

RECOMMANDATION UIT-R BS.1194-2

**SYSTÈMES DE MULTIPLEXAGE DE SIGNAUX DE RADIODIFFUSION SONORE
À MODULATION DE FRÉQUENCE AVEC UNE VOIE DE DONNÉES SUR
SOUS-PORTEUSE AYANT UNE GRANDE CAPACITÉ DE
TRANSMISSION POUR RÉCEPTION FIXE ET MOBILE**

(Question UIT-R 71/10)

(1995-1998)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que de nombreux pays utilisent le système de radiodiffusion de données (RDS) conforme à la Recommandation UIT-R BS.643;
- b) que le système RDS est en mesure d'assurer la plupart des services de données demandés, mais que sa capacité de transmission de données est limitée;
- c) qu'il est impératif que les nouveaux systèmes à sous-porteuse soient compatibles avec les services stéréophoniques MF incluant le système RDS;
- d) qu'il sera peut-être nécessaire pour certaines applications de prévoir de plus grandes capacités de transmission de données;
- e) que les systèmes de radiodiffusion à voie de données sur sous-porteuses peuvent offrir une capacité de transmission de données supérieure à celle du système RDS, et peuvent respecter l'impératif de compatibilité du paragraphe c) ci-dessus en qui concerne les rapports de protection et les niveaux de brouillage;
- f) que des systèmes de transmission rapide de données sont déjà en exploitation;
- g) la diversité des applications décrites dans le document UIT-R BS.1350 exclut la possibilité qu'un système unique soit adapté à toutes les applications,

recommande

1 d'utiliser un des trois systèmes suivants pour le multiplexage des signaux de radiodiffusion sonore à modulation de fréquence avec une voie de données sur sous-porteuse ayant une grande capacité de transmission pour la réception fixe et mobile:

- le système de voie de radiodiffusion de données (DARC) spécifié dans l'Annexe 1, qui est le plus intéressant pour son niveau élevé de compatibilité avec la voie principale de diffusion de signaux sonores et pour les services de transport intelligent; ou
- le système de transmission rapide de données (HSDS) spécifié dans l'Annexe 2, qui est le plus intéressant pour son facteur de forme minimal, pour les économies d'énergie et pour les services d'appel unidirectionnel de personnes; ou
- le système de voie de transmission d'informations sur sous-porteuse (STIC) défini dans l'Annexe 3, qui est le plus intéressant pour sa fiabilité en trajets multiples pour les messages longs et pour les services de transport intelligent, en particulier lorsqu'on utilise un traitement audio de haut niveau de signaux sonores sur la voie de diffusion sonore principale.

NOTE 1 – La Recommandation UIT-R BS.1350 spécifiant les exigences du système aidera les radiodiffuseurs à évaluer les besoins du service quand on utilise les systèmes de transmission rapide de données disponibles.

NOTE 2 – L'Appendice 1 présente la comparaison entre les systèmes. L'Appendice 2 donne les résultats de test de trois systèmes testés en parallèle par un organisme indépendant aux Etats-Unis.

Description du système: système A, voie de radiodiffusion de données (DARC)

Le système DARC assure un équilibre tout à fait acceptable entre la robustesse de sortie et la bande passante occupée pour permettre de multiples applications d'une sous-porteuse de données normalisée. Le système est conçu pour minimiser les effets des trajets multiples et de l'évanouissement sur la voie, en environnement fixe et mobile. La correction/détection d'erreur tridimensionnelle assure une réception des données pratiquement exempte d'erreur sur tous les types de récepteur.

Voici quelques applications multiplexées supportées par le système DARC:

- informations affichées sur le récepteur sous la forme de texte et de graphisme sur plusieurs pages, y compris, sans y être limité, les informations sur les programmes sonores, les nouvelles, le sport, la météorologie, des données pour la navigation et les informations routières;
- rafraîchissement des bases de données informatiques et transfert de fichiers;
- appel unidirectionnel de personnes/messagerie portable et accès conditionnel (adressabilité du récepteur);
- correction de données DGPS pour récepteurs portables et mobiles.

La méthode de modulation par déplacement minimal avec asservissement de niveau (MDMAN) du système DARC permet de réaliser facilement des récepteurs peu coûteux.

Les spécifications des sous-porteuses du système de modulation de fréquence DARC font l'objet de la norme ETSI ETS 300 751.

1 Caractéristiques de la modulation (couche physique)

1.1 Fréquence de la sous-porteuse

La fréquence de 76 kHz de la sous-porteuse est verrouillée en phase sur le quatrième harmonique et, dans le cas des services stéréophoniques, appartient au signal pilote.

La tolérance sur cette fréquence doit être inférieure à 0,01% ($\pm 7,6$ Hz) et le déphasage avec le signal pilote ne doit pas dépasser $\pm 5^\circ$.

1.2 Méthode de modulation

On utilise MDMAN avec un spectre conforme à la Figure 1. Cette modulation est une variante de la modulation MDM, l'amplitude étant asservie sur les signaux stéréophoniques gauche-droite (G-D). La fréquence 76 kHz + 4 kHz correspond à une donnée d'entrée 1, et la fréquence 76 kHz-4 kHz à une donnée d'entrée 0.

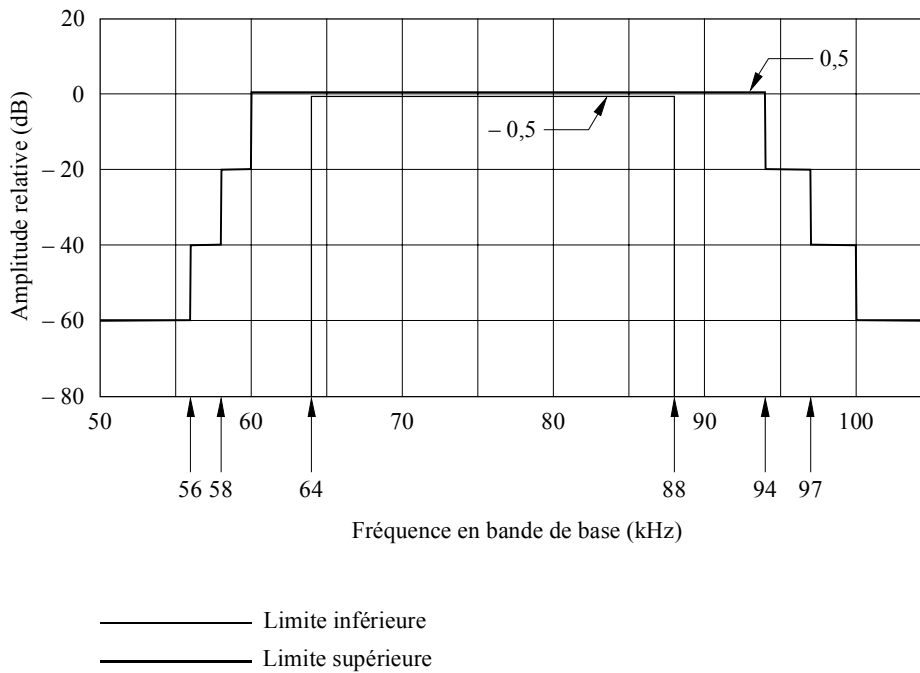
1.3 Débit binaire

16 kbit/s \pm 1,6 bit/s.

1.4 Niveau de la sous-porteuse

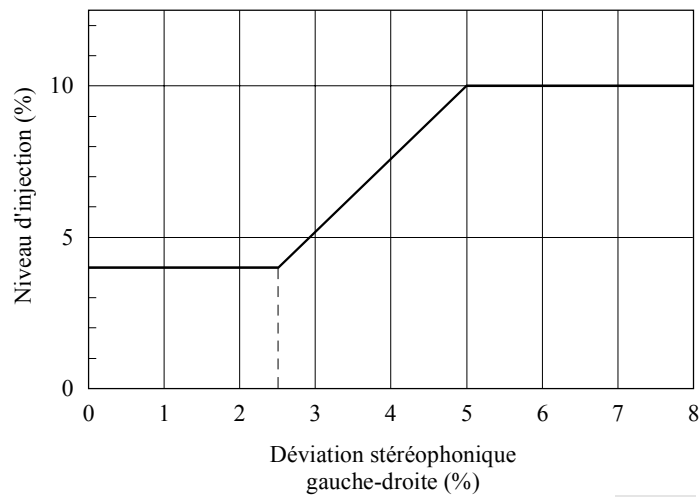
Le niveau de la sous-porteuse varie en fonction des signaux stéréophoniques G-D (voir la Figure 2). Lorsque la déviation de la porteuse principale MF produite par les signaux stéréophoniques G-D est inférieure à 2,5%, la sous-porteuse introduit une déviation de 4% (± 3 kHz) de la porteuse principale. Lorsque la déviation de la porteuse principale MF produite par les signaux stéréophoniques G-D est supérieure à 5%, la sous-porteuse introduit une déviation de 10% ($\pm 7,5$ kHz) de la porteuse principale. Entre ces limites, la déviation varie linéairement.

FIGURE 1
Filtre de mise en forme du spectre



1194-01

FIGURE 2
Déviation de la sous-porteuse



1194-02

2 Structure de la trame (couche liaison de données)

2.1 Caractéristiques générales

Le plus grand des éléments de la structure est appelé «trame» et comporte en général 78 336 bits au total, organisés en 190 blocs d'information de 288 bits chacun, auxquels s'ajoutent 82 blocs de parité de 288 bits chacun.

Un bloc d'information comprend un code d'identification de blocs (CIB) de 16 bits, 176 bits d'information, un code CRC de contrôle de redondance cyclique (CRC) de 14 bits et 82 bits de parité.

Le bloc de parité comporte un CIB de 16 bits et 272 bits de parité.

Il existe quatre types différents de CIB (voir Tableau 1) pour assurer la synchronisation de blocs et de trames.

On dispose de trois méthodes d'organisation des données, les méthodes A et B, qui utilisent toutes deux un code produit $(272,190) \times (272,190)$ et la méthode C qui fait appel à un simple codage de blocs $(272,190)$.

Ces trois méthodes diffèrent par la séquence des codes CIB.

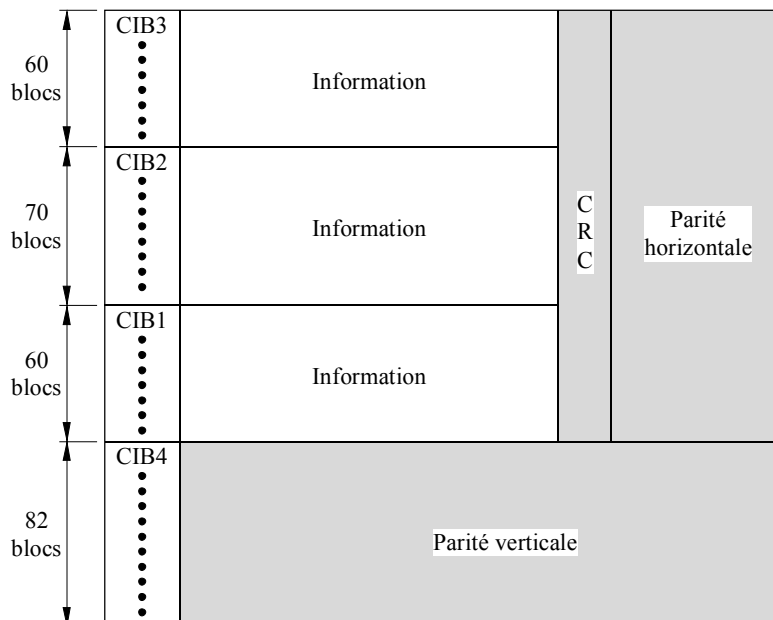
TABLEAU 1
Code d'identification de blocs (CIB)

CIB1	0001	0011	0101	1110
CIB2	0111	0100	1010	0110
CIB3	1010	0111	1001	0001
CIB4	1100	1000	0111	0101

2.2 Méthode A

Cette méthode limite le temps de transmission du côté émetteur. La trame (appelée Trame A) contient en principe 190 blocs d'information suivis de 82 blocs de parité (voir Figure 3), mais pour les services en temps réel, il est possible d'insérer 12 blocs additionnels d'information (codés au niveau bloc seulement) dans les blocs de parité de la trame codée en produit.

FIGURE 3
Organisation de la trame dans le cas de la méthode A,
sans insertion de blocs pour applications en temps réel



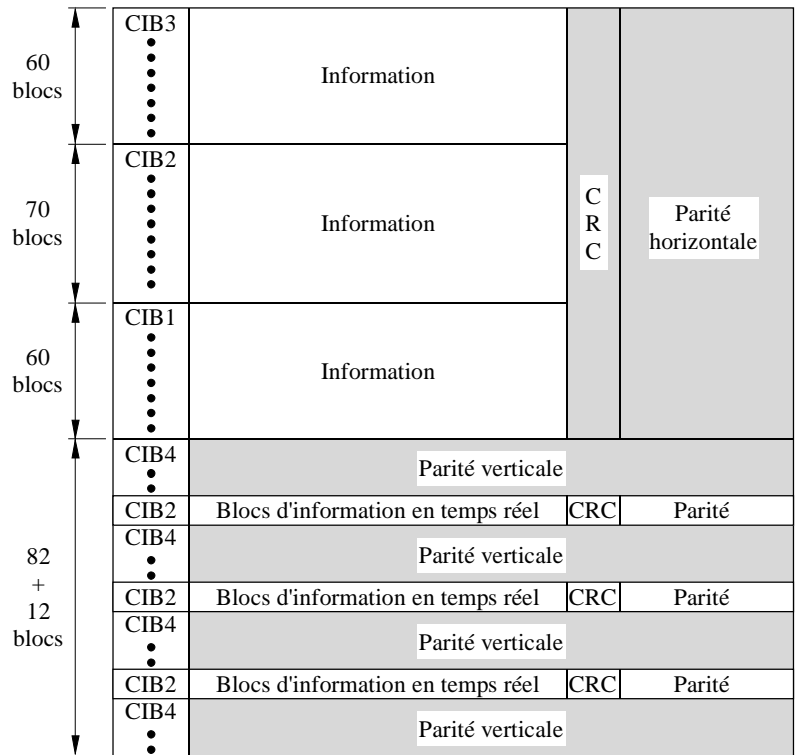
1194-03

Les 12 blocs ainsi insérés ne font pas partie de la trame codée en produit. Ils sont placés à des positions fixes, à raison de quatre blocs dans chacune des trois positions (voir la Figure 4). Les quatre premiers blocs sont placés après 20 blocs de parité, les quatre suivants après 21 autres blocs de parité et les quatre derniers après 21 autres nouveaux blocs de parité.

Le code CIB des blocs insérés est CIB2. Le récepteur extrait ces blocs et les décode immédiatement.

FIGURE 4

Organisation de la trame dans le cas de la méthode A, avec insertion statique de blocs pour applications en temps réel



1194-04

2.3 Méthode B

Afin d’obtenir une transmission quasi-uniforme de la trame (appelée Trame B), les blocs de parité sont intercalés avec les blocs d’information (voir la Figure 5). Cette méthode introduit un retard de 5 s environ du côté émetteur.

2.4 Méthode C

La méthode C fait intervenir uniquement des blocs de 288 bits. Le code CIB associé à cette méthode est CIB3. Cette méthode est censée répondre aux besoins des services en temps réel, mais avec un niveau inférieur de protection contre les erreurs (exemple: services temps réel, réception fixe ou information répétitive).

2.5 Code de correction d’erreur

Dans le cas des méthodes A et B, on utilise un code produit (272,190) × (272,190) pour le codage des trames afin de permettre au récepteur/décodeur de détecter et corriger les erreurs apparaissant en cours de réception. Un codage de bloc (272,190) est utilisé avec la méthode C.

Le code (272,190) est un code cyclique différentiel simplifié, décodable par logique majoritaire. Le polynôme générateur du code (272,190) est:

$$g(x) = x^{82} + x^{77} + x^{76} + x^{71} + x^{67} + x^{66} + x^{56} + x^{52} + x^{48} + x^{40} + x^{36} + x^{34} + x^{24} + x^{22} + x^{18} + x^{10} + x^4 + 1$$

2.6 Détection d’erreur

Les 14 bits du code CRC (contrôle de redondance cyclique) sont utilisés pour permettre au récepteur/décodeur de détecter les erreurs. A partir des 176 bits d’information, le code CRC est calculé au moyen du polynôme générateur:

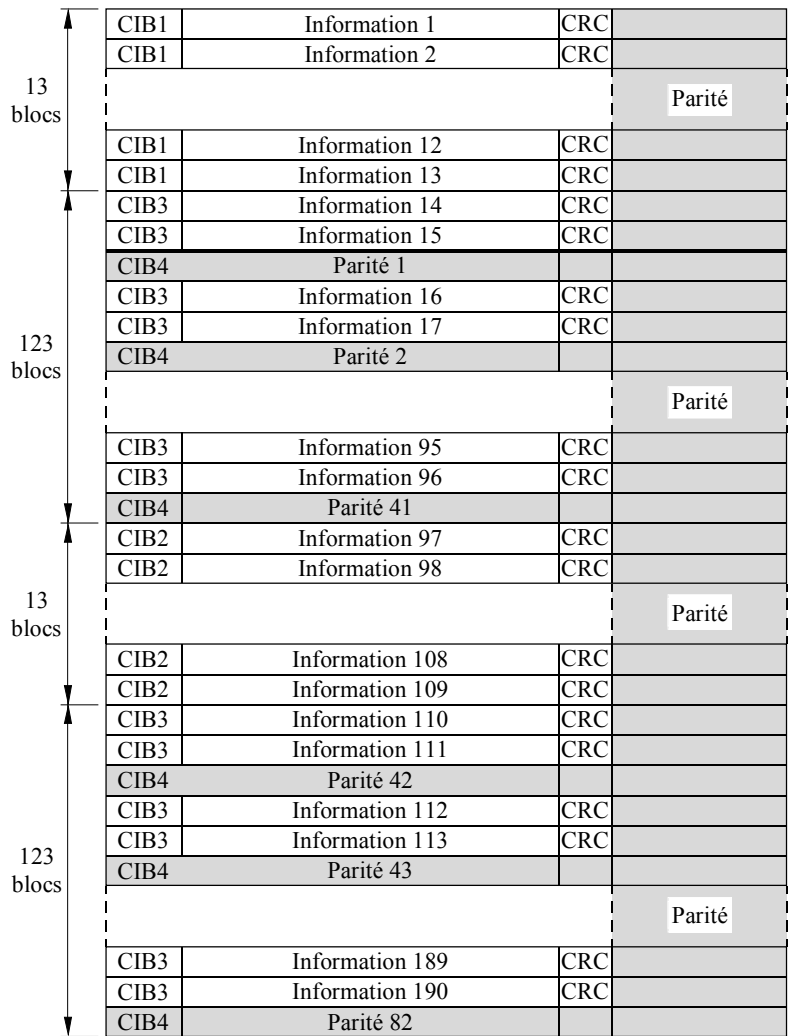
$$g(x) = x^{14} + x^{11} + x^2 + 1$$

2.7 Embrouillage

Pour éviter d'imposer des restrictions au format d'entrée des données et étaler le spectre de modulation, les données doivent être embrouillées par la séquence de pseudo-bruit spécifiée par:

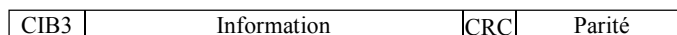
$$g(x) = x^9 + x^4 + 1$$

FIGURE 5
Organisation de la trame dans le cas de la méthode B, avec blocs intercalés



1194-05

FIGURE 6
Organisation de la trame dans le cas de la méthode C, avec codage de bloc seulement



1194-06

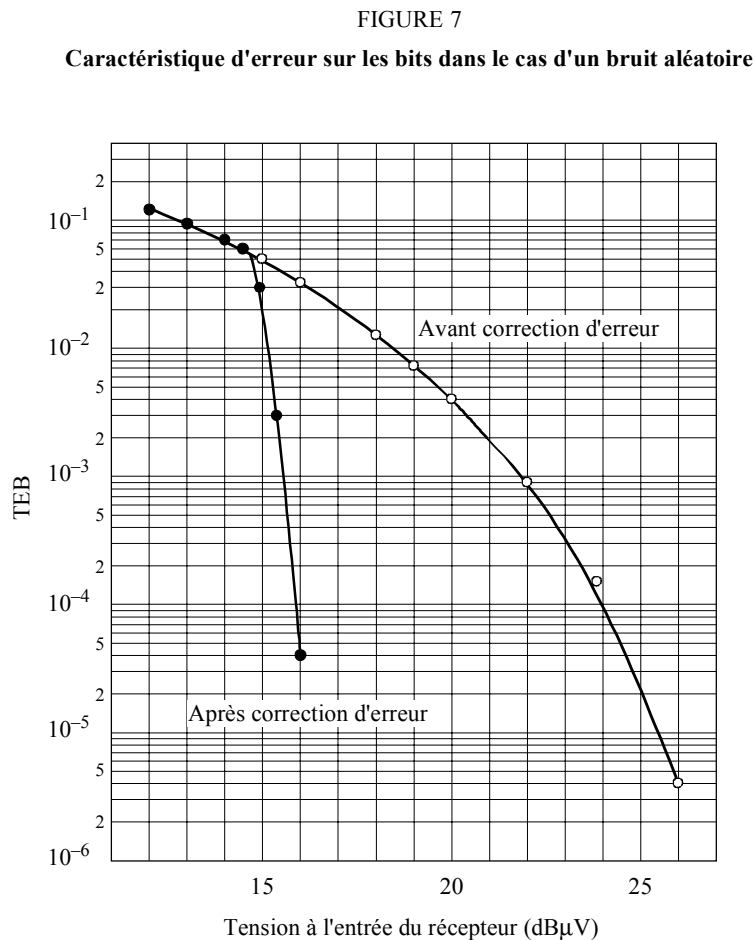
3 Caractéristiques opérationnelles du système DARC

3.1 Caractéristiques de la transmission

3.1.1 Tests de transmission en laboratoire

Des expériences de transmission ont été effectuées en laboratoire pour caractériser le taux d'erreur binaire (TEB) en fonction du bruit aléatoire et des évanouissements dus à la propagation par trajets multiples.

La Figure 7 représente le TEB en fonction de la tension d'entrée du récepteur. On constate, d'après la figure, que la correction d'erreur élimine les erreurs sur les bits lorsque la tension d'entrée du récepteur est supérieure ou égale à 16 dB μ V.



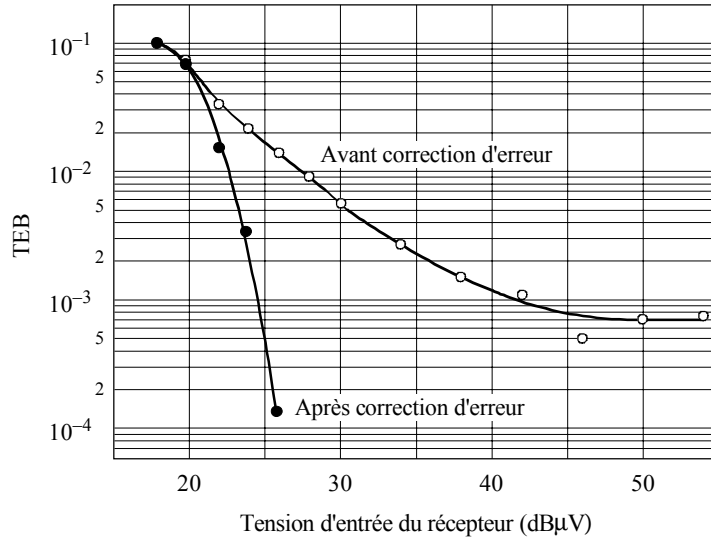
1194-07

La Figure 8 montre la variation du TEB en présence de distorsions dues aux évanouissements. Sans correction, le TEB reste supérieur d'environ 7×10^{-4} même si la tension d'entrée est augmentée. La correction d'erreur permet néanmoins d'abaisser le taux d'erreur lorsque la tension d'entrée est supérieure ou égale à 27 dB μ V.

3.1.2 Tests de transmission sur le terrain

La Figure 9 montre les pourcentages de temps de réception correcte en réception mobile. Lorsqu'une page est constituée d'un paquet, une valeur de 90% ou plus peut être obtenue en utilisant la trame C du système DARC décrite à la Figure 6. Pour une page formée de 250 paquets (8 500 octets), les trames A et B du système DARC devraient permettre d'obtenir un pourcentage de 85%.

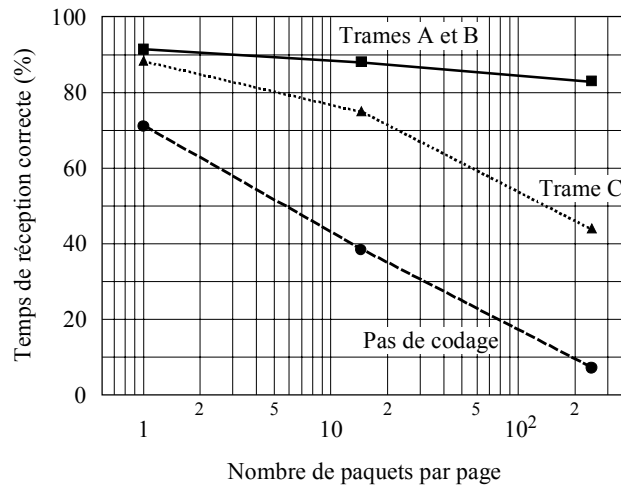
FIGURE 8
 Caractéristique d'erreur sur les bits en présence
 de distorsions dues aux évanouissements



Fréquence des évanouissements: 3,3 Hz
 Rapport *D/U* (trajets multiples): 10 dB
 Retard: 5 μs

1194-08

FIGURE 9
 Effets de l'utilisation des codes de correction d'erreur
 dans la zone de service MF



1194-09

3.2 Compatibilité avec la radiodiffusion stéréophonique

3.2.1 Etude par questionnaire

La compatibilité avec la radiodiffusion sonore stéréophonique est un élément décisif dans le choix du niveau de multiplexage à appliquer aux signaux multiplex. Un questionnaire a été adressé à plus de 2 000 personnes auxquelles il était demandé d'indiquer toute altération de la qualité de réception lorsqu'on changeait le niveau de multiplexage de signaux MDMAN multiplexés avec des signaux stéréophoniques. Des sons vocaux et des sons de piano ont été utilisés comme signaux sonores stéréophoniques.

Le Tableau 2 présente les résultats de l'étude en termes de pourcentage de récepteurs, par rapport au nombre total des réponses, qui montrent une dégradation de la qualité de deux notes en fonction de six niveaux de multiplexage.

TABLEAU 2

Nombre de récepteurs pour lesquels on a constaté une dégradation de la qualité de réception en fonction du niveau de multiplexage et pourcentages correspondants

Niveau de multiplexage minimum MDMAN (%)	Nombre de récepteurs	Pourcentage (%)
2	7	0,31
3	7	0,31
4	10	0,44
5	14	0,61
6,5	18	0,78
10	27	1,18

Cette étude montre que le pourcentage pouvait être ramené à moins de 0,5% à condition que le niveau de multiplexage minimum MDMAN soit inférieur à 4%.

3.2.2 Evaluation subjective de qualité sonore

La procédure de test utilisée est celle décrite dans la Recommandation UIT-R BS.562. Trois types de programmes ont été utilisés: piano, musique pop et voix féminines.

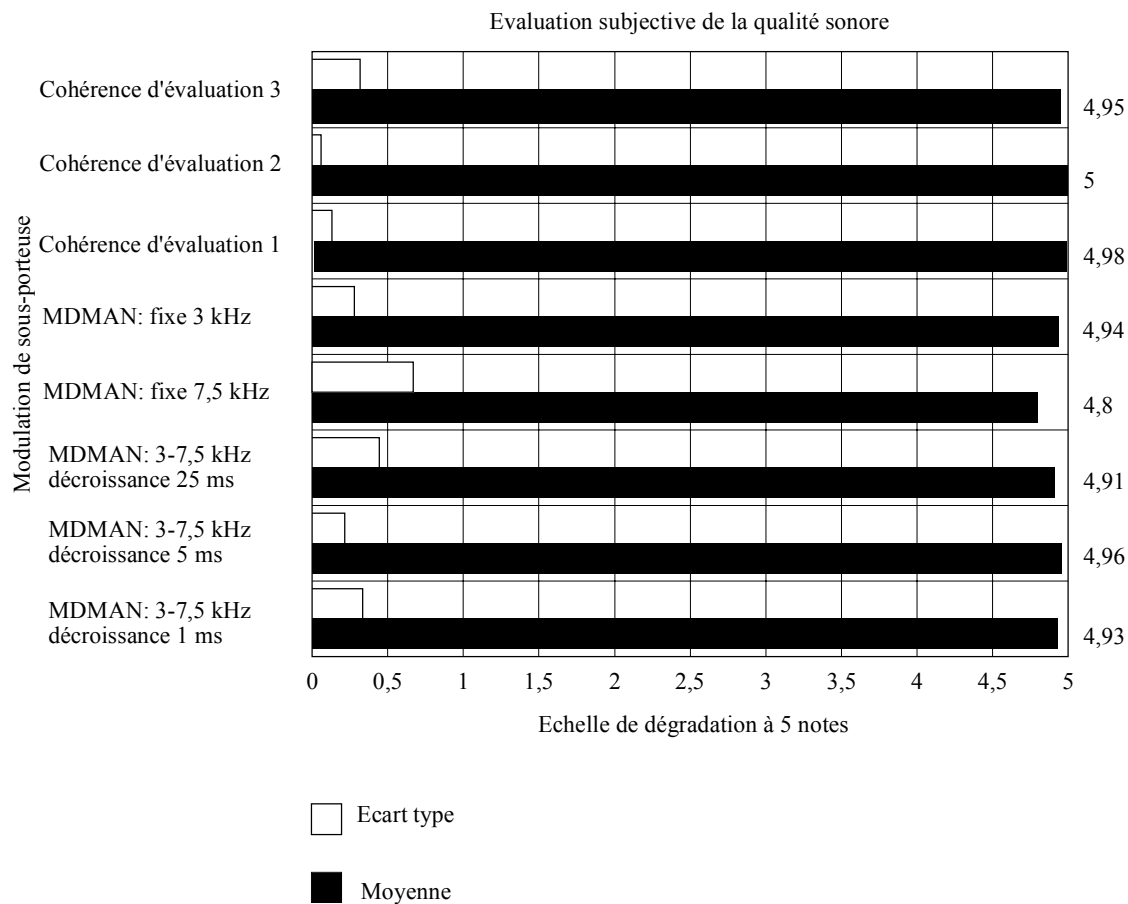
Un peu plus de cent personnes, plus ou moins expertes, ont participé aux essais de diffusion à leur domicile, et elles devaient remplir un formulaire spécial.

La Figure 10 présente les principaux résultats de l'évaluation correspondant à 8 combinaisons différentes de paramètres de sous-porteuses pour l'ensemble des trois types de programmes. Sont également présentés, les résultats pour trois valeurs de décroissance et pour la caractéristique de commande de niveau de la sous-porteuse retenue. Le résultat des tests de cohérence (sans sous-porteuse) est présenté à titre de comparaison, ainsi que les résultats pour des niveaux de sous-porteuses fixes (3 et 7,5 kHz).

