

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R F.1612 (02/2003)

Evaluation du brouillage causé par le service fixe utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude pour la protection du service de radioastronomie contre les émissions sur les liaisons montantes des systèmes des stations placées sur des plates-formes à haute altitude dans la bande 31,3-31,8 GHz

**Série F
Service fixe**



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 l'Annexe 1 de 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 oeuvre 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

(Egalement 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	Emissions 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, 2011

© UIT 2011

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 F.1612*

Evaluation du brouillage causé par le service fixe utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude pour la protection du service de radioastronomie contre les émissions sur les liaisons montantes des systèmes des stations placées sur des plates-formes à haute altitude dans la bande 31,3-31,8 GHz

(2003)

Domaine d'application

La présente Recommandation porte sur l'évaluation des brouillages dus aux rayonnements non désirés provenant des liaisons montantes de systèmes utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS) du service fixe dans la bande 31,3-31,8 GHz pour la protection des stations du service de radioastronomie (SRA). Les Annexes 1 à 3 décrivent les paramètres types de la station du SRA victime et des stations au sol HAPS brouilleuses, les modèles de propagation à utiliser et l'incidence des brouillages calculée à l'aide des paramètres types.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que de nouvelles technologies faisant intervenir des stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS) dans la stratosphère sont en cours de mise au point;
- b) qu'il est nécessaire de protéger de façon appropriée le SRA, le SETS (passive) et le service de recherche spatiale (passive) dans la bande 31,3-31,8 GHz, compte tenu des critères de brouillage indiqués dans les Recommandations UIT-R pertinentes,

reconnaissant

- a) que les bandes 27,9-28,2 GHz et 31,0-31,3 GHz peuvent de plus être utilisées pour des stations HAPS du service fixe dans certains pays à condition que ces stations ne causent pas de brouillage préjudiciable et ne prétendent à aucune protection,

recommande

- 1** d'utiliser la méthodologie présentée dans les Annexes 1, 2 et 3 pour l'évaluation des brouillages causés par les liaisons montantes de systèmes HAPS aux stations du SRA dans la bande 31,3-31,8 GHz;
- 2** de choisir l'emplacement des dirigeables HAPS et des stations au sol HAPS par rapport à celui des stations du SRA de manière telle que celles-ci soient protégées contre les rayonnements non désirés provenant des liaisons montantes HAPS dans la bande 31,3-31,8 GHz;
- 3** d'exclure de la zone de service du service fixe utilisant des stations HAPS une ou plusieurs cellules de faisceau ponctuel entourant une station du SRA afin de protéger cette station contre les rayonnements non désirés provenant des liaisons montantes HAPS dans la bande 31,3-31,8 GHz;
- 4** d'utiliser la Recommandation UIT-R F.1569, qui contient des paramètres types décrivant le système HAPS, pour l'évaluation de l'incidence des rayonnements non désirés sur les stations du SRA dans la bande des 31 GHz.

* La Commission d'études 5 des radiocommunications a apporté des modifications de forme à la présente Recommandation en décembre 2009, conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

NOTE 1 – Il faut prendre en considération le brouillage cumulatif causé par le service fixe, y compris par les stations HAPS.

Annexe 1

Paramètres types d'une station du SRA et modèle à utiliser pour l'évaluation de l'effet d'une station au sol HAPS sur une station du SRA

1 Paramètres associés aux émissions sur une liaison montante d'un système HAPS

Les paramètres concernant les systèmes HAPS sont fondés sur la Recommandation UIT-R F.1569 (altitude: 20-25 km, angle d'élévation opérationnel minimal: 20°, conditions: pluvieuses). L'empreinte d'un faisceau ponctuel est appelée cellule. Dans cette étude, on adopte un facteur de réutilisation des fréquences de quatre, à savoir, la bande disponible de 300 MHz (31,0-31,3 GHz) est divisée en quatre sous-bandes de 75 MHz chacune qui sont utilisées simultanément pour les émissions sur la liaison montante dans plusieurs cellules. Sur la liaison montante, on utilise une commande automatique de puissance, la puissance étant augmentée ou diminuée de 6 dB, selon les conditions météorologiques.

