.

2.8 Transmission hiérarchique et réception partielle

Dans la transmission à triple segment, on peut obtenir tant un mode de transmission non hiérarchique que hiérarchique. En transmission hiérarchique, il y a deux couches, A et B. Les paramètres de transmission du système de modulation de la porteuse, les rendements de codage du code interne et le temps d'entrelacement peuvent être changés d'une couche à l'autre.

Le segment central de la transmission hiérarchique peut être reçu par un récepteur à segment unique. En raison de la structure commune du segment MROF, le récepteur à segment unique peut partiellement recevoir le segment central d'un signal RNIS-T pleine bande lorsque celui-ci est utilisé pour la transmission d'un programme indépendant.

La Fig. 16 est un exemple de transmission hiérarchique et de réception partielle.



1114-16

3 Paramètres de transmission

On peut attribuer au Système F une disposition des canaux à 6 MHz, 7 MHz ou 8 MHz. La largeur de bande de segment est le quatorzième de la largeur de bande du canal, soit 429 kHz (6/14 MHz),

500 kHz (7/14 MHz) ou 571 kHz (8/14 MHz). Toutefois, la largeur de bande de segment peut être choisie en fonction de la situation des fréquences dans chaque pays.

Les paramètres de transmission du système RNIS- T_{SB} sont reproduits dans le Tableau 8.

TABLEAU 8
Paramètres de transmission du système RNIS- T_{SB}

Mode		Mode 1	Mode 2	Mode 3
Nombre total de segments ⁽¹⁾ ($N_s = n_d + n_c$)		1, 3		
Gabarit de canal de référence (BW_f)		6, 7, 8 (MHz)		
Largeur de bande de segment (BW_s)		$BW_f \times 1\ 000/14$ (kHz)		
Largeur de bande utilisée (BW_u)		$BW_s \times N_s + C_s$ (kHz)		
Nombre de segments pour modulation différentielle		n_d		
Nombre de segments pour modulation cohérente		n_c		
Espacement des porteuses (C_s)		$BW_s/108$ (kHz)	$BW_s/216$ (kHz)	$BW_s/432$ (kHz)
Nombre de porteuses	Total	$108 \times N_s + 1$	$216 \times N_s + 1$	$432 \times N_s + 1$
	Données	$96 \times N_s$	$192 \times N_s$	$384 \times N_s$
	SP ⁽²⁾	$9 \times n_c$	$18 \times n_c$	$36 \times n_c$
	CP ⁽²⁾	$n_d + 1$	$n_d + 1$	$n_d + 1$
	TMCC ⁽³⁾	$n_c + 5 \times n_d$	$2 \times n_c + 10 \times n_d$	$4 \times n_c + 20 \times n_d$
	AC1 ⁽⁴⁾	$2 \times N_s$	$4 \times N_s$	$8 \times N_s$
	AC2 ⁽⁴⁾	$4 \times n_d$	$9 \times n_d$	$19 \times n_d$
Modulation de porteuse		MDP-4D, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64		
Nombre de symboles par trame		204		
Durée utile du symbole (T_u)		$1\ 000/C_s$ (μ s)		
Durée d'intervalle de garde (T_g)		1/4, 1/8, 1/16 ou 1/32 de T_u		
Durée de symbole totale (T_s)		$T_u + T_g$		
Durée de trame (T_f)		$T_s \times 204$		
Échantillons TFR (F_s)		256 ($N_s = 1$) 512 ($N_s = 3$)	512 ($N_s = 1$) 1 024 ($N_s = 3$)	1 024 ($N_s = 1$) 2 048 ($N_s = 3$)
Horloge d'échantillonnage TFR (F_{sc})		$F_{sc} = F_s/T_u$ (MHz)		
Code interne		Code convolutionnel (taux de codage = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) (code mère = 1/2)		
Code externe		Code RS (204,188)		
Paramètre d'entrelacement temporel (I)		0, 4, 8, 16, 32	0, 2, 4, 8, 16	0, 1, 2, 4, 8
Durée d'entrelacement temporel		$I \times 95 \times T_s$		

TFR: transformée de Fourier rapide

- (1) Le Système F utilise un ou trois segments pour les services audio, mais tout nombre de segments peut être utilisé pour d'autres services tels que la télévision. (Voir le Système C de la Recommandation UIT-R BT.1306).
- (2) On peut utiliser les porteuses pilotes réparties (SP, *scattered pilot*) ou les porteuses pilotes continues (CP, *continual pilot*) pour la synchronisation des fréquences et l'estimation des canaux.
Le nombre de porteuses CP englobe toutes les porteuses CP sur tous les segments et une porteuse CP pour le bord supérieur de l'ensemble de la largeur de bande.
- (3) La commande TMCC achemine l'information sur les paramètres de transmission.
- (4) Le canal auxiliaire (AC, *auxiliary channel*) achemine les informations auxiliaires relatives au fonctionnement du réseau.

4 Codage de la source

La structure multiplexée du Système F est entièrement conforme à l'architecture des systèmes MPEG-2; il est donc possible de transmettre dans le flux de transport MPEG-2 des paquets contenant des signaux audionumériques comprimés. Les méthodes de compression audionumérique telles que MPEG-2 Couche II audio (spécifiée dans l'ISO/CEI 13818-3), AC-3 (norme de compression audionumérique spécifiée dans le Document ATSC A/52) et MPEG-2 AAC (spécifiée dans l'ISO/CEI 13818-7) peuvent être appliquées au Système F.