L'évaluation a montré que l'on obtenait le meilleur résultat lorsqu'on associait une fréquence de sous-porteuse de 76 kHz et la modulation MDMAN à une sous-porteuse dont le niveau était asservi de sorte que la déviation de la porteuse principale reste comprise entre 3 et 7,5 kHz avec une décroissance de 5 ms. La note moyenne obtenue est 4,96 sur l'échelle de dégradation à 5 notes. Le système est donc considéré comme étant compatible avec le système de radiodiffusion sonore stéréophonique MF en ondes métriques.

FIGURE 10

Résultats des tests d'évaluation subjective de la qualité sonore



1194-10

3.2.3 Distorsion due à la propagation par trajets multiples

Les tests de compatibilité ci-dessus n'ont pas permis d'évaluer les effets de la propagation par trajets multiples. En effet, ce type de propagation est susceptible de brouiller le signal du programme principal, ainsi que le signal RDS, s'ils sont transmis simultanément. Dans ces conditions, le signal de programme reçu est censé subir une distorsion due à la propagation par trajets multiples.

Ce paragraphe décrit les essais de compatibilité du signal DARC avec le programme principal dans les conditions de propagation par trajets multiples.

L'intermodulation entre un signal DARC et le signal pilote de 19 kHz provoque un brouillage dans la bande des fréquences sonores.

La Figure 11 indique le rapport signal/bruit du signal sonore pour diverses fréquences de sous-porteuses dans lesquelles on utilise un débit binaire de 16 kbit/s et un système de modulation MDMAN. Ce chiffre montre que l'on obtient un meilleur rapport signal/bruit lorsque la fréquence centrale de la sous-porteuse est supérieure à 73 kHz. Ce résultat montre que le système DARC présente une bonne performance car la fréquence spécifiée pour sa sous-porteuse est de 76 kHz.

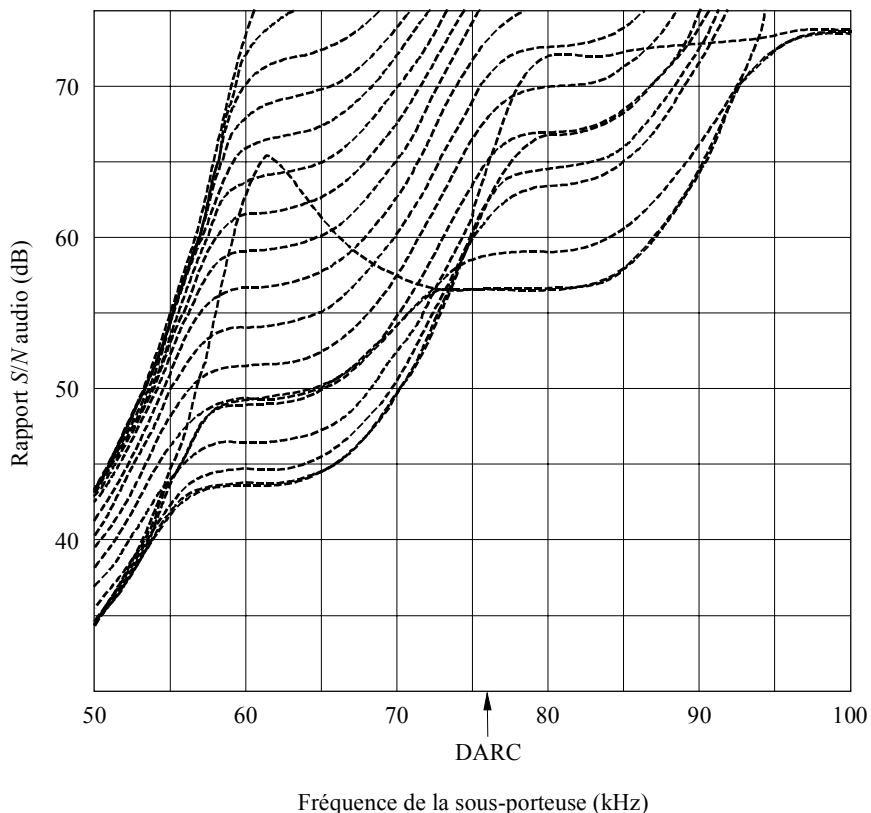
La Figure 12 présente les résultats de la simulation sur le rapport signal/bruit de signal sonore. Ces chiffres montrent que le plus mauvais rapport signal/bruit se présente pour un déphasage de 180° en RF et un retard par trajets multiples de 9 µs.

La Figure 13 présente le schéma des tests en laboratoire. Le niveau d'entrée du récepteur a été réglé à -60 dBm et le niveau de bruit mesuré par un VU-mètre à quasi-crête avec un filtre psophométrique conforme à la Recommandation 468. La Figure 14 présente le rapport signal/bruit sonore en fonction du retard écho. On obtient les plus mauvais rapports signal/bruit pour les temps de retard compris entre $7 \mu\text{s}$ et $10 \mu\text{s}$. La mesure de l'étalement des retards dans la région de Tokyo a révélé que le rapport signal utile/brouilleur d'un signal à retard de $7 \mu\text{s}$ en trajets multiples est supérieur à 15 dB et que, pour le cas de $9 \mu\text{s}$, il est supérieur à 19 dB sur 99% de la superficie. Cela indique que les conditions les plus mauvaises pour 99% des cas en trajets multiples pour le rapport signal/bruit du signal sonore sont un rapport signal utile/brouilleur de 15 dB pour un retard de $7 \mu\text{s}$ et un déphasage RF de 180° . La Figure 15 présente le rapport signal/bruit du signal sonore en fonction d'un niveau d'injection de MDMAN plus faible dans les plus mauvaises conditions de trajets multiples. Le système DARC utilise la MDMAN avec le faible niveau d'injection de 4%. La Figure 15 indique que la dégradation du rapport signal/bruit du signal sonore imputable au multiplexage DARC est limitée à un niveau inférieur à $1,5$ dB dans les plus mauvaises conditions de trajets multiples pour 99% des cas.

Les tests de compatibilité du signal DARC avec le programme principal dans les conditions de propagation par trajets multiples montrent que, dans le plus mauvais conditions de trajets multiples pour 99% des cas pour un rapport signal utile/brouilleur de 15 dB, un retard de $7 \mu\text{s}$ et un déphasage RF de 180° dans la région de Tokyo, on observe une dégradation du rapport signal/bruit du signal sonore de $1,5$ dB en cas de multiplexage avec un signal DARC.

FIGURE 11

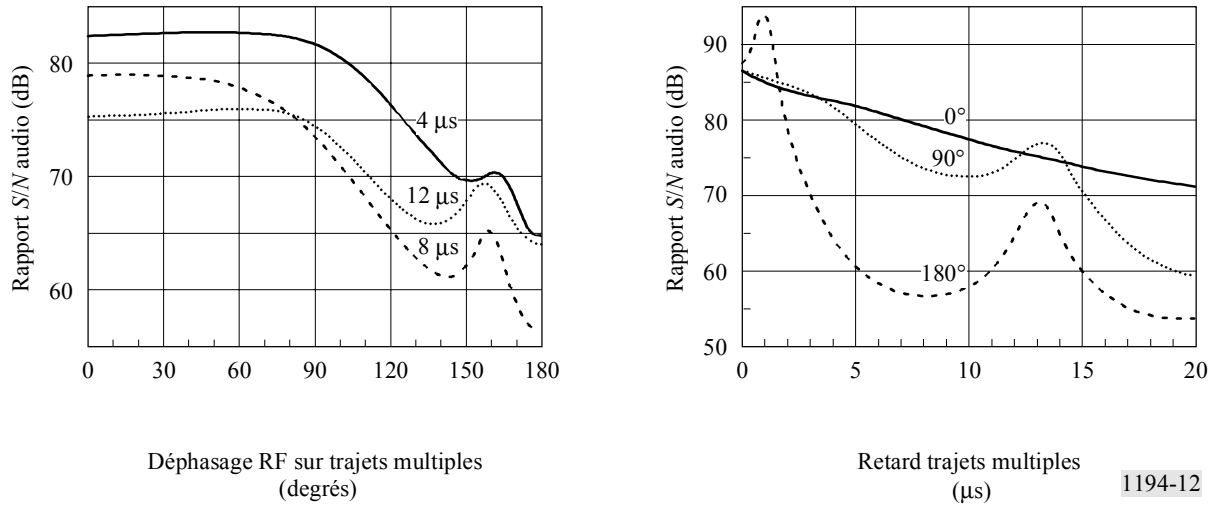
Rapport S/N audio pour diverses fréquences de sous-porteuse



Niveau d'injection:	4%	
Rapport signal utile/signal brouilleur (D/U):	15 dB	
Retard:	$8 \mu\text{s}$	
Déphasage RF:	$0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, \dots, 180^\circ$	1194-11

FIGURE 12

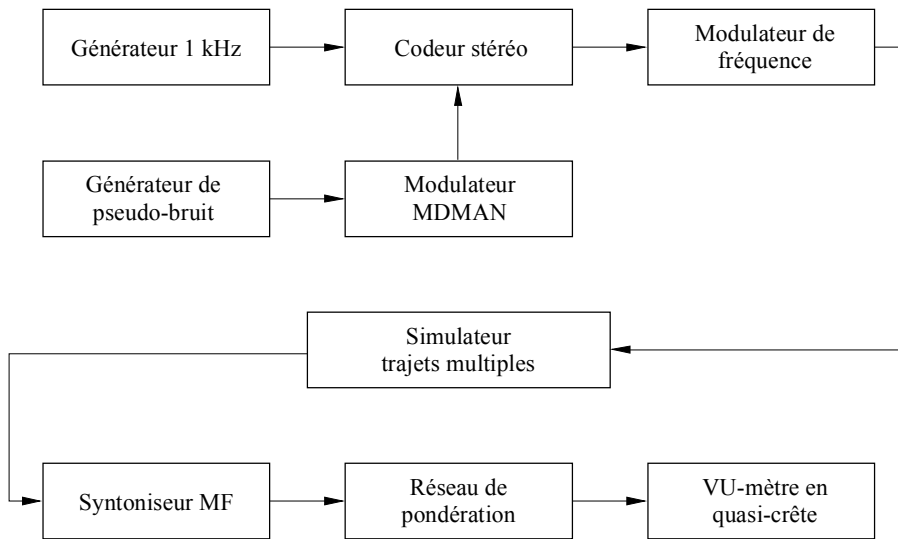
Rapport S/N audio en fonction du déphasage RF et du retard trajets multiples
(Rapport D/U: 15 dB)



1194-12

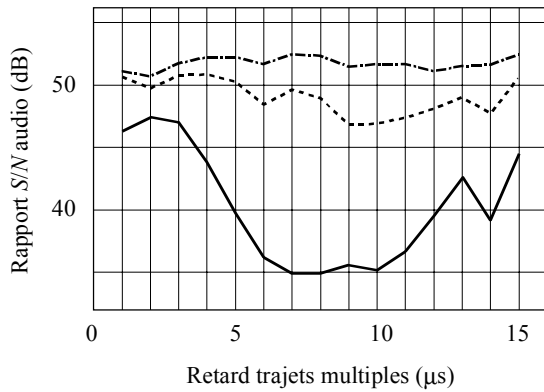
FIGURE 13

Diagramme des essais effectués en laboratoire



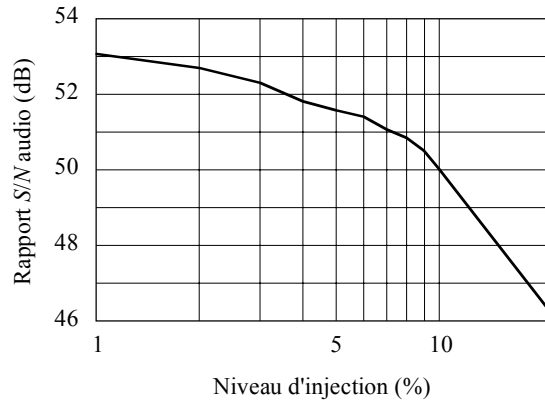
1194-13

FIGURE 14
Rapport S/N audio en fonction du retard



----- $D/U = 15$ dB
 $D/U = 10$ dB
 ——— $D/U = 5$ dB
 Déphasage RF : 180°

FIGURE 15
Rapport S/N audio en fonction d'un faible niveau d'injection de MDMAN



Rapport (D/U): 15 dB
 Retard RF: 7 µs
 Déphasage RF: 180°

1194-14

3.3 Compatibilité avec le RDS

Les essais ont été effectués en mesurant le TEB pour le système RDS dans le cas de cinq combinaisons de signaux multiplex, en faisant varier le niveau du signal. Ces mesures ont été effectuées dans des conditions de réception fixe. Les différentes composantes du signal multiplex sont décrites dans le Tableau 3.

La sous-porteuse RDS et la sous-porteuse DARC sont modulées par deux séquences pseudo-aléatoires non corrélées.

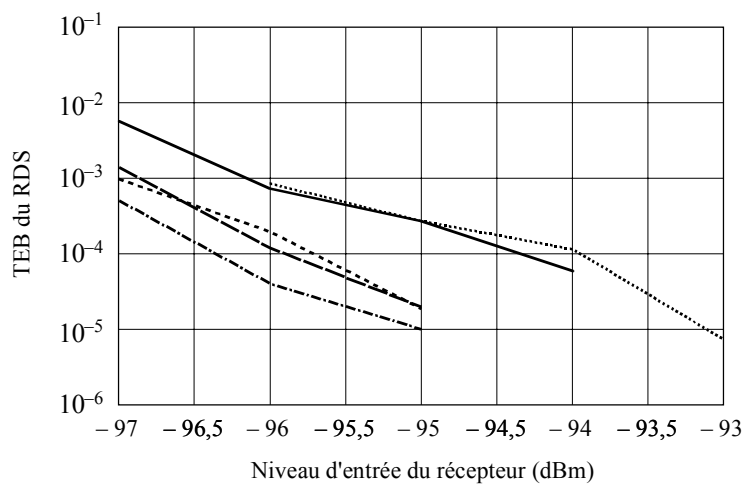
Les résultats des mesures avec cinq combinaisons de composantes multiplexées sont présentés dans la Figure 16.

La courbe du bas est un TEB avec un récepteur réel. L'ajout d'une fréquence pilote provoque une légère dégradation comprise entre 0,5 et 1 dB. L'ajout supplémentaire du signal DARC n'introduit pas d'augmentation du TEB. Une dégradation un peu plus importante du TEB peut être observée sur les deux courbes supérieures. Cette dégradation est cependant causée par les signaux M et S et non par le signal DARC lui-même.

TABLEAU 3

Composante multiplex	Description
RDS	RDS dévie la porteuse principale de 3 kHz (4%)
Fréquence pilote	La fréquence pilote dévie la porteuse principale de 6,75 kHz (9%)
Signaux stéréophoniques M et S	Signaux stéréophoniques «normaux» M et S créés à partir de niveaux de bruit représentatifs pondérés conformément à la Recommandation UIT-R BS.559. La déviation correspond ainsi à la pratique actuelle (voir la Recommandation UIT-R BS.641)
DARC	La déviation de la porteuse principale introduite par le signal DARC est comprise entre 3 kHz (4%) et 7,5 kHz (10%), commandée par le signal S (caractéristique propre au système DARC)

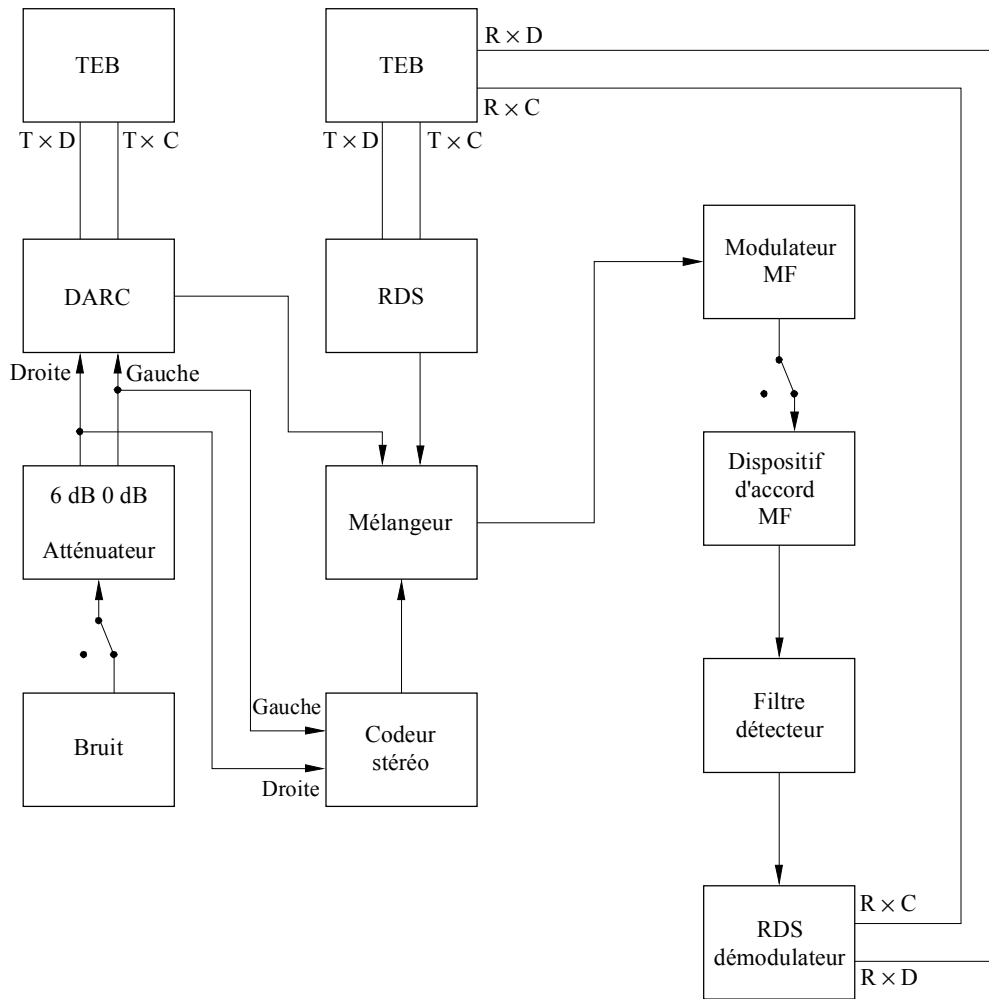
FIGURE 16
**TEB du système RDS en fonction du niveau d'entrée
 du récepteur pour différents contenus multiplex**



- RDS
- RDS + Pilote
- RDS + Pilote + DARC(L)
- RDS + Pilote + M et S
- RDS + Pilote + M et S + DARC(L)

Le montage de mesure est décrit à la Figure 17. Le modulateur DARC a été réalisé par EIDEN. Le récepteur utilisé était un STUDER A764 doté d'un filtre externe et d'un démodulateur spécial de produits. Un démodulateur spécial biphase a été utilisé pour l'extraction des données RDS (horloge et données).

FIGURE 17
Méthode de mesure pour tester la compatibilité avec RDS



1194-17

Les mesures présentées ici montrent que la qualité de fonctionnement du système RDS n'est pas affectée par l'introduction d'un système à sous-porteuse conforme aux spécifications du système DARC.

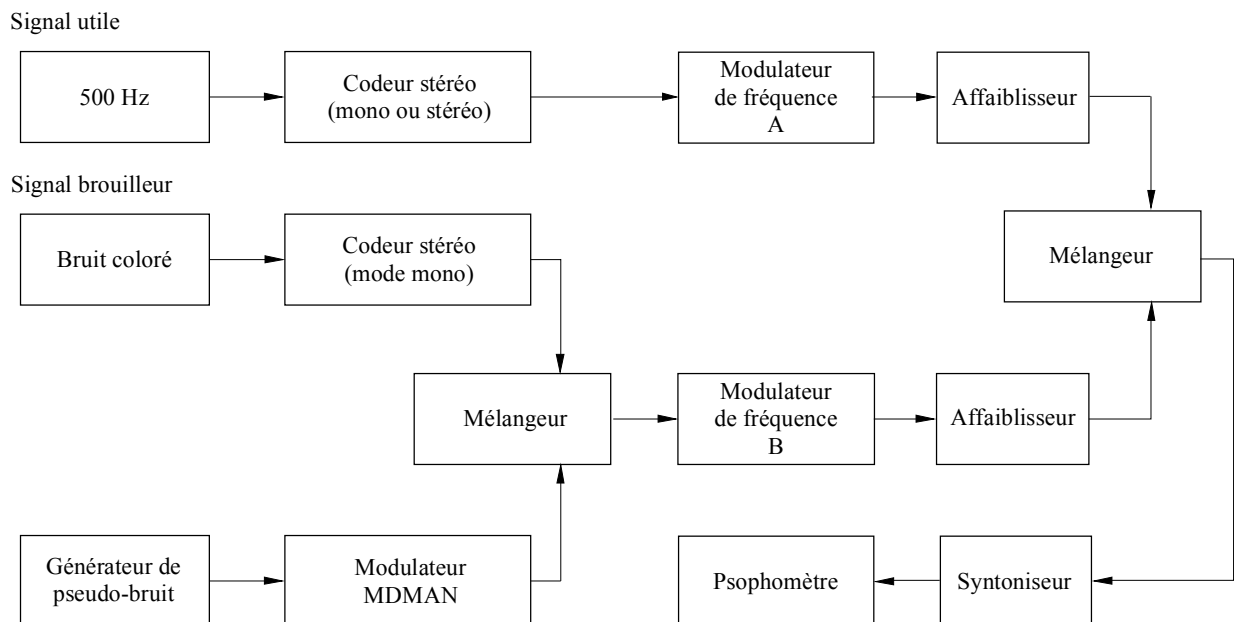
3.4 Rapports de protection

A noter que certains tests ont montré que, pour certaines amplitudes des sous-porteuses, la présence du signal DARC dans le signal brouilleur rendait les récepteurs plus sensibles au brouillage par les voies adjacentes. Ainsi, pour un signal de radiodiffusion brouilleur situé dans une voie adjacente et contenant à la fois un signal DARC et un signal RDS provoquant respectivement des déviations de $\pm 7,5$ kHz et de ± 3 kHz, le niveau du rapport C/I pour l'ensemble des récepteurs testés augmente de 3 dB, tout en restant en dessous du critère donné dans la Recommandation UIT-R BS.412. Dans les cas où les niveaux des signaux appliqués sont élevés, il faut faire en sorte que les déviations des sous-porteuses soient compatibles avec les rapports de protection qui ont été utilisés pour la planification des services.

3.4.1 Rapports de protection pour les signaux de radiodiffusion sonore MF

Les mesures ont été effectuées conformément à la Recommandation UIT-R BS.641. La Figure 18 présente le schéma du montage de mesure. Le signal brouilleur était constitué d'un bruit monophonique et du signal DARC.

FIGURE 18
Schéma du montage de mesure

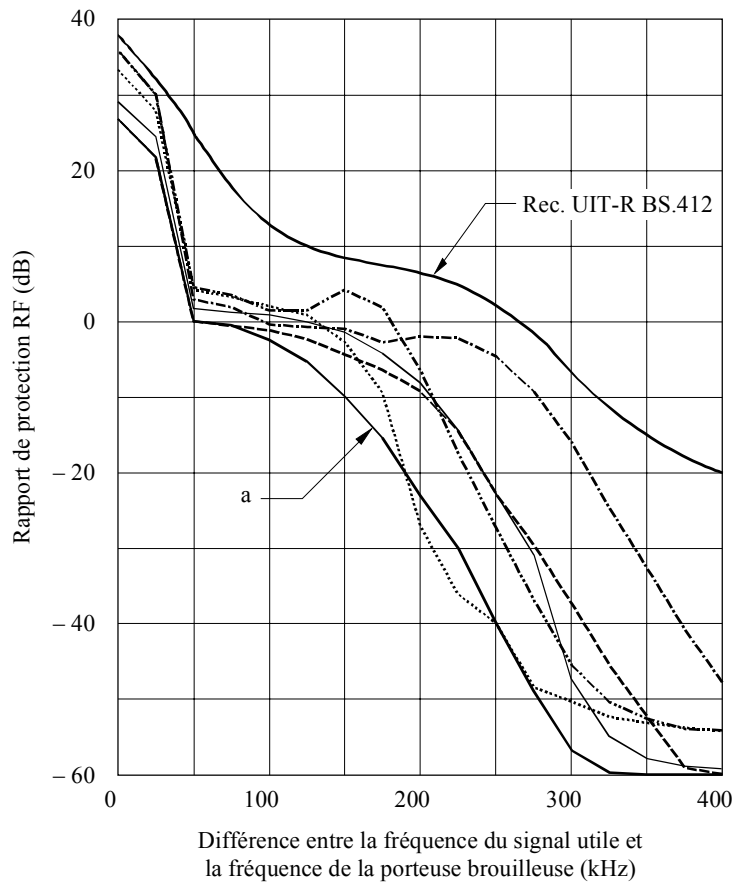


1194-18

Les Figures 19 et 20 présentent le résultat des mesures faites sur des signaux son monophoniques, et stéréophoniques respectivement. On constate que le brouillage provoqué par le signal DARC peut être limité de manière à respecter les valeurs de niveau spécifiées dans la Recommandation UIT-R BS.412 pour différents syntoniseurs MF.

La Figure 21 montre les résultats des mesures réalisées avec des signaux stéréophoniques brouillés par le signal DARC ou le signal RDS. On constate que le brouillage causé par le signal DARC affecte des composantes de fréquences plus élevées que le brouillage causé par le signal RDS.

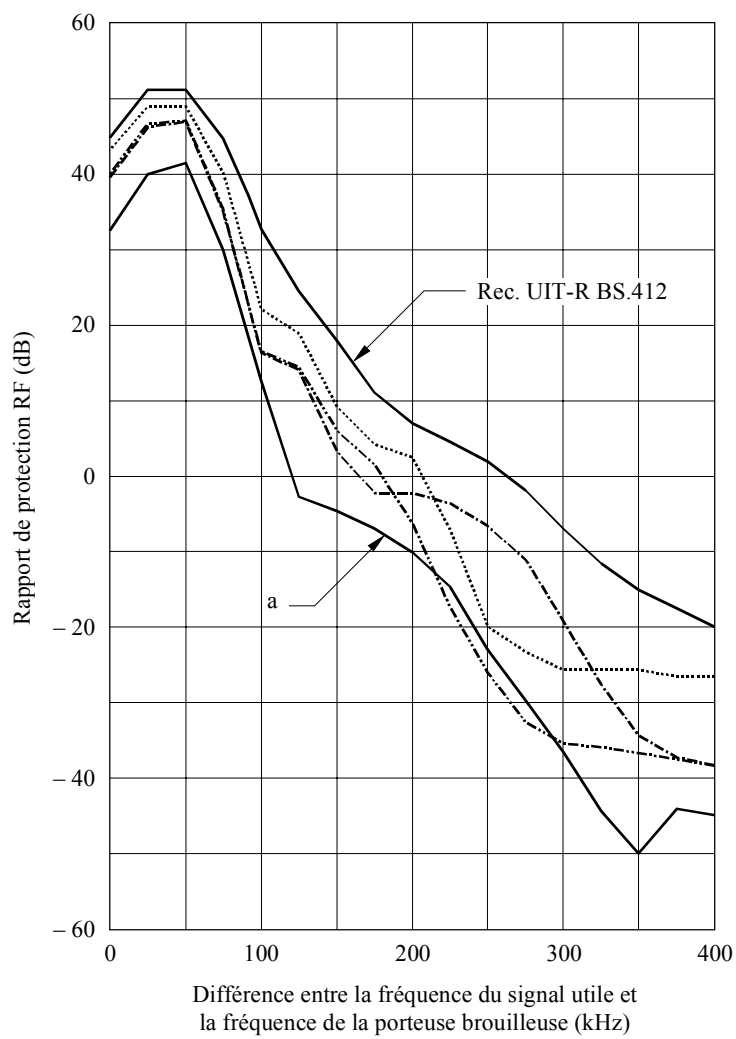
FIGURE 19
**Rapport de protection des signaux de radiodiffusion sonore
 monophoniques brouillés par des signaux DARC**



— a — Courbe relative au récepteur utilisé à la Fig. 16

FIGURE 20

Rapport de protection des signaux de radiodiffusion sonore stéréophoniques brouillés par des signaux DARC

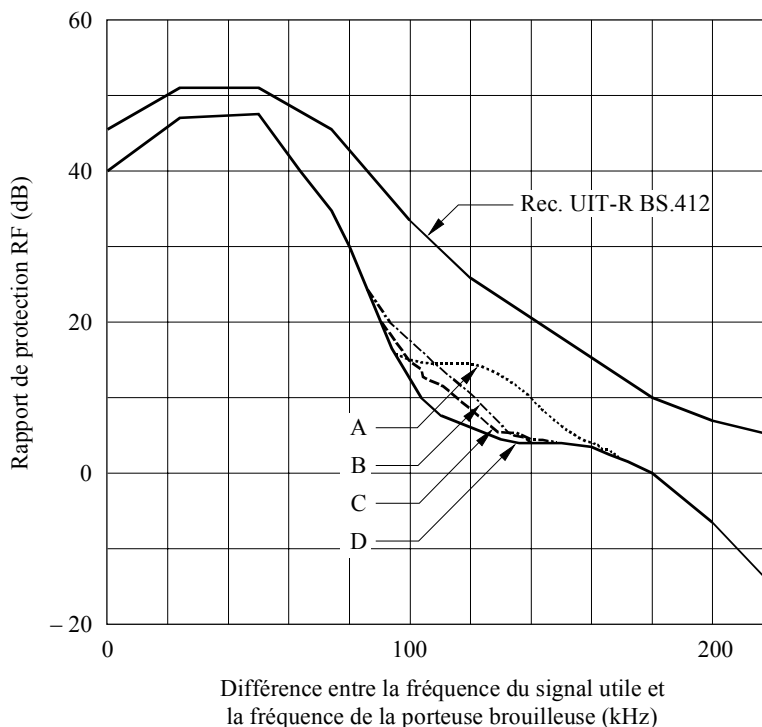


Différence entre la fréquence du signal utile et la fréquence de la porteuse brouilleuse (kHz)

a ——— Courbe relative au récepteur utilisé à la Fig. 16

FIGURE 21

Rapport de protection des signaux de radiodiffusion sonore stéréophoniques brouillés par des signaux multiplexés



- A DARC
- B ----- RDS (3 kHz)
- . - . - . C - . - . - . RDS (2 kHz)
- D ————— Signaux non multiplexés

Pour ces mesures, on a utilisé le récepteur repéré par la courbe a des Fig. 14 et 15.

1194-21

L'émetteur du signal utile fonctionnait en monophonie sans modulation. L'émetteur du signal brouilleur était modulé en mode monophonique avec du bruit coloré, une sous-porteuse RDS et une sous-porteuse DARC. Les déviations introduites par le signal RDS et le signal DARC étaient respectivement de 3 kHz et de 7,5 kHz. Le résultat de ces mesures est représenté à la Figure 22. La courbe correspondant à l'absence de sous-porteuses est donnée pour comparaison. On a utilisé pour les mesures un récepteur STUDER A764.