Le niveau des émissions hors bande sur la liaison montante HAPS employé dans cette étude est de -100 dB(W/MHz) en condition pluvieuse, en supposant que la commande automatique de la puissance d'émission est utilisée sur la liaison montante. La détermination du niveau des émissions hors bande est décrite au § 11 de la Recommandation UIT-R F.1569.

2 Paramètres d'une station du SRA

Les paramètres d'une antenne de station du SRA utilisés dans cette étude sont présentés au Tableau 1. On suppose que cette antenne pointe, en azimuth, vers la station au sol HAPS, avec l'angle d'élévation opérationnel minimal associé au radiotélescope considéré. Le gain de l'antenne de réception pour le brouillage est calculé selon la Recommandation UIT-R SA.509 pour des espacements angulaires supérieurs à un degré entre l'axe de visée de l'antenne SRA et la direction d'incidence du brouillage.

TABLEAU 1

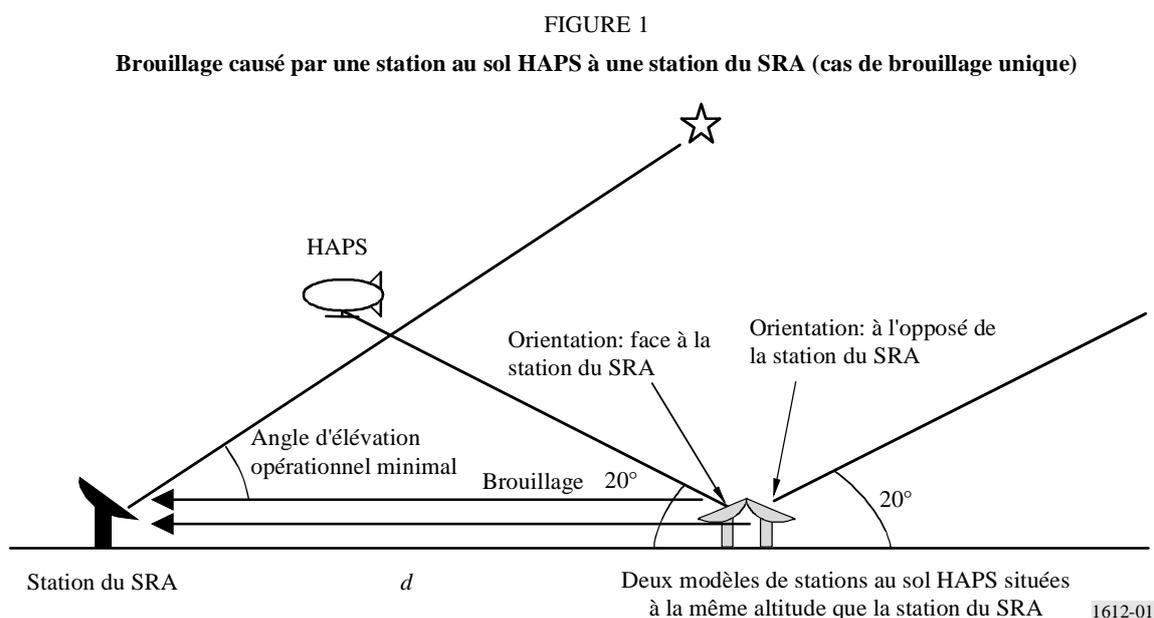
Paramètres d'une antenne de station du SRA utilisés dans cette étude

	G_{max} (dBi)	Diamètre (m)	Altitude (km)	Angle d'élévation opérationnel minimal (degrés)
Nobeyama (Japon)	81,2	45	1,35	15
Taeduk (Corée)	70,9	13,7	0,12	15
Delingha (Chine)	70,9	13,7	3,2	5