5 Multiplexage

Le multiplexage du Système F est compatible avec le flux de transport MPEG-2 (TS) de l'ISO/CEI 13818-1. De plus, la trame de multiplexage et les descripteurs TMCC sont définis pour la transmission hiérarchique avec un seul flux de transport.

En ce qui concerne l'interopérabilité maximale entre un certain nombre de systèmes de radiodiffusion numérique, tels que le RNIS-S défini dans la Recommandation UIT-R BO.1408, RNIS-T défini dans la Recommandation UIT-R BT.1306 (Système C) et le service de radiodiffusion (sonore) par satellite utilisant la bande 2,6 GHz défini dans la Recommandation UIT-R BO.1130 (Système E), ceux-ci peuvent échanger des flux de données de radiodiffusion avec d'autres systèmes de radiodiffusion à travers cette interface.

5.1 Trame multiplex

Pour les besoins de la transmission hiérarchique au moyen du système BST-MROF, le système RNIS-T_{SB} définit une trame multiplex de flux de transport dans le contexte des systèmes MPEG-2. Dans la trame multiplex, le flux de transport est un flux continu de 204 octets (paquet de flux de transport RS (RS-TSP, *Reed Solomon-transport stream packet*)) composé de 188 octets TSP et de 16 octets de données nulles ou la parité RS.

La durée de la trame multiplex est réglée sur celle de la trame MROF par comptage des paquets RS-TSP au moyen d'une horloge deux fois plus rapide que l'horloge d'échantillonnage de TFR inverse (TFRI) dans le cas de transmission à simple segment. Dans le cas de la transmission à triple segment, la durée de la trame multiple est réglée sur celle de la trame MROF par comptage des paquets RS-TSP au moyen d'une horloge quatre fois plus rapide que l'horloge d'échantillonnage TFRI.

6 Codage de canal

La présente section décrit le bloc de codage de canal qui reçoit les paquets disposés dans la trame multiplex et dirige les blocs codés canal vers le bloc de modulation MROF.

6.1 Schéma de principe fonctionnel du codage de canal

La Fig. 17 est le schéma fonctionnel de codage de canal du système RNIS-T_{SB}.

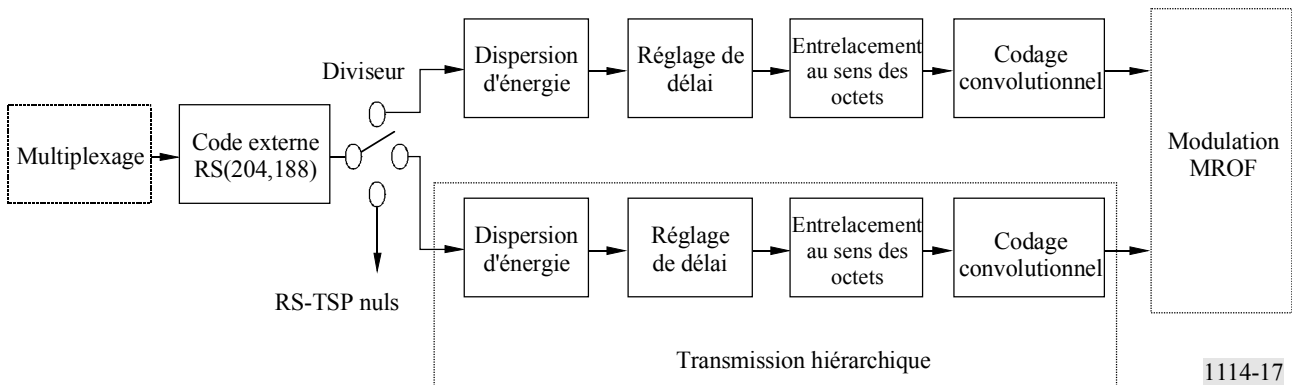
La durée de la trame multiplex coïncide avec la trame MROF par comptage des octets dans la trame multiplex utilisant une horloge plus rapide que l'horloge d'échantillonnage TFRI décrite dans la section précédente.

A l'interface entre le bloc multiplex et le bloc de codage extérieur, l'octet de tête de la trame multiplex (correspondant à l'octet de synchronisation du flux de paquets TSP) est considéré comme l'octet de tête de la trame MROF. Au niveau des bits, le bit de plus fort poids (MSB, *most significant bit*) de l'octet de tête est considéré comme le bit de synchronisation de la trame MROF.

Pour la transmission structurée en couches à trois segments, le flux RS-TSP est divisé en deux couches conformément aux informations de commande de transmission. Dans chaque couche, le rendement de codage du code de correction d'erreur interne, le système de modulation de porteuse et la durée de l'entrelacement temporel peuvent être spécifiés individuellement.

FIGURE 17

Diagramme de codage de canal



6.2 Codage externe

Le code raccourci RS (204,188) est appliqué à chaque paquet MPEG-2 TSP pour produire un paquet TSP protégé contre les erreurs qui est le RS-TSP. Le code RS (208,188) peut corriger jusqu'à huit octets erronés aléatoires dans un mot de 204 octets reçu.

$$\text{Polynôme générateur du corps: } p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

$$\text{Polynôme générateur du code: } g(x) = (x - \lambda^0)(x - \lambda^1)(x - \lambda^2)(x - \lambda^3) \dots (x - \lambda^{15})$$

$$\text{où } \lambda = 02_h$$

Il convient de noter que les paquets TSP nuls provenant du multiplexeur sont également codés en paquets RS(204,188).

Les paquets MPEG-2 TSP et RS-TSP (paquets TSP protégés contre les erreurs RS) sont montrés à la Fig. 18. Le paquet TSP protégé contre les erreurs RS est également appelé paquet TSP de transmission.

