

Recommandation UIT-R RS.2066-1

(03/2024)

Série RS: Systèmes de télédétection

Protection du service de radioastronomie dans la bande de fréquences 10,6-10,7 GHz contre les rayonnements non désirés des radars à synthèse d'ouverture fonctionnant dans le service d'exploration de la Terre par satellite (active) au voisinage de 9 600 MHz

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: <https://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, 2024

© UIT 2024

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 RS.2066-1

**Protection du service de radioastronomie dans la bande de fréquences
10,6-10,7 GHz contre les rayonnements non désirés des radars
à synthèse d'ouverture fonctionnant dans le service
d'exploration de la Terre par satellite
(active) au voisinage de 9 600 MHz**

(2014-2024)

Domaine d'application

Cette Recommandation décrit une procédure opérationnelle pour éviter les couplages faisceau principal-faisceau principal entre les systèmes SAR-4 du service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (active) lorsqu'ils émettent au voisinage de 9 600 MHz et les stations du service de radioastronomie (SRA) effectuant des observations dans la bande 10,6-10,7 GHz afin d'éviter toute détérioration des amplificateurs à faible bruit sensibles du SRA.

Mots clés

SETS (active), SRA, atténuation

Abréviations/glossaire

SAR Radar à synthèse d'ouverture (*synthetic aperture radar*)

Recommandations/Rapports de l'UIT connexes

Recommandation UIT-R RS.2043 – Caractéristiques des radars à ouverture synthétique fonctionnant dans le service d'exploration de la Terre par satellite (active) au voisinage de 9 600 MHz

Rapport UIT-R RA.2188 – Niveaux de puissance surfacique et de p.i.r.e. potentiellement préjudiciables pour les récepteurs de radioastronomie

Rapport UIT-R RS.2274 – Besoins de spectre pour les applications des radars spatioportés à synthèse d'ouverture que l'on envisage d'exploiter dans une attribution élargie au service d'exploration de la Terre par satellite au voisinage de 9 600 MHz

Rapport UIT-R RS.2308 – Compatibilité radiofréquence entre les rayonnements non désirés des radars à synthèse d'ouverture du SETS fonctionnant à 9 GHz et le service d'exploration de la Terre par satellite (passive), le service de recherche spatiale (passive), le service de recherche spatiale et le service de radioastronomie fonctionnant respectivement dans les bandes de fréquences 8 400-8 500 MHz et 10,6–10,7 GHz

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la bande de fréquences 9 300-9 800 MHz est attribuée au SETS (active) à titre primaire;
- b) que la bande de fréquences 9 800-9 900 MHz est attribuée au SETS (active) à titre secondaire;
- c) que la bande de fréquences 10,6-10,7 GHz est attribuée au SRA à titre primaire;
- d) que les systèmes du SETS (active) exploitant des radars actifs au voisinage de 9 600 MHz utilisent des impulsions modulées en fréquence de forte puissance dans le sens espace vers Terre;
- e) que les stations de radioastronomie fonctionnant dans la bande de fréquences 10,6-10,7 GHz utilisent des amplificateurs à faible bruit extrêmement sensibles;

f) que le Rapport UIT-R RA.2188 définit les niveaux de puissance surfacique et de p.i.r.e. potentiellement préjudiciables pour les amplificateurs à faible bruit/étages d'entrée des systèmes du SRA;

g) que le niveau de brouillages préjudiciables causé aux stations du SRA par les émissions des systèmes du SETS (active) peut, dans les cas rares de couplage de faisceau principal à faisceau principal, atteindre ou dépasser les niveaux critiques indiqués dans le Rapport UIT R RA.2188,

recommande

1 que, pour assurer la compatibilité entre les radars SAR du SETS et les stations du SRA, les systèmes SAR du SETS fonctionnant au voisinage de 9 600 MHz évitent, dans toute la mesure possible, d'illuminer la zone autour d'une station de radioastronomie. La taille de cette zone est définie dans l'Annexe 1. L'Annexe 2 contient la liste des stations du SRA pouvant fonctionner dans la bande de fréquences 10,6-10,7 GHz et effectuer des observations pendant les moments où la zone est illuminée;