3 Modèle à utiliser pour l'évaluation du brouillage

3.1 Source de brouillage unique

La Fig. 1 montre le modèle à utiliser pour l'évaluation des brouillages entre une station au sol HAPS et une station du SRA. On suppose que la station au sol HAPS est située dans le même plan que la station du SRA. Deux situations sont considérées en fonction de la direction de l'axe de visée de l'antenne de la station au sol HAPS. L'une examine le cas où l'antenne de la station au sol HAPS fait face à la station du SRA en azimut (le cas le plus défavorable du scénario à source de brouillage unique), l'autre cas est celui où l'antenne de la station au sol HAPS pointe, en azimut, dans la direction opposée (180°) à la direction de la station du SRA. Dans les deux cas, on suppose que l'antenne de station du SRA fonctionne à l'angle d'élévation opérationnel minimal.



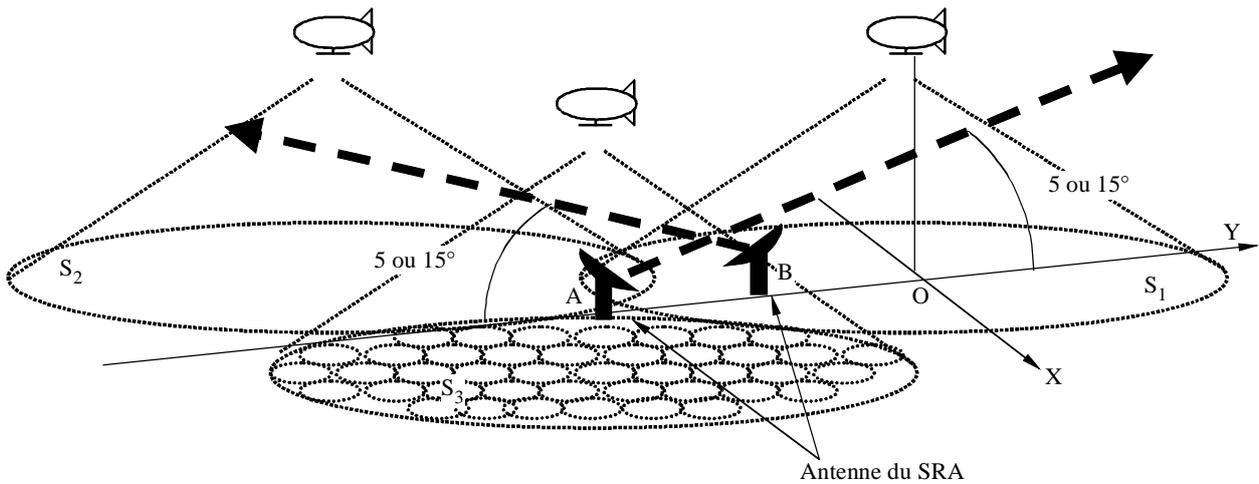
3.2 Brouillage cumulatif résultant de plusieurs stations HAPS

Ainsi qu'il est montré à la Fig. 2, on utilise les modèles et les hypothèses suivantes pour l'évaluation du brouillage cumulatif:

- quatre stations au sol HAPS sont situées au centre de chaque cellule de service et toutes les antennes pointent vers le dirigeable HAPS correspondant (on suppose que la largeur de bande totale est de 300 MHz (31,0-31,3 GHz), que le facteur de réutilisation des fréquences est de quatre et que la largeur de bande du signal est de 20 MHz);
- le brouillage cumulatif est obtenu en additionnant un paramètre défini comme "la puissance surfacique du brouillage reçu par la station du SRA" et le "gain à la réception de la station du SRA pour le brouillage" et ce, pour toutes les stations au sol HAPS (= 367 cellules \times 4 stations \times 3 zones de service du système HAPS);
- on suppose que la puissance des émissions hors bande pour chacune des stations au sol HAPS est de -100 dB(W/MHz);
- l'antenne du SRA est située entre le nadir O et l'intersection A des trois zones de service du système HAPS;
- l'antenne du SRA située au point B pointe vers A ou O en azimut. On suppose que cette antenne présente l'angle d'élévation minimal auquel les observations sont faites au moyen de cet instrument (5 ou 15°).