FIGURE 18

Paquets MPEG-2 TSP et RS-TSP (TSP de transmission)

Synchronisation 1 octet	Données de transport multiplexées MPEG-2 187 octets
----------------------------	---

a) TSP MPEG-2

Synchronisation 1 octet	Données de transport multiplexées MPEG-2 187 octets	16 octets de parité
----------------------------	---	------------------------

b) Paquets RS-TSP (TSP de transmission) et paquets TSP protégés contre les erreurs, RS(204,188)

6.3 Dispersion d'énergie

Pour qu'il y ait suffisamment de transitions binaires, les données provenant du diviseur sont rendues aléatoires au moyen d'une séquence binaire pseudo-aléatoire (PRBS, *pseudo-random binary sequency*).

Le polynôme du générateur de séquence PRBS sera:

$$g(x) = x^{15} + x^{14} + 1$$

6.4 Réglage des retards

Dans l'entrelacement des octets, le retard causé par le processus d'entrelacement est différent d'un flux à l'autre des différentes couches selon ses propriétés (c'est-à-dire modulation et codage de canal). Afin de compenser cette différence de retard, y compris le retard de désentrelacement dans le récepteur, le réglage du retard est effectué avant l'entrelacement des octets du côté émission.

6.5 Entrelacement des octets (entrelacement entre codes)

L'entrelacement convolutionnel des octets avec une longueur de $I = 12$ est appliqué aux paquets de 204 octets protégés contre les erreurs et rendus aléatoires. L'entrelacement peut être composé de $I = 12$ branches, cycliquement connectées au flux d'octets d'entrée par le commutateur d'entrée. Chaque branche j doit être un registre à décalage de type «premier arrivé - premier sorti» (FIFO, *first-in first-out*), d'une longueur de $j \times 17$ octets. Les cellules du registre FIFO doivent contenir un octet et les commutateurs d'entrée et de sortie doivent être synchronisés.

Le désentrelacement est analogue sur le principe à l'entrelacement, mais les indices des branches sont inversés. Le retard total produit par l'entrelacement et le désentrelacement est de $17 \times 11 \times 12$ octets (correspondant à 11 paquets TSP).

6.6 Codage interne (codes convolutionnels)

Le Système F doit disposer d'une gamme de codages convolutionnels discontinus fondés sur un code convolutionnel mère de taux 1/2 à 64 états. Les taux de codage de ces codes sont 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 et 7/8. Cela permet de sélectionner la propriété la plus appropriée de correction d'erreur pour un service donné ou un débit donné dans les services RNIS-T_{SB}, y compris les services mobiles. Les polynômes générateurs du code mère sont de $G_1 = 171_{\text{oct}}$ pour la sortie X et de $G_2 = 133_{\text{oct}}$ pour la sortie Y.

7 Modulation

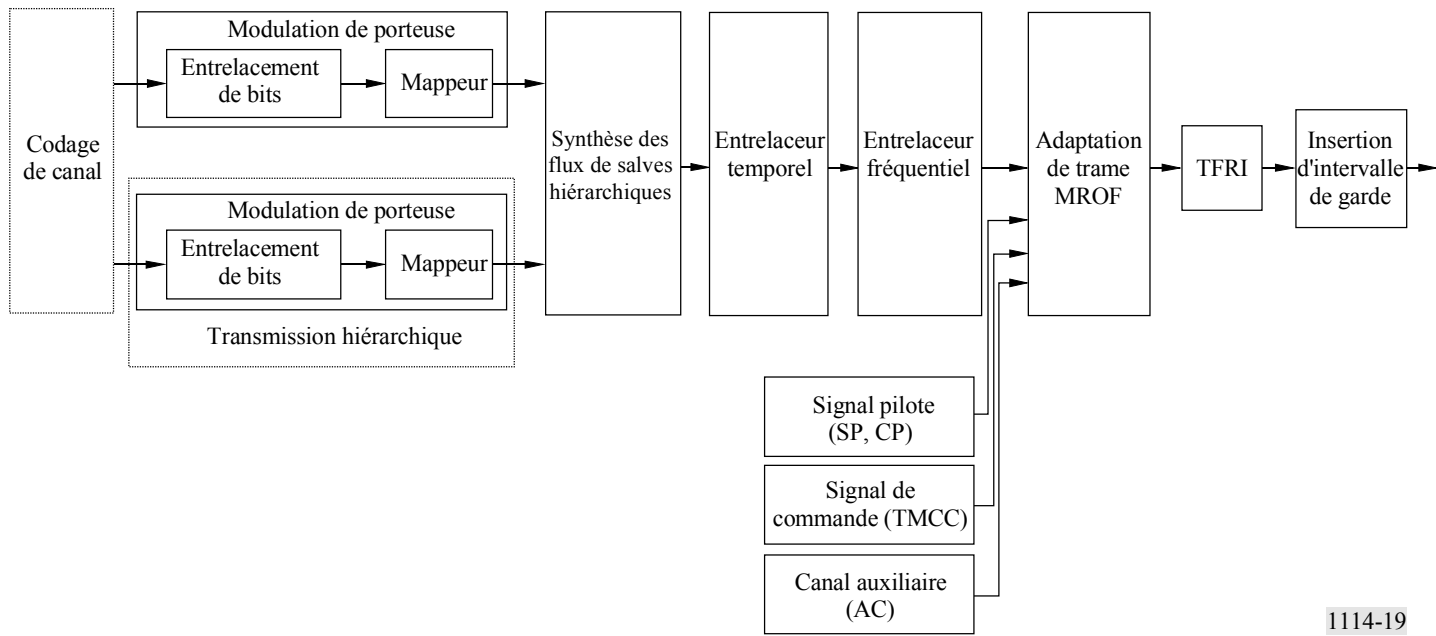
La configuration du bloc de modulation est montrée dans les Fig. 19 et 20. Après l'entrelacement des bits, les données de chaque couche sont mappées dans le domaine complexe.