2 que, si les conditions visées au point 1 du *recommande* ne sont pas respectées, l'opérateur du système SAR du SETS prenne contact avec l'opérateur de la station de radioastronomie concernée au moins sept jours calendaires avant toute opération de routine d'un système SAR du SETS et au moins 24 heures avant pour l'acquisition d'images SAR du SETS dans des situations d'urgence uniquement, par exemple dans le cadre de la gestion des catastrophes, afin d'assurer la coordination et, le cas échéant, de décider d'appliquer des mesures d'atténuation des brouillages ou d'autres mesures préventives.

Annexe 1

Détermination de la zone de protection autour des stations du SRA

Le contour du faisceau de l'émission qui correspond à la marge résultant de l'application du Rapport UIT-R RA.2188 définit la zone de détérioration dans le cas d'un couplage entre les axes de visée des deux faisceaux d'antenne. Ce contour a la forme d'une ellipse dont le grand axe ($\delta\theta_h$) et le petit axe ($\delta\theta_v$) sont situés respectivement dans la direction horizontale et la direction verticale du faisceau; cette ellipse définit la zone où le niveau de puissance reçu par la station du SRA dépasserait -18 dBW. La projection sur la surface de la Terre donne les dimensions d'une zone étendue de $\pm\delta h$ dans la direction horizontale et de $\pm\delta v$ dans la direction verticale, autour de la station de radioastronomie à protéger. Le Tableau 1 indique la gamme de valeurs des paramètres permettant d'éviter la détérioration accidentelle d'un récepteur du SRA¹ ayant un diamètre d'antenne de 100 m, par des systèmes SAR-4, tels qu'ils sont décrits dans la Recommandation UIT-R RS.2043.

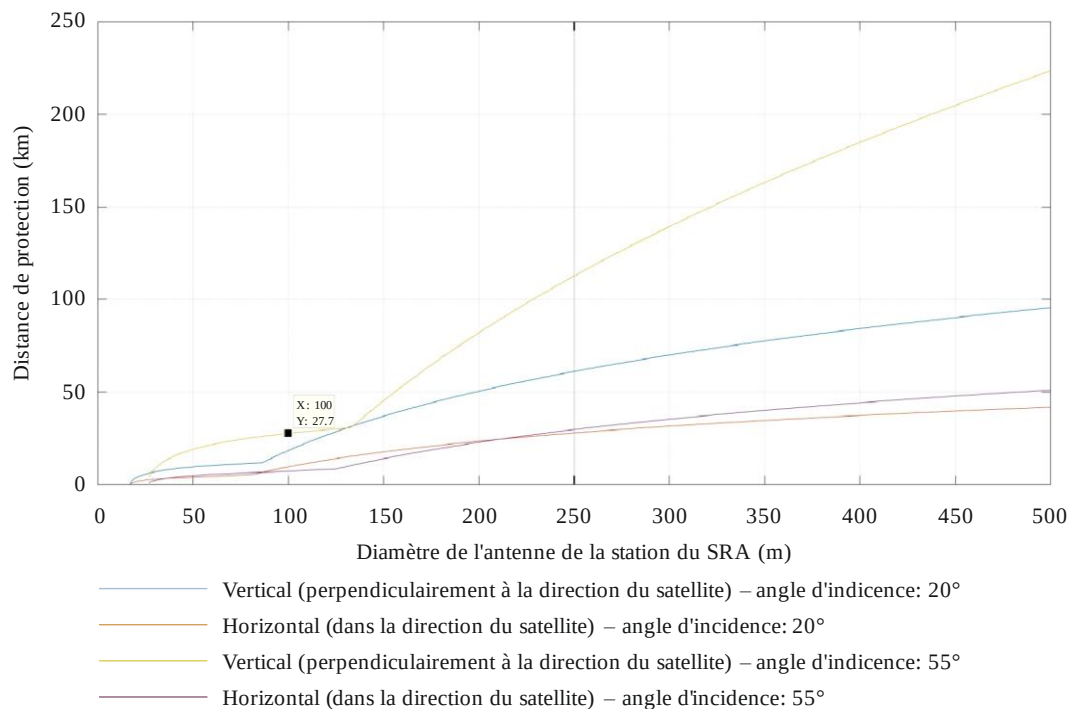
¹ Dans la direction verticale, l'asymétrie de 5,6% qui existe, pour $\delta\theta_v$ et δv , entre les angles de décalage intérieur et extérieur et les distances n'a pas été prise en considération. Seule la valeur extérieure la plus importante est indiquée. Les projections au sol des contours de marge sont des ellipses déformées représentées de façon approximative par des rectangles.