FIGURE 2

Exemple de modèle pour l'évaluation du brouillage cumatif



- A: Intersection des trois zones de service du système HAPS
 B: Position de l'antenne de station du SRA sur le segment AO
 O: Nadir de HAPS
 S₁: Zone principale
 S₂, S₃: Zones secondaires

L'antenne de station du SRA située au point B pointe vers A ou O en azimut.

1612-02

Annexe 2

Modèle de propagation et critères de protection applicables à une station du SRA

1 Modèle de propagation

Conformément au § 4.2 de la Recommandation UIT-R P.452, l'affaiblissement de propagation entre stations à la surface de la Terre qui n'est pas dépassé pendant $p\%$ du temps est donné par:

$$L_{b0}(p) = 92,5 + 20 \log f + 20 \log d + E_s(p) + A_g \quad \text{dB} \quad (1)$$

où:

f : fréquence (GHz) (31,3 pour cette étude)

d : longueur du trajet (km)

$E_s(p)$: correction pour les trajets multiples et les effets de concentration

$$E_s(p) = 2,6(1 - e^{-d/10}) \log(p/50) \quad \text{dB} \quad (2)$$

A_g : absorption totale par les gaz (dB)

$$A_g = [\gamma_0 + \gamma_w(\rho)] d \quad \text{dB} \quad (3)$$

où:

$\gamma_0, \gamma_w(\rho)$: affaiblissements linéiques dus respectivement à l'air sec et à la vapeur d'eau, déterminés à partir des formules données dans la Recommandation UIT-R P.676

ρ : masse volumique de la vapeur d'eau

$$\rho = 7,5 + 2,5\omega \quad \text{g/m}^3 \quad (4)$$

ω : fraction du trajet total au-dessus de l'eau.

Dans cette étude, le facteur d'absorption par les gaz A_g est supposé être égal à 0 pour se placer dans le cas le plus défavorable en matière de brouillage.

2 Critère de protection de la station du SRA

La Recommandation UIT-R RA.769 fournit le seuil de puissance surfacique visant à protéger la station du SRA (calculé pour un gain d'antenne de 0 dBi). Dans la présente méthodologie, on adopte un niveau de puissance surfacique de $-168 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ dans la bande 31,3-31,8 GHz. Pour prendre en compte l'effet du gain de l'antenne de réception, la valeur de la "puissance surfacique du brouillage reçu par l'antenne de la station du SRA" plus celle du "gain à la réception de l'antenne de la station du SRA pour le brouillage" est adoptée comme critère de protection de la station du SRA et la distance de séparation requise est obtenue par la nécessité de respecter le critère de $-168 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ de la Recommandation UIT-R RA.769.

Annexe 3

Effet de stations au sol HAPS sur une station du SRA

1 Evaluation du brouillage

1.1 Source de brouillage unique

Dans les conditions décrites dans les Annexes 1 et 2, l'impact (puissance surfacique reçue plus gain de l'antenne de la station du SRA) d'une station au sol HAPS est calculé en fonction de la distance qui la sépare de la station du SRA. On utilise la Recommandation UIT-R F.1245 concernant le diagramme de rayonnement d'antenne de la station au sol HAPS. Les résultats pour Nobeyama (Japon), Taeduk (Corée) et Delingha (Chine) sont présentés sur les Fig. 3 et 4 pour des pourcentages de temps de 0,001%, 1% et 10%. Les résultats obtenus en utilisant le modèle de propagation en espace libre sont également montrés pour référence. La distance de séparation requise est au point d'intersection de la courbe obtenue avec le critère de protection de la station du SRA: $-168 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$.