7.1 Réglage du retard pour l'entrelacement de bits

L'entrelacement de bits produit un retard de 120 données complexes ($I + jQ$), comme indiqué dans la section qui suit. En ajoutant le retard approprié, le retard total dans l'émetteur et le récepteur est ajusté à la valeur de deux symboles MROF.

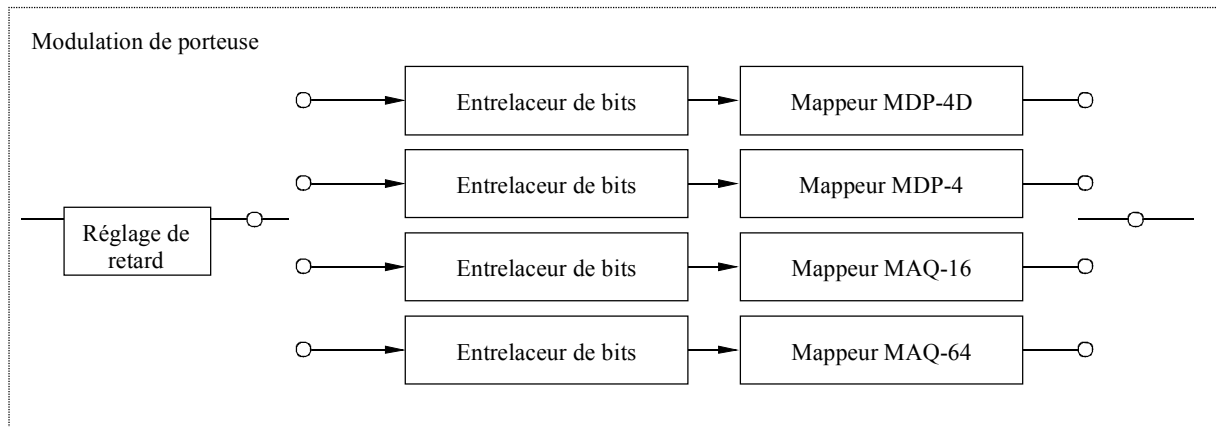
FIGURE 19

Diagramme de bloc de modulation



1114-19

FIGURE 20
Configuration du bloc de modulation de porteuse



Temp 6/40-20

7.2 Entrelacement et mappage de bits

On peut choisir un des systèmes de modulation de porteuse MDP-4D, MDP-4, MAQ-16 ou MAQ-64. La séquence de bits série à la sortie du codeur interne est convertie en séquence parallèle à 2 bits pour subir le mappage MDP-4D mode $\pi/4$ ou le mappage MDP-4, par lequel n bits de données de l'axe I et de l'axe Q sont remis. Le nombre n peut dépendre de la réalisation matérielle. En modulation MAQ-16, la séquence est convertie en séquence parallèle à 4 bits. En modulation MAQ-64, elle est convertie en séquence parallèle à 6 bits. Après la conversion série-parallèle, l'entrelacement des bits est effectué par l'insertion d'un retard de 120 bits au maximum.

7.3 Segment de données

Le segment de données est défini comme étant un tableau d'adresses pour les données complexes sur lesquelles seront exécutés les conversions de taux, l'entrelacement temporel et l'entrelacement fréquentiel. Le segment de données correspond à la portion des données du segment MROF.

7.4 Synthèse des flux de données de couche

Après avoir été codées pour le canal et mappées, les données complexes de chaque couche sont introduites à chaque symbole dans des segments de données préattribués.

Les données enregistrées dans tous les segments de données sont lues cycliquement au moyen de l'horloge d'échantillonnage TFRI; ensuite sont effectuées les conversions de taux et la synthèse des flux de données de couches.

7.5 Entrelacement temporel

Après la synthèse, s'effectue l'entrelacement temporel au sens des symboles. La longueur de l'entrelacement temporel peut varier de 0 à 1 s environ et doit être spécifiée pour chaque couche.

7.6 Entrelacement fréquentiel

L'entrelacement fréquentiel est constitué de l'entrelacement fréquentiel intersegment, d'une rotation de porteuses intrasegment et d'une randomisation de porteuses intrasegment. L'entrelacement fréquentiel intersegment est pris entre les segments ayant le même système de modulation. L'entrelacement fréquentiel intersegment peut être effectué uniquement en transmission à trois segments. Après la rotation de porteuses, la randomisation de porteuses est effectuée selon le tableau de randomisation.

7.7 Structure de trame de segment MROF

Les segments de données sont disposés en trames de segments MROF tous les 204 symboles par l'adjonction de pilotes tels que le CP et le SP, la TMCC et l'AC. La phase de modulation du pilote CP est fixée à chaque symbole MROF. Le pilote SP est introduit toutes les 12 porteuses et tous les 4 symboles MROF en cas de méthode de modulation cohérente. La porteuse TMCC achemine des paramètres de transmission tels que la modulation de porteuse, le taux de codage et l'entrelacement temporel pour la commande du récepteur. La porteuse AC achemine les informations auxiliaires.

