

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R SA.2141-0

(12/2021)

**Caractéristiques des systèmes du service de
recherche spatiale dans la gamme de
fréquences 14,8-15,35 GHz**

Série SA

Applications spatiales et météorologie



Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en œuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Également disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Émissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	Vocabulaire et sujets associés

Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2022

© UIT 2022

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R SA.2141-0

**Caractéristiques des systèmes du service de recherche spatiale
dans la gamme de fréquences 14,8-15,35 GHz**

(2021)

Domaine d'application

La présente Recommandation fournit les caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes du service de recherche spatiale dans la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz. Ces caractéristiques doivent être prises en considération dans les études de partage et de compatibilité.

Mots clés

Caractéristiques des systèmes, service de recherche spatiale, espace vers Terre, Terre vers espace, espace-espace, liaison de connexion aller, satellites relais de données (SRD)

Recommandations et Rapports UIT-R pertinents

Recommandation UIT-R SA.364-6 – Fréquences et largeurs de bande préférées pour les satellites habités ou non du service de recherche spatiale, proches de la Terre

Recommandation UIT-R SA.510-3 – Possibilité de partage des fréquences entre le service de recherche spatiale et d'autres services dans les bandes au voisinage de 14 et 15 GHz – Brouillage potentiel causé par les systèmes à satellites relais de données

Recommandation UIT-R SA.609-2 – Critères de protection pour les liaisons de radiocommunication avec les satellites de recherche habités ou non, proches de la Terre

Recommandation UIT-R SA.1018-1 – Système fictif de référence pour des systèmes comprenant des satellites relais de données en orbite géostationnaire et des engins spatiaux en orbites terrestres basses

Recommandation UIT-R SA.1019-1 – Réseaux/systèmes à satellites relais de données: bandes de fréquences et sens de transmission

Recommandation UIT-R SA.1155-2 – Critères de protection relatifs à l'exploitation des systèmes à satellites relais de données

Recommandation UIT-R SA.1414-2 – Caractéristiques des systèmes à satellites relais de données

Recommandation UIT-R SA.1626-1 – Faisabilité du partage des fréquences entre le service de recherche spatiale (espace vers Terre) et les services fixe et mobile dans la bande 14,8-15,35 GHz

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz est attribuée à titre primaire aux services fixe et mobile et à titre secondaire au service de recherche spatiale, sans précision quant au sens de transmission;

b) que, conformément au numéro **5.339** du Règlement des radiocommunications (RR), la bande de fréquences 15,20-15,35 GHz est attribuée à titre secondaire au service de recherche spatiale (passive) et au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (passive);

c) que, conformément aux numéros **5.340** et **5.511** du RR, la bande de fréquences 15,35-15,4 GHz est attribuée à titre primaire au service de recherche spatiale (passive), au SETS (passive) et au service de radioastronomie;

d) que les systèmes à satellites relais de données exploités par plusieurs administrations utilisent la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz tant pour les liaisons d'utilisateur interorbitales (espace-espace) que pour les liaisons montantes de connexion (Terre vers espace);

e) que le service de recherche spatiale à large bande a besoin de liaisons descendantes pour la transmission future de données scientifiques à haut débit;

f) que le point 1.13 de l'ordre du jour de la CMR-23 propose d'envisager de relever du statut secondaire au statut primaire l'attribution de cette bande au service de recherche spatiale,

reconnaissant

a) que la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz est actuellement utilisée par des satellites relais de données pour des liaisons inter-satellites, qui permettent d'établir des communications avec des satellites sur des orbites de satellites non géostationnaires (non OSG), y compris avec des vols habités du service de recherche spatiale;

b) que la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz est, de plus, utilisée par les liaisons de données à haut débit existantes assurées à partir de satellites non OSG du service de recherche spatiale, et qu'il est prévu de l'utiliser dans des systèmes futurs;

c) que ces satellites sont nécessaires pour l'exploitation de télescopes et d'autres instruments passifs utilisés pour mesurer des phénomènes tels que la magnétosphère terrestre ou les éruptions solaires,

recommande

de tenir compte, dans les études de partage et de compatibilité, des caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes du service de recherche spatiale dans la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz, indiquées dans l'Annexe 1.