Le Tableau 2 récapitule les distances de séparation requises pour différentes valeurs du pourcentage de temps. Les distances de séparation requises quand les antennes de la station du SRA et de la station au sol HAPS se font face en azimut (cas désigné par avant) sont de 0,9 km pour Nobeyama et Taeduk et de 3,94 km pour Delingha et ce, même lorsque le modèle de propagation en espace

libre et le pourcentage de temps de 1% sont considérés. Les distances de séparation dans le cas où l'antenne de la station au sol HAPS pointe dans la direction opposée (180°) à la direction de la station du SRA (cas désigné par arrière) sont également montrées pour référence.

La bande de garde requise est calculée en utilisant l'exemple de filtre FI et l'équation (3) donnés au § 11 de l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R F.1569. Le niveau de bruit thermique à l'entrée du module radiofréquence est utilisé comme niveau minimum pour déterminer f_{pmt} . La largeur de la bande de garde requise est de 10 MHz pour un filtre FI avec une largeur de bande de 20,2 MHz (-3 dB). Cette bande de garde dépend de la largeur de bande du signal et des caractéristiques d'affaiblissement du filtre passe-bande FI.

1.2 Brouillage cumulatif

Dans le cas du brouillage cumulatif dans les conditions décrites au § 3.2 de l'Annexe 1, on suppose qu'il n'y a pas d'émission par le système HAPS dans la cellule incluant la station du SRA. Les Fig. 4a) à 4d) montrent la valeur pondérée totale "de la puissance surfacique reçue" plus "le gain de l'antenne de la station du SRA" lorsque l'antenne de la station du SRA pointe vers le point A ou O. De plus, l'élévation opérationnelle minimale est de 5° ou 15° et la "coordonnée Y de la station du SRA" donne la distance qui sépare cette station du nadir O. Les termes "zone principale" et "zones secondaires" sont définis dans la Fig. 2. Ainsi qu'il est montré dans ces Figures, la valeur cumulative de "la puissance surfacique reçue" plus celle du "gain de l'antenne de la station du SRA" n'excède pas le critère du brouillage admissible de la station du SRA soit $-168 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$, excepté dans le cas de la Fig. 4d).

La Fig. 4d), examinant le cas très particulier d'une antenne d'élévation 5°, montre que le total de "la puissance surfacique reçue" plus le "gain de l'antenne de la station du SRA" excède le critère de protection. Ceci est dû au fait qu'ici, les deux antennes, celle de la station du SRA et celle de la station au sol HAPS, sont en face à face et ne sont séparées que par une courte distance.

TABLEAU 2

Distances de séparation requises entre une station au sol HAPS et une station du SRA dans le cas d'un brouillage par une source unique

			Séparation requise par rapport à la station au sol HAPS (km)		
	Direction ⁽¹⁾	Pourcentage de temps p (%)	0,001	1	10
Nobeyama, Taeduk	Avant	Visibilité directe (y compris brouillage cumulatif)	0,99	0,90	0,88
	Arrière	Visibilité directe (y compris brouillage cumulatif)	0,31	0,30	0,30
Delingha	Avant	Visibilité directe (y compris brouillage cumulatif)	6,38	3,94	3,56
	Arrière	Visibilité directe (y compris brouillage cumulatif)	1,36	1,21	1,17

⁽¹⁾ Avant: l'antenne de la station au sol HAPS fait face à la station du SRA.

Arrière: l'antenne de la station au sol HAPS est opposée à la station du SRA.

FIGURE 3

Puissance surfacique reçue par la station du SRA + gain d'antenne de cette station en visibilité directe dans le cas où la station du SRA et la station au sol HAPS se font face