8 Masque spectral

Le spectre du signal rayonné en transmission à simple segment du système à segment 6/14 MHz doit être confiné par le masque défini dans la Fig. 21 et dans le Tableau 9. Le niveau du signal aux fréquences extérieures à la largeur de bande 429 kHz (6/14 MHz) peut être réduit par l'application d'un filtrage approprié.

La Fig. 22 et le Tableau 10 définissent le masque spectral de la transmission à triple segment du système à segment 6/14 MHz.

NOTE – Le masque spectral des systèmes à segments 7/14 MHz et 8/14 MHz devrait être modifié en fonction de la forme spectrale de son système.

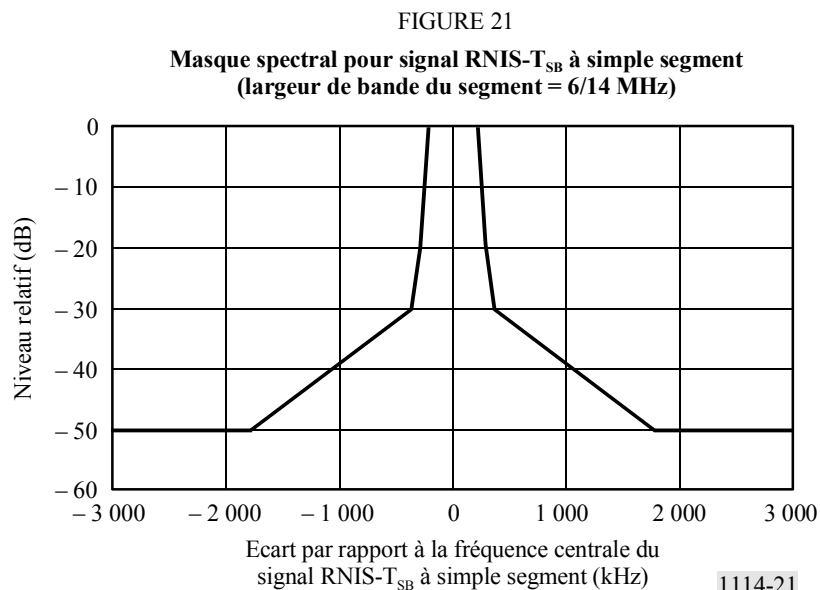


TABLEAU 9

Valeurs seuils du masque spectral pour la transmission à simple segment
(largeur de bande du segment = 6/14 MHz)

Ecart de fréquence par rapport à la fréquence centrale du signal transmis (kHz)	Niveau relatif (dB)
± 220	0
± 290	-20
± 360	-30
± 1 790	-50

NOTE – Le spectre du signal rayonné est mesuré au moyen d'un analyseur de spectre. La largeur de bande de résolution de l'analyseur spectral doit être mise à 10 kHz ou 3 kHz. La largeur de bande vidéo se situe entre 300 Hz et 30 kHz, et il est souhaitable d'effectuer un moyennage vidéo. L'excursion de fréquence est réglée à la valeur minimale requise pour mesurer le masque spectral de transmission.

FIGURE 22

Masque spectral pour signal RNIS-T_{SB} à triple segment
(largeur de bande du segment = 6/14 MHz)

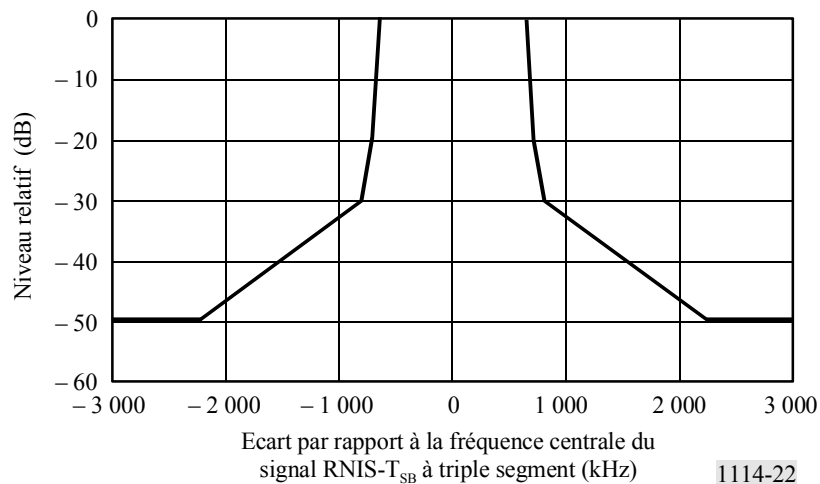


TABLEAU 10

Valeurs seuils du masque spectral pour la transmission à triple segment
(largeur de bande du segment = 6/14 MHz)

Ecart par rapport à la fréquence centrale du signal sonore numérique de Terre (kHz)	Niveau relatif (dB)
± 650	0
± 720	-20
± 790	-30
± 2 220	-50

9 Caractéristiques de performance RF

Les tests d'évaluation RF ont été effectués sur un système RNIS-T_{SB} dans diverses conditions de transmission. Les résultats des essais en laboratoire sont décrits dans la présente section.

Des expériences ont été faites en laboratoire pour établir les caractéristiques de TEB en fonction du bruit aléatoire et des évanouissements par trajets multiples. Les mesures de TEB en fonction du rapport porteuse/bruit, (C/N), dans le canal de transmission ont été menées dans les conditions ci-après (voir le Tableau 11).