TABLEAU 1
Paramètres à utiliser pour éviter la détérioration accidentelle
des récepteurs de radioastronomie

Angle d'incidence Φ	Angle de décalage dans la direction horizontale $\delta\theta_h$	Angle de décalage dans la direction verticale $\delta\theta_v$	Distance de séparation dans la direction horizontale (km) δh	Distance de séparation dans la direction verticale (km) δv
20°	1,02°	1,8°	9,6	18,2
55°	0,5°	1,1°	7,4	28,1

La Figure 1 indique la taille de la zone autour de la station du SRA à protéger, en fonction du diamètre de l'antenne du SRA et de l'angle d'incidence. On peut constater qu'aucune contrainte n'est imposée aux stations du SRA utilisant une antenne d'un diamètre inférieur à 17 m, et que la distance de séparation maximale mesurée depuis la station du SRA est de 28 km pour la plupart des stations du SRA.

FIGURE 1
Taille de la zone autour des stations du SRA à protéger calculée par rapport
aux caractéristiques des systèmes SAR-4 du SETS



RS.2066-01

De façon plus générale, pour un angle d'incidence i donné, la distance entre le satellite SAR et la zone d'acquisition est donnée par la formule:

$$d = \sqrt{(r + h)^2 - r^2 \sin^2(i)} - r \cos(i)$$

où:

- r : rayon de la Terre (km)
- i : angle d'incidence (°)
- h : altitude du système SAR (km).

L'angle correspondant entre le nadir et la zone d'acquisition dans le plan vertical est donné par la formule:

$$\theta_v = \text{asin}\left(\frac{r \cdot \sin(i)}{r+h}\right)$$

où:

- r : rayon de la Terre (km)
- i : angle d'incidence (°)
- h : altitude du système SAR (km).

Le gain maximal de l'antenne du SRA peut être calculé à partir du diamètre de l'antenne et de la fréquence, à l'aide de la formule suivante:

$$G_r = 8,9 + 20\log(\pi D f)$$

où:

- D : diamètre de l'antenne du système du SRA (m)
- f : fréquence (GHz).

À partir de ces valeurs, la limite du gain d'antenne du système SAR qui permet de respecter la limite de puissance reçue de -18 dBW est donnée par la formule:

$$G_e = Pr_{limit} + L_p - G_r - P_e$$

où:

- Pr_{limit} : puissance reçue à ne pas dépasser (-18 dBW au-dessous de 20 GHz)
- L_p : affaiblissement en espace libre (dB)
- G_r : gain d'antenne maximal du système du SRA (dBi)
- P_e : puissance de crête du système SAR (dBW).