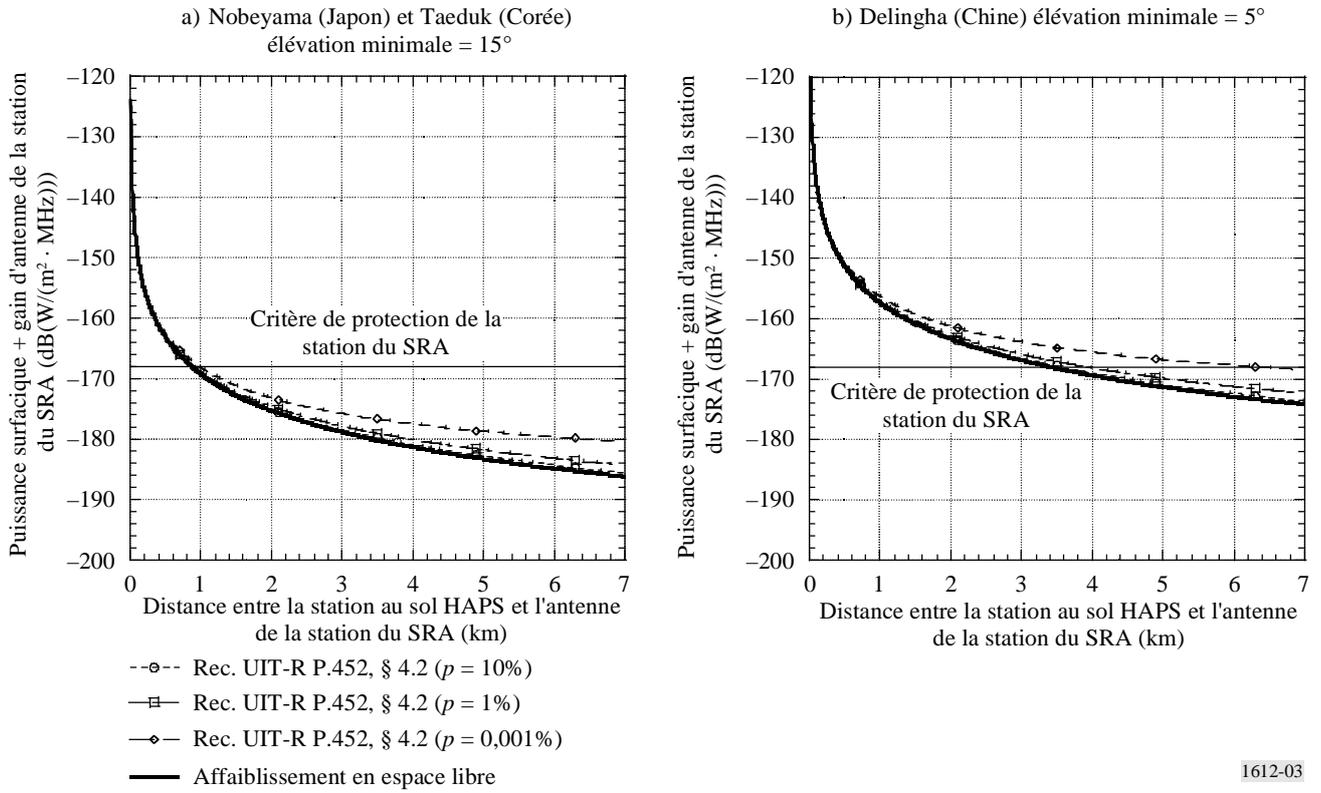
