

RECOMMANDATION UIT-R F.1570*

Effet des émissions sur la liaison montante du service fixe utilisant des stations placées sur des plates-formes en haute altitude sur le service d'exploration de la Terre par satellite (passive) dans la bande 31,3-31,8 GHz

(Question UIT-R 113/9)

(2002)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que de nouvelles techniques faisant intervenir des stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS) dans la stratosphère sont en cours de mise au point;
- b) que la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1997) (CMR-97) a prévu des dispositions en vue du fonctionnement des systèmes HAPS dans le cadre du service fixe dans les bandes 47,2-47,5 GHz et 47,9-48,2 GHz;
- c) que, étant donné la plus grande sensibilité des bandes de 47 GHz au phénomène d'affaiblissement dû à la pluie dans les pays énumérés aux numéros 5.537A et 5.543A du Règlement des radiocommunications (RR), la gamme de fréquences 18-32 GHz a été étudiée par l'UIT-R afin d'y identifier éventuellement des parts du spectre radioélectriques supplémentaires;
- d) que la Conférence mondiale des radiocommunications (Istanbul, 2000) (CMR-2000) a adopté une disposition en vue de l'utilisation de stations HAPS du service fixe dans les bandes 27,5-28,35 GHz et 31,0-31,3 GHz dans certains pays, à condition qu'elles ne causent pas de brouillage, ni ne demandent à bénéficier d'une protection, cela afin de régler les problèmes d'affaiblissement dû à la pluie associés à la bande des 47 GHz (numéros 5.537A et 5.543A du RR), sous réserve que l'utilisation de la bande 31,0-31,3 GHz soit limitée à sa moitié inférieure (31,0-31,15 GHz) jusqu'à la tenue de la CMR-03;
- e) que la Résolution 122 (Rév.CMR-2000) invite instamment à étudier les questions techniques, de partage et de réglementation afin de déterminer les critères d'utilisation des stations HAPS dans les bandes visées au *considérant* d) ci-dessus;
- f) que la bande 31,3-31,8 GHz est attribuée aux services de radioastronomie, d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (passive) et de recherche spatiale (passive) et qu'il est nécessaire de protéger de façon appropriée ces services contre les rayonnements non désirés des stations au sol HAPS exploitées dans la bande 31,0-31,3 GHz, compte tenu du numéro 5.340 du RR et des critères de brouillage indiqués dans les Recommandations UIT-R SA.1029 et UIT-R RA.769,

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention du Groupe de travail 7C de la Commission d'études 7 des radiocommunications.

recommande

1 de se référer au § 1 de l'Annexe 1 pour les paramètres relatifs au SETS (passive) en ce qui concerne l'évaluation du brouillage causé par la liaison montante des systèmes HAPS (dans le sens sol vers dirigeable) au SETS (passive) dans la bande 31,3-31,8 GHz (voir la Note 1);

2 de se référer au § 2 de l'Annexe 1 pour la méthode d'évaluation du brouillage causé par la liaison montante des systèmes HAPS au SETS (passive) dans la bande 31,3-31,8 GHz.

NOTE 1 – Il convient de se référer à la Recommandation UIT-R F.1569 au sujet des paramètres types relatifs aux systèmes HAPS pour l'évaluation des effets de ces systèmes sur le SETS (passive) dans la bande des 31 GHz.

ANNEXE 1

Effet des émissions de la liaison montante du service fixe utilisant des HAPS sur le SETS (passive) dans la bande 31,3-31,8 GHz**1 Paramètres du SETS (passive) et du système HAPS**

Le Tableau 1 indique les paramètres utilisés pour l'évaluation du brouillage dans le cadre de cette étude. Les paramètres concernant le service SETS (passive) correspondent à une hypothèse pessimiste susceptible d'être adoptée comme reflétant à l'avenir la situation la plus défavorable. Les paramètres relatifs au système HAPS sont tirés de la Recommandation UIT-R F.1569 dans lequel il est supposé que les conditions types d'exploitation des systèmes HAPS prennent en considération le partage avec d'autres services.

La zone desservie illuminée par un faisceau constitue une cellule du réseau HAPS. La présente étude considère un facteur de réutilisation des fréquences égal à quatre, ce qui signifie que la bande de fréquences de 300 MHz (31,0-31,3 GHz) disponible pour la liaison montante HAPS est subdivisée en quatre sous-bandes identiques de 75 MHz utilisées de façon itérative pour les émissions de la liaison montante par une cellule sur quatre. Dans cette étude, on suppose que la station au sol HAPS est dotée d'une régulation automatique de la puissance d'émission (RAPE) à échelon variable de 6 dB. Dans le cas présent le niveau des émissions hors bande de la liaison montante HAPS est de -105 dB(W/MHz).

