

RAPPORT UIT-R BS.2002

INTRODUCTION DANS LES ATTRIBUTIONS DE FRÉQUENCES DE LA CAMR-92 DE LA RADIODIFFUSION AUDIONUMÉRIQUE PAR SATELLITE ET COMPLÉMENTAIRE DE TERRE

(Questions UIT-R 93/10 et UIT-R 107/10)

(1994)

Note - Le présent Rapport concerne les éléments nécessaires à la planification de la radiodiffusion audionumérique par satellite et complémentaire de Terre et en le lisant il faut se reporter aux dernières versions des Rapports UIT-R BO.955 et UIT-R BS.1203.

1 Introduction

De la Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines du spectre (Malaga-Torremolinos) (1992) (CAMR-92), il est résulté les attributions de fréquences suivantes au service de radiodiffusion (sonore) par satellite (SR(S)S):

- attribution mondiale (Régions 1, 2 et 3), sauf aux Etats-Unis d'Amérique: la bande 1 452-1 492 MHz est attribuée à titre primaire au SR(S)S et au SR(S) complémentaire, bien que certains pays (surtout en Europe et en Afrique) aient préféré lui conserver le statut secondaire jusqu'au 1er avril 2007;
- aux Etats-Unis d'Amérique et en Inde la bande 2 310-2360 MHz est attribuée à titre primaire par un renvoi au SR(S)S et au SR(S) complémentaire;
- dans certains pays d'Asie et en Fédération de Russie, la bande 2 535-2 655 MHz (noter qu'elle a une largeur de 120 MHz) est attribuée à titre primaire par un renvoi au SR(S)S et au SR(S) complémentaire.

Certains renvois associés aux attributions de l'Article 8 du Règlement des radiocommunications (RR) imposent dans certains pays des restrictions aux dates d'introduction du service et à son niveau. Dans l'état actuel du RR, l'attribution mondiale n'est donc pas valable dans tous les pays. Les Etats-Unis d'Amérique notamment ont dans un renvoi une attribution de remplacement qui attribue à titre primaire la bande 1 452-1 492 MHz aux services fixes et mobiles.

Outre les attributions de l'Article 8 du RR, il existe plusieurs procédures d'introduction de nouveaux services sonores.

La Résolution N° 527 (CAMR-92) admet qu'il serait possible d'introduire de nouveaux services numériques dans les bandes de radiodiffusion de Terre en ondes métriques et envisage la possibilité d'un examen plus détaillé.

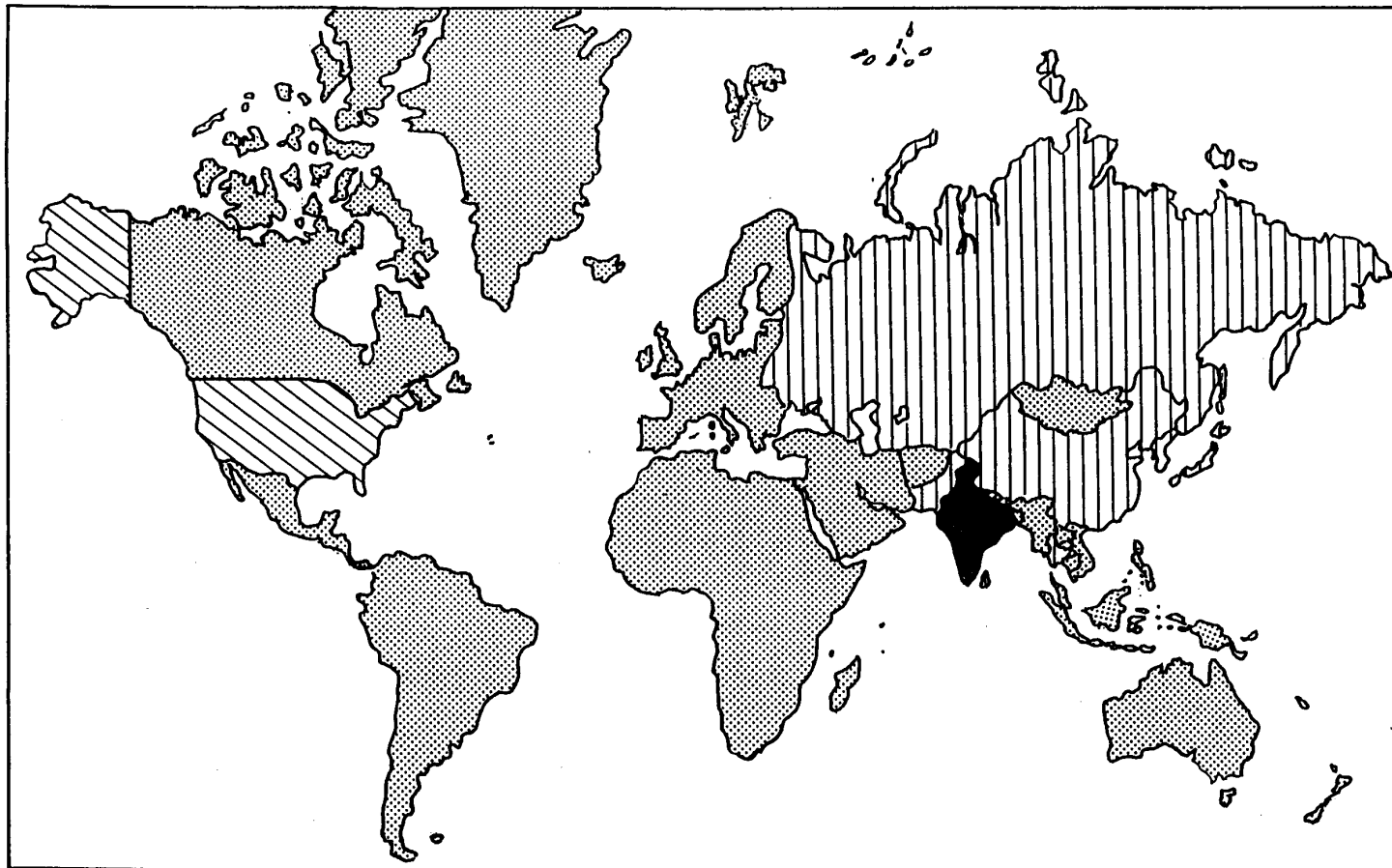
La Résolution N° 528 (CAMR-92) précise les procédures d'introduction. Elle examine la nécessité d'une conférence de planification, restreint la gamme des fréquences qu'on pourrait utiliser avant cette conférence aux 25 MHz supérieurs de la bande appropriée et précise la méthode de calcul des critères de brouillage (qui sont déterminés par les procédures de la Résolution N° 703(Rév.) (CAMR-92) ce qui fait qu'on ne dispose pas encore de procédures techniques officielles à utiliser).