En utilisant les diagrammes d'antenne vertical et horizontal du système SAR, il est possible de déterminer les angles de décalage correspondants ($\delta\theta_h$ et $\delta\theta_v$), et à partir de ces angles, de calculer les distances de séparation horizontale et verticale (δh et δv).

$$\delta h = r * \text{asin}\left(\frac{d \tan(\delta\theta_h)}{r}\right)$$

où:

- r : rayon de la Terre (km)
- d : distance oblique (km)
- $\delta\theta_h$: angle de décalage sur le plan horizontal (degré).

La distance oblique entre le satellite et la station du SRA qui permet de respecter la limite de puissance reçue est donnée par la formule:

$$d + \delta d = (r + h) \cos(\theta_v + \delta\theta_v) - \sqrt{r^2 - (r + h)^2 \sin^2(\theta_v + \delta\theta_v)}$$

où:

- r : rayon de la Terre (km)
- d : distance oblique entre le satellite et la zone d'acquisition (km)
- h : altitude du satellite SAR (km)
- θ_v : angle entre le nadir et la zone d'acquisition dans le plan vertical (°)
- $\delta\theta_v$: angle de décalage sur le plan vertical (degré).

En outre, on peut calculer la distance de séparation verticale (δv) à l'aide de la formule suivante:

$$\delta v = r \left(\operatorname{asin} \left(\frac{(d+\delta d)}{r} \sin(\theta_v + \delta\theta_v) \right) - \operatorname{asin} \left(\frac{d}{r} \sin(\theta_v) \right) \right)$$

où:

- r : rayon de la Terre (km)
- d : distance oblique entre le satellite et la zone d'acquisition (km)
- $d + \delta d$: distance oblique entre le satellite et la station du SRA (km)
- θ_v : angle entre le nadir et la zone d'acquisition dans le plan vertical (°)
- $\delta\theta_v$: angle de décalage dans le plan vertical (degré).

Annexe 2

Liste des stations de radioastronomie pouvant fonctionner dans la bande 10,6-10,7 GHz

Région 1

Pays	Nom	Latitude nord	Longitude est	Taille de l'antenne ²
Belgique	Humain	50° 11' 30"	05° 15' 27"	64 m
Finlande	Metsähovi	60° 13' 04"	24° 23' 37"	13,7 m, 13,2 m
France	Nancay	47° 23' 00"	02° 12' 00"	16 × 1,1 m
Allemagne	Effelsberg	50° 31' 29"	06° 53' 03"	100 m
	Stockert	50° 34' 10"	06° 43' 19 "	10 m
	Wettzell	49° 08' 41"	12° 52' 40"	20 m, 2 x 13,2 m
Italie	Matera	40° 38' 58,2"	16° 42' 14,45"	20 m, 13,2 m
	Medicina	44° 31' 14"	11° 38' 49"	32 m, 2,4 m
	Noto	36° 52' 33"	14° 59' 20"	32 m
	Sardinia	39° 29' 34"	09° 14' 42"	64 m
Lettonie	Ventspils	57° 33' 12"	21° 51' 17"	32 m
Norvège	Ny Ålesund	78° 55' 45"	11° 52' 15"	2 × 13,2 m
Portugal	Santa Maria	36° 59' 07"	-25° 07' 33"	13 m
Russie	Badari	51° 46' 10"	102° 14' 00"	32 m, 13,2 m
	Kaliazyn	57° 13' 22"	37° 54' 01"	64 m
	Pushchino	54° 49' 20"	37° 37' 53"	22 m

² Dans cette colonne, "X m" signifie "une antenne de X mètres de diamètre" et "Y x X m" signifie "Y antennes de X mètres de diamètre".