L'émetteur du signal brouilleur était modulé en monophonie avec du bruit coloré et émettait une sous-porteuse RDS et une sous-porteuse DARC. Les déviations introduites par le signal RDS et le signal DARC étaient respectivement de 3 kHz et de 7,5 kHz. Le résultat de ces mesures est représenté à la Figure 23. La courbe correspondant à l'absence de sous-porteuse, est donnée pour comparaison. On a utilisé pour les mesures un récepteur STUDER A764. L'émetteur du signal utile fonctionnait en mode stéréophonique sans modulation, à l'exception de la tonalité pilote.

FIGURE 22

Rapport de protection des signaux de radiodiffusion sonore monophoniques brouillés par une diffusion monophonique

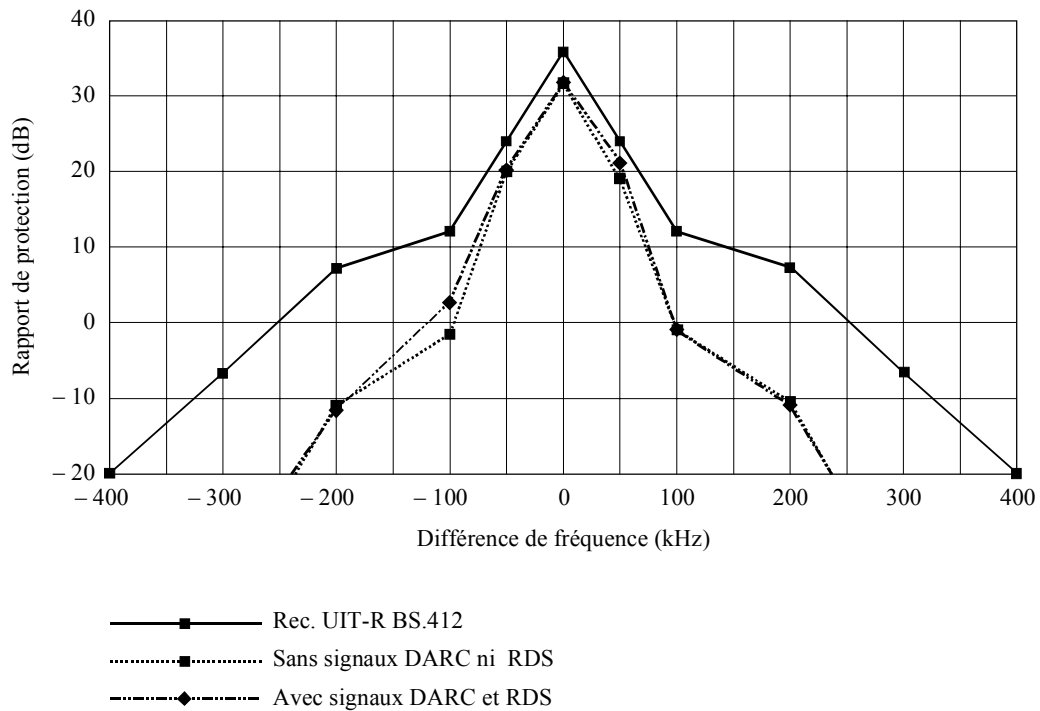
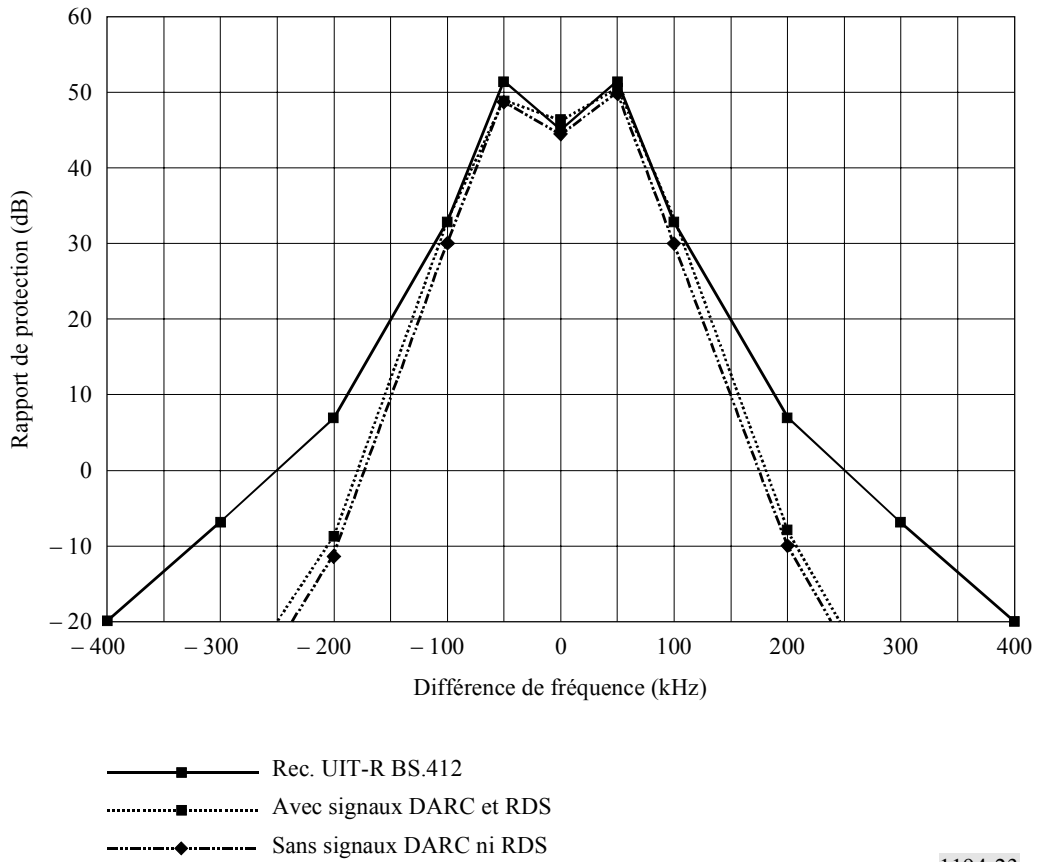


FIGURE 23

Rapport de protection des signaux sonores stéréophoniques brouillés par une diffusion monophonique



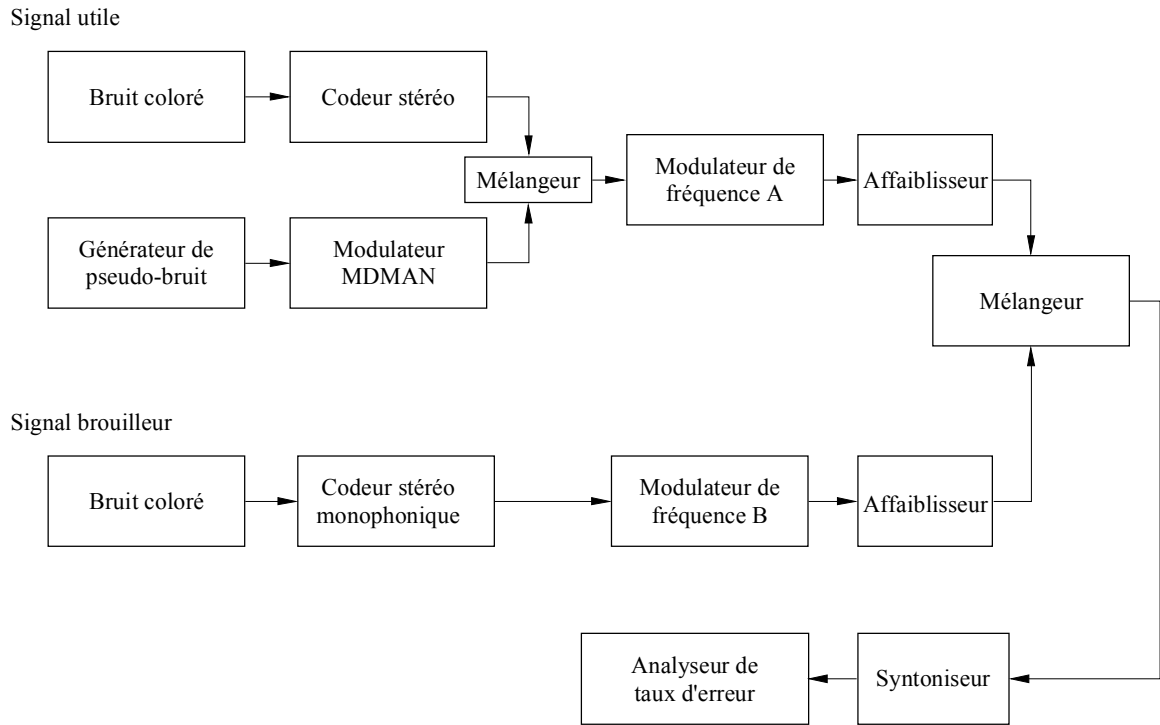
1194-23

3.4.2 Rapports de protection pour les signaux DARC

La Figure 24 présente le schéma du montage de mesure. Les signaux utiles étaient constitués par un bruit coloré mélangé à un signal DARC. Le signal brouilleur était un bruit coloré monophonique. Le rapport de puissance porteuse utile/porteuse brouilleuse a été mesuré de manière à obtenir un TEB du signal DARC égal à 1×10^{-2} .

FIGURE 24

Schéma du système de mesure

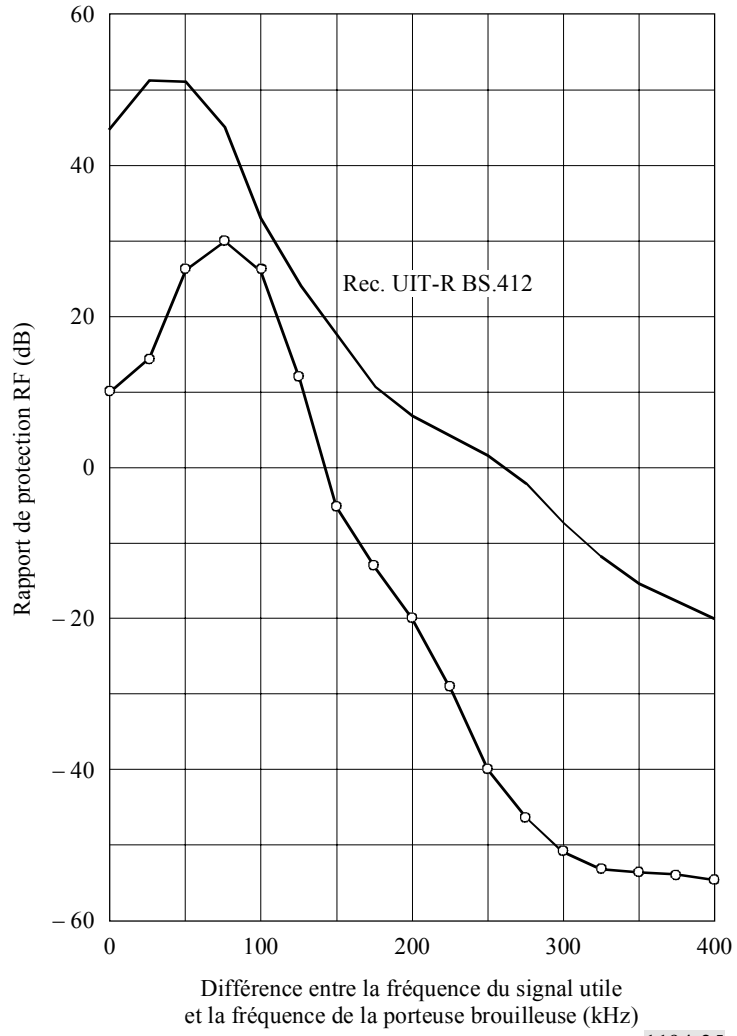


1194-24

La Figure 25 présente le résultat de ces mesures. La dégradation pourrait aussi être ramenée à une valeur inférieure à celle du critère.

Les signaux utiles stéréophoniques, RDS et DARC diffusés en modulation de fréquence sur la voie utile en ondes métriques étaient conformes aux Recommandations UIT-R BS.450 et UIT-R BS.643, la déviation de la sous-porteuse RDS étant de ± 2 kHz. Le signal brouilleur était un signal monophonique sans signaux RDS ni DARC. La Figure 26 montre les résultats obtenus pour des déviations du signal DARC de 3 kHz et 7,5 kHz. Dans les deux cas le rapport de protection est inférieur à celui spécifié dans la Recommandation UIT-R BS.412 pour la radiodiffusion stéréophonique.

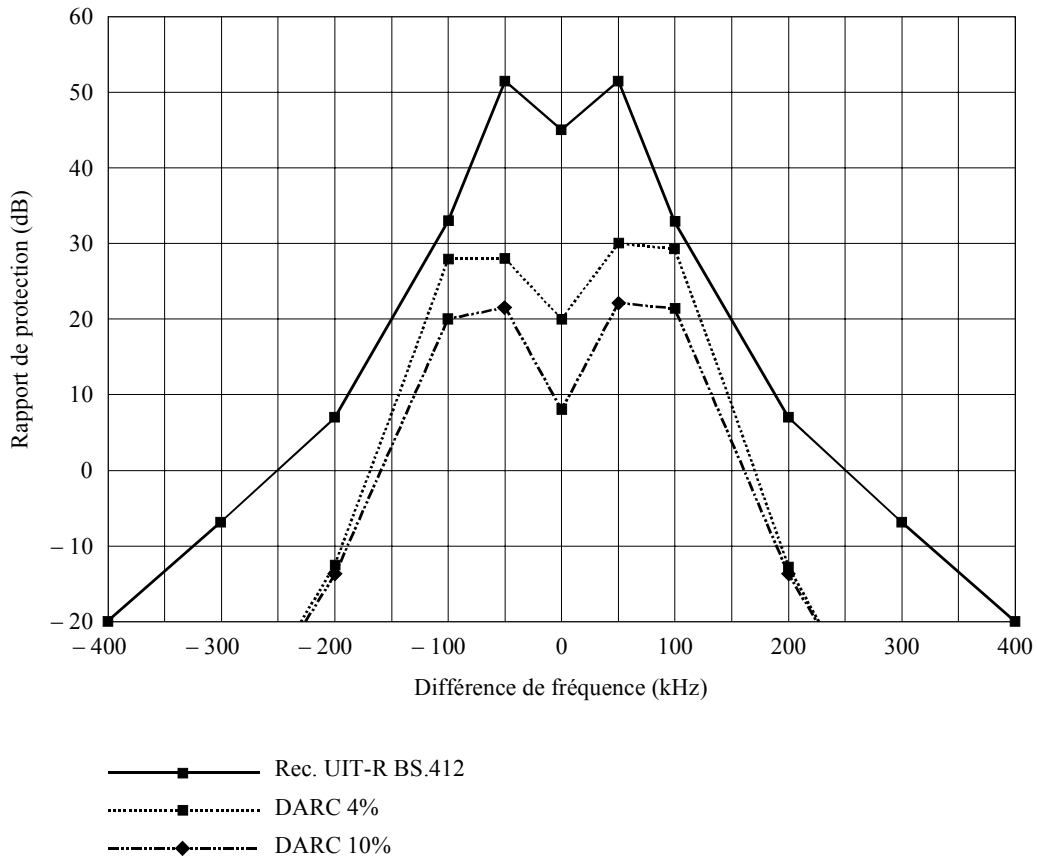
FIGURE 25
**Rapport de protection des signaux DARC brouillés par
 des signaux de radiodiffusion sonore MF**



1194-25

FIGURE 26

**Rapport de protection pour un signal DARC brouillé par un
signal de radiodiffusion sonore monophonique**



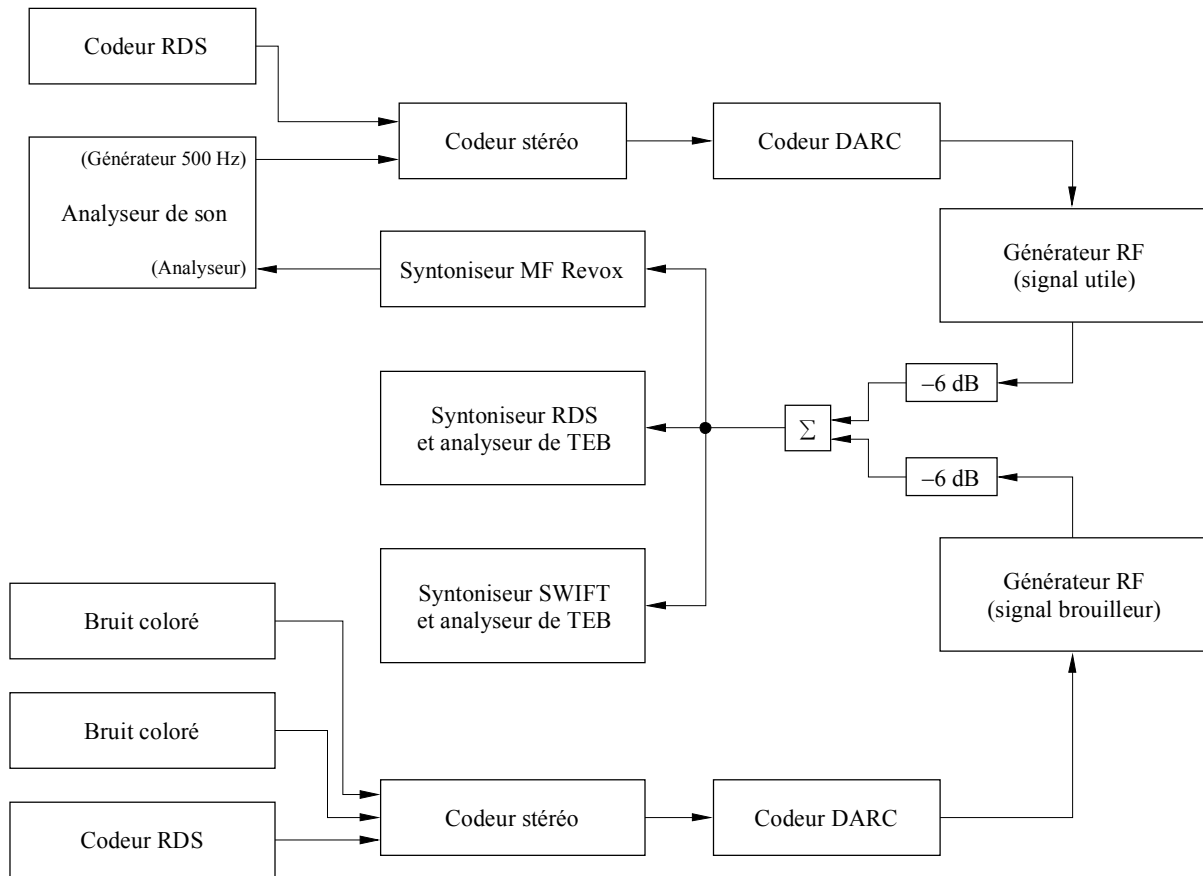
1194-26

3.4.3 Rapports de protection pour un signal DARC brouillé par un signal de radiodiffusion en modulation de fréquence avec sous-porteuse DARC

Des mesures ont été faites en France pour évaluer les rapports de protection nécessaires pour un signal DARC brouillé par un signal de radiodiffusion en modulation de fréquence à sous-porteuse DARC.

Les mesures ont été réalisées conformément à la Recommandation UIT-R BS 641. La Figure 27 présente le schéma du dispositif de mesure.

FIGURE 27
Schéma du dispositif de mesure des rapports de protection



1194-27

Les différents signaux portent la désignation suivante dans ce document:

TABEAU 4

TYPE	CONTENU	SIGNAL utile	BROUILLEUR
MONO	Son	W_{M1}	U_{M1}
	Son + RDS	W_{M2}	U_{M2}
	Son + RDS + DARC	W_{M3}	U_{M3}
STÉRÉO	Son + Pilote	W_{S1}	U_{S1}
	Son + Pilote + RDS	W_{S2}	U_{S2}
	Son + Pilote + RDS + DARC	W_{S3}	U_{S3}

Dans une première étape, les rapports de protection du signal sonore ont été mesurés. La Figure 28 présente le résultat pour un signal monophonique et la Figure 29 pour un signal stéréophonique.

FIGURE 28

Rapport de protection pour les signaux utiles et brouilleur monophoniques

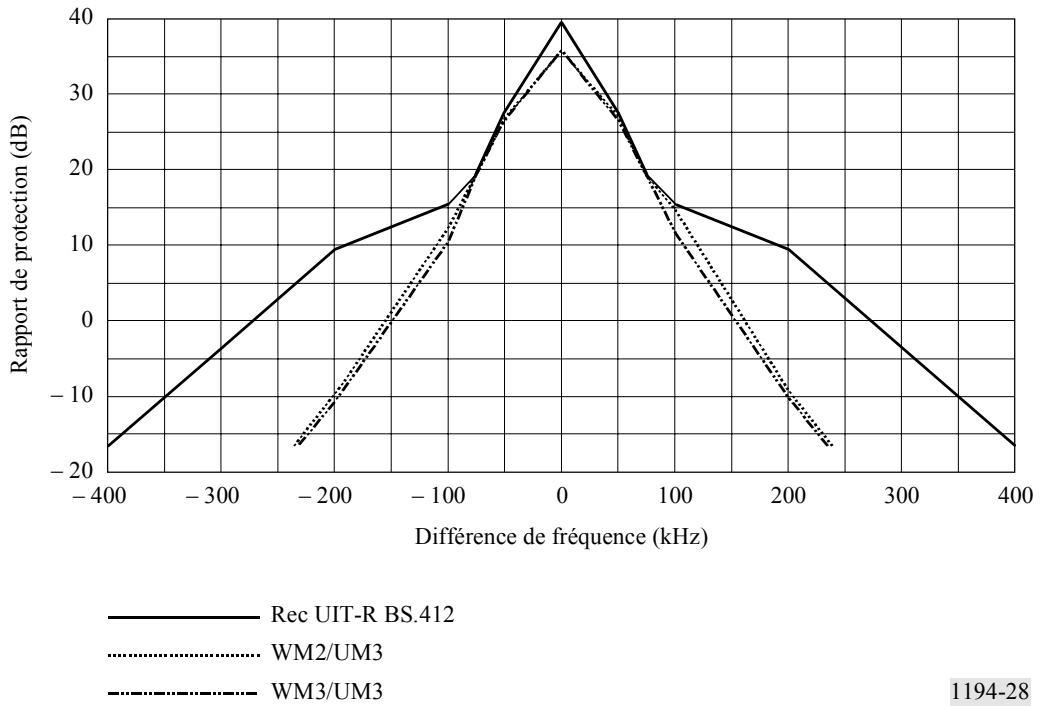
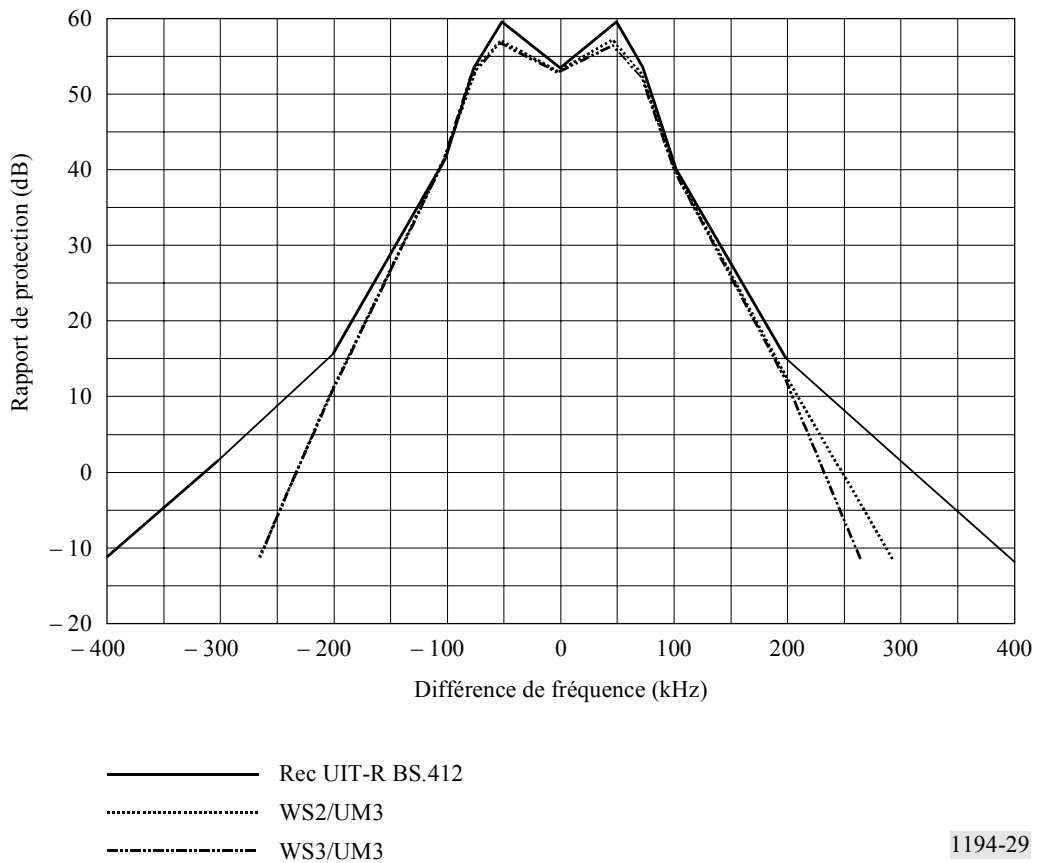


FIGURE 29

Rapports de protection pour les signaux utile stéréophonique et brouilleur monophonique



Ces résultats sont compatibles avec ceux que l'on connaît déjà. Ils montrent une légère dégradation des rapports de protection, imputable à la sous-porteuse DARC.

Les rapports de protection pour le signal DARC ont ensuite été mesurés pour un taux d'erreur binaire de 10^{-2} . La déviation imputable au signal DARC était de ± 4 kHz (la déviation adaptative n'a pas été utilisée). Les Figures 30 et 31 présentent les résultats pour les signaux monophonique et stéréophonique hôtes. Les courbes représentant les rapports de protection mesurés pour le signal utile et le signal brouilleur sans aucune sous-porteuse ont été tracées pour mémoire.

FIGURE 30
Rapports de protection pour le signal DARC avec des signaux utile et brouilleur monophoniques

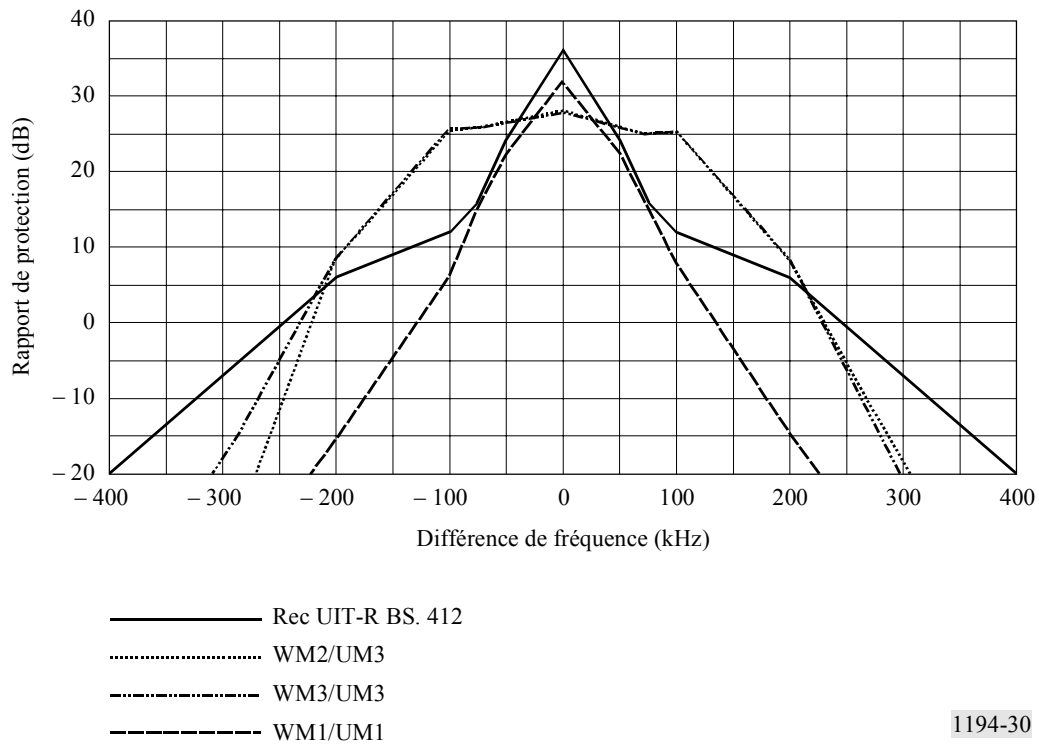
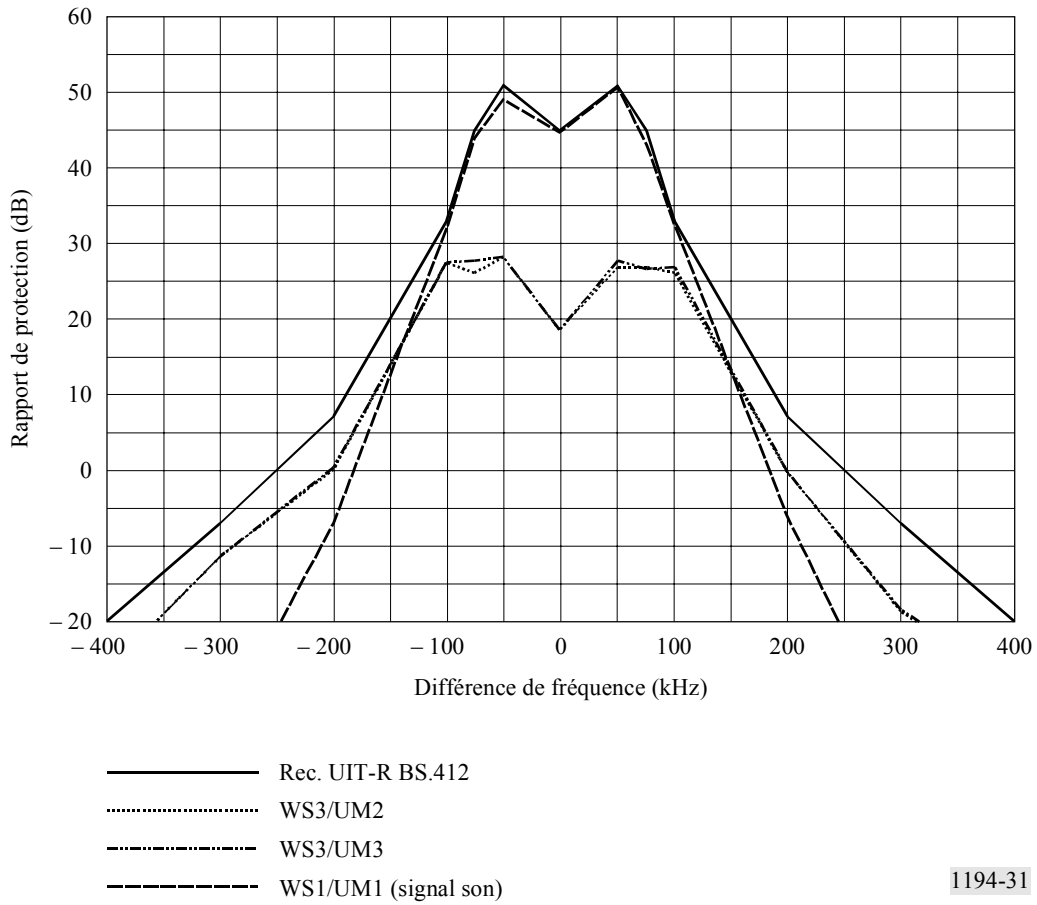


FIGURE 31

Rapports de protection pour le signal DARC avec un signal utile stéréophonique
et un signal brouilleur monophonique



1194-31

Ces courbes montrent également une légère dégradation des rapports de protection imputable à la sous-porteuse DARC, par rapport au cas où l'on n'injecte qu'une sous-porteuse RDS. Par rapport aux rapports de protection pour un signal sans sous-porteuse, la dégradation est plus importante. La Recommandation UIT-R BS.412 n'est indiquée dans les Figures 30 et 31 que pour mémoire car elle ne s'applique pas aux signaux numériques.

