

RECOMMANDATION UIT-R M.1317

CONSIDÉRATIONS DE PARTAGE DE FRÉQUENCES ENTRE SYSTÈMES D'AUTRES SERVICES EXPLOITÉS DANS LES BANDES ATTRIBUÉES AUX SERVICES DE RADIONAVIGATION PAR SATELLITE ET DE RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE ET AU SYSTÈME MONDIAL DE NAVIGATION PAR SATELLITE (GLONASS-M)

(Questions UIT-R 201/8 et UIT-R 217/8)

(1997)

Résumé

Les caractéristiques techniques d'un récepteur type GLONASS-M et la description technique du système GLONASS-M sont exposées dans cette Recommandation. Ces indications doivent servir à l'évaluation du partage des fréquences avec d'autres services utilisant la même bande de fréquences que le GLONASS-M.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que le système mondial de navigation par satellite (GLONASS-M) fournit aux stations aériennes, terrestres et maritimes du monde entier des données de navigation tridimensionnelles précises;
- b) que les bandes 1 215-1 260 MHz et 1 559-1 610 MHz sont attribuées à titre primaire respectivement aux services de radiolocalisation et de radionavigation par satellite et aux services de radionavigation aéronautique et de radionavigation par satellite dans les trois Régions;
- c) que la bande 1 610-1 626,5 MHz est attribuée à titre primaire au service de radionavigation aéronautique et au service mobile par satellite (SMS) (liaison montante) dans les trois Régions;
- d) que de nombreuses administrations attribuent la bande 1 215-1 260 MHz à titre primaire aux services fixe, mobile et de radionavigation et la bande 1 559-1 610 MHz à titre primaire au service fixe, et enfin la bande 1 610-1 626,5 MHz à titre primaire au SMS;
- e) que toute station terrienne correctement équipée peut recevoir dans le monde entier des indications de navigation du système GLONASS-M;
- f) que le système GLONASS-M fournit un service de radionavigation par satellite conforme aux dispositions du numéro S4.10 du Règlement des radiocommunications (RR);
- g) les dispositions du numéro S5.364 du RR,

recommande

- 1** que les caractéristiques techniques et la description du système figurant aux Annexes 1 et 2 servent à l'évaluation du partage des fréquences entre les autres services et le système GLONASS-M, compte tenu des dispositions du numéro S5.364 du RR;
- 2** que ces caractéristiques applicables aux récepteurs GLONASS-M puissent servir de point de départ aux travaux visant à déterminer si certains environnements exigent une définition plus stricte des caractéristiques des récepteurs.

ANNEXE 1

Caractéristiques d'un récepteur GLONASS-M

(Récepteur type de faible coût)

Fréquences porteuses L1 et L2:	Voir le § 1.1 de l'Annexe 2
Débit d'éléments d'information, code P:	5,11 Mbit/s
Débit d'éléments d'information, code C/A (correction active):	0,511 Mbit/s
Débit de données de navigation:	50 bit/s
Taux d'erreurs non détectées:	1×10^{-5}
Niveau minimal de puissance à la réception (L1, P, C/A):	-161 dBW
Niveau minimal de puissance à la réception (L2, P, C/A):	-167 dBW
Seuil de protection de l'étage de préamplification:	-80 dBW
Niveau de claquage du préamplificateur:	-1 dBW, moyenne
Temps de rétablissement après surcharge:	1 s
Largeur de bande RF, filtre 3 dB:	± 20 MHz
Largeur de bande RF, filtre 30 dB:	± 45 MHz
Marge brouillage/signal (<i>I/S</i>) admissible (L1, C/A):	15 dB (pour acquisition)
Marge <i>I/S</i> admissible (L1, P):	25 dB (pour acquisition).

Les valeurs ci-dessus correspondent aux caractéristiques des récepteurs actuels. Certains environnements (par exemple, aéronautique ou maritime) peuvent exiger des caractéristiques plus strictes (par exemple, temps de rétablissement après surcharge, marge brouillage/porteuse admissible (*I/C*), etc.).