La Résolution N° 522 (CAMR-92) précise les sortes d'orbites utilisables et les études à effectuer avant de pouvoir mettre en place des systèmes non géostationnaires.

La Fig. 1 montre comment diffèrent les attributions d'un point à l'autre du globe.

FIGURE 1

Carte du monde présentant de façon simplifiée les attributions de fréquences de la CAMR-92 au SRS (son) et au SR (son)



2 Exigences du service

2.1 Buts du service

L'introduction de services de radiodiffusion audionumériques peut avoir plusieurs buts:

- remplacer la radiodiffusion en MA et en MF actuelle afin d'apporter à l'auditeur une meilleure qualité et des services plus fiables et de mieux rivaliser avec les autres moyens de distribution qui lui offrent des services sonores de la qualité du disque compact;
- fournir à l'auditeur un nouveau service qui puisse rivaliser avec le service de radiodiffusion MA ou MF actuel;
- assurer un service avec la qualité courante pour réception par des récepteurs très bon marché dans de vastes zones de service.

Il est évident que de nouveaux services de radiodiffusion sonore sont nécessaires pour améliorer le service fourni aux récepteurs mobiles (voir la Recommandation UIT-R BO.789). On peut aussi destiner certains services à des récepteurs portatifs utilisés à l'intérieur des bâtiments.

A l'heure actuelle, plusieurs administrations ou organismes commerciaux ont proposé des systèmes de radiodiffusion sonore par satellite avec des qualités sonores différentes (disque compact, proches du disque compact, stéréophoniques MF, monophoniques MF et MA). On a aussi envisagé des services destinés à divers types de récepteurs (mobiles, portatifs, fixes) ainsi qu'à des environnements divers (intérieurs, extérieurs, ruraux, urbains et suburbains). Tous ces types de systèmes sont techniquement réalisables. L'un d'eux ou plusieurs d'entre eux peuvent être économiques et intéresser des administrations selon leur état de développement, l'importance de leurs systèmes de Terre actuels et ce qu'ils attendent de la radiodiffusion.

On a besoin de services de radiodiffusion audionumériques de qualité subjective audio très variée. Notamment dans les pays en développement et dans ceux où l'habitat est très dispersé et où il y a peu d'infrastructure de radiodiffusion on aurait le plus grand besoin de l'équivalent numérique de la MF monophonique classique et même de celui de la MA classique à double bande latérale.

2.2 Objectifs du service

Les nouveaux services de radiodiffusion sonore ont pour objectif d'améliorer la disponibilité, la qualité et la diversité des programmes offerts à l'auditeur. Une vaste zone de couverture apportera pour la première fois le service du programme à de nombreux auditeurs et les techniques numériques perfectionnées assureront un son de haute qualité comparable à celle des autres média sonores (comme le disque compact). Ces techniques donnent aussi la possibilité d'avoir un grand nombre de nouveaux services pour les programmes et d'autres missions avec de très faibles conséquences sur les besoins de spectre et de puissance. Le SRS (son) et le SR (son) sont destinés à des récepteurs fixes, portatifs et mobiles. Les objectifs techniques du système dépendent de deux facteurs: la qualité et la disponibilité.

Qualité

Les objectifs du service pour la radiodiffusion audionumérique peuvent fortement influencer le choix du système à utiliser ainsi que sa conception globale et son coût. Il faut soigneusement étudier le compromis qualité/coût. Il y a maintenant plus de 25 ans qu'on envisage la radiodiffusion audionumérique et pendant ce temps la reproduction et la transmission du son ont considérablement évolué.

Les auditeurs sont aussi devenus de plus en plus exigeants. La plupart des habitants des zones urbaines comptent à présent sur un son stéréophonique de haute qualité, même avec des récepteurs portatifs ou mobiles. Les énormes progrès de la qualité des appareils "hi-fi" domestiques, qui ont culminé avec l'usage très répandu du disque compact, ont habitué bien des auditeurs à espérer une qualité sonore supérieure à celle que même les récepteurs MF fixes peuvent donner. Même dans des zones isolées on observe les mêmes exigences en raison de la large disponibilité des lecteurs de cassettes et de disques compacts de bonne qualité.

Dans la plupart des cas la couverture de zones étendues est assurée grâce à la propagation ionosphérique des ondes kilométriques, hectométriques et décamétriques. Bien que dans ces régions on préfère sans doute recevoir les émissions de variétés avec la plus haute qualité technique, il peut être plus économique pour cette sorte de service de se contenter d'un service monophonique de qualité moyenne pourvu qu'il soit fiable et qu'on puisse le recevoir au moyen de récepteurs portatifs ou mobiles.

En conséquence sur l'échelle à 5 notes de l'UIT-R les qualités exigées iront de la note 3 pour un système monophonique simple à la note 4, 5 pour un service numérique perfectionné. Pour ce dernier on s'efforce d'assurer un service stéréophonique de qualité aussi bonne que celle des disques compacts. Ces diverses notes de qualité de service peuvent aboutir à des compromis différents selon les systèmes.

Disponibilité

Dans les méthodes traditionnelles de planification de la radiodiffusion de Terre le critère de disponibilité exige de satisfaire aux objectifs de qualité en 50% des emplacements de la zone de couverture pendant au moins 50% du temps. On peut s'attendre à ce que l'objectif de disponibilité du service dépasse le critère ci-dessus pour tous les services; il faudra que ce soit nettement le cas pour les services de haute qualité.