ANNEXE 2

Description des systèmes: système B, système de transmission rapide de données (HSDS)**1 Introduction**

Le système de transmission rapide de données (HSDS) est un protocole de communication monodirectionnel souple qui permet d'utiliser des récepteurs très petits. Des récepteurs dont le coefficient d'utilisation va de 100% à moins de 0,01% offrent une grande souplesse pour choisir le retard des messages, le débit de données et la durée de vie des batteries. Le système HSDS peut fonctionner avec émetteur simple ou avec émetteurs multiples. Les émetteurs multiples sont permis par les récepteurs agiles en fréquence, la transmission à décalage temporel et des listes de fréquences alternatives. La fiabilité peut être améliorée par retransmission des paquets.

Le système utilise le multiplexage temporel avec un système de trames principales, de sous-trames et d'intervalles de temps. Chaque intervalle de temps est utilisé pour transporter un seul paquet de données. Dans les systèmes à émetteurs multiples, chaque trame principale HSDS est synchronisée sur le temps universel coordonné (UTC).

Le système de correction d'erreur varie selon les applications.

La méthode de modulation utilisée est la modulation d'amplitude à déplacement de phase (AM-PSK) avec codage duobinaire. Le débit de données de la voie est de 19 000 bit/s.

L'excursion de fréquence du système HSDS peut être fixée de 3,75 à 7,5 kHz. Un filtre d'émission à flancs raides assure un impact faible sur la voie principale en situation de trajets multiples libres. Le signal de données pseudo-aléatoire réduit l'effet sur la voie sonore même en situation de trajets multiples.

2 Couche physique**2.1 Modulation**

Le système de modulation HSDS répond aux critères suivants:

- absence de brouillage des récepteurs radio en MF;
- compatibilité avec les Recommandations UIT-R;
- simplicité de mise en œuvre IC du démodulateur;
- récepteur mobile de faible coût à facteur de forme petit;
- performance de taux d'erreur binaire adéquat en présence de bruit;
- zone de couverture commercialement satisfaisante;
- débit de données relativement élevé.

La fréquence de la sous-porteuse HSDS est de 66,5 kHz et est verrouillée en phase sur le signal pilote avec un déphasage de 63°. La modulation d'amplitude à deux bandes latérales et porteuse supprimée avec codage duobinaire est utilisée. Le codage duobinaire emploie l'interférence inter-symbole contrôlée pour obtenir une efficacité de 1 bit/s/Hz. La technique du codage duobinaire obtient ce résultat à l'aide d'un filtre pour créer une interférence inter-symbole qui combine le bit de données traité au bit précédent pour créer un signal de sortie à trois niveaux dans le démodulateur.

2.2 Compatibilité avec le signal sonore de la voie principale

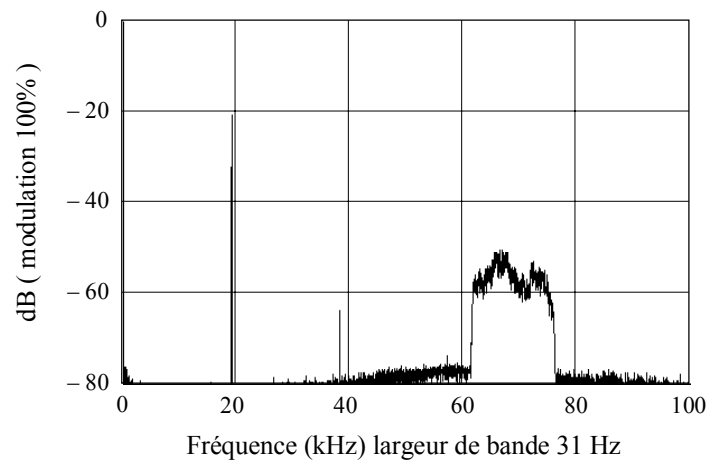
Le signal HSDS est inférieur de plus de 60 dB au signal pilote à l'extérieur de l'enveloppe de la sous-porteuse et il utilise une distribution pseudo-aléatoire des données pour «blanchir» tous les autres éléments autrement audibles du signal afin d'éviter de générer des tonalités dans la partie sonore de la bande. Les tests de laboratoire montrant la compatibilité avec la voie son principale en environnement de trajets multiples sont résumés ci-dessous.

Pour ces tests, le simulateur de voie RF a été réglé de manière à présenter des caractéristiques de trajets multiples statiques. La Figure 32 présente une copie d'écran du spectre de bande de base dans une situation sans évanouissement, la Figure 33 présente la même bande de base en situation d'évanouissements avec un rapport signal utile/brouilleur (D/U) de 5 dB, un retard de 8 μ s et un déphasage de 120°.

Dans ce genre de conditions, le rapport signal/bruit du signal sonore risque d'être détérioré par la sous-porteuse.

FIGURE 32

Spectre de bande de base, sans évanouissement



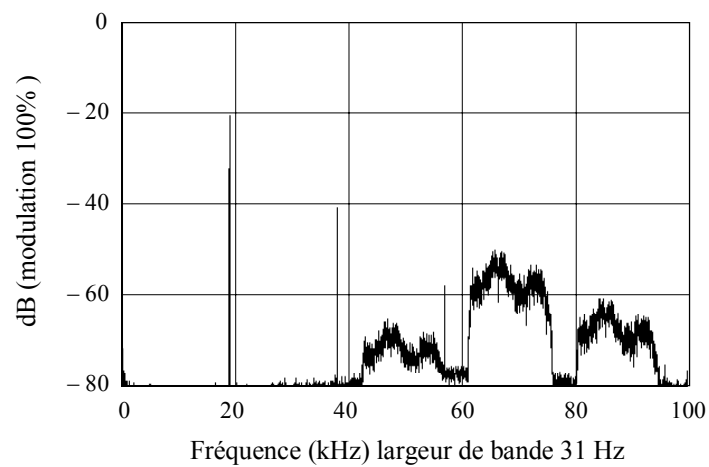
Entrée RF : -47,4 dBm

Fréquence: 98,2

Atténuateur: 0 dB

FIGURE 33

Spectre de bande de base, avec évanouissement



Entrée RF: -48,5 dBm

Fréquence: 98,2

Atténuateur: 0 dB

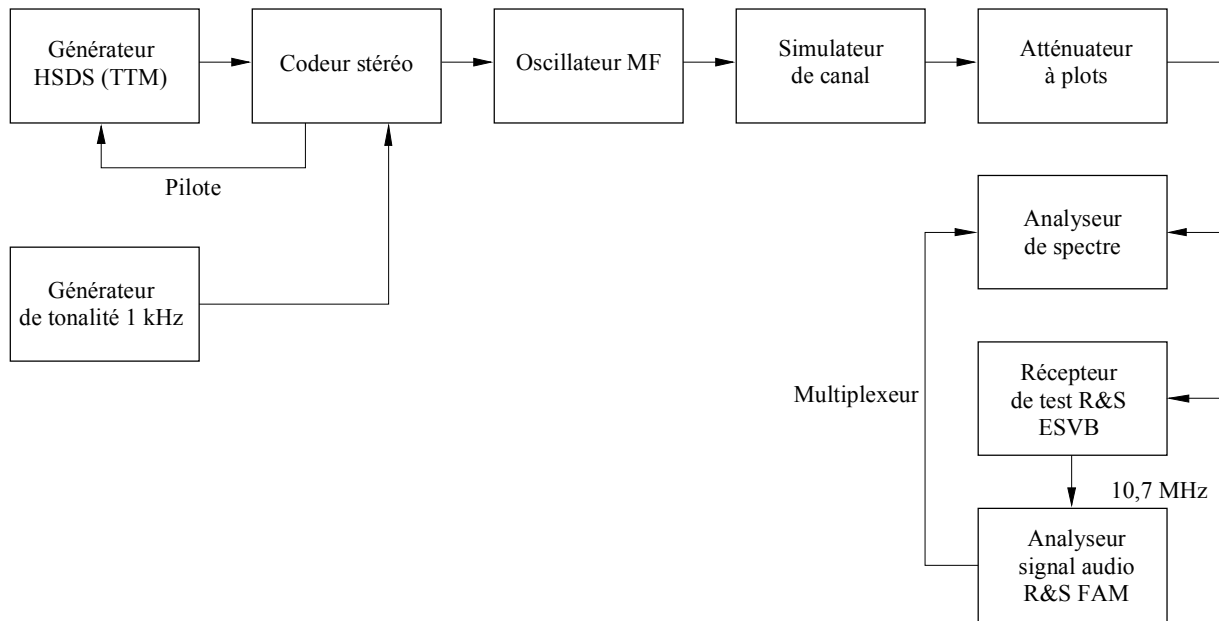
1194-32

La Figure 34 présente le dispositif de test en laboratoire. Un récepteur de test équipé d'un filtre sélectif de 300 kHz est utilisé en avant de l'analyseur sonore. L'excursion de fréquence HSDS était réglée à 5,5 kHz, sauf indication contraire.

Pendant le test, différents rapports D/U de 5, 10 et 15 dB ont été utilisés pour les mesures. Le rapport D/U le plus faible a produit la plus mauvaise détérioration du rapport signal/bruit.

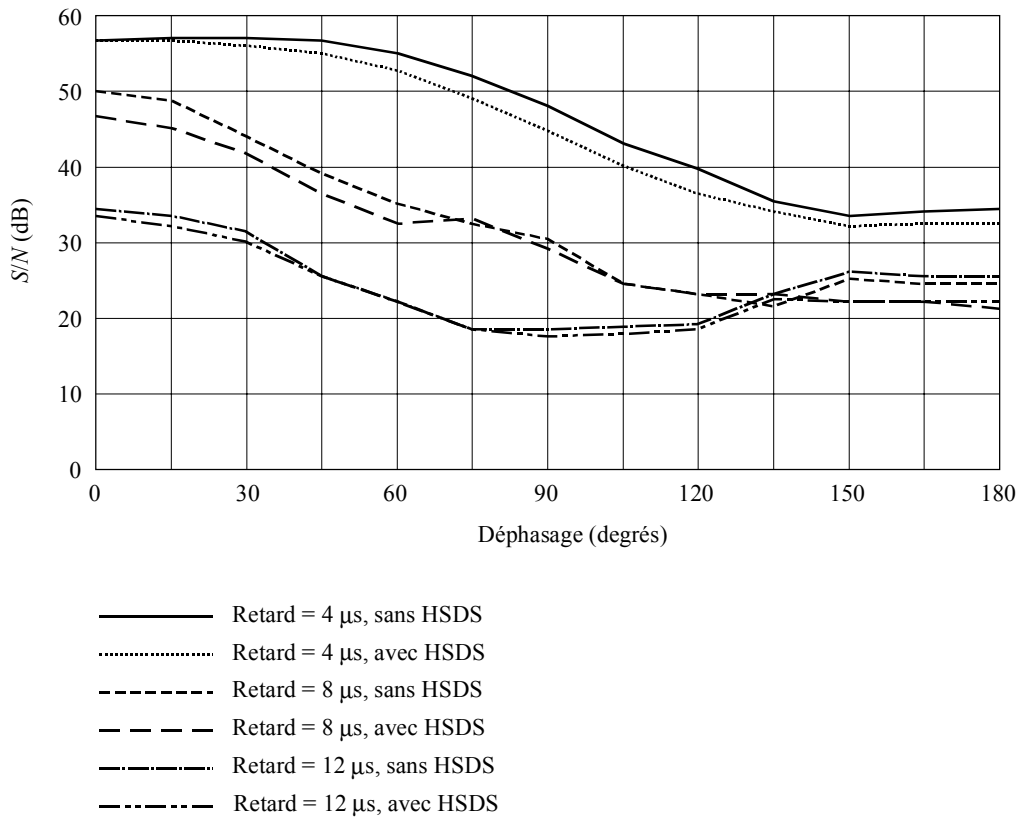
La Figure 35 présente le rapport signal/bruit du signal sonore en conditions d'évanouissements avec un rapport D/U de 5 dB, avec différents retards de trajets multiples obtenus en mettant le HSDS en service et hors service. La différence apportée par le HSDS dans ce cas est négligeable.

FIGURE 34
 Configuration de test en laboratoire du rapport S/N du signal audio



1194-34

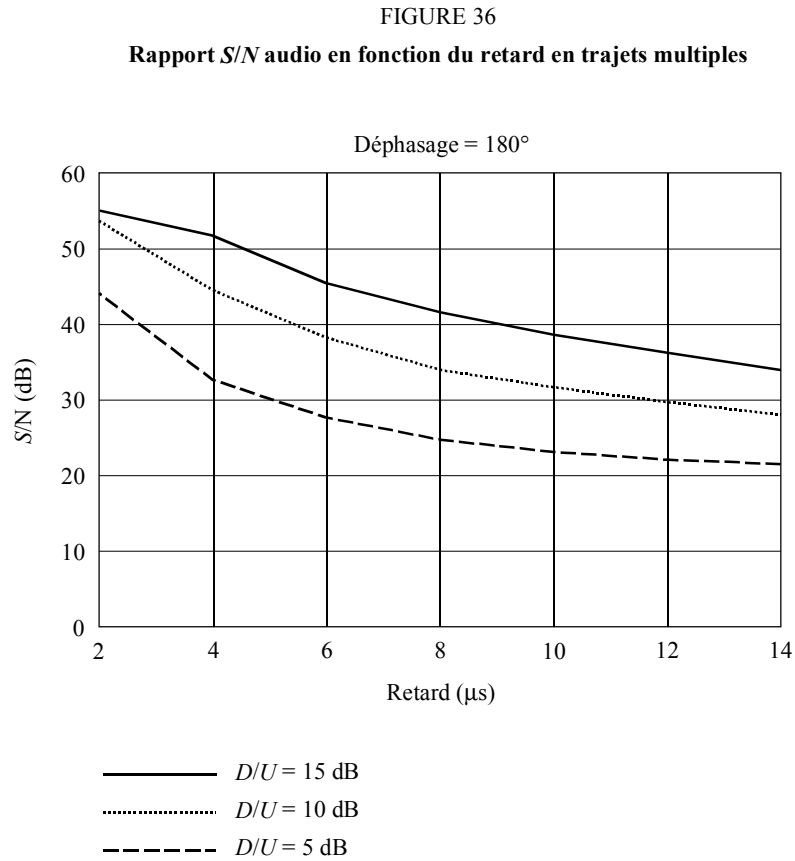
FIGURE 35
 Rapport S/N du signal audio en fonction du déphasage en trajets multiples



1194-35

Pour le test, différents déphasages allant jusqu'à 180° ont été utilisés pour les mesures. Comme prévu, c'est le plus grand déphasage qui a produit la plus mauvaise détérioration du rapport signal/bruit.

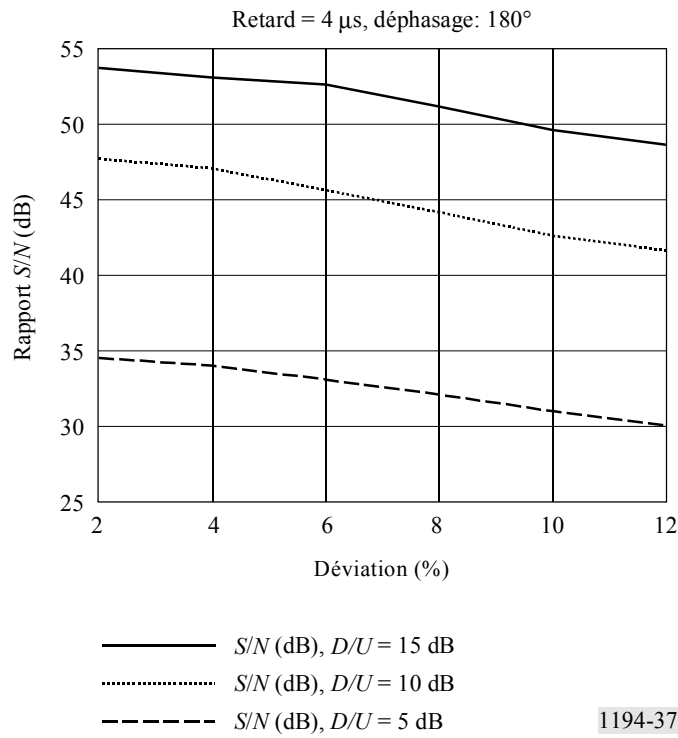
La Figure 36 présente le rapport signal/bruit du signal sonore présentant un déphasage de 180° en fonction du retard. Cela a été effectué pour trois rapports D/U différents.



1194-36

La Figure 37 présente le rapport signal/bruit du signal sonore avec un déphasage de 180° en fonction de la déviation, pour trois rapports D/U différents.

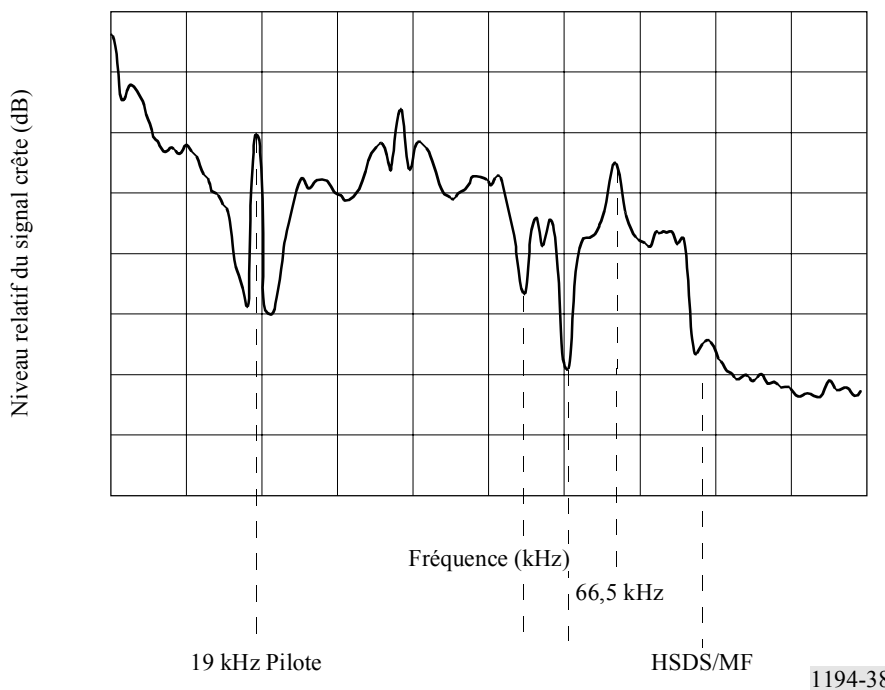
FIGURE 37
Rapport S/N audio en fonction de la déviation en trajets multiples



2.3 Compatibilité avec RDS (Recommandation UIT-R BS.643)

La courbe de la Figure 38 représente la compatibilité spectrale avec RDS.

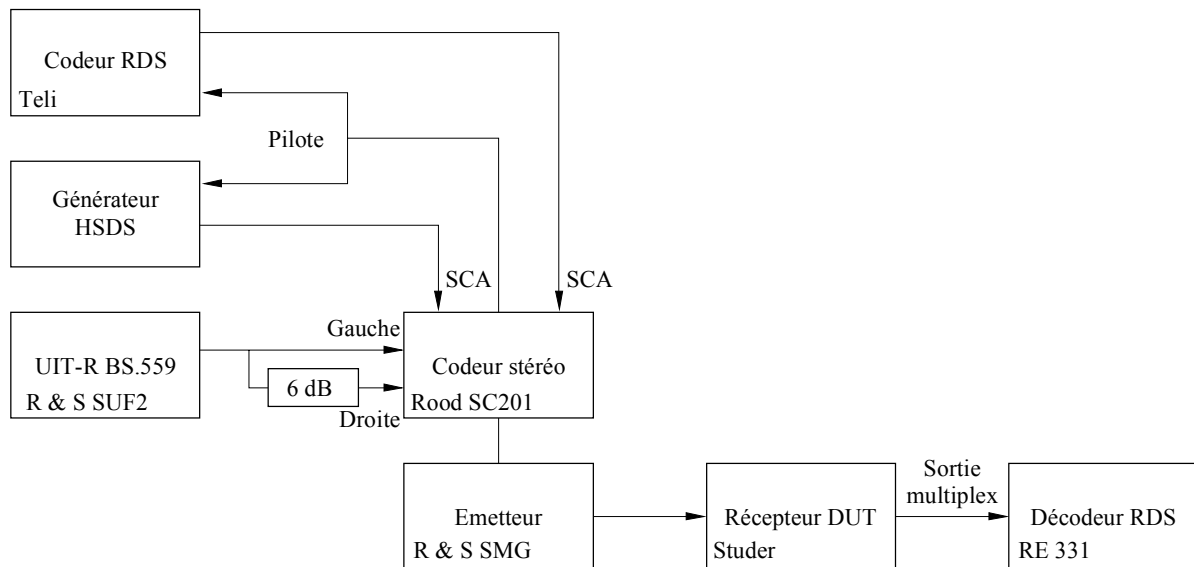
FIGURE 38
Compatibilité avec RDS (Recommandation UIT-R BS.643)



Les tests en laboratoire montrant la compatibilité de HSDS avec RDS sont résumés ci-dessous. La Figure 39 représente le système de mesure pour un test en laboratoire concernant la compatibilité de HSDS avec RDS. Le signal de l'émetteur était modulé par des signaux RDS, HSDS et de bruit coloré. Un atténuateur de 6 dB produisait un signal S dans le multiplex, environ 10 dB au-dessous du signal M. L'excursion était: son 60 kHz, pilote 7,5 kHz et RDS 2 kHz. La sortie multiplexée du récepteur était envoyée au décodeur RDS avec un compteur de taux d'erreur sur les blocs. Le taux d'erreur sur les blocs donne le pourcentage de blocs erronés dans les 100 blocs précédents. Dix taux d'erreur sur les blocs par point de mesure étaient mesurés sur une période de 20 secondes et l'on en faisait la moyenne.

FIGURE 39

Installation de laboratoire pour la compatibilité avec RDS

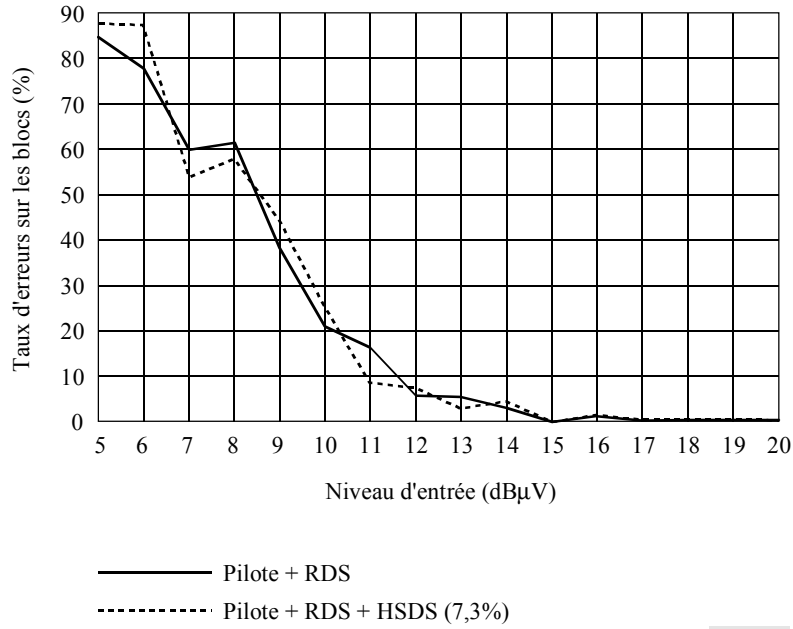


SCA: adaptateur de porteur secondaire

1194-39

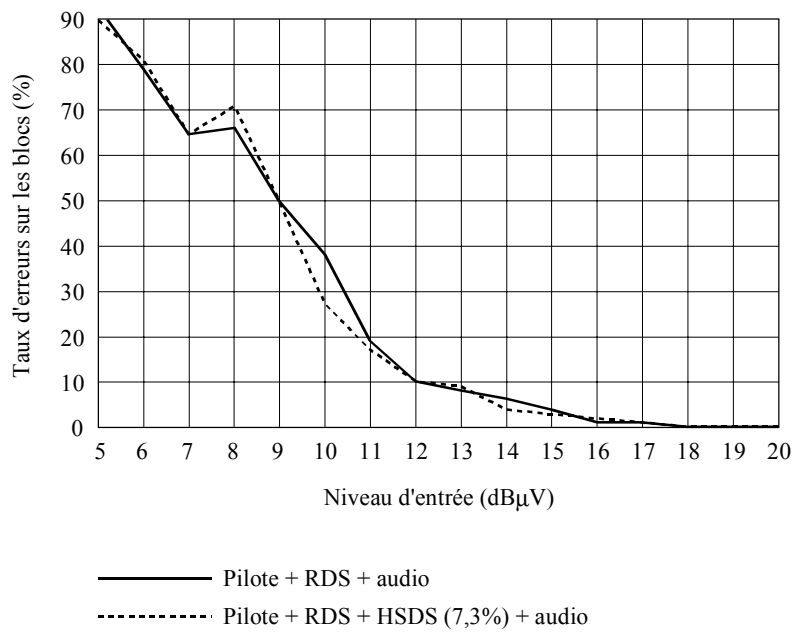
Les Figures 40 à 43 présentent les résultats du test. Ces résultats montrent l'influence de l'excursion HSDS (5,5 kHz et 7,5 kHz) et l'effet de la présence de la voie son principale. On voit que le système HSDS n'a pas brouillé le RDS.

FIGURE 40
Brouillage de RDS par HSDS



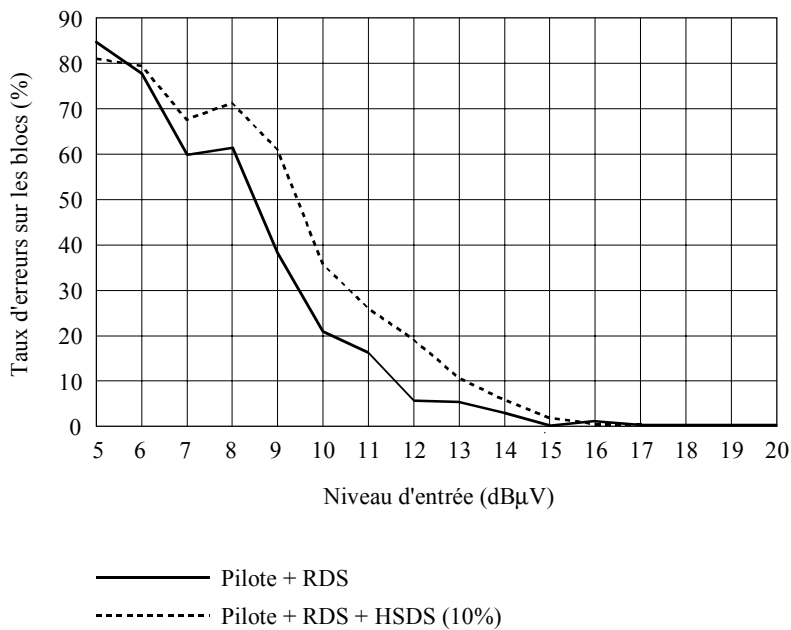
1194-40

FIGURE 41
Brouillage de RDS par HSDS



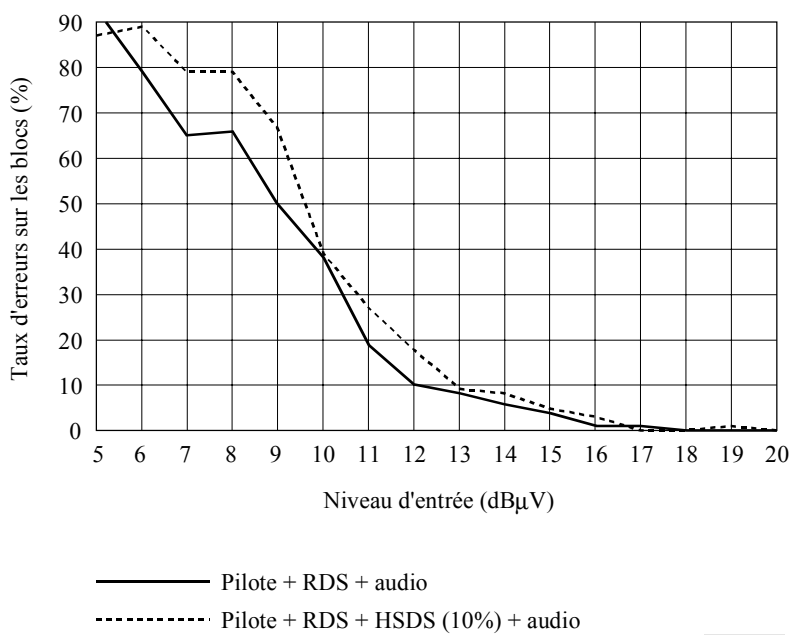
1194-41

FIGURE 42
Brouillage de RDS par HSDS



1194-42

FIGURE 43
Brouillage de RDS par HSDS

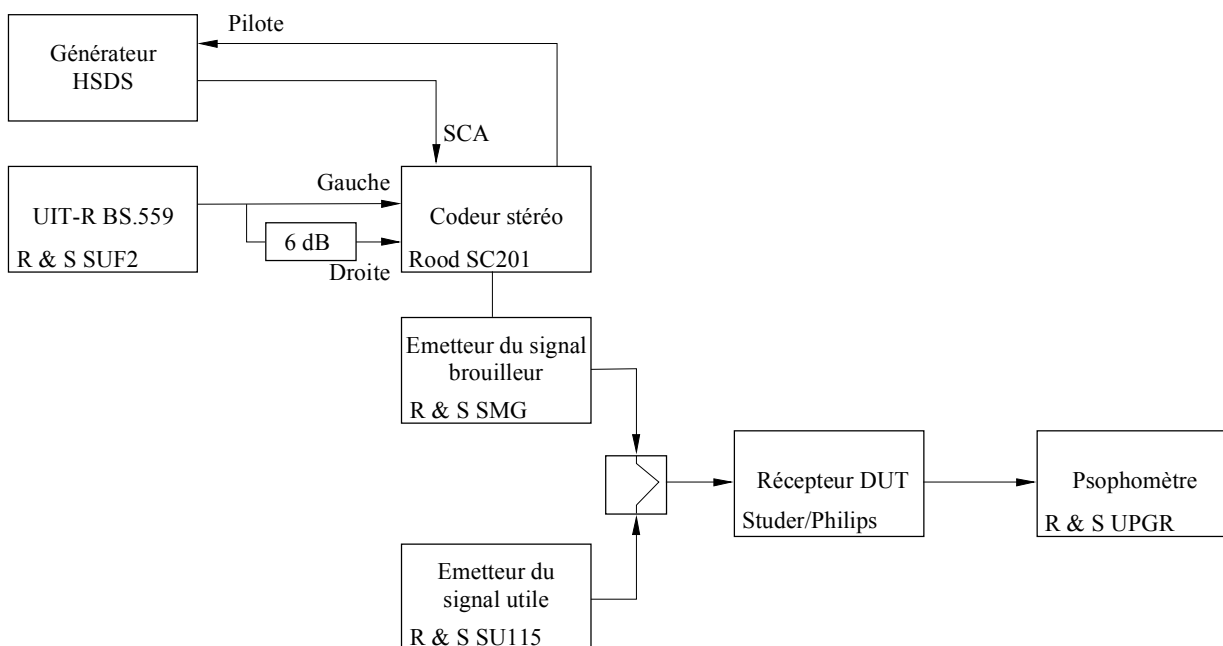


1194-43

2.4 Rapports de protection des fréquences radioélectriques

Les tests en laboratoire montrant les rapports de protection en radiofréquences sont résumés ci-après. Les rapports de protection ont été calculés en utilisant des émetteurs stéréophoniques sans limiteur, contrairement à la Recommandation UIT-R BS.641. Le signal brouilleur est ainsi beaucoup plus fort et aboutit à des rapports de protection beaucoup plus sévères. La conclusion tirée des résultats de ces tests est que les rapports de protection en radiofréquences n'ont pas été influencés par le signal HSDS ajouté. La Figure 44 représente le montage de mesure.