ANNEXE 2

Description technique et caractéristiques du système mondial de navigation par satellite (GLONASS-M)**1 Système GLONASS-M****1.1 Introduction**

Le système GLONASS-M est constitué de 24 satellites à espacement constant dans trois plans orbitaux, comptant chacun 8 satellites. L'inclinaison orbitale est de $64,8^\circ$. Chaque satellite émet des signaux de navigation dans les bandes de fréquences L1 (1,6 GHz) et L2 (1,2 GHz). Les satellites se distinguent par la fréquence porteuse utilisée; la même fréquence est utilisable par des satellites antipodaux situés dans le même plan. Les signaux de navigation sont modulés au moyen d'un flux binaire continu (qui contient des informations sur les données d'éphémérides et les données d'horloge du satellite), ainsi qu'un code pseudo-aléatoire pour des mesures de pseudo-distance. Un utilisateur recevant des signaux provenant d'au moins 4 satellites est en mesure de déterminer avec une bonne précision les trois coordonnées de sa position et les trois composantes de son vecteur de vitesse. Les repérages de navigation sont possibles à la surface de la Terre ou à basse altitude.

1.1.1 Besoins en fréquences

Les fréquences d'exploitation requises du système GLONASS-M dépendent de la transparence de l'ionosphère, des bilans de liaison radioélectrique, de la simplicité des antennes d'utilisateur, de la technique de suppression de la propagation par trajets multiples utilisée, du coût des équipements et enfin des dispositions du RR. Les signaux sont composés, une porteuse étant modulée avec un code C/A et une autre porteuse avec un code P, avec un décalage de phase relatif de 90°. Les fréquences porteuses varient d'un multiple entier de 0,5625 MHz dans la bande L1 et de 0,4375 MHz dans la bande L2. Pour chaque satellite, le rapport des fréquences d'émission dans les bandes L1 et L2 est de 9/7.

Le plan de fréquences du système GLONASS-M comprend trois phases d'évolution. Avant 1998, 25 fréquences porteuses distinctes seront utilisées dans les bandes L1 et L2. La gamme de fréquences des porteuses est donnée ci-après. Dans la bande L1, le système utilisera les fréquences porteuses comprises entre 1 602,00 MHz (valeur inférieure) et 1 615,50 MHz (valeur supérieure), tandis que dans la bande L2, il faudra exploiter les fréquences porteuses comprises entre 1 246,00 MHz (valeur inférieure) et 1 256,50 MHz (valeur supérieure). Toutefois, les fréquences de la bande 1 610,6-1 613,8 MHz ne seront pas utilisées.

Pendant la seconde phase (1998-2005), 21 fréquences porteuses seront mises en service dans les bandes L1 et L2. Dans la bande L1, le système exploitera les fréquences porteuses comprises entre 1 598,0625 MHz (valeur inférieure) et 1 609,3125 MHz (valeur supérieure) et dans la bande L2 les fréquences comprises entre 1 242,9375 MHz (valeur inférieure) et 1 251,6875 MHz (valeur supérieure). Les fréquences porteuses les plus élevées, soit 1 609,3125 MHz et 1 251,6875 MHz ne seront utilisées que dans des circonstances exceptionnelles.

Après 2005, le système GLONASS-M utilisera 14 fréquences porteuses. Les deux fréquences les plus élevées des bandes L1 et L2 ne seront utilisées que comme canaux techniques (lancements et essais). En conséquence, le système GLONASS-M, dans la bande L1, utilisera les fréquences porteuses comprises entre 1 598,0625 MHz (valeur inférieure) et 1 605,3750 MHz (valeur supérieure), tandis que, dans la bande L2, ce seront les fréquences porteuses comprises entre 1 242,9375 MHz (valeur inférieure) et 1 248,6250 MHz (valeur supérieure) qui seront exploitées. Toutefois, les fréquences porteuses 1 604,8125 MHz et 1 605,375 MHz dans la bande L1 et 1 248,1875 MHz et 1 248,6250 MHz dans la bande L2 seront utilisées comme canaux techniques lorsque les satellites survoleront la Fédération de Russie.