Parmi les techniques qui peuvent servir à améliorer dans certaines conditions la disponibilité du service on trouve la diversité temporelle, la diversité de fréquence, la diversité d'espace côté réception et en outre le recours, pour couvrir les zones d'ombre, aux réémetteurs de Terre sans changement de canal ce qui est possible avec certains types de modulation et en bout de chaîne revient à de la diversité d'espace.

2.3 Principes du service

2.3.1 Principe du SRS (son)

Le Rapport UIT-R BO.955 décrit en détail le principe de la radiodiffusion sonore par satellite. Les zones de service sont couvertes par les faisceaux des satellites. Les dimensions de l'antenne d'émission du satellite dépendent de la couverture que le faisceau doit assurer sur Terre. La puissance d'émission du satellite doit suffire à compenser l'affaiblissement de propagation et à donner une réception fixe et mobile convenable. On mettra en oeuvre ce principe pour desservir des zones sous-nationales, nationales, supra-nationales et même mondiales.

2.3.1.1 Principe du SRS (son) hybride

On peut améliorer la couverture que donne le satellite au moyen de réémetteurs de faible puissance qui sont sur la même fréquence porteuse et couvrent les zones d'ombre dues aux bâtiments élevés, aux tunnels, aux vallées, etc. Ce principe du SRS hybride est une application particulière des nouveaux schémas de modulation numérique perfectionnée qui peuvent tirer profit des échos et sont

donc particulièrement propres à fonctionner en présence de trajets multiples. En ce cas les échos actifs créés délibérément au moyen des réémetteurs cocanal qui desservent les zones d'ombre sont traités par le récepteur comme s'ils étaient des échos passifs. On n'a donc besoin à bord du satellite que de la puissance qui suffit à desservir les zones rurales. La puissance du réémetteur peut être très faible, de l'ordre de quelques watts, en fonction de l'étendue de la zone d'ombre à couvrir.

2.3.2 Principe du SR (son)

Le Rapport UIT-R BS.1203 décrit fort bien le principe de la radiodiffusion audionumérique de Terre. Dans le cas de la radiodiffusion classique en MA ou en MF les zones de service sont couvertes par un émetteur ou plusieurs sur des fréquences distinctes. La puissance d'émission et la hauteur équivalente au dessus du sol moyen de l'antenne des stations de radiodiffusion audionumérique de Terre doivent être suffisantes pour compenser les affaiblissements de propagation et assurer une réception fixe et mobile convenable. Ce principe peut servir à couvrir des zones de service locales avec un émetteur unique ou des zones de services sous-nationales ou nationales au moyen d'un réseau à fréquence unique (RFU) dont le principe est exposé plus loin.

2.3.2.1 Principe de l'émission distribuée appliqué à la radiodiffusion audionumérique de Terre

La radiodiffusion de Terre habituelle peut être améliorée par le recours aux réémetteurs cocanal qui reçoivent le signal de l'émetteur principal et le réémettent autour d'eux sur la même fréquence. Dans une zone de service on peut considérer que les réémetteurs cocanal représentent un cas local particulier du principe de l'émission distribuée. Comme pour le principe hybride, cela suppose que le type de modulation retenu permet de fonctionner en présence de trajets multiples et tire profit des échos tant passifs qu'actifs.

Le recours à des réémetteurs pour améliorer la couverture de Terre soit en l'agrandissant soit en supprimant les zones d'ombre permet de diminuer la puissance des émetteurs de Terre et de créer une discrimination plus nette vis-à-vis d'une zone de service qui utilise la même fréquence pour une réception de satellite. Cette même amélioration de la discrimination peut servir à réduire la distance de séparation entre deux zones de couverture pour lesquelles on utilise la même fréquence ce qui permet une meilleure réutilisation des fréquences.

La distance maximale entre réémetteurs cocanal est limitée (à quelques kilomètres) en raison du brouillage entre symboles qui se produit quand deux signaux arrivent à un récepteur avec un décalage supérieur à l'intervalle de garde entre symboles de données. On étudie d'autres principes fondés sur des structures du signal à étalement du spectre qui permettent d'utiliser plusieurs des réémetteurs sur un canal commun tout en imposant des contraintes moins sévères en ce qui concerne la distance qui doit les séparer.

Un autre principe caractérisé par des réémetteurs à changement de fréquence qui émettent chacun sur une fréquence différente pour améliorer la couverture en desservant les zones d'ombre n'introduit pas de contraintes pour la distance entre réémetteurs mais exige davantage de canaux.

2.3.2.2 Principe du réseau à fréquence unique (RFU)

Selon ce principe, des réémetteurs également espacés sont en théorie alimentés en synchronisme par le même signal et émettent sur une même fréquence. Comme ci-dessus, la distance entre ces émetteurs est limitée par le brouillage entre symboles que provoquent dans le récepteur les échos actifs produits par ces nombreux émetteurs.

Ce principe peut servir à agrandir l'étendue de zones de services nationales et même supra-nationales.

2.3.3 Principe d'un service de radiodiffusion sonore mixte satellite/de Terre

Le principe d'un service de radiodiffusion sonore "mixte" satellite/de Terre se fonde sur l'utilisation de la même bande de fréquences à la fois par le service de radiodiffusion par satellite et par le service de Terre. Il peut donner un bon rendement spectral en permettant à ces deux services de coordonner étroitement leur développement plutôt que de tenter de faire partager la bande de fréquences par des services qui n'ont aucune relation. On suppose qu'au moyen d'une antenne de réception quasi-omnidirectionnelle un même récepteur captera les émissions des services par satellite et de Terre. Grâce à la technologie moderne, il n'est pas nécessaire d'avoir recours aux mêmes techniques de modulation pour les émissions par satellite et de Terre destinées à un récepteur donné. Toutefois une technique commune de modulation réduirait la complexité et le coût du récepteur.

L'usage de tous les canaux qui dans une zone de service ne sont pas attribués au SRS et peuvent servir à la radiodiffusion de Terre est soumis à l'habituel facteur de réutilisation du canal et à la sélectivité vis-à-vis du canal adjacent dans les récepteurs. Il faudra prendre certaines précautions quand on mettra en oeuvre ce genre de service mixte satellite/de Terre si la limite de la couverture d'un système de Terre est située près de celle de la zone de couverture d'un satellite auquel est attribué le même canal.