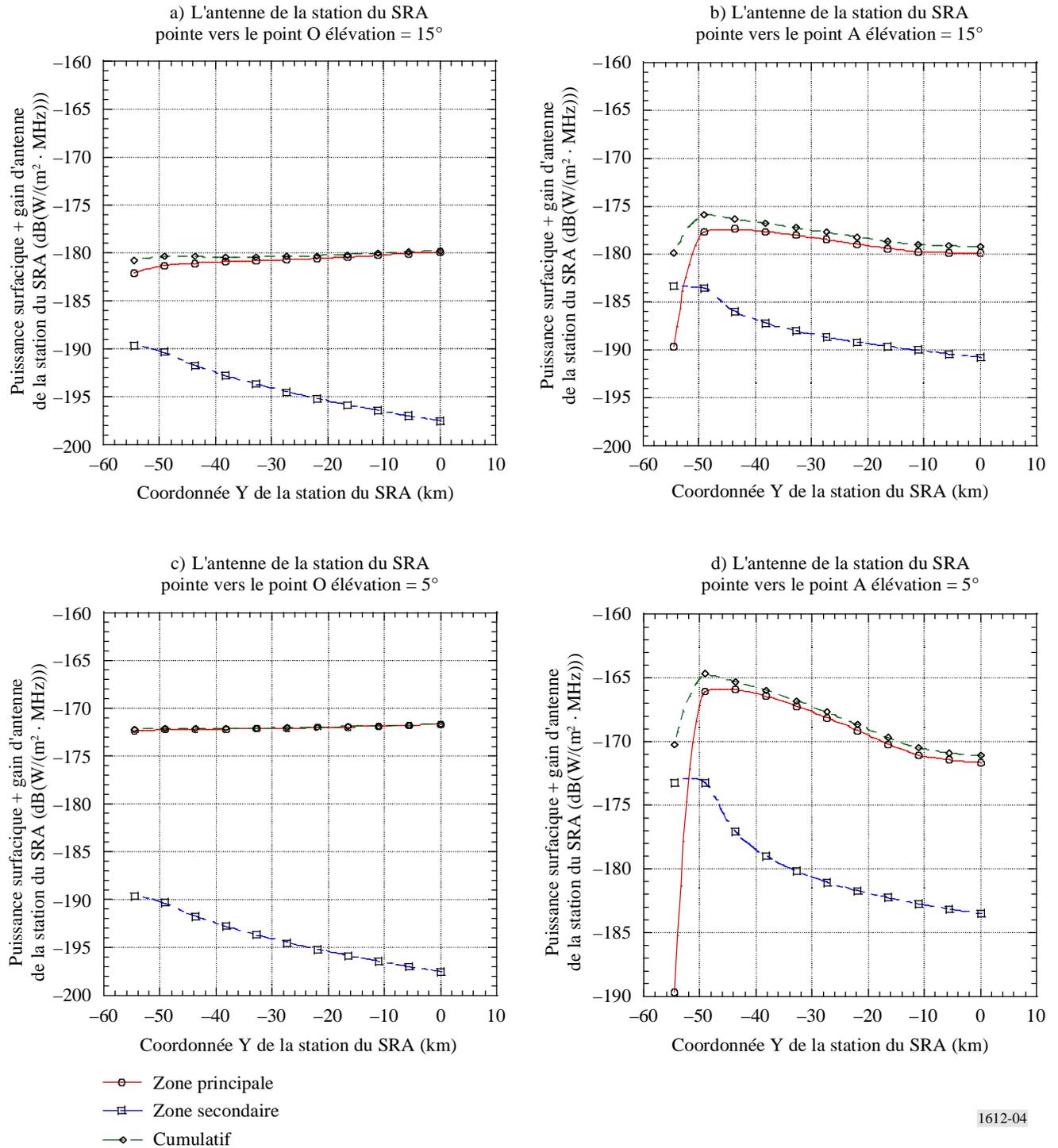