Pays	Nom	Latitude nord	Longitude est	Taille de l'antenne ²
	Svetloe	60° 31' 56"	29° 46' 54"	32 m, 13,2 m
	Zelenchukskaya	43° 49' 34"	41° 35' 12"	32 m, 13,2 m
Sudafricaine (République)	Hartebeesthoek	−25° 53' 22"	27° 41' 05"	26 m, 13,2 m
	MeerKAT	−30° 43' 16"	21° 24' 40"	64 × 13,5 m
	SKA1-MID	−30° 42' 47"	21° 26' 38"	133 × 15 m
Espagne	Gran Canaria	28° 01' 34"	−15° 40' 16"	13,2 m
	Robledo	40° 25' 38"	−04° 14' 57"	70 m, 34 m
	Tenerife	28° 18' 00"	−16° 30' 35"	12 m
	Yebes	40° 31' 27"	−03° 05' 13"	40 m, 13,2 m
Suède	Onsala	57° 23' 45"	11° 55' 35"	20 m, 25 m, 2 × 13,2 m
Suisse	Bleien	47° 20' 24"	08° 06' 42"	5 m, 7 m
	Zurich	47° 22' 40.8"	08° 33' 03"	5 m
Turquie	Kayseri	38° 42' 37"	35° 32' 43"	13 m
Royaume-Uni	MERLIN Cambridge	52° 10' 01"	00° 02' 14"	32 m
	MERLIN Knockin	52° 47' 25"	−02° 59' 50"	25 m
	MERLIN Darnhall	53° 09' 23"	−02° 32' 09"	25 m
	MERLIN Jodrell Bank	53° 14' 07"	−02° 18' 23"	26 m
	MERLIN Pickmere	53° 17' 19"	−02° 26' 44"	25 m
	MERLIN Defford	52° 06' 02"	−02° 08' 40"	25 m

Liste des stations de radioastronomie pouvant fonctionner dans la bande 10,6-10,7 GHz

Région 2

Pays	Nom	Latitude nord	Longitude est	Taille de l'antenne ³
Brésil	Itapetinga	−23° 11' 05"	−46° 33' 28"	14 m
Canada	Algonquin Radio Obsy	45° 57' 19"	−78° 04' 23"	46 m
Chili	ALMA	−23° 01' 09"	−67° 45' 12"	54 × 12 m, 12 × 7 m
Mexique	INAOE RT5	18° 59' 04"	−97° 18' 32"	50 m
États-Unis	Allen Telescope Array (ATA), Hat Creek Radio Observatory	40° 49' 03"	−121° 28' 24"	42 × 6 m
	Arecibo	18° 20' 39"	−66° 45' 10"	305 m
	Goddard Geophysical and Astronomic Observatory (GGAO)	39° 01' 19"	−76° 49' 37"	12 m

³ Dans cette colonne, "X m" signifie "une antenne de X mètres de diamètre" et "Y x X m" signifie "Y antennes de X mètres de diamètre".

Pays	Nom	Latitude nord	Longitude est	Taille de l'antenne ³
	Goldstone Deep Space Communications Complex (GDSCC)	35° 25' 33"	−116° 53' 22"	70,3 m
	Robert C. Byrd Telescope, Green Bank Observatory	38° 25' 59"	−79° 50' 23"	100 m
	Westford Radio Telescope, Haystack Observatory	42° 36' 47"	−71° 29' 38"	18,3 m
	Kōke'e Park Geophysical Observatory (KPGO)	22° 07' 34"	−159° 39' 54"	20 m, 12 m
	Jansky Very Large Array (JVLA)	33° 58' 22" à 34° 14' 56"	−107° 24' 40" à −107° 48' 22"	27 × 25 m
	McDonald Geodetic Observatory (MGO)	30° 40' 48"	−104° 01' 26"	12 m
	VLBA Brewster, WA	38° 25' 59"	−79° 50' 23"	25 m
	VLBA Fort Davis, TX	30° 38' 06"	−103° 56' 41"	25 m
	VLBA Hancock, NH	42° 56' 01"	−71° 59' 12"	25 m
	VLBA Kitt Peak, AZ	31° 57' 23"	−111° 36' 45"	25 m
	VLBA Los Alamos, NM	35° 46' 30"	−106° 14' 44"	25 m
	VLBA Mauna Kea, HI	19° 48' 05"	−155° 27' 20"	25 m
	VLBA North Liberty, IA	41° 46' 17"	−91° 34' 27"	25 m
	VLBA Owens Valley, CA	37° 13' 54"	−118° 16' 37"	40 m, 5 × 2 m, 8 × 2 m, 2 × 27 m
	VLBA Pie Town, NM	34° 18' 04"	−108° 07' 09"	25 m
	VLBA St. Croix, VI	17° 45' 24"	−64° 35' 01"	25 m