FIGURE 44
Configuration de test des rapports de protection en radiofréquence

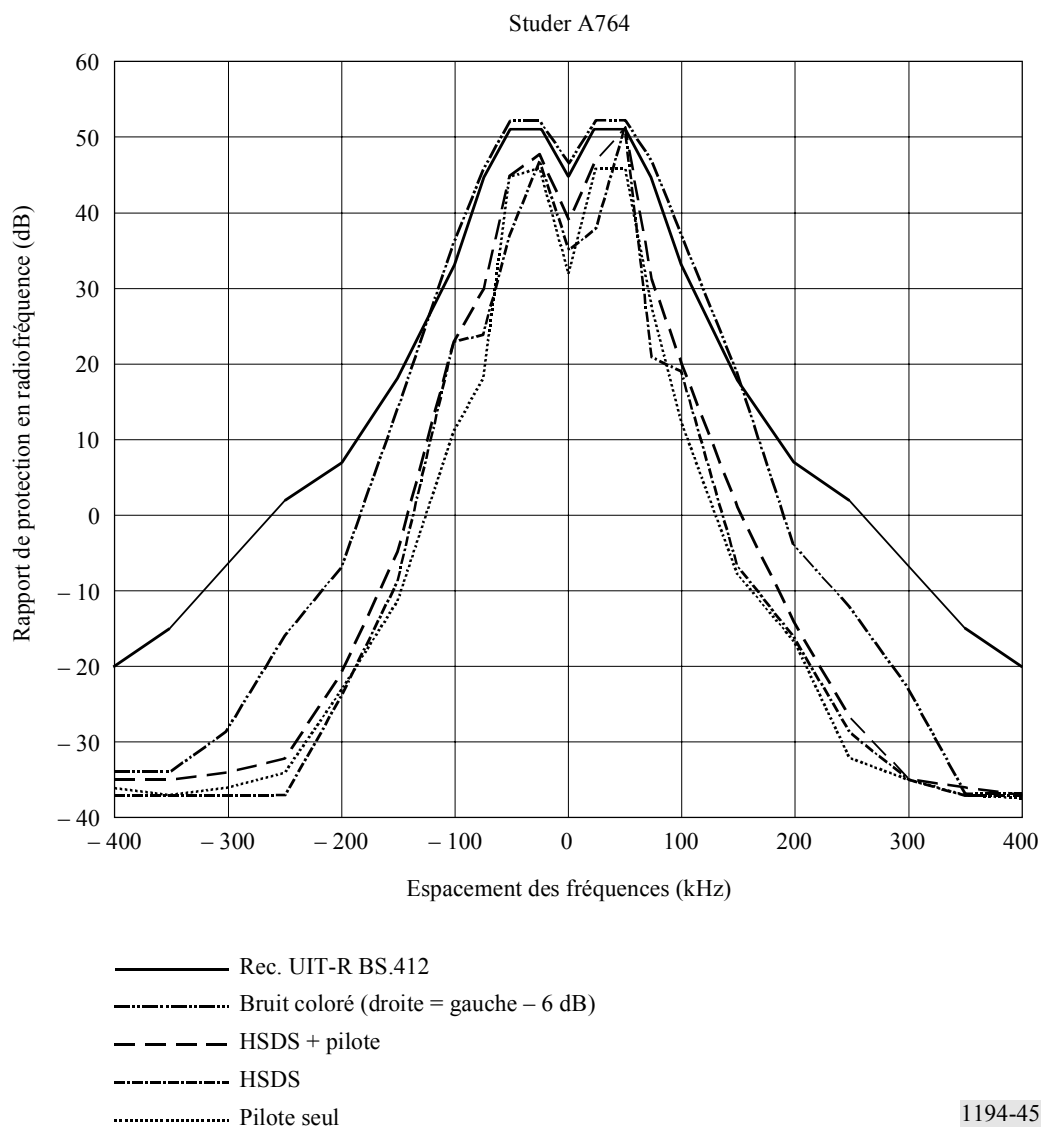


SCA: adaptateur de porteur secondaire

1194-44

L'émetteur du signal brouilleur était modulé par un bruit coloré (voir Recommandation UIT-R BS.559) ou par le signal HSDS. L'émetteur du signal brouilleur travaillait en mode stéréophonique, car cela représente la situation actuelle en radiodiffusion. L'excursion de fréquence de l'émetteur de signal brouilleur était réglée à l'aide d'un signal sinusoïdal de 500 Hz provoquant une déviation maximale de ± 19 kHz. Ce signal était ensuite remplacé par un bruit coloré d'égal niveau quadratique moyen à l'entrée de la voie gauche. L'excursion de l'émetteur du signal utile était réglée à l'aide d'un signal sinusoïdal de 500 Hz provoquant une déviation maximale de ± 40 kHz, qui était coupée pendant les tests. L'excursion du signal HSDS était réglée à 5,5 kHz, qui représente une valeur pratique dans la situation de radiodiffusion des Pays-Bas. Le niveau de sortie de l'émetteur de signal utile était de 57 dB μ V. Le premier récepteur utilisé était un appareil professionnel fabriqué par Studer (A764), le second était un produit grand public de Philips (FT9410). Les Figures 45 et 46 présentent les résultats de ces tests. La conclusion tirée des résultats de ces tests est que le signal HSDS n'influe pas sur les rapports de protection en radiofréquences.

FIGURE 45
Rapport de protection en radiofréquence



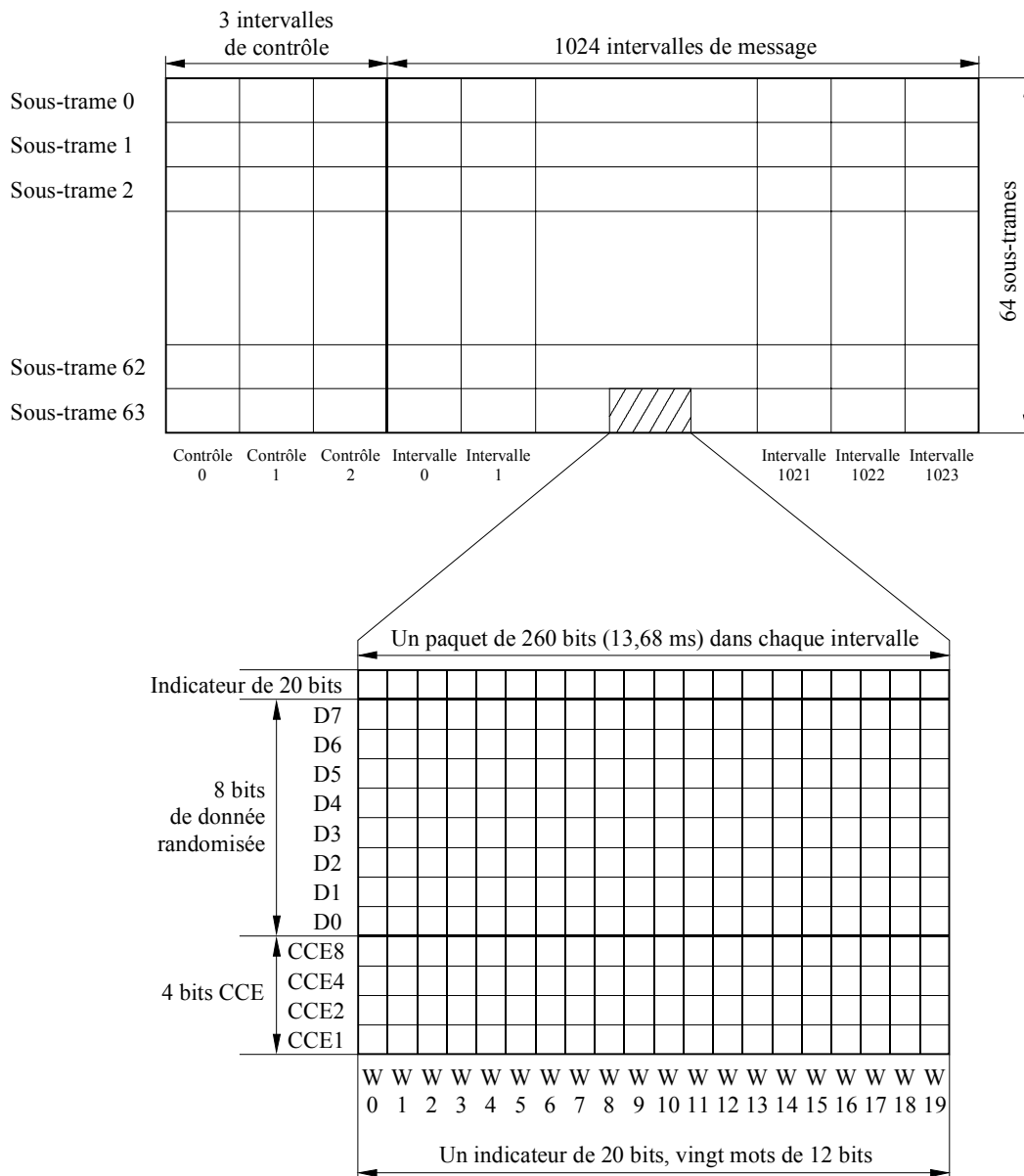
3 Couche liaison de données

La couche liaison de données intègre les caractéristiques requises pour assurer la fiabilité d'une liaison de données à un seul émetteur. Ces caractéristiques comprennent la structure des trames et des paquets (taille, synchronisation des mots, détection et correction d'erreur).

3.1 Structure des paquets

HSDS emploie des paquets de données de longueur fixe. La Figure 47 représente la structure de paquets utilisée dans le protocole HSDS. Chaque paquet a une longueur de 260 bits. La structure de chaque paquet est définie par ses bits de format. Un paquet type est constitué d'un fanion de synchronisation de mot, d'un code de correction d'erreur (ECC), de bits d'information et d'un code de détection d'erreur.

FIGURE 47
Structure de trame et de paquet



Les bits d'information provenant des couches supérieures comprennent 18 octets (8 bits par octet) par paquet. Un contrôle de redondance cyclique (CRC) de 16 bits en 2 octets standards de l'UIT-T, $g(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, est généré à partir des 18 octets et rattaché au paquet, créant ainsi une unité de données de liaison de 20 octets. Le ou exclusif du premier octet (incrémentant le numéro de l'intervalle de temps) de l'unité de donnée de 20 octets avec chacun des 19 octets restants est calculée, ce qui crée des données pseudo-aléatoires pour minimiser les distorsions du signal imputables à la réception en trajets multiples, etc.

Quatre bits de code de correction d'erreur de Hamming sont ajoutés à chaque octet de données pseudo-aléatoires. Cette méthode de correction d'erreur, qui assure une détection d'erreur sur un seul bit et la correction sur 12 bits, soit une capacité de correction de 8,3%, est raisonnablement efficace et permet un décodage facile. La matrice génératrice est la suivante:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	C8	C4	C2	C1
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1

Pour accroître la capacité de correction d'erreur en salves, les données sont entrelacées, ce qui produit une immunité aux salves d'erreurs de 20 bits. La synchronisation de mot est établie par une séquence fanion de 20 bits au début du paquet. Le Tableau 5 indique les opérations successives exécutées par le codeur de l'émetteur de la couche liaison de données et les opérations inverses exécutées par le décodeur du récepteur.

TABLEAU 5

Etapas de codage et de décodage de la structure des paquets

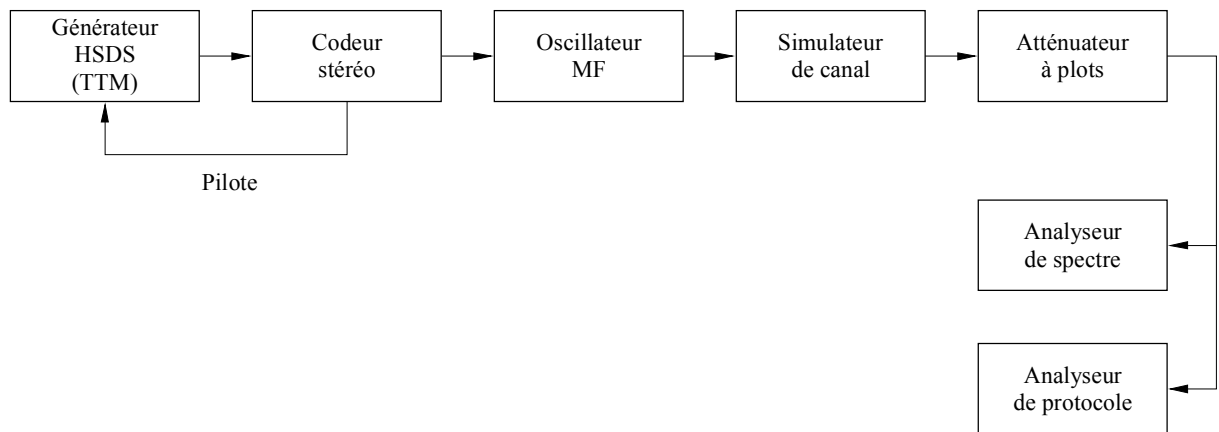
Etapas	Codeur émetteur	Décodeur récepteur
1	Calcul et addition CRC	Recherche du fanion
2	Calcul des données pseudo-aléatoires	Désentrelacement des données
3	Ajout de la correction d'erreur	Application de la correction d'erreur
4	Entrelacement des données	Rétablissement des données à partir des données pseudo-aléatoires
5	Ajout du fanion	Calcul et comparaison du CRC

La double correction d'erreur sur un flux de paquets (petits blocs) est à l'essai pour les applications ayant des contraintes de puissance plus sévères et exigeant une plus grande fiabilité des données.

3.2 Performances de taux d'erreur binaire

La performance de taux d'erreur binaire (TEB) avec évanouissements et sans évanouissement a été évaluée en utilisant la configuration de test présentée à la Figure 48. Pendant les tests, la porteuse principale n'était modulée par aucun signal sonore.

FIGURE 48
Configuration de test de TEB en laboratoire



1194-48

Pour les mesures sans évanouissement, le simulateur de voie RF (HP 11759C) était coupé. Pour les mesures avec évanouissements, une voie Rayleigh à 4 prises était utilisée pour simuler un véhicule se déplaçant à la vitesse de 80 km/h. Les réglages des prises sont présentés au Tableau 6 et sont représentatifs des conditions observées en circulant en voiture à travers la Hollande rurale.

TABLEAU 6

Réglages des prises du simulateur de voie RF

Numéro prise	Retard prise (μs)	Atténuation prise (dB)
1	0	0
2	0,15	6
3	0,50	7
4	3,35	15

La Figure 49 présente le TEB sans évanouissement du système HSDS en fonction du niveau du signal en entrée pour des excursions de 5,5 kHz et 7,5 kHz. La Figure 50 présente les mêmes éléments dans les conditions d'évanouissements en prenant les valeurs moyennes.

FIGURE 49
Performance de TEB, sans évanouissement

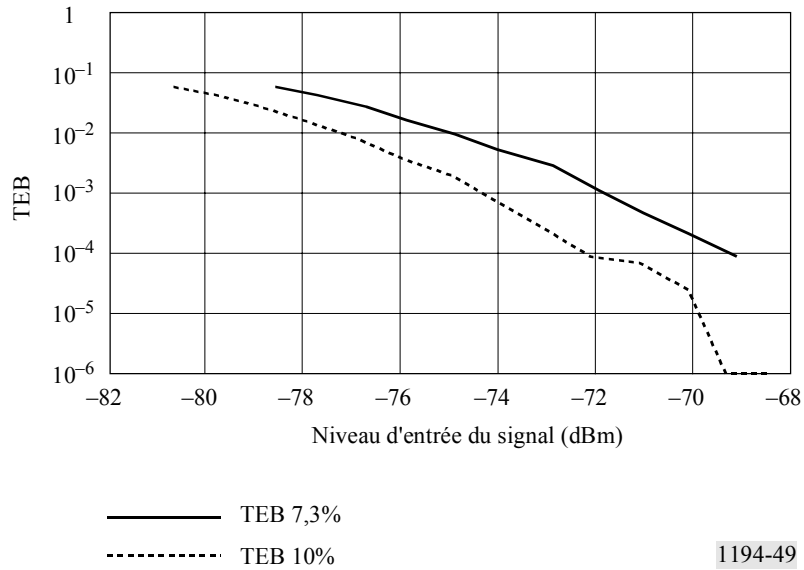
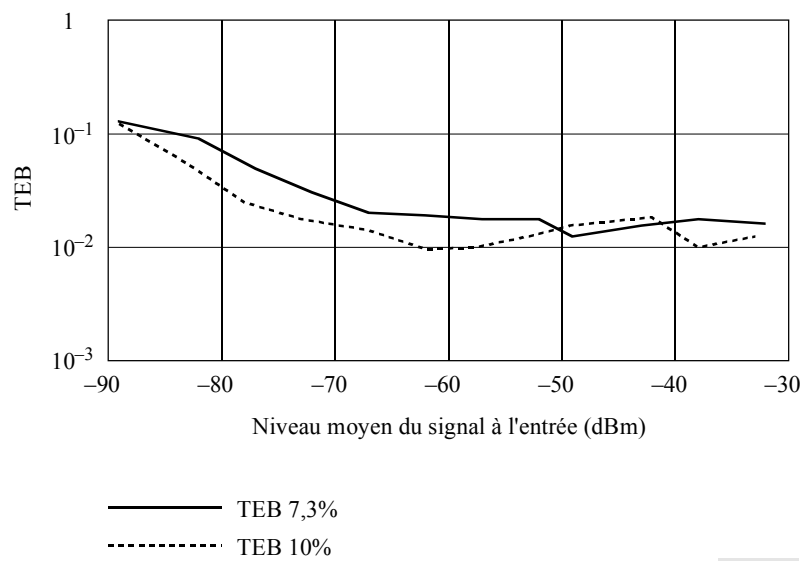


FIGURE 50
Performance de TEB, avec évanouissements

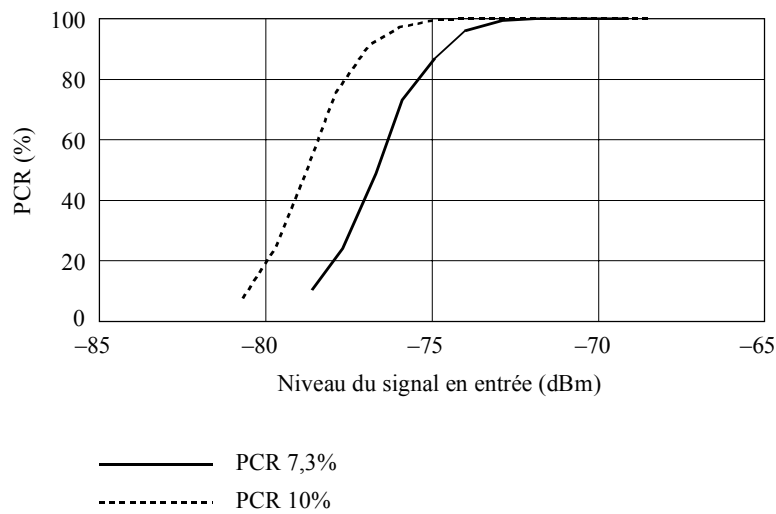


3.3 Performance de taux de récupération des paquets

Du fait de leur dispersion statistique, les erreurs sur les bits affectent différemment les paquets de données. Les paquets affectés peuvent être récupérables grâce au système de correction d'erreur au niveau paquet. La structure des paquets a été décrite plus haut et le taux de récupération des paquets conservé (PCR) mesure le succès de la correction des données de transport en présence d'erreurs binaires.

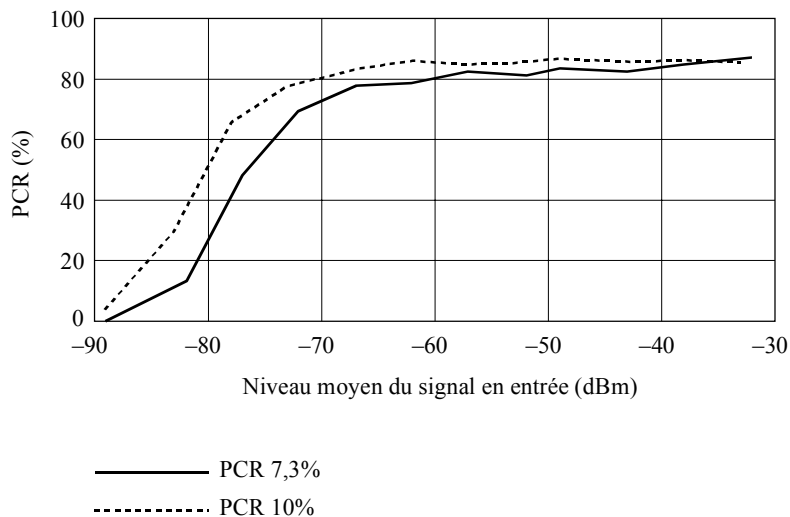
La performance de PCR du système HSDS en fonction du niveau du signal en entrée avec et sans évanouissements a été évaluée avec la même configuration de test que celle de la Figure 48. La Figure 51 présente le PCR sans évanouissement pour les excursions de 5,5 kHz et 7,5 kHz. La Figure 21 présente les mêmes données avec évanouissements.

FIGURE 51
Taux de récupération des paquets, sans évanouissement



1194-51

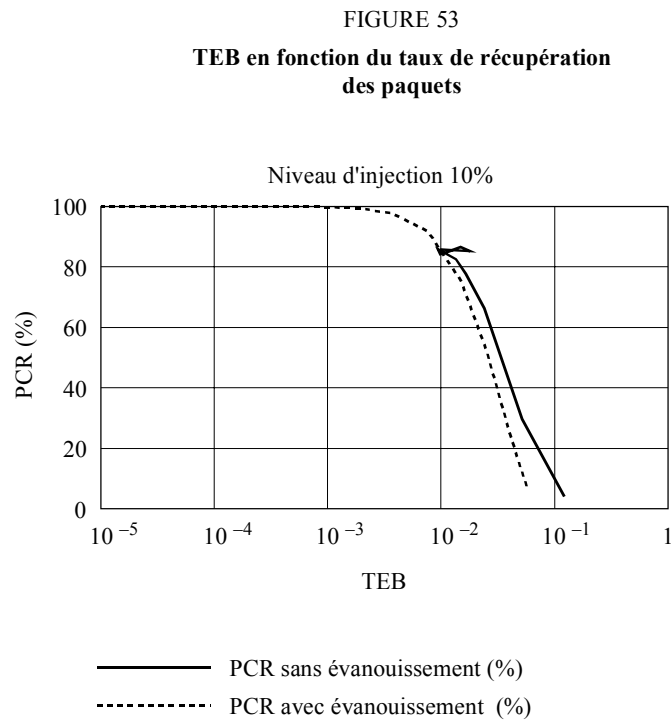
FIGURE 52
Taux de récupération des paquets, avec évanouissements



1194-52

En combinant les résultats des Figures 49, 50, 51 et 52, on aboutit à la représentation du PCR en fonction du TEB, qui montre que le PCR reste à l'intérieur des limites acceptables quand le TEB augmente. Dans les mêmes conditions de test, le PCR de la Figure 52 n'a jamais atteint 100% et le TEB de la Figure 50 n'a jamais dépassé 10^{-2} . Cela est illustré par la courbe de PCR ci-dessous.

La Figure 53 présente les résultats pour une excursion de fréquence de 7,5 kHz avec et sans évanouissements. Sans évanouissement, le PCR et le TEB changent à chaque modification du niveau du signal en entrée. Avec évanouissements, la performance reste plus longtemps autour d'un point donné avant de chuter.



1194-53

3.4 Performance de taux de récupération des messages

La réception répétitive du même paquet de données d'origine peut améliorer la qualité des données. Si le récepteur est capable de recevoir des paquets provenant d'émetteurs différents ayant chacun un trajet de propagation différent, il peut recevoir des messages même si certains paquets se perdent. Le récepteur HSDS a la capacité de commuter entre «k» émetteurs décalés dans le temps, répétant chacun «n» fois les mêmes paquets.

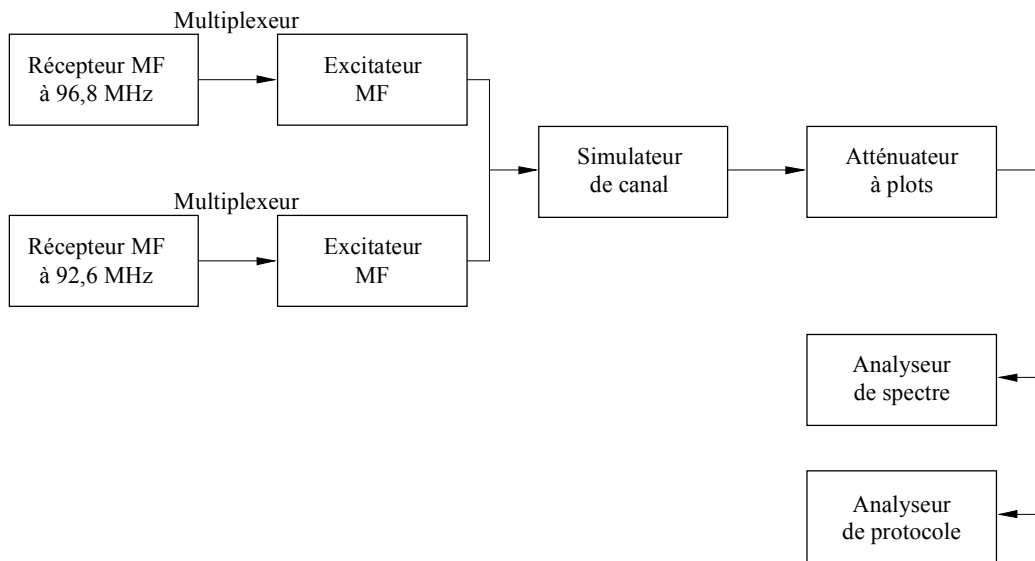
Le taux de récupération des messages (MCR) se calcule selon la formule:

$$\text{MCR} = 1 - [(1-\text{PCR}_1)^n * (1-\text{PCR}_2)^n * \dots * (1-\text{PCR}_k)^n]$$

Comme on ne disposait que d'un seul générateur HSDS, la configuration de test en laboratoire de la Figure 54 a été utilisée. Deux signaux temps réel d'émetteurs locaux ayant chacun un PCR individuel de 100% étaient reçus par deux récepteurs MF Studer. Le premier récepteur était réglé pour recevoir un signal à 96,8 MHz fortement modulé par une station de musique pop. Le second était réglé pour recevoir un signal à 92,6 MHz légèrement modulé par une musique légère et des informations complémentaires. Ces signaux multiplex (comprenant du son, du RDS et du HSDS) étaient modulés à nouveau et envoyés au simulateur de voie RF.

FIGURE 54

Confirmation de test de MCR en laboratoire



1194-54

La Figure 55 présente une copie d'écran de l'analyseur de protocole HSDS. Pour les deux émetteurs, le PCR et le TEB présentés correspondent aux conditions d'évanouissement pour une excursion de fréquence de 7,5 kHz.

Le MCR a été calculé. La Figure 56 présente un instantané de plus de 100 secondes de MCR avec évanouissements et réception de signaux provenant de deux émetteurs.

Il est clair que, même dans le cas d'une mauvaise performance moyenne de l'émetteur, on obtient un MCR combiné acceptable.

3.5 Structure de trame

HSDS utilise un multiplexage à répartition temporelle. La partie supérieure de la Figure 47 représente la relation entre les intervalles de temps et les sous-trames. La plus grande structure utilisée par le protocole est une trame principale. Chaque trame principale contient 64 sous-trames. Chaque sous-trame est divisée en 1 027 unités appelées intervalles de temps. Chaque intervalle de temps contient un paquet de données. Les trois premiers intervalles de temps de chaque sous-trame sont les intervalles de commande et les 1 024 autres sont des intervalles de données. Les paquets des intervalles de temps de commande contiennent l'heure du jour, la date et la liste des émetteurs voisins transportant aussi HSDS. Les paquets des intervalles de temps de données comprennent normalement un numéro d'intervalle, l'adresse du récepteur, le format de données, le format de paquets et les données de message.

Le signal pilote sert d'horloge pour les données. La structure de trame tient compte de l'inexactitude du signal pilote en anticipant un bit de remplissage. Etant donné que la fréquence pilote stéréo est susceptible de ne pas être exactement de 19 kHz lors de la transmission, un bit unique peut être ajouté (bit de remplissage) entre les paquets, selon besoin, pour maintenir la synchronisation. Cette addition occasionnelle d'un bit de remplissage assure la synchronisation correcte entre les émetteurs et le récepteur.

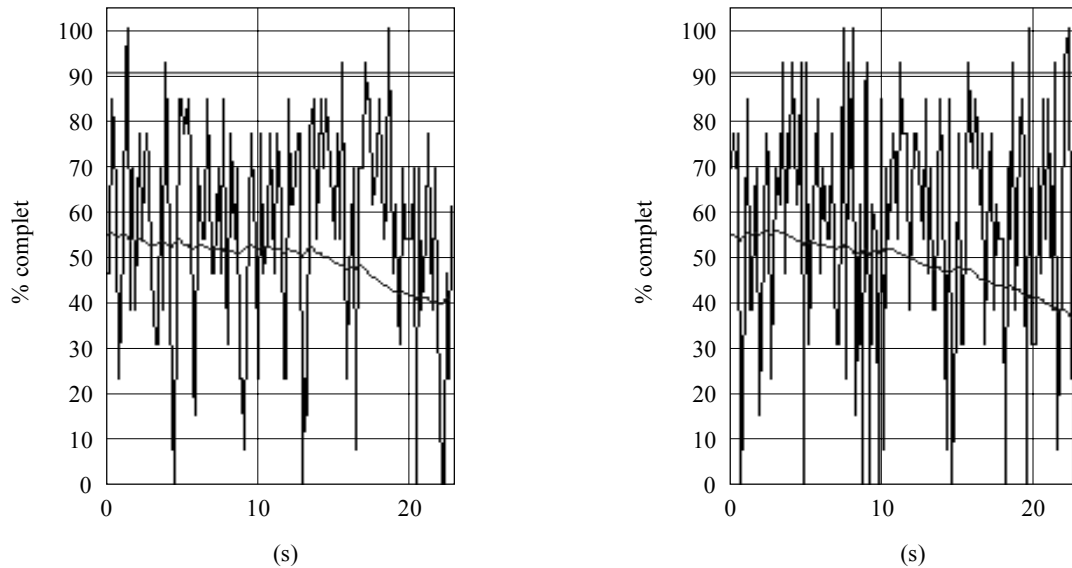
4 Couche réseau

La couche réseau offre les fonctionnalités nécessaires pour faire agir un certain nombre d'émetteurs individuels en tant que système unique. En voici les éléments:

- adresse des récepteurs;
- multiplexage des applications;
- listes de fréquences alternatives;
- décalages temporels des émetteurs;
- synchronisation temporelle entre les émetteurs.