TABLEAU 11

Paramètres de transmission pour essais en laboratoire

Nombre de segments	1 (Largeur de bande: 429 kHz)
Mode de transmission	3 (Durée de symbole utile: 1,008 ms)
Nombre de porteuses	433
Modulations des porteuses	MDP-4D, MAQ-16 et MAQ-64
Intervalle de garde	63 μ s (taux d'intervalle de garde: 1/16)
Rendement du code interne	1/2, 2/3, 3/4 et 7/8
Entrelacement temporel	0 et 407 ms

9.1 TEB en fonction du rapport C/N dans un canal gaussien

Du bruit blanc gaussien additif a été ajouté pour établir le rapport C/N à l'entrée du récepteur. Les résultats sont présentés dans les Fig. 23, 24 et 25. On peut comparer ces valeurs à celles obtenues en simulation par ordinateur pour faire apparaître les performances inhérentes au système. On constate qu'une perte de marge de mise en oeuvre inférieure à 1 dB a été obtenue pour un TEB de 2×10^{-4} avant le décodage RS.

9.2 TEB en fonction du rapport C/N dans un canal à trajets multiples

Les mesures de TEB en fonction du rapport C/N ont été faites au moyen d'un simulateur de canal à trajets multiples. Le rapport du niveau du signal utile et du niveau du signal brouilleur ou non désiré (P/R , *desired signal level, undesired or interfering signal level*) du signal principal et du signal retardé a été fixé à 3 et 10 dB. Le retard du signal retardé par rapport au signal principal a été fixé à 15 μ s. Les résultats sont présentés dans la Fig. 26.

9.3 TEB en fonction du rapport C/N dans un canal de Rayleigh

Des mesures de TEB en fonction du rapport C/N ont été faites au moyen d'un simulateur de canal avec évanouissement. Le canal a été réglé pour figurer un canal avec évanouissement à répartition de Rayleigh à deux trajets et le rapport P/R des deux trajets a été fixé à 0 dB. La durée du signal retardé a été réglée à 15 μ s. Les fréquences Doppler maximales du signal ont été fixées à 5 et 20 Hz. Les résultats sont présentés dans la Fig. 27.

FIGURE 23
TEB avant décodage RS en fonction du rapport C/N
 (Mode de transmission: 3, modulation de porteuse: MDP-4D,
 entrelacement temporel: 407 ms): canal gaussien

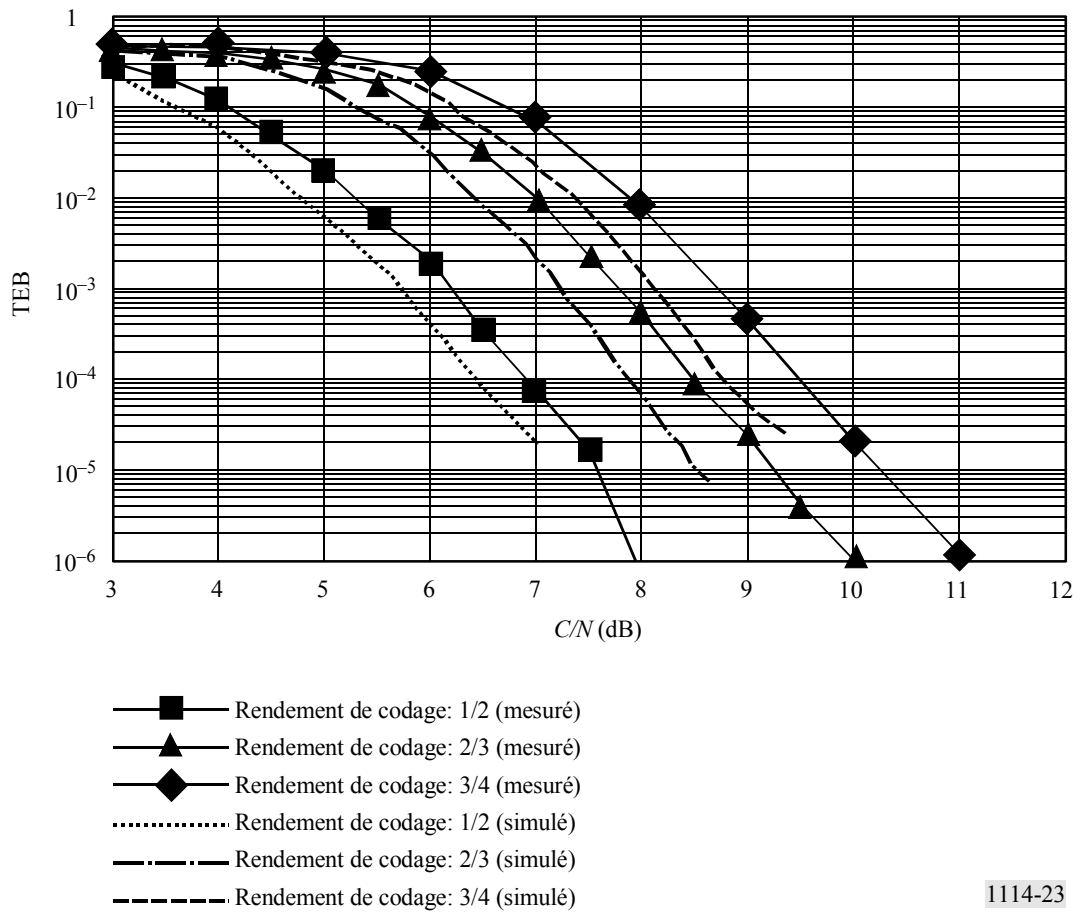
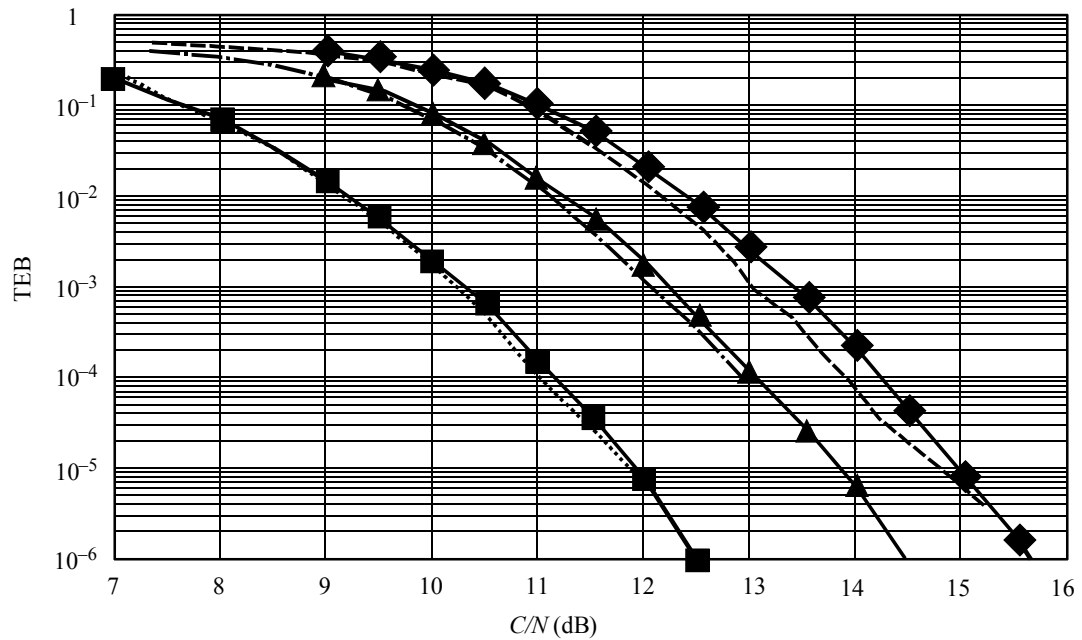