Cette réutilisation par la radiodiffusion de Terre de canaux des faisceaux de satellite adjacents d'autres pays ou d'un même pays, tire le meilleur parti du spectre et facilite l'évolution d'une radiodiffusion de Terre purement locale vers des services mixtes satellite/de Terre lorsque sont ajoutées de vastes zones de service nationales par satellite. Avec cette réutilisation on peut aussi passer de services nationaux (voire supra-nationaux) acheminant des programmes d'intérêt national aux services spécialisés par satellite que compléteront plus tard des services locaux de Terre quand ce sera plus économique. Cela pourra être aussi intéressant, quand le parc des récepteurs sera assez important, en vue de la future mise en oeuvre sur satellite de services commerciaux spécialisés à couverture nationale.

On a étudié les conséquences pratiques de ce brouillage supplémentaire dû au faisceau de satellite voisin (voir le Doc. 10B/70, UIT-R, 1990-94). On suppose que le satellite géostationnaire est sur le même canal que le service de Terre et emploie le même type de modulation. On suppose aussi que pour le récepteur ce brouillage se présente sous forme d'un bruit blanc gaussien additif non corrélé et accroît donc le bruit thermique du récepteur. En utilisant pour l'antenne du satellite le diagramme de référence copolaire de la Conférence administrative régionale des radiocommunications pour la planification du service de radiodiffusion par satellite dans la Région 2 (Genève, 1983) (CARR-83) on a trouvé que l'augmentation apparente du bruit dans le récepteur est inférieure à 1 dB pour un récepteur situé à l'extérieur d'un angle relatif, vu du satellite, égal à $\theta/\theta_0 = 1,4$, θ_0 étant la largeur de faisceau à demi-puissance. L'augmentation apparente du bruit s'élève à 3 dB pour $\theta/\theta_0 = 1,2$ et à 7 dB pour $\theta/\theta_0 = 1$. Il va de soi que si on veut conserver sa couverture au service de radiodiffusion sonore numérique de Terre il faut accroître la puissance de l'émetteur de la même quantité. En termes de distance, l'exemple montre qu'une augmentation apparente du bruit de 3 dB correspond à une distance d'environ 500 km au-delà de la limite d'un faisceau de satellite de 1° . On peut bien sûr réduire cette distance si en modelant le faisceau du satellite on obtient une décroissance plus raide du rayonnement.

Le principe ci-dessus suppose qu'un même récepteur peut recevoir des programmes distincts des services par satellite et de Terre. Ce principe de la radiodiffusion sonore mixte satellite/de Terre

facilite et assouplit l'évolution des services, améliore l'utilisation du spectre et offre au public des options plus pratiques et plus économiques.

3 Exigences générales

Les nouveaux services de radiodiffusion sonore sont censés améliorer la disponibilité, la qualité et la diversité des services de programmes proposés aux auditeurs.

Comme il a été dit au § 2.2, grâce à la vaste zone de couverture que permet la radiodiffusion par satellite, de Terre et intégrée (satellite/de Terre) de nombreux auditeurs recevront pour la première fois un service de programme et les techniques numériques perfectionnées donneront un son de haute qualité équivalente à celle des autres médias sonores (disque compact par exemple). Ces techniques rendent aussi possibles une quantité de nouveaux services concernant ou non les programmes sans trop modifier les besoins de spectre et de puissance. La radiodiffusion audionumérique est destinée aux récepteurs fixes, portatifs et mobiles.

Il faut une nouvelle génération de systèmes de radiodiffusion sonore pour assurer un service fiable, de haute qualité et couvrant une zone étendue aux récepteurs fixes, portatifs et mobiles qui deviennent le mode le plus courant de réception des services radiophoniques. On considère que pour ce service la desserte par satellite et voie de Terre est réalisable et souhaitable.

La conception et par conséquent le coût d'un système de radiodiffusion sonore par satellite dépendent étroitement des caractéristiques du trajet espace vers Terre qui aboutit au récepteur fixe, portatif ou mobile. Le trajet de propagation présente des affaiblissements dus aux bâtiments, aux arbres et autres frondaisons et des évanouissements par trajets multiples dus à la diffusion par le sol et les obstacles voisins. La diminution du niveau du signal dépend de la fréquence de fonctionnement, de l'angle de site du satellite et du type d'environnement où se trouve le récepteur: espace dégagé, rural, boisé ou accidenté, suburbain ou centre ville. Il en va de même pour les services du SR (son).

Pour la réception à bord d'un véhicule, le recours aux techniques de diversité peuvent substantiellement améliorer le fonctionnement du récepteur lorsqu'il se trouve dans un environnement très masqué à évanouissements de Rayleigh. Il y a trois techniques principales de diversité:

- la diversité de fréquence;
- la diversité temporelle;
- la diversité d'espace.

Parmi les techniques qui peuvent servir à améliorer dans certaines conditions la disponibilité du service on trouve côté réception la diversité temporelle, la diversité de fréquence et la diversité d'espace et en outre pour combler les zones d'ombre le recours aux réémetteurs de Terre permis par certains types de modulation, ce qui en bout de chaîne revient à de la diversité d'espace. On peut obtenir la diversité d'espace soit au moyen d'antennes de réception multiples soit en diffusant un même signal à partir de plusieurs émetteurs.

On peut ensuite mettre en oeuvre un mécanisme de codage de canal efficace (code convolutionnel avec décodage de Viterbi, etc.) mais il faut s'assurer de l'indépendance des symboles successifs en présence des évanouissements sur le canal. On y parvient en entrelaçant les symboles dans le temps ou en fréquence (le débit binaire total est ainsi réparti entre plusieurs porteuses dont les fréquences sont suffisamment espacées). L'entrelacement temporel n'est toutefois efficace que si le récepteur se trouve à bord d'un véhicule dont la vitesse est supérieure à une certaine limite. Si le

récepteur est immobile, il faut recourir à l'entrelacement de fréquence ou à la réception en diversité d'espace.