Annexe 1

Caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes du service de recherche spatiale dans la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz

1 Introduction

Les systèmes du service de recherche spatiale utilisent la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz pour les applications suivantes:

- liaisons descendantes directes de données des missions du service de recherche spatiale (utilisant différents types d'orbites) vers des stations terriennes situées dans le monde entier;
- liaisons montantes de connexion Terre vers espace de stations terriennes de systèmes à satellites relais de données (SRD) vers des satellites OSG de systèmes de relais de données;
- liaisons interorbitales espace-espace d'engins spatiaux vers des satellites relais de données OSG.

Les caractéristiques de chacune de ces applications sont indiquées ci-après.

2 Caractéristiques des liaisons descendantes directes de données du service de recherche spatiale dans la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz

Le nombre de missions du service de recherche spatiale utilisant des liaisons descendantes directes de données dans cette bande de fréquences devrait être limité, avec un nombre estimé de satellites allant de trois à cinq par an au niveau mondial. Ces satellites seront en général déployés en orbite terrestre basse, avec une inclinaison polaire ou équatoriale, certains étant en orbite géostationnaire et d'autres en orbite HEO ou aux points de libration L1 ou L2, ainsi qu'en orbite lunaire ou à la surface de la Lune. Pour la plupart de ces types d'orbites utilisés pour des missions du service de recherche spatiale, les caractéristiques des satellites du service de recherche spatiale émettant des liaisons descendantes directes de données sont indiquées dans les bilans de liaison figurant dans le Tableau 1. En ce qui concerne les engins spatiaux du service de recherche spatiale en orbite lunaire ou à la surface de la Lune, les paramètres servant à établir les bilans de liaison dépendront des besoins opérationnels et des techniques de modulation et de codage évoluées disponibles; cependant, la puissance surfacique à la surface de la Terre ne dépassera pas les niveaux spécifiés dans la Recommandation UIT-R SA.1626.

Dans la plupart des cas, il a été supposé que les liaisons pouvaient transmettre des données à un débit de 400 Mbit/s dans le sens espace vers Terre, alors que certaines liaisons peuvent transmettre jusqu'à 1,2 Gbit/s. Le niveau de densité spectrale de p.i.r.e. a été réglé de telle sorte que les limites de puissance surfacique indiquées dans la Recommandation UIT-R SA.1626 soient respectées pour tous les angles d'élévation. Il a été supposé que le diagramme de rayonnement de l'antenne de réception de la station terrienne du service de recherche spatiale était conforme à celui de la Recommandation UIT-R SA.509. La faisabilité de l'utilisation en partage a été évaluée sur la base des critères de protection donnés dans la Recommandation UIT-R SA.609.

TABLEAU 1

Bilans de liaison pour des liaisons descendantes directes de données à haut débit de missions du service de recherche spatiale: exemple

Cas	Non OSG, 800 km d'altitude, élévation de l'antenne de la station terrienne: 5°	Non OSG, 800 km d'altitude, élévation de l'antenne de la station terrienne: 10°	Non OSG, 800 km d'altitude, élévation de l'antenne de la station terrienne: 90°	OSG, élévation: 10°	HEO	HEO	L1/L2	L1/L2	
Fréquence (GHz)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15; 15,2	
Longueur d'onde (m)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020		
Polarisation	RHCP ou LHCP								
Apogée du satellite (km)	800	800	800	35 785	300 000	300 000	1 500 000	1 500 000	
Périgée du satellite (km)	800	800	800	35 785	500	500	1 500 000	1 500 000	
Débit de données (Mbit/s)	400	400	400	400	400	320	100	600 par canal	
Méthode de modulation	MDP-4 sans codage							MDP-4 sans codage	MDP-8
Puissance d'émission de l'engin spatial (dBW)	5	5	5	13	13	11,8	13	23	
Filtre d'émission de l'engin spatial, affaiblissement dans le câble (dBW)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
Diamètre de l'antenne d'émission de l'engin spatial (m)	0,38	0,38	0,38	0,86	1,5	1,5	1,5	2,3	
Efficacité de l'antenne d'émission de l'engin spatial	0,55	0,55	0,55	0,55	0,6	0,6	0,6	0,6	
Gain de l'antenne d'émission de l'engin spatial (dBi)	32,9	32,9	32,9	40,0	45,2	45	45,2	49	
P.i.r.e. d'émission de l'engin spatial (dBW)	37,4	37,4	37,4	52,5	57,7	55,8	57,7	71,5	
Densité de p.i.r.e. de crête de l'engin spatial (dBW/MHz)	14,4	14,4	14,4	29,5	34,7	35,8	40,7	48,5	