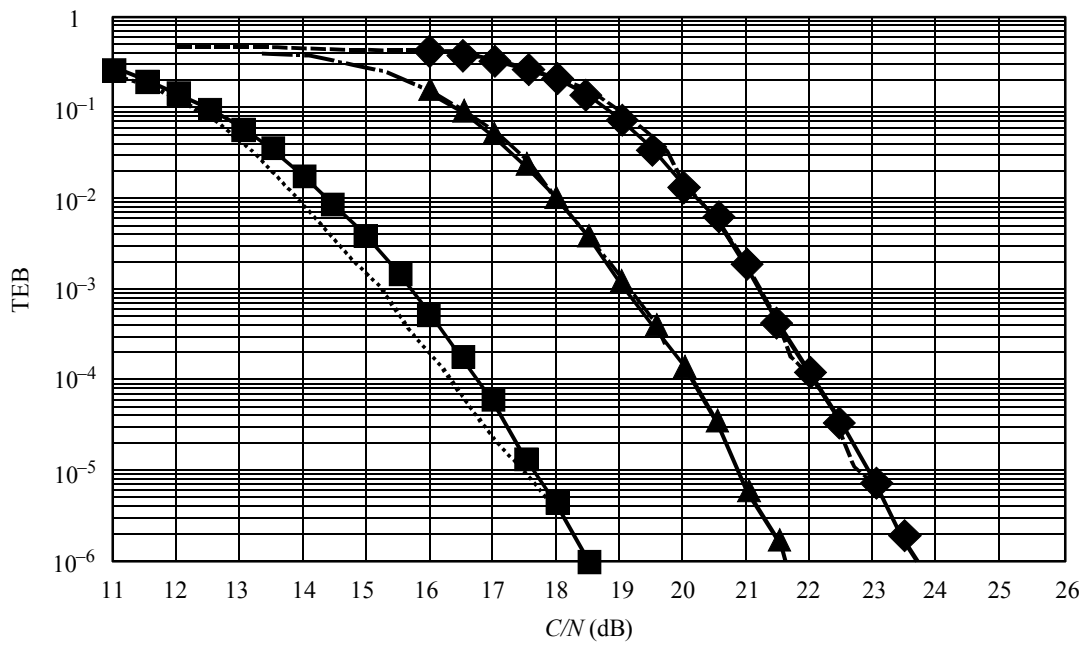
FIGURE 24

TEB avant décodage RS en fonction du rapport C/N
 (Mode de transmission: 3, modulation de porteuse: MAQ-16,
 entrelacement temporel: 407 ms): canal gaussien



- Rendement de codage: 1/2 (mesuré)
- ▲ Rendement de codage: 2/3 (mesuré)
- ◆ Rendement de codage: 3/4 (mesuré)
- Rendement de codage: 1/2 (simulé)
- .-.- Rendement de codage: 2/3 (simulé)
- - - - Rendement de codage: 3/4 (simulé)

FIGURE 25
TEB avant décodage en fonction du rapport C/N
 (Mode de transmission: 3, modulation de porteuse: MAQ-64,
 entrelacement temporel: 407 ms): canal gaussien