En fonction du type et de l'état de la technologie de codage audionumérique utilisée on disposera d'une grande variété de services de radiodiffusion sonore numérique avec des qualités sonores subjectives variées. La radiodiffusion sonore numérique (RSN) permet un certain nombre de services, à savoir:

- radiodiffusion audionumérique stéréophonique de qualité disque compact;
- radiodiffusion audionumérique monophonique de qualité disque compact;
- radiodiffusion audionumérique stéréophonique de qualité MF;
- radiodiffusion audionumérique monophonique de qualité MF, et
- radiodiffusion audionumérique de qualité MA.

La portion réception des systèmes de RSN peut consister en divers types de récepteurs qui se trouvent en différentes parties du monde. A propos des récepteurs audionumériques on peut envisager les aspects et les compromis techniques suivants:

- bande de fréquences de fonctionnement:
 - 1 452-1 492 MHz (bande L)
 - 2 310-2 360 MHz (bande S)
 - 2 535-2 655 MHz (bande S)
- débit de données (qualité sonore) - 16-256 kbit/s;
- sensibilité, complexité et dimensions des récepteurs et de leur antenne;
- nombre de canaux sur lesquels le récepteur peut s'accorder; et
- techniques de modulation et d'émission.

On peut disposer de plusieurs niveaux de qualité sonore subjective ce qui donne une large gamme d'exigences générales imposées aux services de radiodiffusion audionumérique. En fonction du type et de l'état des techniques de codage audionumériques utilisées, on a relevé cinq sortes de services qui sont accessibles en RSN. On notera que ces cinq sortes de service peuvent coexister dans le même faisceau d'émission d'un même satellite ou d'un même émetteur de Terre. On peut élargir la capacité du spectre disponible par réutilisation de fréquence grâce au croisement de polarisation. La densité surfacique de puissance (dsp) ou le champ seront conformes aux contraintes de la coordination. Il faut donc insister sur l'intérêt d'une planification souple pour satisfaire à tous les besoins du service tout en permettant que la radiodiffusion audionumérique coexiste avec les autres services radioélectriques existants.

4 Dispositions réglementaires

Les dispositions réglementaires sont fondées sur la Résolution N° 528 (CAMR-92). Elle permet en effet que les Recommandations UIT-R deviennent des textes réglementaires sous réserve qu'elles aient recueilli l'accord des administrations aux termes de la Résolution N° 703 (CAMR-92). Pour le moment il n'y a pas encore de dispositions approuvées. Cela pourra se produire à l'avenir.

Avant la planification officielle des services, les systèmes de radiodiffusion par satellite sont cantonnés dans les 25 MHz supérieurs de la bande appropriée. Les services tant par satellite que de Terre sont restreints par l'obligation de ne pas brouiller les services existants.

Après la conférence qui est envisagée pour [1998 ou avant], les règles que cette conférence adoptera seront appliquées. Elle aura à considérer les systèmes à satellites géostationnaires et les systèmes à satellites non géostationnaires.

4.1 Utilisation de systèmes à satellites géostationnaires

Les techniques de planification des satellites géostationnaires sont bien au point et on peut planifier sans beaucoup de nouvelles informations.

Il est toutefois clair qu'il faut avant tout éviter d'importants débordements sur des zones au dehors de celle qui est visée. Même avec les limitations imposées aux antennes de satellite il y aura inévitablement des débordements; c'est un domaine où on améliore les procédures de planification et de coordination. Les études qu'a effectuées l'Union européenne de radio-télévision (UER) en vue de la CAMR-92 ont montré qu'il était possible de planifier des services de radiodiffusion par satellite efficaces quand on ne tenait pas compte des autres services. Il reste à étudier les conséquences d'une attribution partagée, avec des services de radiodiffusion audionumérique de Terre notamment.

4.2 Utilisation de systèmes à satellites non géostationnaires

L'un des importants développements récents de la technologie est la possibilité d'avoir dans les pays aux plus hautes latitudes un service par satellites non géostationnaires. Des satellites sur orbite très elliptique qui sont un cas particulier des satellites non géostationnaires se prêtent à cette application. Les systèmes à satellites sur orbite basse en sont un autre exemple.

Cela pose des problèmes réglementaires. Ces satellites ne sont pas fixes. Il n'est donc pas facile de calculer les brouillages entre satellites d'un même service ou d'autres services.

Si des systèmes à satellites non géostationnaires doivent faire l'objet de coordination, il faudra mettre au point des méthodes rigoureuses mais efficaces pour évaluer le niveau de brouillage; cela sera plus facile pour les satellites sur orbite très elliptique qui ne fonctionnent que lorsqu'ils ne sont qu'à moins de $\pm 30^\circ$ environ de leur apogée.

On a toujours tendance à planifier officiellement un nouveau service. Alors qu'on a déjà planifié des systèmes à satellites géostationnaires, il est difficile de voir comment s'y prendre avec un système qui a autant de degrés de liberté qu'un système non géostationnaire. Une procédure qui répartit équitablement les accès sera sans doute plus efficace qu'un plan officiel. C'est une question à étudier d'urgence.

4.3 Partages entre systèmes à satellites géostationnaires et systèmes à satellites non géostationnaires

Comme on l'a dit dans les paragraphes précédents, il faut s'assurer que les services (liaisons montantes et descendantes) ne se brouillent pas entre eux et ne brouillent pas les services de radiodiffusion audionumérique de Terre. La radiodiffusion à partir de satellites géostationnaires ou de satellites non géostationnaires est techniquement réalisable mais il faut surtout se demander s'ils peuvent coexister.

En théorie, tout plan établi pour un système à satellites géostationnaires peut être modifié de manière à y inclure des satellites non géostationnaires. Comme la configuration géométrique est différente, il y aura sans doute moins de brouillage dans de nombreuses régions du globe. Les régions où les satellites sont proches de l'horizon radioélectrique seront sans doute plus affectées. Il faut aussi tenir compte de ce que le brouillage varie d'un moment à l'autre. Il faut donc s'intéresser de près aux dispositions réglementaires valables pour les satellites non géostationnaires.

La Résolution N° 46 (CAMR-92) traite d'un problème analogue, mais pour les services mobiles par satellite. Cette Résolution propose une procédure qui ne concerne pas directement les aspects techniques. Il faudra donc ajouter des considérations supplémentaires à une méthode qu'on adopterait pour la radiodiffusion par satellite.