FIGURE 55

Taux de récupération des messages avec l'analyseur de protocole HSDS



CRC:	5 436
CCE:	76 264
TEB:	0,031381
MCR:	0,998081
PCR:	54,9
Drapeau:	203
Entrée RF:	- 75,5 dBm
Phase pilote:	67,8°
Niveau d'injection de la sous-porteuse:	7,9%
Fréquence:	95,2, test 2
Atténuateur:	0 dB

CRC:	6 097
CCE:	86 942
TEB:	0,033651
MCR:	0,998081
PCR:	54,8
Drapeau:	167
Entrée RF:	- 73,0 dBm
Phase pilote:	85°
Niveau d'injection de la sous-porteuse:	7,1%
Fréquence:	98,2, test 1
Atténuateur:	0 dB

1194-55

4.1 Emetteurs multiples

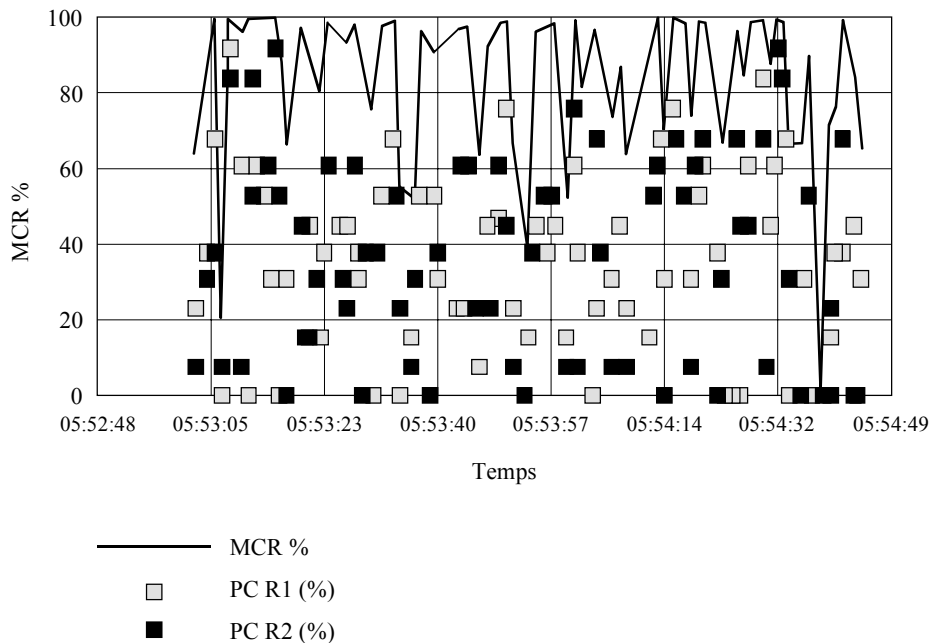
Lorsque des réseaux d'émetteurs multiples sont nécessaires, les trames principales sont synchronisées et commencent au début de chaque quart d'heure (plus un décalage temporaire individuel pour chaque émetteur). Les émetteurs synchronisés et décalés dans le temps donnent la possibilité au récepteur de changer sa fréquence d'accord et d'effectuer des tentatives de réception des paquets suivants sur les fréquences alternatives sans aucune perte de synchronisation des données.

4.2 Fiabilité du système

Alors que les techniques de correction poussée des erreurs sont utiles pour un récepteur mobile, elles deviennent inefficaces lorsque le récepteur est à l'arrêt dans une zone où le signal est extrêmement faible ou lorsqu'il se déplace très lentement dans une zone de réception nulle par trajets multiples. HSDS traite les effets de trajets multiples et d'écran en combinant les techniques de diversité de fréquences, d'espace et de temps et, dans le cas d'un appel unidirectionnel de personne, de numérotation des messages.

FIGURE 56

Taux de récupération des messages, avec évanouissements



1194-56

5 Applications

HSDS met en œuvre jusqu'à 64 voies logiques multiplexées asynchrones au niveau de la couche transport. Les voies comprennent trois types de paquets de liaison: les paquets de datagramme, les paquets de flux de données et les paquets de blocs de données.

Les paquets de datagramme sont des paquets autonomes constitués de 15 octets de données de transport. Les paquets de datagramme peuvent être délivrés dans un ordre non séquentiel.

Les paquets de flux sont des flux continus de données transparentes. Dans ce type de paquet, toute segmentation des données de transport s'effectue au niveau d'une couche supérieure. Il n'y a aucune indication de début ou de fin des paquets de flux de données au niveau transport. Des informations d'ordre sont incluses dans les paquets de flux de données, de manière à permettre de les intercaler avec d'autres paquets de données sur la même voie. Un maximum de 128 paquets de flux de données peut être délivré en ordre non séquentiel sur une même voie logique à un instant donné. Les paquets de flux de données peuvent comporter des répétitions d'un même paquet de flux de données pour améliorer la fiabilité.

Les paquets de blocs de données permettent d'envoyer entre 1 et 768 octets de données de transport transparentes. Les messages de transport sont décomposés en multiples blocs de données. Chacun de ces blocs est décomposé en multiples paquets de blocs de données. Chaque paquet de bloc de données comporte jusqu'à 12 octets de données de transport. Un maximum de 32 paquets de blocs de données peut être délivré en ordre non séquentiel sur une même voie logique à un instant donné. Les paquets de blocs de données peuvent être intercalés avec d'autres paquets de données sur la même voie ou sur d'autres voies logiques. Les paquets de blocs de données peuvent comporter des répétitions du même paquet de blocs de données, pour améliorer la fiabilité.

ANNEXE 3

Description des systèmes: système C, système de voie d'information à transmission par sous-porteuse (STIC)

1 Introduction

Le système de voie d'information à transmission par sous-porteuse (STIC) a été mis au point pour le Ministère des transports des Etats-Unis à l'appui de ses activités visant un système de transport intelligent «Intelligent Transportation System» (ITS). Ce système a été optimisé pour une utilisation en radiodiffusion de données ITS à destination de récepteurs embarqués sur des véhicules. Il utilise une version de la modulation de phase à 4 états différentielle (DQPSK) sur une sous-porteuse à 72,2 kHz avec un débit de symboles de 9 025 symboles par seconde (18 050 bits par seconde). Le système de code de correction d'erreur sans voie de retour concaténé utilisé intègre un codage à convolution avec décodage Viterbi, codage Reed-Solomon et deux entrelacements. Les paramètres de modulation et de codage sont récapitulés dans le Tableau 7.

Grâce au puissant code concaténé, ce système présente une grande robustesse dans les conditions de réception par trajets multiples et de bruit, en particulier pour les messages longs. Il offre un débit net de 7 600 bits par seconde, plus une certaine capacité pour des données à temps de retard court, selon la structure de trame choisie. (Ce chemin de donnée à temps de retard court est destiné au système GPS différentiel (DGPS) et/ou aux messages de haute priorité de nature urgente.)

Sans les inclure explicitement, le système est compatible avec les services d'accès conditionnel et d'adressabilité des récepteurs.

La capacité d'accepter des prestataires de services multiples est permise par la structure de paquets définie pour le système. Grâce à la longueur des paquets utilisés, l'identification des prestataires de services est extrêmement efficace en termes de capacité de débit de données.

Il est prévu d'améliorer le système pour y intégrer des fonctions d'économie d'énergie et des options de fonctionnement à plus haut débit.

TABLEAU 7

Récapitulatif des caractéristiques intrinsèques du système STIC

Caractéristiques	Description
1 Modulation	DQPSK à décalage $\Pi/4$
2 Fréquence centrale en bande de base	72,2 kHz
3 Spectre de fréquence en bande de base	Voir la courbe de l'analyseur de spectre
4 Niveaux d'injection des sous-porteuses	Nominalement $\pm 7,5$ kHz
5 Débit de symboles de la voie de sous-porteuse	9 025 symboles par seconde
6 Synchronisation des mots	Voir la structure de trame
7 Correction/détection d'erreur	Codage Reed-Solomon et à convolution avec décodage Viterbi à décision souple
8 Retard	Variable en fonction de la profondeur d'entrelacement et de la taille de la trame
9 Débit d'information	7,6 kbit/s plus données à délai court

On trouvera des informations complémentaires sur ce système, y compris sa performance de TEB en présence de bruit gaussien ou d'évanouissements en trajets multiples, ainsi que le taux d'erreur sur les messages, dans la Fig. 62, Annexe 2, Appendice 2. Il est prévu d'améliorer le système en y intégrant des fonctions d'économie d'énergie et des options de fonctionnement à plus grand débit.

2 Traitement du côté émetteur

Le système STIC offre deux voies de données: une voie de données principale et une voie réservée aux données à temps de retard court. La voie de données principale offre quatre options de profondeur d'entrelacement qui correspondent à quatre durées de supertrame: 46,08, 23,04, 11,52 et 5,76 secondes. Ces options permettent des compromis entre le temps de propagation du système et sa robustesse dans les conditions de déplacement lent avec évanouissements.

Du point de vue des signaux au niveau de l'émetteur, les processus suivants sont réalisés pour la voie de données principale:

- Le débit d'entrée est considéré comme un flux de données continu à 7 600 bit/s, sur la base d'un paquet de 228 octets de données toutes les 240 ms. Chaque octet est constitué de 8 bits.
- Le message est codé en blocs selon un code Reed-Solomon à 256 états abrégé (243, 228).
- Le message codé selon la méthode Reed-Solomon est entrelacé au niveau des blocs par écriture des octets de 8 bits dans une mémoire à 243 rangées et 6 colonnes. Chaque cellule de la mémoire contient un octet de 8 bits et le message est écrit par colonne et lu par rangée.
- Le message de blocs entrelacés est codé selon un code à convolution avec un facteur de 1/2, un code à 7 états à longueur limitée avec les coefficients de polynômes générateurs 554 et 744 (octal). Le codeur fonctionne en continu sans vidage.
- Le message codé est entrelacé par un entrelaceur à convolution à 72 chemins différents. Chaque chemin a un registre à décalage de longueur différente avec un nombre d'étages multiple entier de «J», comme indiqué au Tableau 6. Chaque étage représente un bit. Le premier chemin a $71 \cdot J$ étages, le deuxième en a $70 \cdot J$, ..., et le dernier a zéro étage. Le bras commutateur change une fois pour chaque bit en entrée et, en même temps, les bits des registres à décalage du chemin considéré se décalent d'un bit.
- Le message entrelacé est mélangé par ou-exclusif avec un signal pseudo-aléatoire répétitif. La longueur du signal pseudo-aléatoire est donnée par le Tableau 8. Le signal pseudo-aléatoire est synchronisé avec entrelacement et avec la supertrame. Ce processus est appelé recouvrement.
- Le message enveloppé est divisé en sous-frames, frames et superframes. Il y a 72 bits de données par sous-trame. Le nombre de sous-frames par trame est indiqué au Tableau 8. Il y a 72 frames par supertrame. La constitution des frames est synchronisée avec l'entrelaceur, de telle sorte que le premier bit d'une sous-trame provienne du premier chemin de l'entrelaceur à convolution. Quatre bits sont ajoutés en suffixe à chaque sous-trame pour constituer une sous-trame d'une longueur de 76 bits. Les quatre bits supplémentaires sont aussi appelés bits d'état de la voie.
- Chaque trame reçoit en préfixe une sous-trame de synchronisation de 76 bits. Cette sous-trame de synchronisation est constituée d'un «mot de corrélation» de 56 bits, d'un mot d'identification de trame de 15 bits plus un bit inutilisé et 4 bits d'état de la voie. Le mot de corrélation de 56 bits est le même pour chaque trame. Le mot d'identification de trame de 15 bits est le numéro de trame codé en utilisant un code Bose, Chaudhuri et Hocquenghem (BCH) (15, 7). Il y a toujours une sous-trame de synchronisation par trame.
- Certaines sous-frames sont réservées pour le chemin des données à temps de retard court. Le nombre de sous-frames ainsi réservées dépend de l'option d'entrelacement/supertrame, comme indiqué dans le Tableau 6. Le nombre de sous-frames total par trame est aussi donné dans le Tableau 8. Il y a toujours 72 frames par supertrame.
- Le message formaté est modulé sur une sous-porteuse à 72,2 kHz en utilisant une modulation par DQPSK à décalage de $\pi/4$. Le débit de symboles en émission est de 9 025 symboles par seconde.
- Le signal modulé est filtré par un filtre à racine carrée en cosinus élevé SRRC, à facteur d'atténuation de 0,684. On obtient ainsi une bande passante nominale de 15,2 kHz (bande de base de 64,6 kHz à 79,8 kHz).

Des sous-frames à temps de propagation court sont prévues pour permettre la transmission des données qui doivent être traitées rapidement pour les applications qui ne tolèrent pas le retard associé à l'entrelacement. Ces sous-frames contiennent 76 bits et sont multiplexées avant l'enveloppement, comme le montre la Figure 57. Le débit binaire disponible dans le chemin de données à temps de propagation court est présenté au Tableau 8.

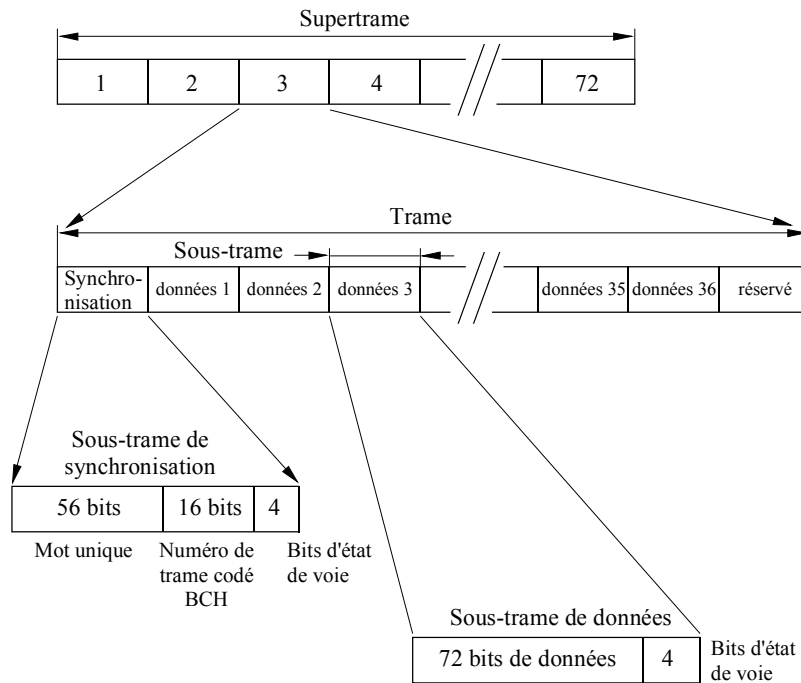
Le processus décrit ci-dessus produit la forme d'onde de sous-porteuse qui est multiplexée par division dans le temps avec les autres signaux avant modulation MF au niveau de l'émetteur de radiodiffusion. Un niveau d'injection (en termes d'amplitude maximale de la sous-porteuse) de $\pm 7,5$ kHz est considéré comme typique. D'autres niveaux d'injection sont possibles avec des compromis concernant la performance de taux d'erreur binaire (TEB) et la performance des autres sous-porteuses partageant l'émission.

TABLEAU 8

Options d'entrelacement et de constitution des trames

durée d'une supertrame (secondes)	5,76	11,52	23,04	46,08
paquets de données par supertrame	24	48	96	192
entrelacement à convolution, «J» =	18	36	72	144
nombre d'étages en séquence m	17	18	19	20
nombre de bits de la séquence m	93 312	186 624	373 248	746 496
total de sous-trames par trame	19	38	76	152
sous-trames à temps de retard court par trame	0	1	3	7
débit binaire à temps de retard court (bit/s)	0	475	712,5	831,25
sous-trames de synchronisation par trame	1	1	1	1
sous-trames de données par trame	18	36	72	144

FIGURE 57
Exemple de structure de trame



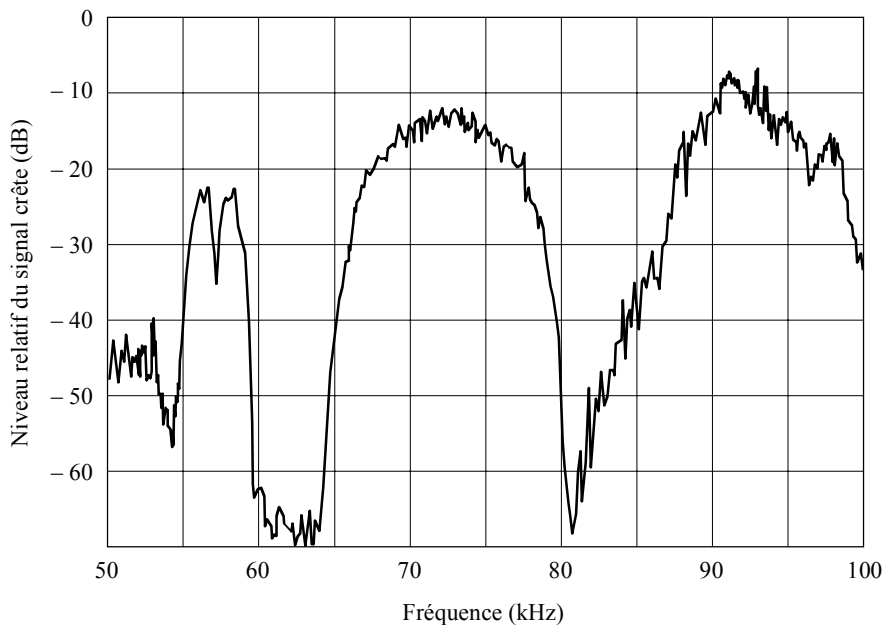
1194-57

La Figure 57 présente un exemple de trame pour le cas de la supertrame de 11,52 secondes. Les bits d'état de la voie sont utilisés pour le décodage à décision souple. Le code à convolution intérieur utilise ces bits en les corrélant à la séquence connue pour estimer la qualité de la voie. Cette estimation de qualité aide au processus de décodage par l'algorithme de Viterbi.

Le code Reed-Solomon utilisé pour le système STIC est capable de corriger jusqu'à 7 erreurs sur les symboles mais il peut aussi détecter toutes les erreurs sur 8 symboles. Ce système est utilisé à la place du code de redondance cyclique (CRC) pour déterminer de façon fiable si un paquet a été reçu correctement.

La Figure 58 présente le tracé d'un analyseur de spectre de la bande de base MF de 50 kHz à 100 kHz. Le spectre de la bande de base de ce graphique comprend un signal RDS à 57 kHz, le signal STIC à 72,2 kHz injecté à $\pm 7,5$ kHz et une sous-porteuse analogique à 92 kHz. L'atténuation de 50 dB à 64 et 81 kHz est adéquate pour assurer l'absence d'effet de l'onde STIC sur le signal RDS à 57 kHz adjacent ou sur les sous-porteuses à 92 kHz.

FIGURE 58
Caractéristiques spectrales du signal STIC



1194-58

3 Tests quantitatifs de brouillage du signal sonore (même voie)

Ce test a permis de mesurer la dégradation de la performance sonore en stéréo apportée par l'introduction de la sous-porteuse STIC. Les résultats de ce test sont récapitulés dans le Tableau 9. Les mesures ont été réalisées en utilisant un filtre passe-bas de 15 kHz et un filtre pondéré psophométrique. Les résultats montrent que l'on perçoit une dégradation d'environ 1 dB. Ce niveau de dégradation ne présente pas d'inconvénient et a été validé par le test qualitatif.

TABLEAU 9

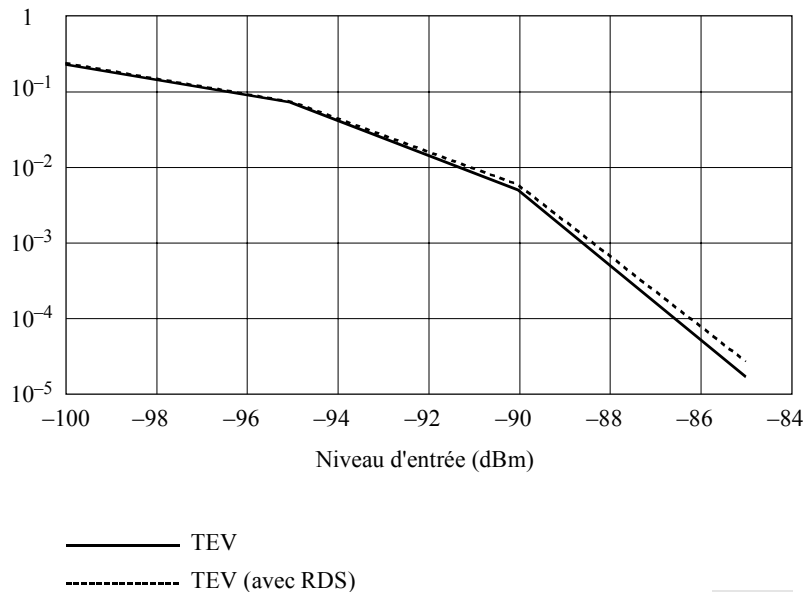
Effets du signal STIC sur la voie principale

	Filtre psophométrique SINAD (dB)	15 kHz LPF SINAD (dB)
Signaux actifs		
Signal 1 kHz	42,15	59,73
Signal 1 kHz + STIC	41,02	55,01

4 Effets de RDS et de STIC sur les performances de taux d'erreur

Les mesures de taux d'erreur sur la voie STIC (TEV) ont été réalisées avec et sans la sous-porteuse RDS. Les résultats sont présentés à la Figure 59. Ce résultat montre que la dégradation due au signal RDS est insignifiante.

FIGURE 59
Dégradation d'erreur imputable à RDS



1194-59

5 Rapports de protection des fréquences radioélectriques

Le système STIC fonctionne bien en ce qui concerne les rapports de protection, comme le montrent les Figures 60 et 61. La performance de rapport de protection pour la réception monophonique est présentée à la Figure 60 en utilisant un récepteur autoradio Alpine modèle 7502.

Le système STIC est aussi robuste en présence de brouillage par une autre voie. La Figure 61 montre les rapports de protection dans le cas de brouillage de la transmission STIC par une autre voie au taux d'erreur de voie non corrigé de 1%.

6 Performance d'erreur (avec évanouissements)

Les mesures en laboratoire du taux d'erreur sur la sous-porteuse STIC avec évanouissements ont été réalisées en utilisant le simulateur de voie RF Hewlett Packard (HP) 11759C. La Figure 62 ci-dessous présente la configuration de laboratoire utilisée pour effectuer les tests. Ceux-ci ont été réalisés avec le signal STIC modulant la porteuse avec une excursion de fréquence de $\pm 7,5$ kHz. Un scénario d'évanouissement rapide à six prises a été utilisé avec un rythme d'évanouissement de 6,7 Hz, qui correspond à une vitesse de 82,5 km/h du véhicule à la fréquence de test de 87,7 MHz. Le Tableau 10 présente les retards et les atténuations des prises. Dans la Figure 62, le premier récepteur autoradio a été coupé pour ce test et aucune modulation sonore n'a donc été utilisée. De même, le signal pilote a été coupé pour ce test. Les résultats du test sont présentés à la Figure 63.

FIGURE 60

Rapports de protection pour la voie principale

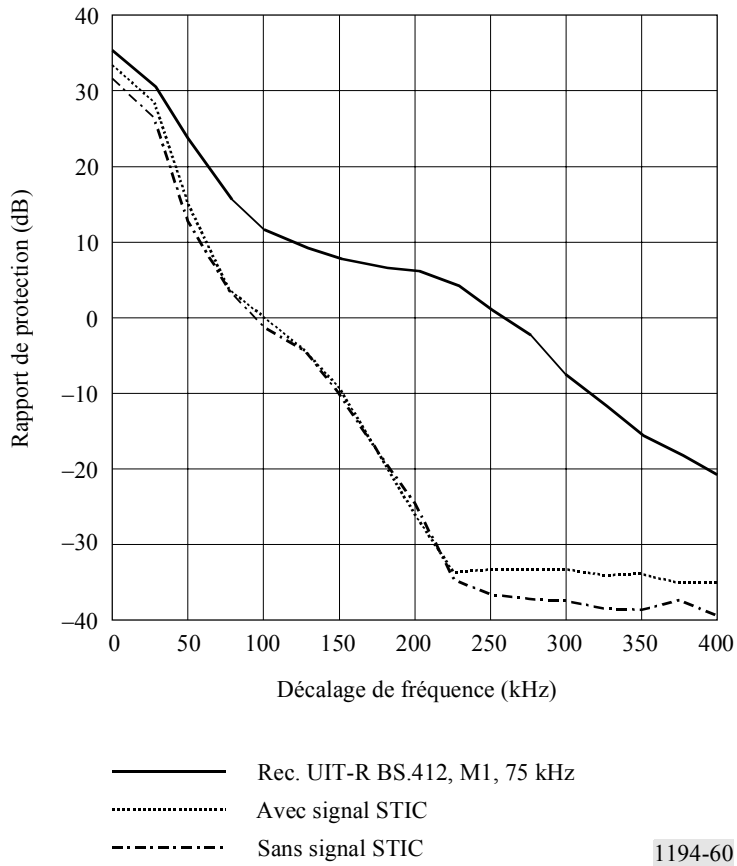


FIGURE 61

Rapports de protection pour la sous-porteuse STIC

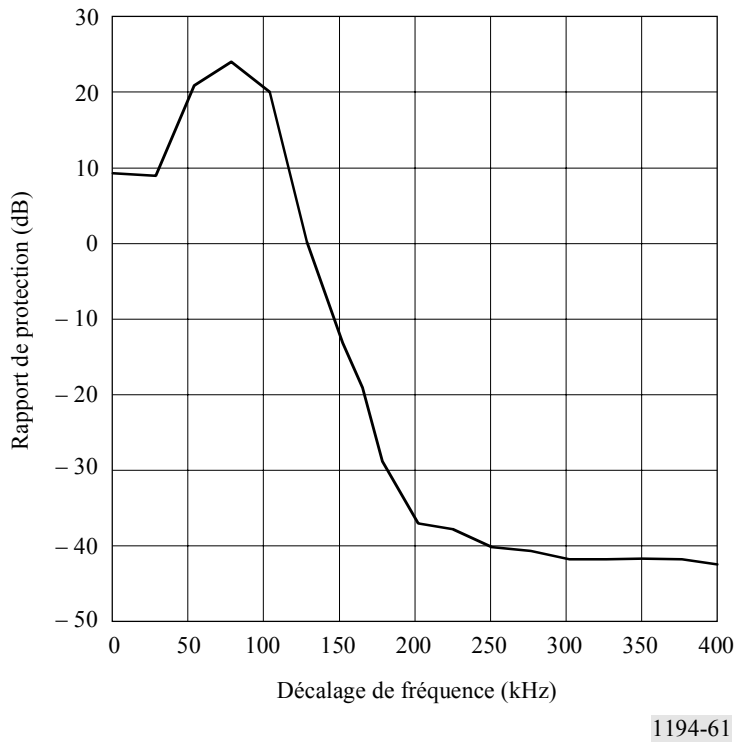


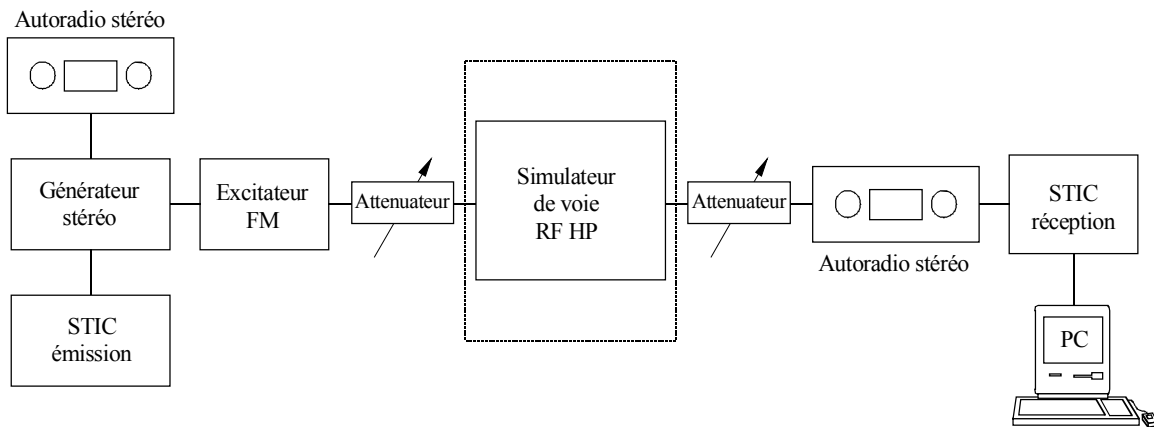
TABLEAU 10

Paramètres des prises de la voie avec évanouissements

Retard de prise (μ s)	Atténuation de prise (dB)
0,0	3,0
0,2	0,0
0,5	2,0
1,6	6,0
2,3	8,0
5,0	10,0

FIGURE 62

Configuration de test en laboratoire de TEB avec évanouissements



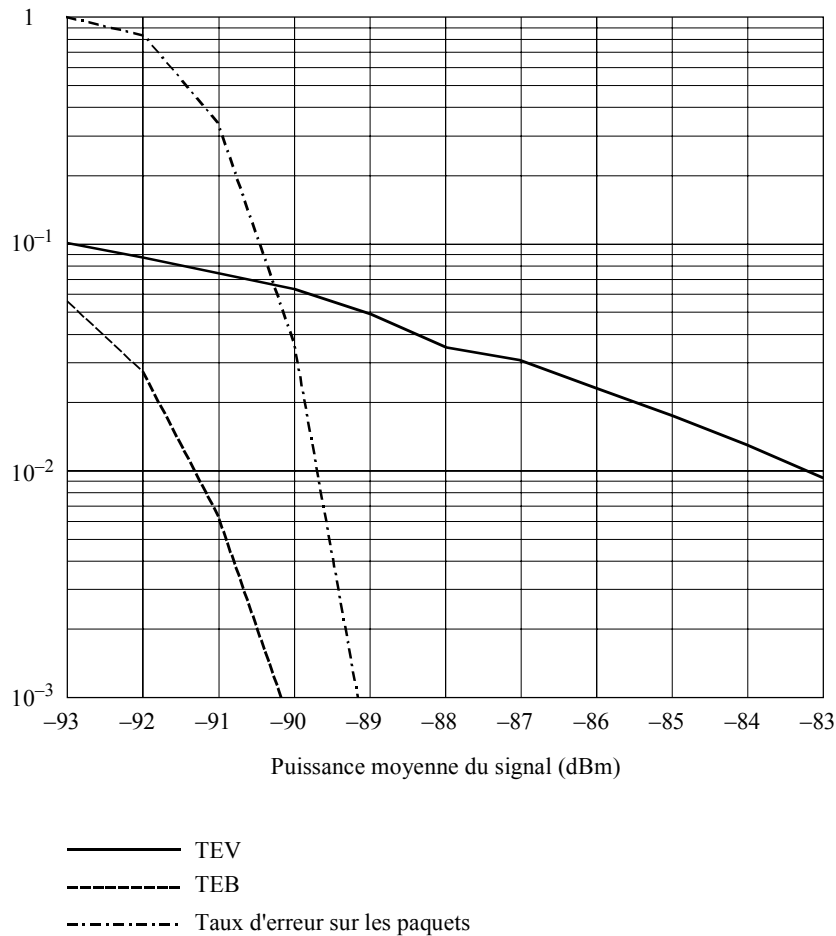
1194-62

7 Résultats des tests sur le terrain

A l'heure actuelle, le prototype de STIC a déjà fait l'objet de nombreux tests de radiodiffusion sur le terrain. L'un des principaux objectifs de ces tests consistait à valider la compatibilité de la forme d'onde du système STIC avec le système de radiodiffusion MF et à mesurer la performance d'erreur du système dans un environnement réel. Certains de ces tests sont récapitulés dans le Tableau 11. Sur cette base, on peut tirer deux conclusions générales: un, le système STIC peut offrir de bonnes performances de transmission de données en environnement mobile; deux, le système STIC est compatible avec les systèmes et les équipements de radiodiffusion MF.