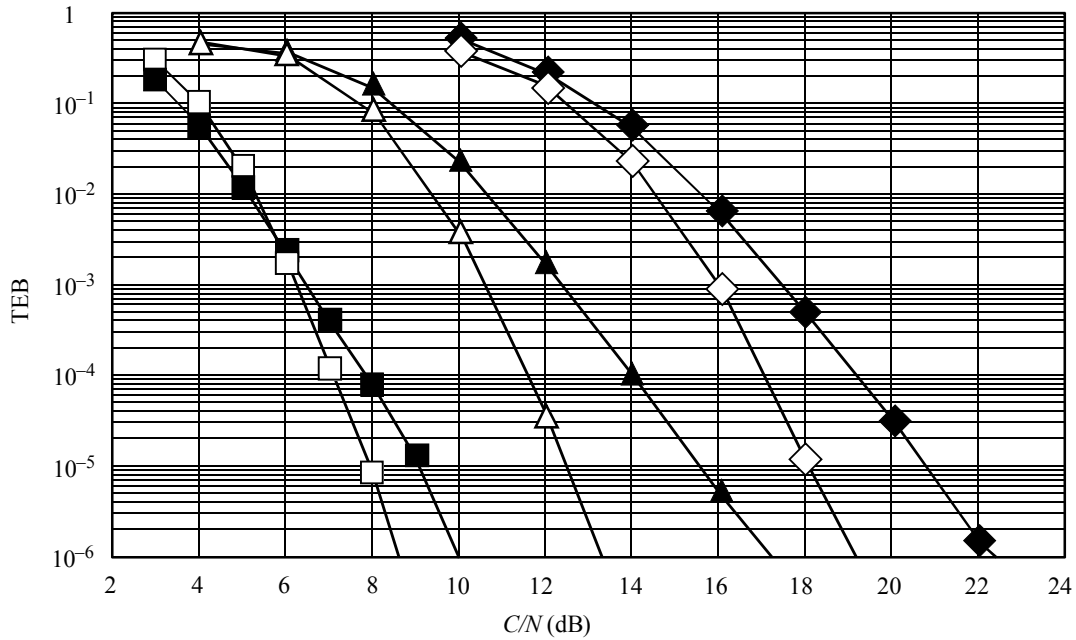


- Rendement de codage: 1/2 (mesuré)
- ▲— Rendement de codage: 3/4 (mesuré)
- ◆— Rendement de codage: 7/8 (mesuré)
- Rendement de codage: 1/2 (simulé)
- .-.- Rendement de codage: 3/4 (simulé)
- Rendement de codage: 7/8 (simulé)

FIGURE 26

TEB avant décodage RS en fonction du rapport C/N

(Mode de transmission: 3, rendement de codage: 1/2, entrelacement temporel: 407 ms): canal à trajets multiples

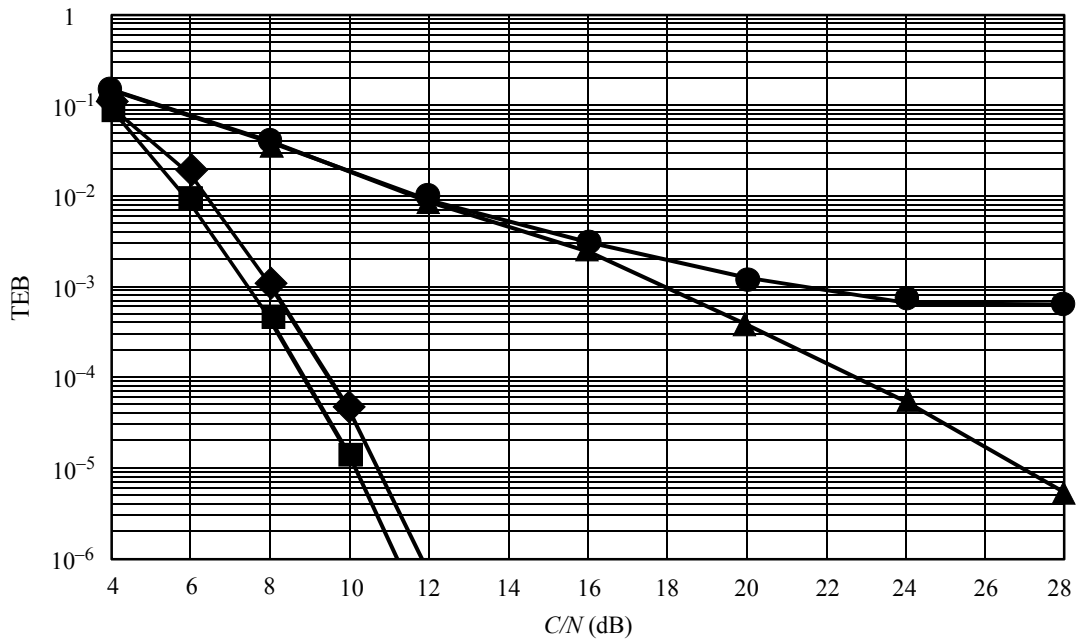


Modulation de porteuse	P/R
—■—	MDP-4D 3 dB
—▲—	MAQ-16 3 dB
—◆—	MAQ-64 3 dB
—□—	MDP-4D 10 dB
—△—	MAQ-16 10 dB
—◇—	MAQ-64 10 dB

FIGURE 27

TEB avant décodage RS en fonction du rapport C/N

(Mode de transmission: 3, modulation de porteuse: MDP-4D, rendement de codage: 1/2): canal de Rayleigh à deux trajets



- Entrelacement temporel: 407 ms
Fréquence d'évanouissement: 20 Hz
- ▲— Entrelacement temporel : 0 ms
Fréquence d'évanouissement: 5 Hz
- ◆— Entrelacement temporel : 407 ms
Fréquence d'évanouissement: 5 Hz
- Entrelacement temporel : 0 ms
Fréquence d'évanouissement: 20 Hz

1114-27