TABLEAU 1 (*fin*)

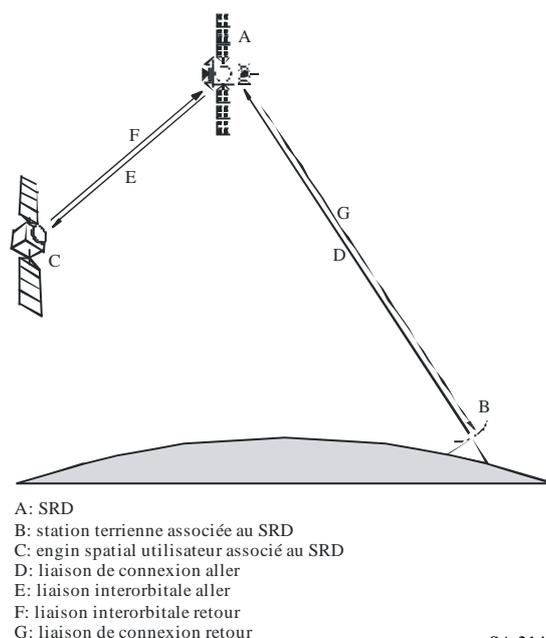
Cas	Non OSG, 800 km d'altitude, élévation de l'antenne de la station terrienne: 5°	Non OSG, 800 km d'altitude, élévation de l'antenne de la station terrienne: 10°	Non OSG, 800 km d'altitude, élévation de l'antenne de la station terrienne: 90°	OSG, élévation: 10°	HEO	HEO	L1/L2	L1/L2
Rapport Eb/No au niveau du récepteur (dB)	13,9	15,3	24,7	15,6	14,5	17,7	12,5	18,5
Valeur théorique du rapport Eb/No (TEB de 1E-6) (dB)	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	15
Eb/No requis (TEB de 1E-6) (dB)	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	16
Marge du rapport Eb/No (dB)	2,4	3,8	13,2	4,1	3,0	6,2	1,0	2,5

Note: Dans le cas d'un engin spatial du service de recherche spatiale en orbite elliptique fortement inclinée, la marge de puissance surfacique est calculée pour une altitude d'émission minimale estimée à 20 000 km et la marge de liaison est calculée pour une portée maximale de 300 000 km.

3 Systèmes à satellites relais de données

Comme indiqué dans la Figure 1 ci-après, un réseau à SRD comprend plusieurs satellites OSG utilisés pour retransmettre des signaux entre des stations terriennes situées dans une zone centrale et des satellites utilisateurs en orbite terrestre basse. Dans certains réseaux à SRD existants, le segment de bande de fréquences 14,8-15,35 GHz est utilisé à la fois pour la «liaison de connexion aller» (de la station terrienne associée au SRD vers le satellite relais de données OSG), appelée liaison D dans la Fig. 1, et pour la «liaison interorbitale retour» du SRD (du satellite utilisateur au satellite relais de données OSG), appelée liaison F dans la Fig. 1.

FIGURE 1
Architecture d'un réseau à SRD (Recommandation UIT-R SA.1626)



3.1 Caractéristiques des liaisons de connexion aller des satellites relais de données du service de recherche spatiale

Les caractéristiques des liaisons de connexion aller des satellites relais de données (la liaison D dans la Fig. 1) fonctionnant dans la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz sont indiquées dans le Tableau 2 ci-après.

TABLEAU 2

Caractéristiques des liaisons de connexion aller dans la bande Ku dans le sens Terre vers SRD