FIGURE 63

Résultats en utilisant le simulateur de voie avec évanouissements



1194-63

7.1 Compatibilité du système STIC dans les tests sur le terrain

La méthode de validation était strictement qualitative et, bien que les résultats soient anecdotiques, ils corroborent fortement la conclusion que le système STIC est compatible. Les principaux résultats à l'appui de cette conclusion sont les suivants:

- Le système STIC a été testé à l'antenne un grand nombre de fois. Cinq de ces tests sur quatre stations différentes figurent dans le tableau ci-dessus. Chaque station avait, avec le signal STIC, au moins une autre sous-porteuse comprenant une sous-porteuse sonore à 92 kHz, une sous-porteuse d'appel unidirectionnel de personne à 57 kHz et une sous-porteuse RDS à 57 kHz. De plus, le temps d'antenne cumulé pour les tests indiqués approche 170 jours.
- Dans chacun des tests sur le terrain, la dégradation de la voie principale a été surveillée régulièrement par l'ingénieur de la station, qui a estimé qu'il n'y avait pas d'effet de dégradation significatif.
- Aucun auditeur n'a fait état d'une perte de couverture ou de dégradation de la qualité du son.
- Il n'y a eu aucun rapport de dégradation du service sur aucune des sous-porteuses.

TABLEAU 11

Récapitulatif des tests du système STIC sur le terrain

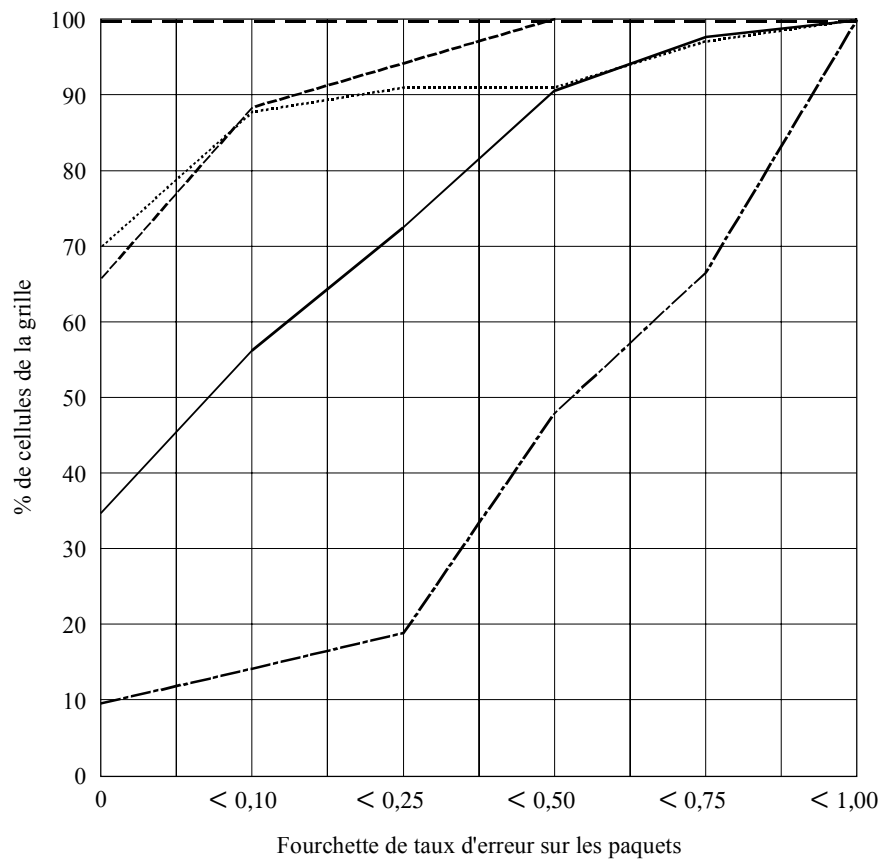
Lieu	Date	Station	Hauteur antenne (HAAT)* (mètres)	Puissance rayonnée isotrope effective (kilowatts)	Durée du test (jours)
Fayetteville Caroline du Nord	Mars 1993	WQSM	249	100	3
Washington DC	Avril 1993	WPGC	152	50	3
Washington DC	Février 1994	WXTR	232	22	14
Minneapolis Minnesota	Octobre 1994	KBEM	113	2,2	48
Washington DC	Août 1994	WXTR	232	22	43
Atlanta Géorgie	Avril 1995	WRFG	61	21,5	30+
Denver Colorado	Mai 1995	KYGO	555	100	30+

* HAAT (Above the average terrain)

7.2 Performance d'erreur du système STIC dans les tests sur le terrain

La Figure 64 présente un échantillon des résultats de performances pour l'un des tests sur le terrain les plus complets. Ce résultat est tiré des données collectées dans toute la zone de couverture de la station radio en utilisant une plate-forme réceptrice mobile. La station utilisée pour ce test avait une puissance rayonnée effective de 22 kW et une hauteur d'antenne de 232 mètres au-dessus du niveau moyen du terrain (HAAT). Dans ce résultat, la zone de couverture est divisée en carrés de 6,4 km². Les taux d'erreur sur les paquets de chaque cellule de la grille parcourue par le récepteur mobile sont cumulés sur la base du nombre de paquets correctement reçus pendant que le véhicule se trouvait dans la cellule, par rapport au nombre total de paquets émis pendant ce temps. La Figure 64 est la courbe du pourcentage de cellules présentant les taux d'erreur cumulés à l'intérieur des fourchettes représentées sur l'axe horizontal. Plusieurs jeux de données sont présentés pour les différents sous-ensembles de cellules de la grille constituée par toutes les cellules à l'intérieur d'un rayon donné par rapport à l'émetteur.

FIGURE 64
Performance d'erreur sur les paquets dans les cellules de la grille
en fonction de la distance



d = distance de l'émetteur (km)

- $d < 16$
- $16 < d < 32$
- .-.- $32 < d < 48$
- $48 < d < 64$
- — — $d > 64$

APPENDICE 1

Cet Appendice présente la comparaison des trois systèmes décrits dans les Annexes 1 à 3. Le Tableau 12 présente un récapitulatif général des trois systèmes.

TABLEAU 12
Récapitulatif des systèmes

		Système A (DARC)	Système B (HSDS)	Système C (STIC)
Paramètres				
	Fréquence de la sous-porteuse	76 kHz	66,5 kHz	72,2 kHz
	Bande passante	44 kHz (-40 dB)	16 kHz (60 à 76 kHz à -60 dB)	16 kHz (-50 dB)
	Débit de données de la voie	16 kbit/s	19 kbit/s	18,05 kbit/s
	Débit de données d'information	Méthode A – 6,83 kbit/s Méthode B – 6,95 kbit/s Méthode C – 9,78 kbit/s	Paquets simples – 10,51 kbit/s Petits blocs – 8,3 kbit/s	7,6 kbit/s + données à temps de propagation court
	Méthode de modulation	MDMAN	Modulation d'amplitude à porteuse supprimée, à bande latérale double à codage duobinaire	Modulation de phase à quatre états différentielle à décalage $\pi/4$
	Correction d'erreur	Code produit (272, 190)	Paquets – petits blocs Hamming (12, 8) entrelacés – paquets répartis dans le temps avec Hamming supplémentaire	Reed-Solomon (243, 228) + code à convolution 1/2
	Détection d'erreur	14 bits de CRC	16 bits de CRC	Réalisé par décodage Reed-Solomon
	Niveau d'injection	Varie de 3 kHz à 7,5 kHz	3,75 kHz à 7,5 kHz nominale 7,5 kHz	Nominale 7,5 kHz
Caractéristiques supplémentaires				
	Economie d'énergie	Oui, dans les récepteurs actuels	Oui, cycle de fonctionnement de 0,01% à 100%	
	Adressabilité des récepteurs	Oui	Oui	Oui
	Support des différents types de données	Oui	Oui	Oui
	Possibilité de services supplémentaire sur sous-porteuse	Non, voir Appendice 2 section 9	Oui, voir Appendice 2 section 9	Oui, voir Appendice 2 section 9
	Accès stations multiples	Oui	Oui, y compris transmissions décalées dans le temps pour les données de type appel unidirectionnel	Oui

TABLEAU 12 (suite)

		Système A (DARC)	Système B (HSDS)	Système C (STIC)
Caractéristiques de compatibilité				
	Programme son, voir Appendice 2, section 7, Tableau 10	Voir Annexe 1, section 3.2	Voir Annexe 2, section 2.2	Voir Annexe 3, section 3
	Rapport de protection, voir Appendice 2, section 6 et section 10	Voir Annexe 1, section 3.4	Voir Annexe 2, section 2.4	Voir Annexe 3, section 5
	RDS, voir Appendice 2, section 8	Voir Annexe 1, section 3.3	Voir Annexe 2, section 2.3	Voir Annexe 3, section 4
	Rec. UIT-R BS.450	(fréquence sous-porteuse, voir NOTE 1)	Entièrement	
	Services de radionavigation aéronautique	A étudier	A étudier	A étudier
	Son en trajets multiples, voir Appendice 2, section 7, Tableau 11	Voir Annexe 1, section 3.2	Voir Annexe 2, section 2.2	
	Gestion de la retransmission	Oui	Oui	Oui
		Système A (DARC)	Système B (HSDS)	Système C (STIC)
Caractéristiques de performance				
	Taux d'erreur (Gaussien) voir Appendice 2, section 2	Voir Annexe 1, section 3.1	Voir Annexe 2, sections 3.2, 3.3 et 3.4	
	Taux d'erreur (trajets multiples et évanouissements), voir Appendice 2, section 3	Voir Annexe 1, section 3.1	Voir Annexe 2, sections 3.2, 3.3 et 3.4	Voir Annexe 3, section 6
	Taux d'erreur (bruit impulsionnel), voir Appendice 2, section 4			
	Retard de bout en bout	36 ms pour la méthode C 9,8 secondes pour les méthodes A et B	13 ms pour les paquets simples et 3.28 secondes pour les petits blocs	160 ms pour les messages à temps de propagation court, les autres retards varient en fonction de l'option d'entrelacement
	Taux d'erreur sur les messages pour diverses longueurs de messages en trajets multiples, voir Appendice 2, section 3		Voir Annexe 2, section 3.4	

NOTE 1 – On trouvera des lignes directrices pour les fréquences des sous-porteuses et les niveaux d'injection dans la Recommandation UIT-R BS.450.

APPENDICE 2

Comparaison des trois systèmes de données à sous-porteuse MF**1 Introduction**

Au cours de l'année 1996, des tests ont été réalisés sur les trois systèmes de données à sous-porteuse MF aux Etats-Unis. Les résultats en sont rapportés ici. Les tests ont été effectués au Lewis Research Center de la NASA, à Cleveland, Ohio, par une équipe indépendante. Les documents décrivant le détail des résultats sont volumineux et ne sont pas reproduits ici. Ce rapport résume certains des résultats.

Les systèmes testés correspondent de très près au système décrit dans la présente Recommandation. Certaines modifications ont été apportées aux systèmes testés, par rapport à la description que l'on trouve ici. Premièrement, le système HSDS avait un système de codage et d'entrelacement de correction d'erreur sans voie de retour supplémentaire. Certains tests ont été réalisés avec ce codage supplémentaire et d'autres ont utilisé le codage HSDS standard. Deuxièmement, le système DARC a été utilisé avec un niveau fixe et avec un niveau d'injection variable. Le système DARC testé ici utilisait la méthode B pour organiser les données.

Les tests ont été réalisés avec plusieurs combinaisons différentes de diverses sous-porteuses et de modulations de la voie principale. Certains tests n'ont été effectués qu'avec les systèmes proposés (c'est-à-dire les systèmes faisant l'objet des tests) avec la modulation de la voie principale et un signal pilote. D'autres tests ont été effectués avec des combinaisons de RDS et d'une autre sous-porteuse analogique à une fréquence de 92 kHz. Les excursions de fréquence pour les deux groupes sont indiquées dans les Tableaux 13 et 14 en fonction du système particulier testé. Sauf indication contraire, l'une ou l'autre des combinaisons présentées dans les Tableaux 13 et 14 a été utilisée pour les tests. La mise en œuvre des tests n'a pas été strictement conforme à la Recommandation UIT-R BS.450, car des sous-porteuses multiples ont été utilisées dans certains tests et les limites d'excursion de fréquence définies dans la Recommandation UIT-R BS.450 ont été dépassées.

NOTE – Les résultats de la section 3 de la présente annexe sont en cours d'évaluation dans d'autres pays.

TABLEAU 13

Excursion de fréquence maximale pour le groupe de sous-porteuses A (kHz)

	DARC	STIC	HSDS
G+D	66,00	60,75	60,75
Pilote	6,75	6,75	6,75
G+D	0	0	0
RDS	2,25	2,25	2,25
Système testé	Fixe de 7,5 kHz, ou variable de 3,0 kHz à 7,5 kHz	7,50	7,50
Sous-porteuse analogique 92 kHz	0	5,25	5,25
Excursion maximale totale	82,5	82,5	82,5

TABLEAU 14

Excursion de fréquence maximale pour le groupe de sous-porteuses B (kHz)

	DARC	STIC	HSDS
G+D	60,75	60,75	60,75
Pilote	6,75	6,75	6,75
G+D	0	0	0
RDS	7,50	7,50	7,50
Système testé	Fixe de 7,5 kHz, ou variable de 3,0 kHz à 7,5 kHz	7,50	7,50
Sous-porteuse analogique 92 kHz	0	0	0
Excursion maximale totale	82,5	82,5	82,5

Les tests avec les groupes de sous-porteuses A et B utilisent aussi généralement une certaine modulation de la voie principale. Certains tests ont aussi été effectués avec les «éléments proposés seulement». Dans ce cas, la modulation n'a été réalisée qu'avec le signal pilote, le signal G+D et la sous-porteuse du signal testé. Sauf indication contraire, les conditions sont les suivantes:

- l'excursion de fréquence maximale totale a été fixée à 82,5 kHz en réglant le niveau de modulation sonore de la voie principale;
- le système DARC a été utilisé en mode de modulation fixe;
- le niveau du signal a été fixé à –65 dBm.

Les résultats de tests suivants sont décrits ci-dessous:

- taux de perte de paquets (TPP) avec bruit gaussien blanc additif (BGBA);
- TPP en trajets multiples;
- TPP avec bruit impulsionnel;
- acquisition de synchronisation;
- brouillage entre voies;
- brouillage du signal son hôte;
- brouillage RDS;
- brouillage 92 kHz;
- brouillage des voies adjacentes.

2 TPP avec BGBA

La capacité d'assurer la réception fiable des messages en présence de bruit est une caractéristique importante de tout système. Il ne s'agit pas simplement de conserver un faible taux d'erreur binaire (TEB). Il faut aussi que les paquets reçus soient complets. La présente section présente la performance de taux de perte de paquets (TPP) en présence de bruit gaussien blanc additif (BGBA) pour deux tailles différentes de paquets. La Figure 65 montre, pour les trois systèmes, les taux de perte de paquets (TPP) en présence de BGBA pour une taille de paquet de 20 octets. Le système DARC est présenté dans deux cas: fonctionnement avec excursion fixe et avec excursion variable. Les tests ont été réalisés à un

niveau de signal de -65 dBm. Un bruit a été ajouté pour obtenir les valeurs de C/N_0 figurant sur l'axe horizontal de la figure. Le rapport C/N_0 se définit comme le rapport de l'énergie HF totale à la densité spectrale du bruit ajouté (dans une bande de 1 Hz). Le rapport C/N_0 peut être converti en force de signal, dB(μ V) par l'équation suivante:

$$C/N_0 + F - 65,25 = S$$

où:

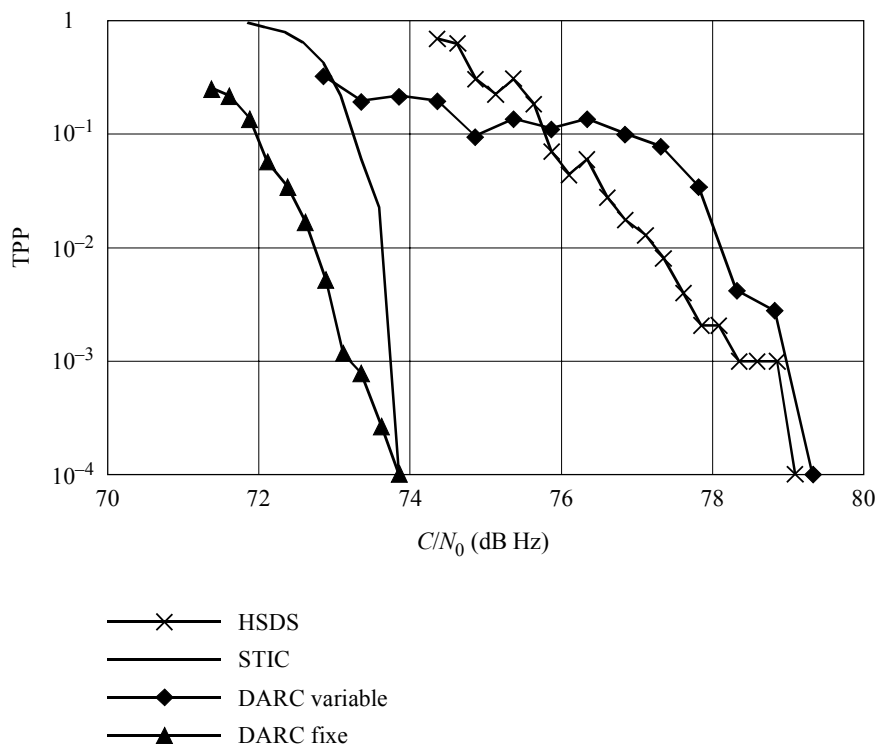
S : intensité du signal (dB(μ V)), en supposant une impédance de 75Ω

F : facteur de bruit du récepteur (dB)

C/N_0 : rapport de l'énergie RF à la densité spectrale du bruit (dB/Hz).

Les tests ont été réalisés avec les niveaux de modulation «des systèmes proposés seulement». En d'autres termes, aucune autre sous-porteuse que celles du système testé n'a été utilisée. La voie principale était modulée par un bruit rose écrété monophonique, sauf dans le cas du système DARC à modulation variable. Dans ce dernier cas, la voie principale était modulée en stéréo avec un passage sonore précis de la chanson ABBA. Les données ont été recueillies pendant 5 minutes pour obtenir les taux d'erreur indiqués. Les valeurs de TPP nulles mesurées sont représentées par 0,0001 sur le graphique, car il est impossible de représenter zéro sur une échelle logarithmique. A noter qu'un paquet de 20 octets perdu sur 5 minutes correspond approximativement à un TPP de 0,0001. Les courbes les plus basses dans la partie gauche du graphique indiquent les meilleures performances.

FIGURE 65
TPP avec BGBA pour paquets de 20 octets

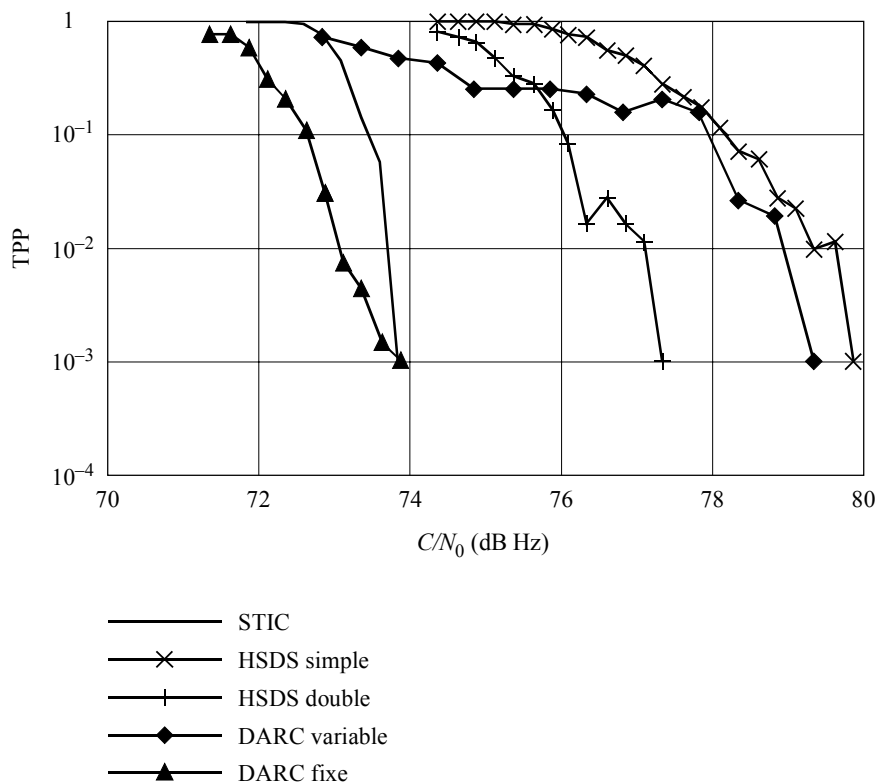


1194-65

La Figure 66 présente la performance TPP pour une taille de paquet de 220 octets, avec deux cas pour le système DARC et deux cas pour le système HSDS. La version à double code de correction d'erreur du système HSDS avait aussi un entrelacement supplémentaire. La version à double correction d'erreur du système HSDS a été développée spécialement pour les tests des systèmes de transmission rapide de données à sous-porteuses (HSSC). Les données ont été recueillies pendant 5 minutes pour obtenir les taux d'erreur indiqués. Les valeurs de TPP nulles mesurées sont représentées par 0,001 sur le graphique, car il est impossible de représenter zéro sur une échelle logarithmique. A noter qu'un paquet de 220 octets perdu sur 5 minutes correspond approximativement à un TPP de 0,001. Toutes les autres conditions étaient identiques à celles de la Figure 65.

FIGURE 66

TPP avec BGBA pour paquets de 220 octets



3 Performance de TPP en trajets multiples avec évanouissements

Pour les récepteurs mobiles, la performance de taux de perte de paquets en condition de trajets multiples est extrêmement importante. Les tests ont été effectués sur les trois systèmes dans quatre conditions différentes de trajets multiples. Les trajets multiples ont été simulés en utilisant un couple de simulateurs de voie à évanouissements HP 11759C. Ceux-ci ont été utilisés en mode Rayleigh, avec un total de 9 prises multiples. Ces valeurs de retard et d'atténuation pour chaque prise sont récapitulées dans le Tableau 15 pour les divers scénarios de trajets multiples modélisés pendant le test.

Les résultats des tests pour les trois systèmes sont donnés dans les Figures 67 à 70. Ces figures présentent la courbe de TPP en fonction de C/No pour chacun des trois systèmes et pour chacun des quatre scénarios de trajets multiples. Pour le système DARC, un niveau d'injection fixe d'excursion maximale de 7,5 kHz a été utilisé.

Les mesures ont été réalisées en augmentant le bruit jusqu'à l'apparition d'erreurs dans les messages. Toutefois, dans certains cas, des erreurs se sont produites même sans bruit supplémentaire. Dans cette situation, le C/No a été estimé en déterminant grossièrement le facteur de bruit approximatif du récepteur utilisé dans le système testé. Par conséquent, les valeurs de C/No supérieures à 85 dB Hz sont des valeurs estimées, dont la précision est moindre que celle des valeurs mesurées. Les valeurs inférieures à 85 dB Hz sont basées sur les mesures réelles calculées à partir du niveau de bruit ajouté nécessaire pour provoquer l'apparition d'erreurs dans les messages. Etant donné que seul le seuil d'apparition d'erreurs dans les messages a été mesuré, on ne dispose pas d'une caractérisation complète des performances. Cette caractérisation se présenterait sous la forme d'une courbe analogue à celles des Figures 65 et 66. Ces courbes démarrent généralement à l'angle supérieur gauche de la figure et descendent vers la droite. Dans les figures, les points reliés par des traits indiquent les résultats obtenus au cours du même test. Comme pour les tests de BGBA, les mesures de TPP nulles sont représentées par 0,0001 et 0,001, respectivement pour les tests sur 20 octets et 220 octets. Les points de données multiples non reliés par un trait indiquent des données obtenues à des moments différents au cours du test mais dans des conditions pratiquement identiques. Les différences entre les résultats sont dues, au moins en partie, aux écarts statistiques. Comme pour les tests de BGBA, les courbes et/ou les valeurs qui se situent vers la partie inférieure gauche des graphiques indiquent les meilleures performances.

TABLEAU 15

Conditions de trajets multiples

	Urbaines lentes		Urbaines rapides		Rurales rapides		Avec obstacles	
Doppler	0,1744 Hz		5,23 Hz		13,08 Hz		5,23 Hz	
N° prise	Retard (µs)	Attén. (dB)	Retard (µs)	Attén. (dB)	Retard (µs)	Attén. (dB)	Retard (µs)	Attén. (dB)
1	0,0	2	0,0	2	0,0	4	0	10
2	0,2	0	0,2	0	0,3	8	1	4
3	0,5	3	0,5	3	0,5	0	2,5	2
4	0,9	4	0,9	4	0,9	5	3,5	3
5	1,2	2	1,2	2	1,2	16	5	4
6	1,4	0	1,4	0	1,9	18	8	5
7	2,0	3	2,0	3	2,1	14	12	2
8	2,4	5	2,4	5	2,5	20	14	8
9	3,0	10	3,0	10	3,0	25	16	5

Les tests ont été réalisés avec un niveau de signal nominal de -65 dBm. La voie principale était modulée par un bruit rose écrêté monophonique. Le signal comportait aussi un signal RDS à excursion maximale de 2,25 kHz et une sous-porteuse analogique à 92 kHz avec une excursion maximale de 5,25 kHz. L'excursion de fréquence du système testé était de 7,5 kHz. Pour les tests avec des paquets de 220 octets du système HSDS, l'option utilisée était la double correction d'erreur. Les mesures d'erreur étaient réalisées pendant 5 minutes. A noter qu'avec un matériel sans programme, les erreurs étaient fortement réduites.