FIGURE 4

Puissance surfacique + gain d'antenne de la station du SRA dans le cas d'un brouillage cumulatif

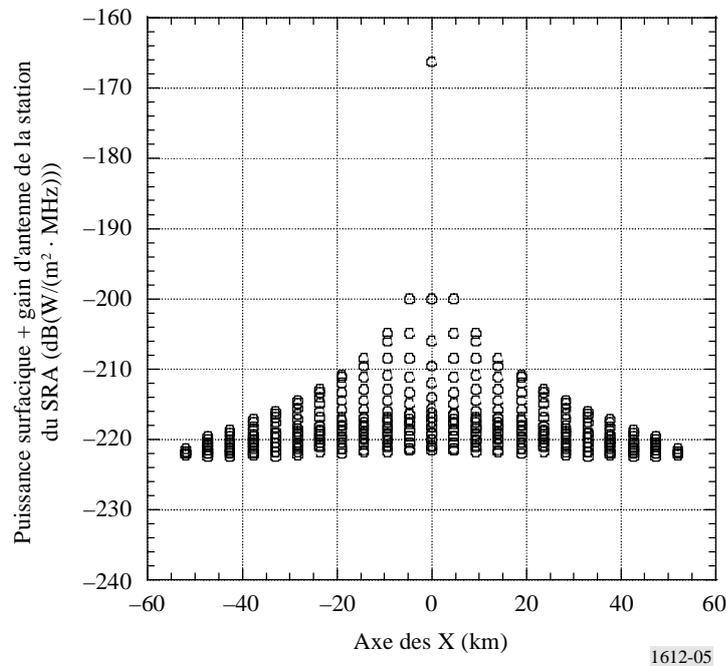


La Fig. 5 montre le niveau de brouillage en termes de "puissance surfacique reçue" plus le "gain d'antenne de la station du SRA" causé par chacune des stations au sol HAPS. Le brouillage causé par les stations au sol HAPS dans la cellule voisine dans l'axe de visée de l'antenne de la station du SRA est le plus élevé, soit $-166,1$ dB(W/(m² · MHz)). Si on interdit l'exploitation de ces stations au sol HAPS (ou cellules) causant ces niveaux élevés de rayonnements non désirés, le brouillage cumulatif n'excédera plus le critère de protection. Il est pourtant nécessaire de souligner que, dans le cas du brouillage cumulatif, la puissance totale des rayonnements non désirés reçus par le

radiotélescope dépend du mode de fonctionnement de la station du SRA et de la configuration du réseau HAPS et qu'il est donc impossible de formuler des conclusions générales.

FIGURE 5

Puissance surfacique reçue plus gain de la station du SRA pour chacune des stations au sol HAPS dans le cas de la Fig. 3d) où la valeur de la coordonnée Y est de $-49,1$ km
(toutes les valeurs de brouillage sont projetées sur l'axe des X, défini dans la Fig. 2)



2 Résumé

Les résultats de l'étude indiquent que, pour protéger une station de radioastronomie, le déploiement d'un système HAPS devrait obéir aux conditions suivantes:

- les dirigeables HAPS ne devraient pas être déployés dans le voisinage de la station du SRA pour éviter la situation où de nombreuses stations au sol HAPS pointent en azimuth vers la station du SRA;
- le service fixe utilisant des stations HAPS ne devrait pas être exploité à l'intérieur d'une zone équivalente à une ou plusieurs cellules de faisceau ponctuel autour d'une station du SRA.

Le Tableau 3 donne les résultats pour les distances de séparation requises entre les stations au sol HAPS et les stations du SRA pour le cas de brouillage à source unique, y compris le cas le plus défavorable, celui où l'antenne de la station au sol HAPS pointe en azimuth dans la direction de la station du SRA. Les résultats donnés au § 1.1 de cette Annexe ont été obtenus en suivant la Recommandation UIT-R F.1245 pour le diagramme de rayonnement d'antenne des stations au sol HAPS. La Recommandation UIT-R F.699 devrait être utilisée pour déterminer la distance de séparation entre une unique station au sol HAPS et une station du SRA. Si on utilise la Recommandation UIT-R F.699, le niveau des lobes latéraux augmente de 6 dB, il faut donc doubler la distance de séparation requise entre la station au sol HAPS et la station du SRA.

TABLEAU 3

**Distance de séparation requise entre une station au sol HAPS et une station
du SRA dans le cas d'un brouillage par une source unique,
sur la base du diagramme d'antenne donné dans
la Recommandation UIT-R F.699
(pourcentage de temps: 1%)**

Angle d'élévation de l'antenne de la station du SRA (degrés)	Distance de séparation requise (km)		
	Angle d'élévation de l'antenne de la station au sol HAPS égal à 20°		Angle d'élévation de l'antenne de la station au sol HAPS égal à 90°
	Avant	Arrière	Avant/Arrière
1	60,3	21,4	21,4
5	7,9	2,4	2,4
10	3,0	1,0	1,0
15	1,8	0,6	0,6

NOTE 1 – Avant: l'antenne de la station au sol HAPS fait face à la station du SRA en azimut
Arrière: l'antenne de la station au sol HAPS est opposée à la station du SRA en azimut