4.4 Introduction de systèmes avant la Conférence des radiocommunications de [1998]

Avant qu'une CAMR adopte un plan officiel pour la radiodiffusion sonore par satellite, il est probable que les radiodiffuseurs voudront procéder à des expériences et sans doute assurer dans la bande des services de radiodiffusion audionumérique de Terre. A la Conférence de Torremolinos de nombreux radiodiffuseurs voyaient beaucoup d'avantages à la radiodiffusion sonore par satellite et s'étaient préparés à proposer des services. D'autres radiodiffuseurs s'intéressaient à la possibilité de mettre en oeuvre des services si on pouvait disposer de capacité sur les satellites.

L'usage intensif par les services existants des bandes énumérées pose un problème évident. Les procédures de coordination ne seront efficaces que si elles garantissent que les autres services ne seront pas brouillés.

Il serait évidemment très grave qu'aucun accord ne puisse se faire à ce sujet.

La décision dépend de ceux qui exploitent les 25 MHz supérieurs de la nouvelle bande. Comme les utilisateurs ne sont pas les mêmes dans tous les pays, les négociations seront difficiles, d'autant plus qu'il peut se révéler nécessaire de trouver des bandes de fréquences différentes selon le pays.

Les niveaux de brouillages qu'on estime ne pas devoir dépasser ne sont pas encore définis. Les procédures de coordination proposées sont celles de la Résolution N° 703 (CAMR-92): il s'agit d'utiliser les Recommandations UIT-R appropriées. Il est clair que tant que les Commissions d'études des radiocommunications n'auront pas étudié la question, on ne disposera sans doute pas de Recommandation pertinente. Aucune Recommandation ne peut être adoptée dès maintenant.

Plusieurs administrations envisagent des services de radiodiffusion sonore de Terre et par satellite dans la même zone géographique. On risque de se trouver en présence de signaux extrêmement différents à la réception, selon qu'il s'agit des services de Terre ou du service par satellite. Ce problème risque aussi de se poser pour la mise en oeuvre de services de Terre. Il pourra être atténué si les récepteurs présentent une dynamique importante et de faibles facteurs de bruit.

5 Partage avec des services autres que la radiodiffusion

5.1 Situations de partage

La CAMR-92 a attribué trois bandes de fréquences au service de radiodiffusion par satellite et au service de radiodiffusion en vue de la mise en oeuvre de la radiodiffusion audionumérique. Chacune de ces bandes est attribuée en partage avec d'autres services souvent à titre primaire, comme on le voit ci-après:

- 1 452-1 492 MHz:
 - service fixe;
 - service mobile (y compris la télémétrie aéronautique).
- 2 310-2 360 MHz:
 - service fixe;

- service mobile (y compris la télémétrie aéronautique);
- service de radiolocalisation.
- 2 535-2 655 MHz:
 - service fixe;
 - service mobile;
 - service de radiodiffusion par satellite (réception communautaire);
 - service fixe par satellite.

5.2 Etudes

Il convient d'entreprendre des études pour évaluer les brouillages des systèmes du SRS (son) et du SR (son) par les signaux d'autres services. Ces études sont précisées ci-après au § 5.2.1. On a aussi besoin de renseignements pour évaluer le brouillage causé à d'autres services par le SRS (son) et le SR (son). Le § 5.2.2 énumère les études nécessaires.

L'Annexe 1 décrit une méthode permettant de déterminer les limites à imposer à la densité surfacique de puissance brouilleuse en bordure de la zone de service d'un service du SRS (son) pour protéger les systèmes du SRS (son) contre les brouillages causés par les services de Terre. Cette méthode est conforme à celle que spécifie le Rapport UIT-R BO.631, § 2.2 pour la protection de signaux du SRS-TV contre le brouillage provenant d'un service de Terre. Il reste à vérifier que cette méthode convient dans le cas des récepteurs portatifs ou mobiles.

On recommande d'attirer sur l'Annexe 1 l'attention du Rapporteur chargé de la préparation du Manuel relatif à la radiodiffusion sonore par satellite à destination de récepteurs fixes, portatifs ou mobiles. Les renseignements que contient l'Annexe 1 pourraient figurer dans un chapitre du Manuel traitant des problèmes de partage.

5.2.1 Brouillages causés par d'autres services

Afin de calculer les limites des densités surfaciques de puissance ou des champs dus aux services mentionnés ci-dessus en vue de la protection des systèmes du SRS (son) et du SR (son), il faudrait que les Groupes de travail 10-11S et 10B entreprennent les études énumérées ci-dessous:

- Il faudra rassembler des données précises sur les divers systèmes de radiodiffusion audionumérique qu'on se propose d'utiliser dans les trois bandes de fréquences attribuées afin de calculer les densités surfaciques de puissance ou champs nécessaires. Pour chaque exemple de système censé utiliser une de ces bandes de fréquences il faudra spécifier toutes les données qui servent à déterminer les densités surfaciques de puissance. Ces données devront comprendre au moins: la p.i.r.e., le débit de données pour la qualité de service proposée, la largeur de bande du canal, les hypothèses relatives à la marge (marge de brouillage, trajets multiples, bâtiments, frondaisons, etc.), le E_b/N_0 nécessaire, le gain de l'antenne de réception et l'affaiblissement géométrique.
- Des études de brouillage sont nécessaires pour déterminer les niveaux de brouillage admissibles causés au signaux de la RSN par les divers types de signaux des différents services coprimaires cités ci-dessus. Il faudra prendre en compte le fait que le rapport de protection dépendra à la fois de la largeur de bande RF et du spectre de puissance des signaux utiles et brouilleurs et de l'éventuel écart de fréquence entre leurs porteuses. Le rapport de protection dépendra aussi de la proportion relative de bruit et de brouillage et de la répartition du brouillage admissible entre la RSN et d'autres services.