Le système GLONASS-M sera donc un service de navigation mondial. La sécurité de la navigation associée à un tel service étant impérative, il est évidemment d'autant plus important que les autres services de radiocommunication n'occasionnent aucun brouillage préjudiciable aux récepteurs de ce système.

1.2 Présentation générale du système

Le système GLONASS-M permettra de disposer en permanence de signaux de navigation par tous temps, et de signaux horaires en tout point de la surface de la Terre ou situé à basse altitude.

Le système repose sur le principe de la triangulation passive. Les équipements d'utilisateur du système GLONASS-M mesurent les pseudo-distances et les pseudo-vitesses radiales relatives de 4 satellites tout en recevant des informations sur l'éphéméride et les paramètres d'horloge de ces satellites. Avec ces données, le système calcule les coordonnées du lieu où se situe l'utilisateur ainsi que les trois composantes de vecteur de vitesse tout en apportant éventuellement les modifications nécessaires à l'horloge et à la fréquence de l'utilisateur. Le système GLONASS-M repose sur un système de coordonnées PE-90.

Le système GLONASS-M offre deux niveaux de précision des données de navigation, à savoir la précision normale et la haute précision. Le niveau de précision normale utilise les signaux C/A, le niveau de haute précision utilise les signaux P.

1.3 Description du système

Le système GLONASS-M comporte trois sections principales, à savoir la section spatiale, la section de commande et la section d'utilisateur.

1.3.1 Section spatiale

Le système GLONASS-M comprend donc 24 satellites répartis en trois plans orbitaux de 8 satellites. Les plans sont espacés de 120° par rapport à l'équateur, les orbites étant inclinées de 64,8°. Par ailleurs, les satellites présentent un espacement constant de 45° dans un même plan. La période de rotation est de 11 h 15 min. L'altitude d'une orbite est de 19 100 km.

Chaque satellite est doté des équipements principaux suivants:

- une horloge atomique pour les signaux de fréquence et les signaux horaires,
- un processeur de calcul et de mise en mémoire des données de navigation,
- un système de signalisation pseudo-aléatoire,
- des émetteurs pour les bandes L1 et L2, et
- des antennes d'émission pour les bandes L1 et L2.

1.3.2 Section de commande

La section de commande comprend un centre de gestion du système et un réseau de stations de surveillance et ces éléments sont situés sur le territoire de la Fédération de Russie.

Les stations de surveillance mesurent les paramètres orbitaux des satellites et les variations d'horloge par rapport à l'horloge principale du système. Ces données sont communiquées au centre de commande qui calcule les éphémérides et les paramètres de correction d'horloge, puis actualise les messages envoyés quotidiennement aux satellites par l'intermédiaire des stations de surveillance.

1.3.3 Section d'utilisateur

La section d'utilisateur couvre en fait un grand nombre de stations de différents types. Une station d'utilisateur comprend une antenne, un récepteur, un processeur et un dispositif d'entrée/sortie. Cet équipement peut être combiné à d'autres systèmes de navigation pour accroître la précision et la fiabilité des données, et une telle combinaison peut d'ailleurs être particulièrement utile pour les plates-formes très dynamiques.

1.4 Structure du signal de navigation

La structure du signal C/A est la même dans les deux bandes L1 et L2. Il s'agit d'une séquence pseudo-aléatoire ajoutée modulo-2 à un flux binaire numérique continu transmis à 50 bit/s. La séquence pseudo-aléatoire a un débit d'éléments de 0,511 MHz et une période de 1 ms.

Dans la bande L1, le signal P est également une séquence pseudo-aléatoire (mais avec un débit d'éléments de 5,11 MHz) ajoutée modulo-2 à un flux de données continu. Le signal P dans la bande L2 diffère du signal P dans la bande L1 en ce sens qu'il ne véhicule pas de données numériques.