FIGURE 67

Performance de TPP en conditions urbaines lentes avec trajets multiples et évanouissements

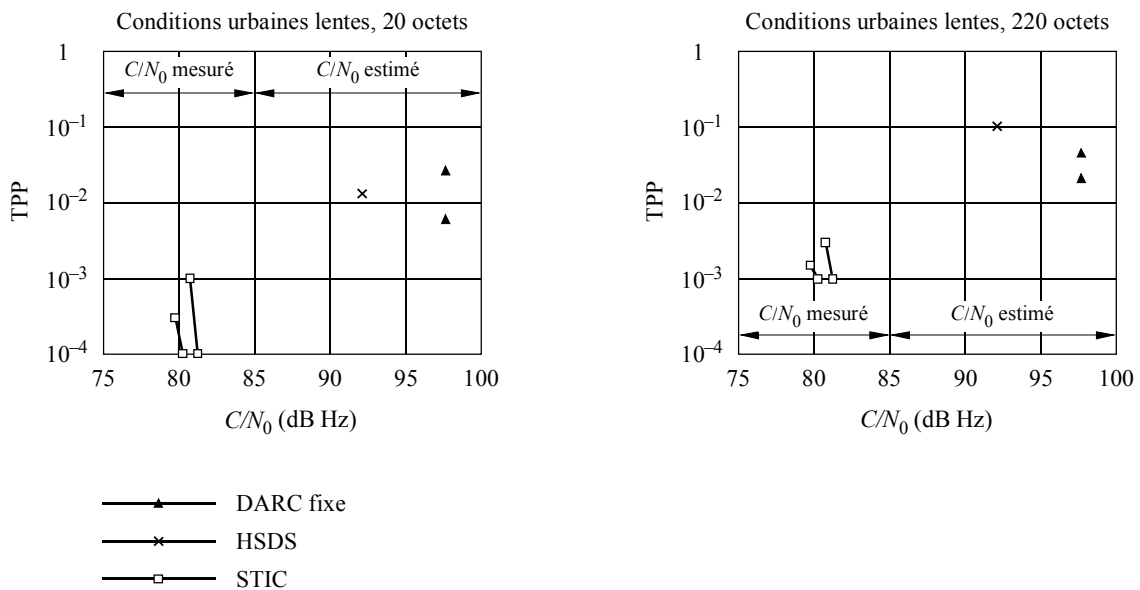
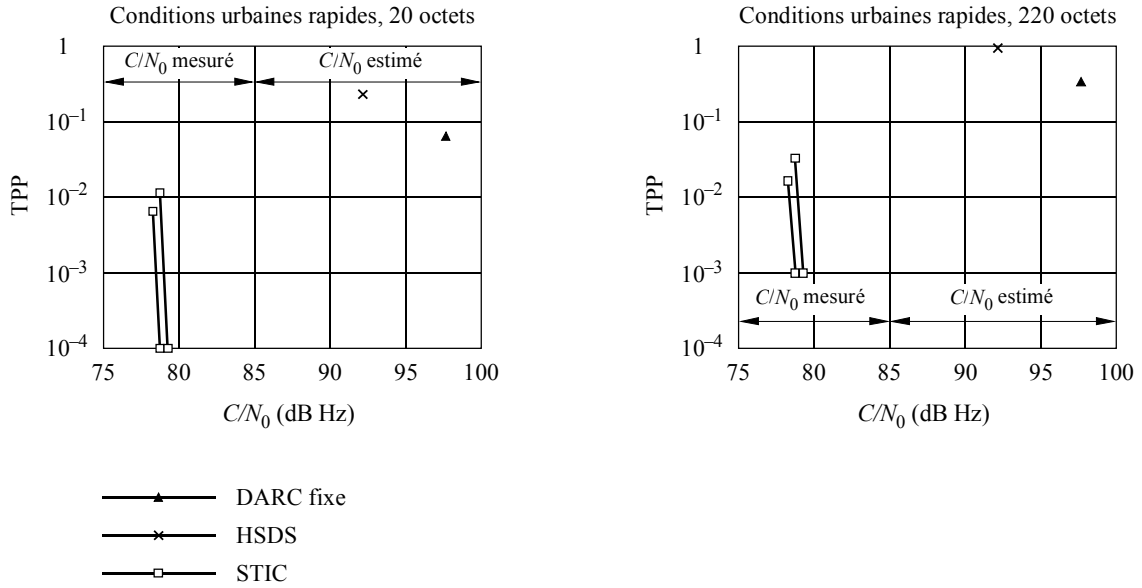
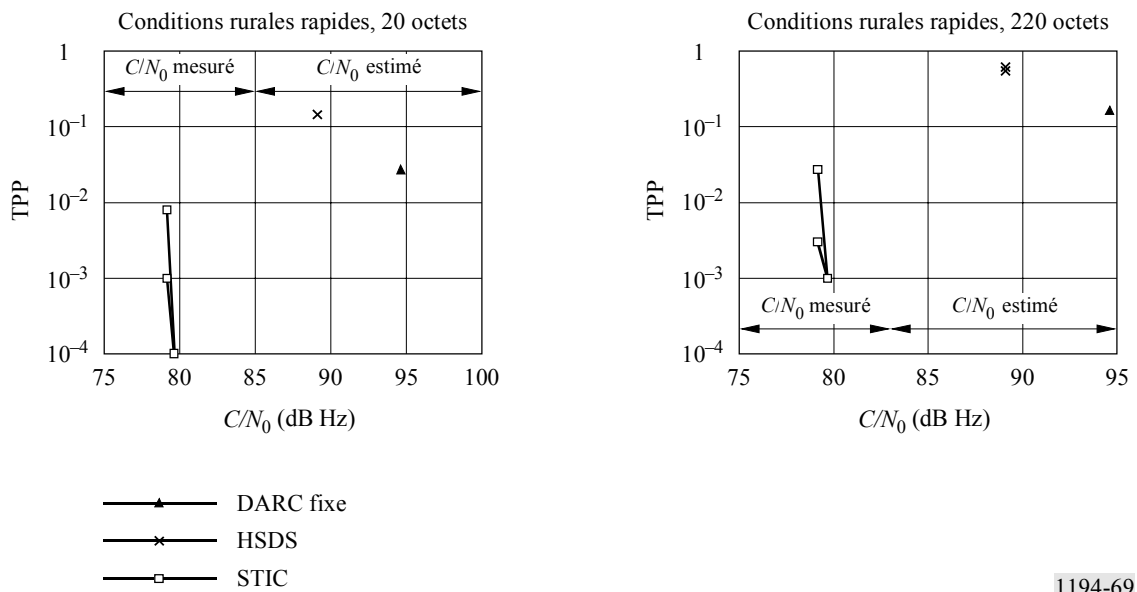


FIGURE 68
Performance de TPP en conditions urbaines rapides avec trajets multiples et évanouissements



1194-68

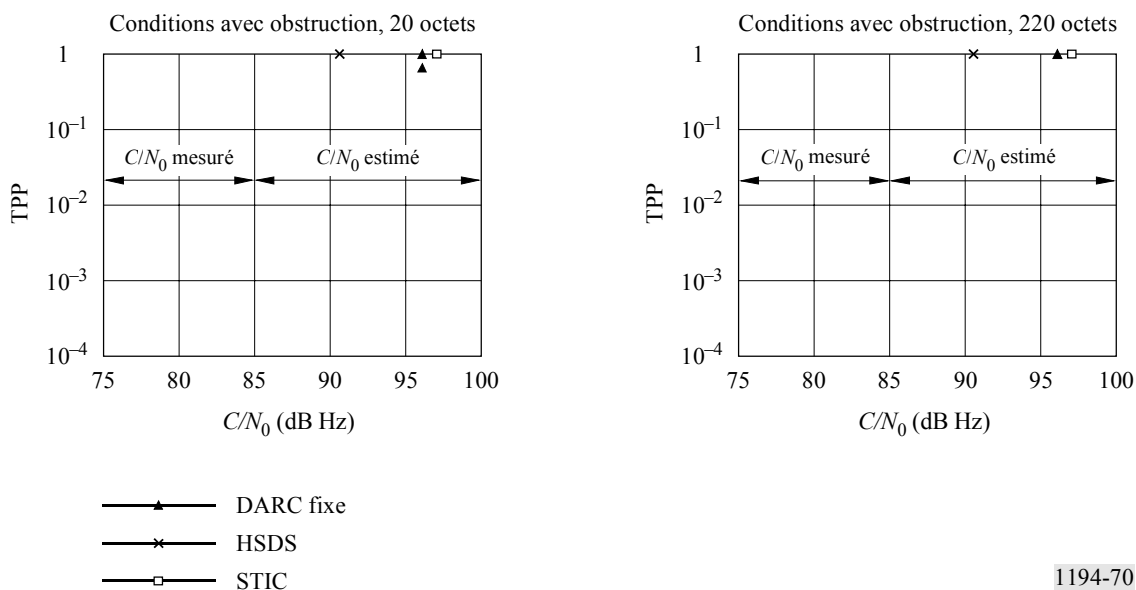
FIGURE 69
Performance de TPP en conditions rurales rapides avec trajets multiples et évanouissements



1194-69

FIGURE 70

**Performance de TPP avec obstacles, avec trajets multiples
et avec évanouissements**



4 Bruit impulsionnel

Le but de ce test était de caractériser le comportement des systèmes de transmission rapide de données à sous-porteuses HSSC en présence de bruit impulsionnel. L'énergie du bruit impulsionnel était ajoutée au signal MF modulé (par le groupe de sous-porteuses A), en modifiant les paramètres de l'onde impulsionnelle pour en voir les effets éventuels sur le taux d'erreur des messages du système HSSC. Le niveau du signal était fixé à -65 dBm et une impulsion de 10 ns de largeur était utilisée. Ce test était destiné à simuler l'effet de sources de bruit impulsionnel réelles comme l'allumage des automobiles et les grosses machines.

- 1) En commençant avec une fréquence d'impulsion (rythme de répétition) de 100 Hz et une amplitude d'impulsion de 1,0 V crête à crête, on recherchait les erreurs dans les messages du système HSSC pour les rythmes de répétition de 100, 200, 300, 600 et 1 000 Hz, sans modulation (signal pilote seul) et avec modulation par un bruit rose écrêté monophonique dans la voie principale.
- 2) Lorsqu'on trouvait des erreurs dans les messages, en maintenant constant le rythme de répétition de la fréquence impulsionnelle (à la fréquence de brouillage), on réduisait l'amplitude des impulsions (par paliers de 5 dB) jusqu'à ce que le taux d'erreur des messages retombe à zéro.

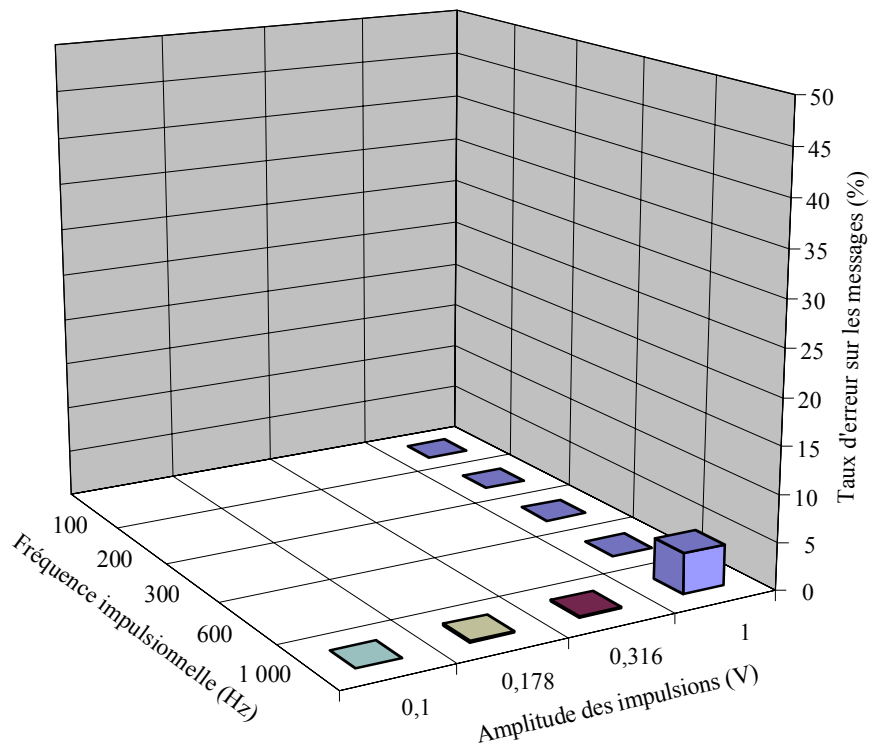
La performance a très peu varié en fonction de la modulation de la voie principale (pilote seul ou bruit rose écrêté). Aucune erreur n'a été observée dans les messages pour les rythmes de répétition de la fréquence impulsionnelle de 100 Hz et 600 Hz. Des erreurs ont été observées dans les messages pour les autres rythmes de répétition de la fréquence impulsionnelle (200 Hz, 300 Hz et 1 kHz) dans les trois systèmes, le HSDS obtenant la meilleure performance et le STIC obtenant la plus mauvaise dans cette gamme de rythmes de répétition de la fréquence impulsionnelle. La Figure 71 (DARC), la Figure 72 (STIC) et la Figure 73 (HSDS), ci-dessous présentent les résultats types pour la longueur de message de 220 octets et une modulation de la voie principale par un bruit rose écrêté.

Les résultats du système HSDS comprenaient aussi des mesures aux rythmes de répétition de 1,3 kHz et 1,6 kHz (dont les résultats sont inclus dans la Figure 73). Ces résultats représentent la performance la plus gravement dégradée mesurée dans l'ensemble de ce test, avec un taux de perte de messages maximum de 47,2%.

Des données complémentaires ont été obtenues en utilisant le système STIC à 198 Hz, 202 Hz, 297 Hz et 303 Hz et, dans ces cas, aucune erreur sur les messages n'a été observée. Ces fréquences sont juste au-dessus et au-dessous des fréquences pour lesquelles la performance a été dégradée dans les données d'origine. Apparemment, les résultats à 200 Hz et 300 Hz ont été dégradés du fait de la relation harmonique entre ces rythmes de répétition et la structure de trame du système STIC.

FIGURE 71

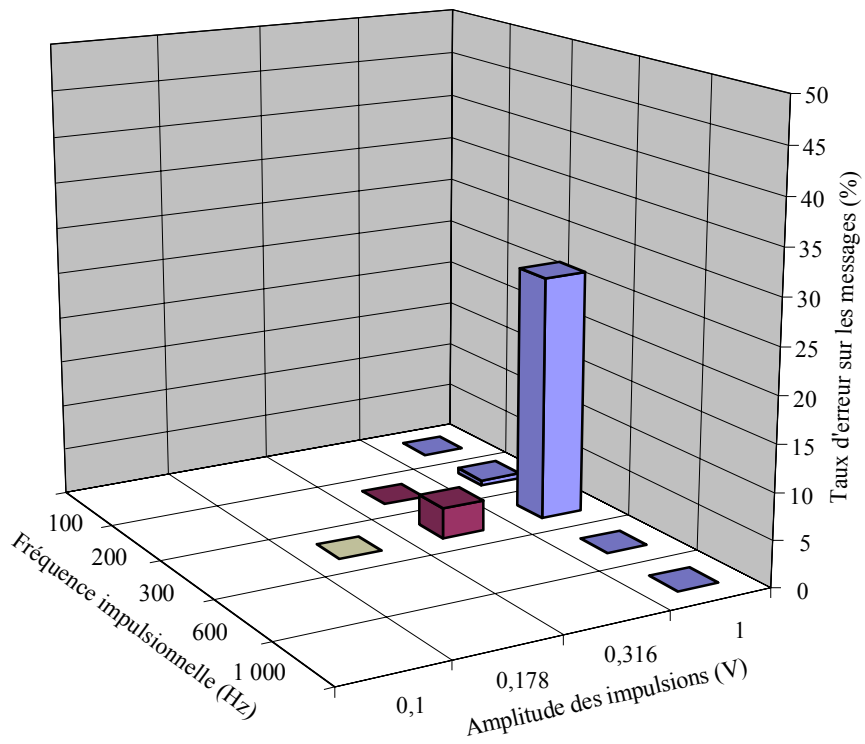
Performance de HSSC avec bruit impulsionnel - DARC



Longueur de message : 220 octets
Voie son principale modulée par bruit rose écrêté

1194-71

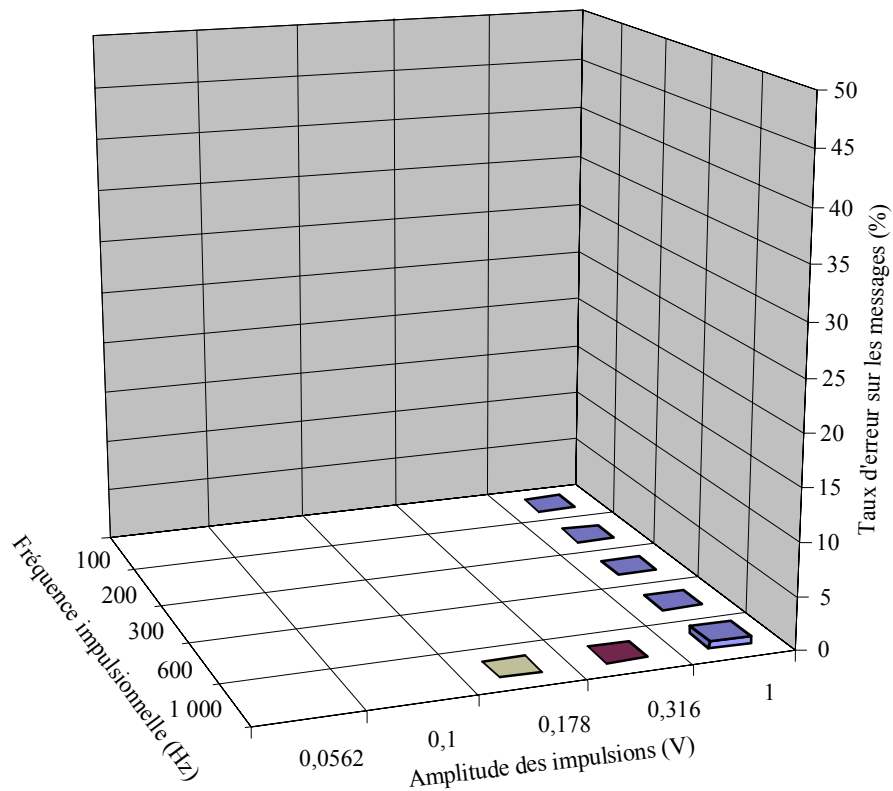
FIGURE 72
Performance de HSSC avec bruit impulsionnel - STIC



Longueur de message : 220 octets
 Voie son principale modulée par bruit rose écrêté

FIGURE 73

Performance de HSSC avec bruit impulsionnel - HSDS



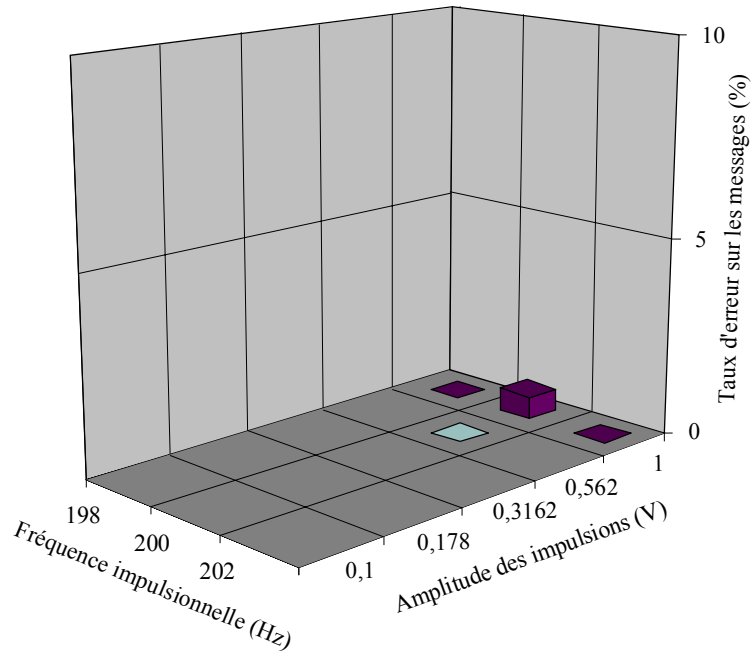
Longueur de message : 220 octets
 Voie son principale modulée par bruit rose écrêté

1194-73

Pendant les tests de performance en présence de bruit impulsionnel, on a noté que les rythmes de répétition des impulsions de bruit choisis pour les tests étaient des multiples entiers de la fréquence de trame du système STIC. Pour étudier ce point plus en détail, d'autres tests ont été réalisés à des rythmes de répétition du bruit impulsionnel légèrement décalés par rapport à 200 Hz et 300 Hz. Les résultats de ces tests complémentaires sont présentés à la Figure 74 pour les rythmes de répétition des fréquences impulsionnelles proches de 200 Hz et à la Figure 75 pour les rythmes proches de 300 Hz. On notera l'échelle verticale différente de la Figure 74. En particulier, des données supplémentaires ont été recueillies en utilisant le système STIC à 198 Hz, 202 Hz, 297 Hz et 303 Hz et, dans ces cas, aucune erreur sur les messages n'a été observée.

FIGURE 74

Performance de HSSC avec bruit impulsionnel - STIC proche de 200 Hz

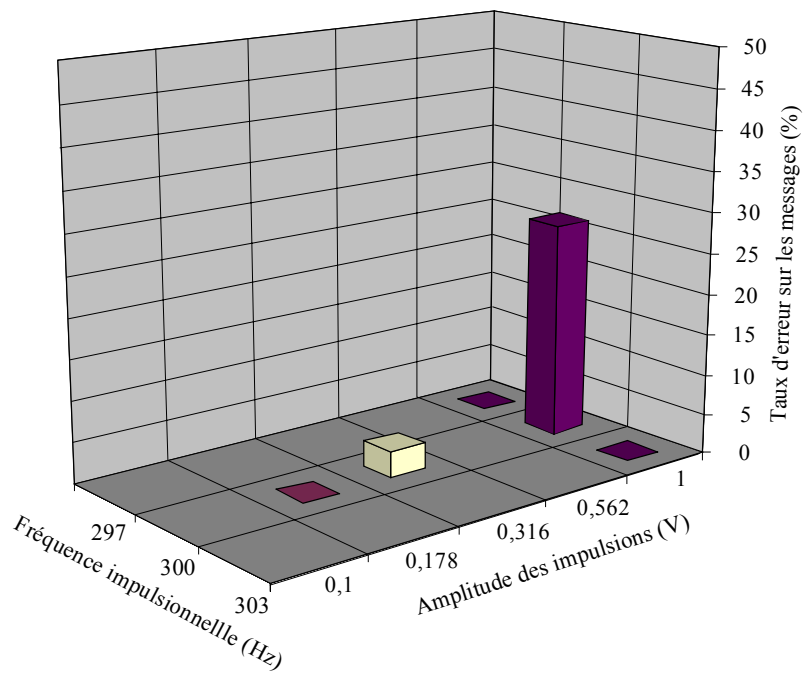


Longueur de message : 220 octets
 Voie son principale modulée par bruit rose écrêté

1194-74

FIGURE 75

Performance de HSSC avec bruit impulsionnel - STIC proche de 300 Hz



Longueur de message : 220 octets
 Voie son principale modulée par bruit rose écrêté

1194-75

5 Réacquisition de la synchronisation et des données

Ce test a mesuré le temps nécessaire pour que les systèmes récupèrent la synchronisation après une période de perte de signal. Il a été réalisé en augmentant le niveau de bruit jusqu'à ce que le TPP soit de 90% pour les paquets de 220 octets. Ceci constitue le point d'échec du système. Les conditions correspondantes ont été maintenues pendant 30 secondes. Le bruit a ensuite été réduit d'un nombre de décibels déterminé. Le temps nécessaire pour réaliser la synchronisation et recommencer à obtenir des données valables a été enregistré. Le test a été effectué cinq fois dans chaque condition de test. Les valeurs présentées dans le Tableau 16, ci-dessous, représentent la moyenne des cinq résultats. A noter que le système HSDS testé avait été modifié pour y inclure la double correction d'erreur et que c'est sur cette version modifiée de HSDS que la réacquisition a été testée.

TABLEAU 16

Temps de réacquisition (secondes)

Réduction du bruit au-dessous du point d'échec	DARC	STIC	HSDS
2 dB	2,5	19,0	25,8
4 dB	2,4	17,6	27,1
6 dB	2,0	18,4	26,1

A noter que les temps d'acquisition mesurés ici sont associés aux prototypes fournis pour le test. D'autres versions du système sont susceptibles de présenter des performances de temps d'acquisition différentes. Par exemple, le temps d'acquisition mesuré pour une version du système HSDS travaillant à la fréquence de sous-porteuse de 85,5 kHz a été d'environ 2,5 secondes lors d'une autre phase de test en laboratoire. Les temps d'acquisition réels peuvent être sensiblement inférieurs à ceux des résultats présentés dans le Tableau 16 et ils devraient coïncider avec la durée séparant les séquences de synchronisation. Quoiqu'il en soit, le temps nécessaire pour recevoir correctement des données valables est aussi lié à la durée de l'entrelacement éventuel.

6 Brouillage entre voies

Les tests de brouillage entre voies ont été réalisés de deux façons. Premièrement, une porteuse modulée par le système testé a été utilisée comme signal brouilleur. Des tests ont été effectués pour déterminer le rapport du signal utile au signal brouilleur (D/U) nécessaire pour amener le rapport signal/bruit (S/B) de la voie principale d'une autre porteuse (signal utile) à 45 dB. Ces résultats ont été comparés à une valeur de référence: le rapport D/U obtenu en utilisant un signal brouilleur avec des sous-porteuses analogiques de 67 kHz et de 92 kHz présentant chacune une excursion maximale de 7,5 kHz. Les différences entre les résultats obtenus avec le système testé et les valeurs de référence sont présentées dans les Tableaux 17 et 18 pour deux récepteurs différents. Le Tableau 17 concerne le récepteur mobile N° 1 et le Tableau 18 un récepteur de haute qualité. A noter que des valeurs différentielles petites sont souhaitables et qu'étant donné que toutes les valeurs différentielles sont très petites, les différences entre les systèmes proposés sont considérées comme tout à fait mineures.

TABLEAU 17

Performance de brouillage entre voies en utilisant le récepteur Mobile N° 1

	D/U entre voies pour S/B de 45 dB (dB)		
	DARC	STIC	HSDS
Valeur D/U de référence	25,84	25,81	25,1
Delta avec groupe de sous-porteuses A	0,0	0,0	0,0
Delta avec groupe de sous-porteuses B	0,0	0,0	0,0
Delta en utilisant le système proposé seulement	0,25	0,0	0,0

TABLEAU 18

**Performance de brouillage entre voies en utilisant le récepteur
de haute qualité**

	D/U entre voies pour S/B de 45 dB (dB)		
	DARC	STIC	HSDS
Valeur D/U de référence	30,84	30,81	29,6
Delta avec groupe de sous-porteuses A	0,0	0,0	0,0
Delta avec groupe de sous-porteuses B	0,0	0,0	0,0
Delta en utilisant le système proposé seulement	0,5	0,0	0,0

Le deuxième test de brouillage entre voies concerne l'effet d'une autre porteuse modulée brouilleuse sur le système testé. Pour ce type de test, le niveau de la porteuse brouilleuse a été augmenté jusqu'à l'apparition d'erreurs dans les messages. Les résultats sont présentés au Tableau 19. Les valeurs les plus faibles indiquent les meilleures performances.

TABLEAU 19

Valeurs D/U entre voies

DARC	STIC	HSDS
4,59 dB	7,06 dB	13,6 dB

7 Brouillage du signal analogique hôte par HSSC

Il est important que le système ne brouille pas le signal analogique hôte. Ce test a mesuré le niveau de brouillage du système sur le signal analogique hôte. Les tests ont été réalisés à un niveau RF de -50 dBm. Le rapport S/B en bande de base a fait l'objet d'une mesure psychométrique pondérée. Aucune autre sous-porteuse n'était présente sur la porteuse. Les résultats sont présentés dans le Tableau 20.

TABLEAU 20

Rapport signal/bruit de la voie principale (dB)

	Référence	DARC fixe	DARC variable	STIC	HSDS
Récepteur mobile N° 2 Radio	56,7	56,5	56,7	54,1	51,6
Réception résidentielle radio Pioneer	60,9	59,4	60,4	59,5	56,4

Des tests subjectifs ont aussi été effectués par deux évaluateurs expérimentés, dans les conditions de trajets multiples. Chaque système a été évalué sur la base de passages identiques de musique classique, de musique rock, de silence et de parole. Les résultats sont récapitulés dans le Tableau 21. Les notes possibles allaient de -3 (beaucoup plus mauvais) à $+3$ (nettement meilleur). Les notes «0» indiquent que le brouillage sonore a été jugé à peu près équivalent à celui de la référence (c'est-à-dire sans aucun des systèmes proposés). Une note «-1» indique que le signal sonore perçu était considéré comme légèrement plus mauvais. Les évaluations ont été réalisées après écoute de musique classique, de musique rock, de silence et de parole. Les mêmes passages ont été utilisés pour tous les systèmes et pour la référence.

TABLEAU 21

Evaluation subjective du brouillage en trajets multiples avec évanouissements

		DARC fixe	STIC	HSDS
Récepteur mobile N° 1 Radio Delco	Conditions urbaines lentes	0	0	0
	Conditions urbaines rapides	0	0	0
	Conditions rurales rapides	0	0	0
	Conditions urbaines avec obstacles	0	0	0
Récepteur mobile N° 2 Radio Ford	Conditions urbaines lentes	0	-1	-1
	Conditions urbaines rapides	0	-1	-1
	Conditions rurales rapides	0	-0,5	-1
	Conditions urbaines avec obstacles	0	0	0

8 Brouillage de RDS par HSSC

Le brouillage du signal RDS a aussi été testé. Cela a été fait à deux niveaux d'injection pour le signal RDS. Les résultats sont présentés dans le Tableau 22 pour deux niveaux de puissance RF. Pour ces tests, la voie principale était modulée par un bruit rose écrêté monophonique et il n'y avait pas de bruit ajouté au signal RF. Les niveaux de modulation du groupe A et du groupe B ont été utilisés pour les sous-porteuses.

TABLEAU 22

Taux d'erreur sur les blocs du système RDS (%)

Excursion RDS	Énergie RF	Référence	DARC	STIC	HSDS
2,25 kHz max	-75 dBm	5	7	6	6
	-65 dBm	5	5	4	6
7,50 kHz max	-75 dBm	2	2	2	2
	-65 dBm	1	1	1	2

9 Brouillage de la sous-porteuse analogique à 92 kHz par le système HSSC

Le brouillage de la sous-porteuse analogique à 92 kHz par les systèmes proposés a aussi été testé. Les résultats se trouvent dans le Tableau 23. A noter que le système DARC ne revendique pas la compatibilité avec les sous-porteuses à 92 kHz. Cependant, les résultats des tests avec cette combinaison sont indiqués ici pour donner une vue complète des choses. Les mesures de rapport signal/bruit ont été réalisées sur la base des mesure de la valeur efficace du signal son en bande de base sans pondération spectrale. Les niveaux de modulation du Groupe A ont été utilisés, si ce n'est que la sous-porteuse à 92 kHz avait une excursion de fréquence maximale de 5,25 kHz pour les trois systèmes, y compris le système DARC.

TABLEAU 23

Rapport S/B de la sous-porteuse analogique à 92 kHz (dB)

Puissance du signal RF	Référence	DARC	STIC	HSDS
-75 dBm	41,5	39,5	41,3	41,2
-65 dBm	49,0	43,1	48,7	48,7

10 Brouillage des voies adjacentes

Les effets des systèmes HSSC sur les signaux des voies adjacentes ont aussi été testés. Les valeurs du rapport D/U ont été mesurées pour différents décalages de fréquence, de manière à obtenir un rapport S/B de 45 dB pour le signal son de la voie principale. Les résultats sont présentés dans les Tableaux 24 et 25, respectivement pour le récepteur mobile N° 1 et pour un récepteur résidentiel. Les valeurs les plus faibles indiquent les meilleures performances. Les valeurs de référence concernent une porteuse brouilleuse utilisant une excursion de 7,5 kHz sur chacune des deux sous-porteuses analogiques à 67 et 92 kHz.

TABLEAU 24

**D/U requis (dB) pour un rapport S/B de 45 dB sur la voie principale:
Récepteur mobile N° 1 Radio**

Décalage de fréquence	Référence	DARC	STIC	HSDS
+400 kHz	-40	-40	-40	-40
+200 kHz	0	-1	-1	-1
-200 kHz	5	5	5	5
-400 kHz	-40	-40	-40	-40

TABLEAU 25

**D/U requis (dB) pour un rapport S/B de 45 dB sur la voie principale:
Récepteur résidentiel Radio**

Décalage de fréquence	Référence	DARC	STIC	HSDS
+400 kHz	-14	-14	-14	-14
+200 kHz	21	21	21	21
-200 kHz	32,5	32,5	32,5	32,5
-400 kHz	-13	-13	-14	-15

Les effets d'autres sous-porteuses sur la porteuse utile victime ont aussi été mesurés. Les valeurs de S/B pour ces sous-porteuses analogiques victimes sont présentées dans les Tableaux 26 et 27 pour le récepteur mobile N° 1 et pour un récepteur résidentiel. Les valeurs de S/B ont été mesurées aux valeurs de D/U indiquées respectivement dans les Tableaux 24 et 25. Les valeurs les plus grandes sont les meilleures, mais seulement pour des valeurs de D/U équivalentes.

TABLEAU 26

**Rapport S/B pour les variantes de sous-porteuses de la voie (dB):
Récepteur mobile N° 1 Radio**

Décalage de fréquence (kHz)	Sous-porteuse analogique	Référence	DARC	STIC	HSDS
+400	67 kHz	24	24	24	24
	92 kHz	10	7	8	9
+200	67 kHz	15	15	16	18
	92 kHz	24	25	25	26
-200	67 kHz	17	17	17	18
	92 kHz	33	34	34	34
-400	67 kHz	10	13	14	16
	92 kHz	7	6	6	7

TABLEAU 27

**Rapport S/B pour les variantes de sous-porteuses de la voie (dB):
Récepteur résidentiel Radio**

Décalage de fréquence (kHz)	Sous-porteuse analogique	Référence	DARC	STIC	HSDS
+400	67 kHz	37	37	37	37
	92 kHz	39	41	41	41
+200	67 kHz	34	34	34	35
	92 kHz	46	46	47	47
-200	67 kHz	36	36	36	36
	92 kHz	52	52	52	52
-400	67 kHz	37	37	37	37
	92 kHz	48	48	48	48