- Il faut aussi étudier les contraintes dues au partage entre stations spatiales géostationnaires et stations spatiales non géostationnaires (y compris les stations sur orbites basses ou très elliptiques) qui assurent le service SRS (son).
- On étudiera aussi du point de vue économique les techniques qui améliorent les conditions de partage interservice. Il en existe plusieurs pour faciliter le partage entre les systèmes du SRS (son) et du SR (son) et d'autres services. Elles comprennent les techniques de diversité de fréquence, temporelle et d'espace, pour réduire l'influence des évanouissements et donc abaisser les marges nécessaires. Le recours à des réémetteurs de Terre cocanal (systèmes hybrides) peut réduire encore la marge nécessaire pour s'affranchir des effets d'occultation. Les technologies avancées dans le domaine des antennes peuvent aussi faciliter le partage. Des réseaux d'antenne phasés orientables électroniquement permettront de disposer à bord des véhicules des antennes de réception à plus grand gain avec une plus grande discrimination en dehors de l'axe.
- La CAMR-92 a prévu dans chacune des bandes de fréquences attribuées l'introduction de la RSN dans le service de radiodiffusion par satellite et dans le service de radiodiffusion. Il faut étudier les conditions de partage dans une même bande de la RSN par satellite et de la RSN de Terre.
- Le service et les critères de partage dépendent de la précision du modèle de propagation utilisé. Une étroite coordination avec la Commission d'études 3 des radiocommunications sera nécessaire pour obtenir un modèle très précis pour chacune des trois bandes attribuées. On prêtera une attention particulière aux modèles de propagation des signaux de Terre, notamment pour les trajets proches de l'horizon physique et au-delà.

5.2.2 Brouillage des autres services

Le Rapport UIT-R BO.955 contient des renseignements sur l'influence des systèmes de RSN du SRS (son) et du SR sur d'autres services. Il faudra cependant poursuivre les études pour mieux évaluer les risques de brouillage:

- Il faut définir les caractéristiques des antennes de satellite dans chacune des trois bandes (par exemple leurs dimensions pratiques, le gain qui en résulte et la décroissance du diagramme).
- Pour faciliter le partage avec d'autres services on a besoin de connaître la variation de la densité surfacique de puissance du SRS (son) avec l'angle d'arrivée.
- Le service et les critères de partage dépendent de la précision du modèle de propagation utilisé. Une étroite coordination avec la Commission d'études 3 sera nécessaire pour obtenir un modèle précis pour chacune des trois bandes attribuées. On prêtera une attention particulière aux modèles de propagation des signaux du satellite.
- Le Doc. 10-11S/114 (Etats-Unis d'Amérique) (UIT-R, 1990-94) qui concerne les critères de protection des systèmes de télémétrie aéronautique fonctionnant aux Etats-Unis d'Amérique dans la bande 1 425-1 525 MHz donne des renseignements à utiliser pour les études du partage entre les systèmes de télémétrie aéronautique et le SRS (son). On y décrit une méthode applicable à l'étude des brouillages des stations réceptrices de télémétrie par des satellites géostationnaires ou non.

Sur la base des paramètres qu'utilisent les systèmes de télémesure des Etats-Unis d'Amérique on a obtenu sous forme de résultats numériques les densités surfaciques de puissance que tolèrent les systèmes de télémesure aéronautique. Les valeurs qui figurent dans ce document montrent qu'il y a un grave problème de partage avec les émissions des satellites.

Le document indique aussi l'emplacement aux Etats-Unis d'Amérique de nombreuses stations de réception de télémesure ce qui montre que la bande est très utilisée à cet effet.

L'établissement des critères de protection des systèmes de télémesure aéronautique est du ressort du Groupe de travail 8B qui examinera le document cité plus haut.

Les résultats des discussions du Groupe de travail 8B sur ce sujet serviront de base aux futures études de partage du Groupe de travail 10-11S.

6 Autres études à effectuer en vue de la Conférence des radiocommunications de [1998]

Dans le cadre de la préparation de la Conférence de [1998] les Commissions d'études des radiocommunications devront étudier les questions suivantes:

- Partage interservice régional et inter-régional, notamment:
 - Partage entre le SRS (son) et les systèmes point vers multipoint.
 - Partage entre le SRS (son) et les systèmes point à point du service fixe.
 - Partage avec le service mobile, y compris la télémesure aéronautique.
 - Partage avec les capteurs micro-ondes actifs et passifs.
 - Protection du service de radioastronomie.
 - Partage avec les services spatiaux, d'exploration de la Terre par satellite et d'exploitation spatiale.
 - Partage avec les ISM.
 - Partage entre la radiodiffusion audionumérique de Terre et les systèmes point vers multipoint
 - Partage géographique.

Les études ci-dessus devront aussi rechercher les rapports de protection afin de permettre l'établissement des critères de planification.

- Partage entre les services de radiodiffusion audionumérique par satellite (SRS) et de Terre (SR). Il faut considérer les cas suivants:
 - SRS vers SRS
 - SRS vers SR
 - SR vers SRS
 - SR vers SR
- Etudes de la planification des services par satellites géostationnaires ou par satellites non géostationnaires et examen éventuel du partage entre ces deux types de services.
- Etudes relatives à la planification des liaisons de connexion du SRS (son).
- Etudes de la mise en oeuvre commune dans une même bande de services de radiodiffusion audionumérique par satellite et de Terre.

- Etudes relatives aux caractéristiques de propagation et d'émission du canal.
- Stratégies de mise en oeuvre de la radiodiffusion audionumérique par satellite et de Terre avant la Conférence des radiocommunications de [1998] afin de ne pas limiter la souplesse nécessaire aux futures assignations de fréquences à ces services lors de cette Conférence.

ANNEXE 1

Protection des systèmes du SRS (son) contre les brouillages

Chacune des trois bandes de fréquences attribuées au SRS (son) et au service de radiodiffusion de Terre en vue de la RSN est aussi attribuée à d'autres services. Quand on élaborera les critères relatifs à l'utilisation partagée de ces bandes, il faudra donc prendre en compte les critères de protection pertinents tant pour la RSN que pour les systèmes des services existants; ces critères varient d'une administration à l'autre. Ils existent déjà pour de nombreux systèmes fonctionnant dans les bandes attribuées au SRS (son) ou en sont à un stade de mise au point plus ou moins avancé. Le Rapport UIT-R BO.955 examine en détail les conséquences que les systèmes du SRS (son) auront pour les divers services existants mais il ne concerne pas la protection du SRS (son) contre ces services.