Les données numériques comprennent les informations d'éphémérides des satellites, les données d'horloge et d'autres informations utiles.

Tous les signaux de navigation dans les bandes L1 et L2 font intervenir une modulation de porteuse biphasee (0° ou 180°).

1.5 Puissance et spectre du signal

Les satellites du système GLONASS-M utilisent des antennes à faisceau modelé, dont le rayonnement est quasi uniforme. Les signaux émis présentent une polarisation dextrogyre elliptique, avec un facteur d'ellipticité d'au moins 0,7 pour les bandes L1 et L2. Selon spécification, la puissance minimale garantie d'un signal à l'entrée d'un récepteur (avec une antenne présentant un gain de 0 dBic par hypothèse) est de -161 dBW (-131 dBm) aussi bien pour les signaux C/A que pour les signaux P dans la bande L1 et de -167 dBW (-137 dBm) pour les deux types de signaux dans la bande L2.

L'enveloppe de puissance spectrale du signal de navigation est décrite par la fonction $(\sin x/x)^2$,

avec:

$$x = \pi(f - f_c)/f_t$$

où:

f : fréquence considérée

f_c : fréquence porteuse du signal

$f_t = 5,11$ MHz pour les signaux à codage P ou

$0,511$ MHz pour les signaux à codage C/A.

Le lobe principal constitue le spectre opérationnel du signal, qui occupe une largeur de bande égale à $2f_t$. La largeur des lobes est égale à f_t . Les premier et deuxième lobes sont respectivement à 13 et 18 dB au-dessous du niveau maximal du lobe principal.

2 Caractéristiques des récepteurs

Un équipement d'utilisateur se compose d'une antenne, d'un récepteur, d'un processeur et d'un système d'entrée/sortie. L'antenne présente une zone de vision de $\pm 85^\circ$ à partir de la verticale du lieu (angle d'élévation de 5°) ce qui permet de recevoir les signaux d'un grand nombre de satellites visibles. Toutefois, étant omnidirectionnelle, l'antenne n'a qu'une capacité de discrimination spatiale limitée en matière de brouillages.

La partie radiofréquence du récepteur se compose en général d'un filtre passe-bande, d'un préamplificateur et d'un convertisseur-abaisseur à plusieurs étages. Le filtre passe-bande assure le rejet des signaux hors bande. Le préamplificateur comporte un limiteur à diode permettant de protéger le récepteur des dégâts que pourrait occasionner un signal brouilleur de forte puissance.

La partie numérique du récepteur et le processeur assurent l'égalisation du signal, le verrouillage du code de pseudo-bruit, le verrouillage de phase de la porteuse, la démodulation des données numériques et les repères de temps. La largeur de bande du récepteur, à l'entrée, est de ± 20 MHz (à -3 dB) et de ± 45 MHz (à -30 dB), la température de bruit étant de 300 K (valeur la plus courante).

3 Seuils de brouillage

Dans le système GLONASS-M, les récepteurs sont sensibles à deux formes de brouillage:

- Les brouillages impulsionnels de haut niveau peuvent détruire l'étage de préamplification, et c'est pour cette raison que le préamplificateur est doté d'un système de limitation à diode assurant une protection jusqu'à un niveau maximal de brouillage de 0,8 à 1 W (de -1 à 0 dBW).
- Les brouillages continus occasionnent une augmentation de la température de bruit du récepteur, et l'on spécifie à cet égard une valeur admissible de rapport brouillage/signal (acquisition) de +15 dB pour le signal C/A et de +25 dB pour le signal à codage P dans la bande L1.

C'est en mode acquisition que le récepteur est le plus vulnérable aux brouillages extérieurs.

Les critères définis ci-dessus s'appliquent à des diagrammes d'antenne et à des situations réelles: signal utile reçu à la valeur minimale de sensibilité d'antenne et signal brouilleur reçu à la valeur maximale de sensibilité d'antenne.