Station terrienne d'émission		
Réseau	Fédération de Russie	États-Unis d'Amérique
Localisation	Fédération de Russie ⁽¹⁾	États-Unis d'Amérique ⁽¹⁾
Gamme de fréquences (GHz)	14,5-15,34 réglable	14,6-15,25 réglable
Description des liaisons	Liaisons de connexion aller ⁽³⁾	Liaison composite ⁽²⁾
Débit de transmission	≤ 105 Mbit/s	≤ 25 Mbit/s
Modulation	MDP-4/SSM ⁽⁴⁾ , MDP-4	MDP
Polarisation	Circulaire lévogyre	Rectiligne
Taille de l'antenne (m)	13,1; 3,7; 3,0; 0,9	18,3
Gain de l'antenne d'émission (dBi)	63,3; 50,8; 49,8; 40,5	66,4
Diagramme de rayonnement de l'antenne d'émission	Rec. UIT-R S.580	Annexe III, Appendice 8 du RR
Largeur de bande requise (MHz)	≤ 80 par canal	650 (liaison composite)
Densité spectrale de puissance maximale (dB(W/Hz))	-47	-58
Densité spectrale de p.i.r.e. maximale (dB(W/Hz))	10,5	8,8
SRD récepteur		
Positions orbitales	Rec. UIT-R SA.1275 ou Rec. UIT-R SA.1276 et 31° E (pour l'Europe)	
Taille de l'antenne (m)	0,6	1,8
Gain de l'antenne de réception (dBi)	36	47,0
Diagramme de rayonnement de l'antenne de réception	Rec. UIT-R S.672	Rec. UIT-R S.672
Température de bruit du système (K)	550	977
Disponibilité des liaisons (%)	99,9	99,9
Critère de brouillage	Rec. UIT-R SA.1155	

Notes relatives au Tableau 2:

- (1) Les stations terriennes du réseau de la Fédération de Russie sont situées sur le territoire de la Fédération de Russie. Les stations terriennes du réseau des États-Unis d'Amérique sont situées à White Sands (Nouveau-Mexique), Blossom Point (Maryland) et Guam. Les coordonnées des stations sont 32,5° N et 106,60° W pour White Sands, 38,43° N, 77,08° W pour Blossom Point et 13,62° N, 144,86° E pour Guam.
- (2) La liaison composite pour le réseau des États-Unis d'Amérique est composée d'une seule liaison d'accès dans la bande Ku (14/11 GHz).
- (3) Le satellite SRD de la Fédération de Russie utilise plusieurs canaux de liaison de connexion aller indépendants dans la bande Ku, des liaisons à accès unique en bande Ku (Ku-SA) et des liaisons du système de contrôle et de correction différentielle qui sont augmentées pour le système GLONASS (GLONASS/SDCM).
- (4) SSM: modulation avec étalement du spectre (*spread spectrum modulation*)

3.2 Caractéristiques des liaisons interorbitales retour des systèmes à satellites relais de données du service de recherche spatiale

Les caractéristiques des liaisons interorbitales retour des satellites relais de données (la liaison F dans la Fig. 1) fonctionnant dans la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz sont indiquées dans le Tableau 3 ci-après.

TABLEAU 3
Caractéristiques des liaisons retour dans le sens engin spatial vers SRD

Engin spatial émetteur		
Réseau	Fédération de Russie	États-Unis d'Amérique
Positions orbitales	Principalement des orbites terrestres basses	
Gamme de fréquences (GHz)	14,76-15,34	14,891-15,116
Description des liaisons	Liaisons à accès unique (Ku-SA)	
Débit de transmission	≤ 105 Mbit/s	≤ 300 Mbit/s
Modulation	MDP-8, MDP-4	MDP
Polarisation	Circulaire dextrogyre	Circulaire
Taille de l'antenne (m)	≤ 1,2	≤ 1,5
Gain de l'antenne d'émission (dBi)	≤ 42,2	≤ 43
Diagramme de rayonnement de l'antenne d'émission	Rec. UIT-R S.672	
Largeur de bande requise (MHz)	≤ 80 par canal	≤ 225
Densité spectrale de puissance maximale (dB(W/Hz))	-71,5	-73,5
Densité spectrale de p.i.r.e. maximale (dB(W/Hz))	-29,3	-30,5
SRD récepteur		
Réseau	Fédération de Russie	États-Unis d'Amérique
Positions orbitales	Rec. UIT-R SA.1275 ou Rec. UIT-R SA.1276	
Gamme de fréquences (GHz)	14,76-15,34	14,891-15,116
Taille de l'antenne (m)	4	4,9
Gain de l'antenne de réception (dBi)	52,6	52,6
Diagramme de rayonnement de l'antenne de réception	Rec. UIT-R S.672	
Température de bruit du système (K)	550	661
Fiabilité des liaisons (%)	99,9	99,9
Critère de brouillage	Rec. UIT-R SA.1155	