On a étudié plusieurs systèmes de RSN divers (voir les Doc. 10-11S/55, Annexe XXII; Doc. 10-11S/88 et Doc. 10-11S/93 (UIT-R, 1990-94)) qui sont conçus pour satisfaire diverses exigences de qualité sonore et de service. Du type de service et de la qualité sonore désirés pour chaque système dépendront la puissance du signal reçu, la largeur de bande du canal et le taux d'erreur binaire nécessaires pour donner la qualité de service désirée; ces facteurs déterminent à leur tour le niveau de puissance brouilleuse tolérable. En conséquence, pour les systèmes de la RSN il faudra, quand on élaborera les critères de partage appropriés, tenir compte du type de service et de la qualité sonore souhaités.

On décrit ci-après une méthode permettant de déterminer les limites à imposer à la densité surfacique de puissance brouilleuse en bordure de la zone de service d'un service du SRS (son) pour protéger les systèmes du SRS contre les brouillages causés par les services de Terre. Cette méthode est conforme à celle que spécifie le § 2.2 du Rapport UIT-R BO.631 pour la protection de signaux du SRS-TV contre le brouillage provenant d'un service de Terre.

La densité surfacique de puissance qui ne doit pas être dépassée en bordure de la zone de service du SRS est donnée par la formule:

$$F_s = F_{tqp} - R_q + D + P - M_r - M_i \quad (1)$$

(Note 1- Cette formule n'est pas forcément valable quand le signal du satellite arrive au ras du sol. Il faut alors ajouter une marge supplémentaire. On notera aussi qu'il faut s'assurer par des études complémentaires que la formule (1) s'applique à des récepteurs portatifs ou mobiles. Il se peut qu'il faille alors recourir à une méthode statistique (par exemple un facteur de corrélation entre les évanouissements relatifs des signaux utiles et brouilleurs en fonction du pourcentage des emplacements ou du temps.)

où:

- F_s : densité surfacique de puissance maximale admissible (dB(W/m²)) dans la largeur de bande nécessaire du satellite de radiodiffusion
- F_{tqp} : densité surfacique de puissance nécessaire minimale (dB(W/m²)) en limite de zone de service dans la largeur de bande nécessaire du satellite de radiodiffusion (c'est-à-dire la dsp qui, en présence de bruit thermique, donne un signal de sortie de qualité q qui doit être dépassée pendant un pourcentage p élevé du temps)
- R_q : rapport de protection (dB) pour un brouillage à peine perceptible entre les signaux utile et brouilleur à l'entrée du récepteur lorsque la qualité du signal de sortie a été ramenée par le bruit thermique à la valeur q (R_q dépend des largeurs de bande RF et du spectre de puissance des signaux utile et brouilleur et de l'éventuel écart de fréquence entre les porteuses en jeu)
- D : discrimination angulaire (dB) affaiblissant le signal brouilleur et procurée par le diagramme de rayonnement de l'antenne qui reçoit le satellite de radiodiffusion
- P : discrimination (dB) affaiblissant le signal brouilleur due à la polarisation de l'antenne de réception
- M_r : marge (dB) pour tenir compte des éventuelles réflexions du signal brouilleur sur le sol
- M_i : marge (dB) au cas où il y aurait plusieurs brouilleurs.

La densité surfacique de puissance limite que donne la formule (1) garantit que la qualité du signal SRS (son) reçu sera égale à q même si la densité surfacique de puissance du système est descendue à son niveau minimal, F_{tqp} . Pendant p% du temps la densité surfacique de puissance du système sera supérieure à F_{tqp} et la qualité du signal de sortie meilleure que q.

Il convient de noter que la marge de protection globale du SRS (son) est R_q et qu'elle résulte de plusieurs contributions dues aux partages inter et intra services. Il reste cependant à répartir le brouillage total toléré entre les diverses sources.

En supposant que les marges M_r et M_i sont comprises dans la marge de brouillage globale qui sert à déterminer R'_q , la formule (1) se réduit à:

$$F_s = F_{tqp} - R'_q + D + P \quad (2)$$

Une fois qu'on dispose de renseignements suffisants pour calculer les densités surfaciques de puissance nécessaires du système utile et les rapports de protection contre les brouillages, la formule (2) peut servir à calculer les limites de la densité surfacique de puissance, F_s , qui protégeront les systèmes du SRS (son) contre les brouillages causés par des émetteurs de Terre. La densité surfacique de puissance que le récepteur du SRS (son) reçoit d'un système de Terre est fonction de la puissance isotrope rayonnée équivalente de l'émetteur de Terre dans la direction du récepteur du SRS et de l'affaiblissement géométrique qui dépend de la longueur du trajet et d'autres caractéristiques du terrain. On peut alors calculer les distances de séparation nécessaires entre émetteurs de Terre et récepteurs du SRS (son).

Etant donné la densité surfacique de puissance relativement élevée qu'exigent les systèmes du SRS (son) il est difficile de déterminer des critères de partage adaptés à tous les services. Cette densité élevée est en partie due à la nécessité d'avoir des marges suffisantes pour surmonter les évanouissements profonds dus aux obstacles que constituent les bâtiments et les frondaisons. Au moyen des techniques de diversité (d'espace, de fréquence ou de temps) on peut réduire les conséquences des évanouissements et donc abaisser la marge nécessaire. En utilisant un plus grand

nombre de réémetteurs cocanal de Terre (systèmes hybrides) on peut aussi réduire la marge qu'exige la présence d'obstacles.

Une autre raison qui oblige à avoir besoin de fortes densités surfaciques de puissance est le faible gain (et par conséquent la faible discrimination) des antennes de réception du SRS (son), notamment de celles qui équipent les véhicules. Avec des antennes de technologie perfectionnée telles que les réseaux d'antenne orientables électroniquement on peut obtenir un gain plus élevé et réduire ainsi les densités surfaciques de puissance nécessaires. On pourra aussi mettre au point des procédés pour réduire la sensibilité des récepteurs du SRS (son) aux brouillages horizontaux.

On pourra enfin faciliter le partage avec d'autres services grâce à l'entrelacement de fréquence ou en laissant de côté certaines parties des bandes attribuées, mais ces procédés risquent de diminuer le nombre de programmes disponibles en une zone de service donnée.