Liste des stations de radioastronomie pouvant fonctionner dans la bande 10,6-10,7 GHz

Région 3

Pays	Nom	Latitude nord	Longitude est	Taille de l'antenne ⁴
Australie	Parkes	−33° 00' 00"	148° 15' 44"	64 m
	Katherine	−14° 22' 30"	132° 09' 07"	12 m
	Mopra	−31° 16' 04"	149° 05' 58"	22 m
	ATCA (Narrabri)	−30° 18' 47"	149° 33' 52"	6 × 22 m
	Tidbinbilla	−35° 24' 18"	148° 58' 59"	70 m, 34 m
	Hobart (Mt. Pleasant)	−42° 48' 18"	147° 26' 21"	26 m, 12 m
	Ceduna	−31° 52' 05"	133° 48' 37"	30 m
	Yarragadee	−29° 02' 47"	115° 20' 48"	12 m

⁴ Dans cette colonne, "X m" signifie "une antenne de X mètres de diamètre" et "Y x X m" signifie "Y antennes de X mètres de diamètre".

Pays	Nom	Latitude nord	Longitude est	Taille de l'antenne ⁴
Chine	Miyun	40° 33' 29"	116° 58' 37"	50 m
	Sheshan	31° 05' 58"	121° 11' 59"	25 m, 13 m
	Nanshan	43° 28' 16"	87° 10' 40"	26 m, 13.2 m
	Tianma	31° 05' 13"	121° 08' 00"	65 m, 13 m
	CSRH	42° 12' 31"	115° 14' 45"	60 × 2 m
	QTT	43° 36' 04"	89° 40' 57"	110 m
France	Tahiti	−17° 31' 05"	−149° 26' 13"	12 m
Japon	Nobeyama	35° 56' 40"	138° 28' 21"	45 m
	VERA-Mizusawa	39° 08' 01"	141° 07' 57"	20 m, 10 m
	VERA-Iriki	31° 44' 52"	130° 26' 24"	20 m
	VERA-Ogasawara	27° 05' 31"	142° 13' 00"	20 m
	VERA-Ishigakijima	24° 24' 44"	124° 10' 16"	20 m
	Ishioka	36° 12' 33"	140° 13' 08"	13,2 m
	Kashima	35° 57' 21"	140° 39' 36"	34 m
	Usuda	36° 07' 57"	138° 21' 46"	64 m
	Ibaraki	36° 41' 51"	140° 41' 32"	32 × 2 m
	Gifu	35° 28' 03"	136° 44' 14"	11 m
	Yamaguchi	34° 12' 58"	131° 33' 26"	32 m
	Tsukuba-NICT	36° 03' 33"	140° 08' 05"	1.6 m
	Koganei-NICT	35° 42' 37"	139° 29' 17"	2,4 m, 11 m
Corée	KSWC (Jeju)	33° 25' 40"	126° 17' 45"	1,8 m
	SGOC (Sejong)	36° 31' 22"	127° 18' 12"	22 m
	K-SRBL	36° 23' 54"	127° 22' 31"	2.1 m
	KVN-Yonsei	37° 33' 55"	126° 56' 27"	21 m
	KVN-Ulsan	35° 32' 44"	129° 14' 59"	21 m
	KVN-Tamna	33° 17' 21"	126° 27' 34"	21 m
Nouvelle-Zélande	Warkworth	−36° 25' 59"	174° 39' 52"	30 m, 12 m