TABLEAU 1

Paramètres du SETS (passive) et du système HAPS utilisés dans cette étude

SETS (passive)	
Attitude du satellite d'exploration de la Terre (SET)	300 km
Gain d'antenne du détecteur	50 dBi
Diagramme d'antenne du détecteur	Recommandation UIT-R S.672
Niveau requis de protection du détecteur (d'après la Recommandation UIT-R SA.1029)	-183 dB(W/MHz)
Angle d'inclinaison de l'antenne du détecteur	0°
Système HAPS	
Altitude du dirigeable de la station HAPS	20 km ⁽¹⁾
Gain d'antenne de la station au sol HAPS	35 dBi
Disponibilité du système HAPS	99,4% ⁽²⁾
Angle d'élévation minimum de la station au sol HAPS	20° ⁽³⁾
Nombre de stations terriennes HAPS émettant simultanément	1 468 ⁽⁴⁾
Nombre estimé de stations HAPS	1 ⁽⁵⁾
Diagramme d'antenne de station au sol HAPS	Recommandation UIT-R F.1245
Intensité de pluie correspondant à la disponibilité du système	Moyenne ⁽⁶⁾
Valeur requise du rapport E_b/N_0 pour un $TEB = 1 \times 10^{-6}$	5,5 dB ⁽⁷⁾
Marge de protection du système HAPS ⁽⁸⁾	3 dB

- (1) Bien que le RR fixe à 50 km la limite supérieure de l'altitude des stations HAPS, il serait plus réaliste compte tenu des techniques actuellement disponibles de considérer qu'un système HAPS est déployé à une altitude inférieure à 25 km (voir le § 3 de la Recommandation UIT-R F.1569). Bien que la présente étude considère une altitude de 20 km pour la station HAPS afin d'établir le budget de la liaison montante, le budget de liaison établi dans cette étude considère une altitude de 25 km sans nécessairement augmenter la puissance de sortie de la station au sol HAPS (voir le § 3 de la Recommandation UIT-R F.1569).
- (2) La technique de la régulation RAPE permet d'améliorer la disponibilité de la liaison sans intensifier le brouillage du SETS (passive). Tel qu'indiqué au § 8 de la Recommandation UIT-R F.1569, la technique de régulation RAPE à 12,2 dB permet d'obtenir une disponibilité de 99,8%.
- (3) La présente étude considère une valeur minimum type de 20° pour l'angle d'élévation opérationnel. La détermination de la valeur minimum de l'angle d'élévation opérationnel d'un système HAPS est indispensable pour mener à bien les études complémentaires tenant compte du partage avec d'autres services coprimaires, de l'introduction de certaines techniques d'atténuation des brouillages (par exemple RAPE), etc. (Voir les § 4 et 7 de la Recommandation UIT-R F.1569).
- (4) Le nombre de stations au sol HAPS situées dans la zone desservie par un système HAPS limité à 1 468 (voir le § 10 de la Recommandation UIT-R F.1569) en supposant une bande de fréquences disponibles de 300 MHz, un facteur de réutilisation des fréquences égal à quatre, une largeur de bande de signal de 20 MHz et un nombre de faisceaux égal à 367.
- (5) Le brouillage vient essentiellement des stations au sol HAPS situées dans la zone limitée voisine de la direction du faisceau principal du détecteur passif. Par conséquent l'évaluation du brouillage dû aux stations au sol HAPS desservies par une station particulière donnerait pratiquement le même résultat que l'évaluation du brouillage obtenue en représentant le système par un nombre important de plate-formes HAPS.
- (6) La présente étude considère l'intensité pluviométrique observée à Tokyo (zone climatique: M d'après la Recommandation UIT-R P.837) pour l'établissement d'un budget de liaison représentatif d'une zone de pluviométrie moyenne. Si l'on considère une pluviométrie intense (par exemple zone climatique: P selon la Recommandation UIT-R P.837) la mise en place d'un dispositif de régulation RAPE sera nécessaire (voir le § 8 de la Recommandation UIT-R F.1569).
- (7) Le système actuel de communication exige l'utilisation d'une technique de codage. Aussi est-il justifié d'utiliser une valeur du rapport E_b/N_0 voisine de 5 dB pour un $TEB = 1 \times 10^{-6}$.
- (8) La détermination de la répartition du brouillage subi par le SETS entre la station HAPS du service fixe et les autres systèmes du service fixe doit faire l'objet d'un complément d'étude.

2 Procédure d'évaluation du brouillage

Les Fig. 1 (vue d'ensemble) et 2 (vue de dessus) illustrent la représentation géométrique du modèle d'évaluation de l'effet du brouillage. Le nombre de stations au sol HAPS autorisées à émettre simultanément des signaux est limité en raison de la largeur de bande disponible réduite. Comme indiqué au § 1, la largeur de bande disponible est de 75 MHz par faisceau (= cellule). Si l'on suppose une largeur de bande du signal de 20 MHz par porteuse, alors le nombre de stations au sol HAPS autorisées à émettre simultanément les signaux est de 3,75 dans une cellule. Compte tenu de cette limitation de la bande de fréquences disponible, on détermine alors l'incidence de quatre stations au sol HAPS situées au centre de chaque faisceau. On procède alors à la sommation du brouillage généré par $4 \times 367 = 1468$ stations au sol HAPS. Quatre stations au sol HAPS se trouvent au centre de chaque cellule (à 5,5 km de distance). On suppose que toutes les antennes des stations au sol HAPS sont dirigées vers la plate-forme HAPS placée à une altitude de 20 km, tandis que le diagramme d'antenne de chaque station au sol HAPS est calculé selon la Recommandation UIT-R F.1245. On suppose en outre que le détecteur passif est dirigé vers le nadir et que le diagramme d'antenne des détecteurs passifs est calculé selon les indications de la Recommandation UIT-R S.672. Pour prendre en considération la situation de brouillage la plus défavorable, la plate-forme HAPS et le détecteur passif se trouvent juste au-dessus de la station au sol HAPS située au centre de la cellule du nadir de la plate-forme HAPS, tel qu'indiqué à la Fig. 2. L'évaluation des effets du brouillage considère un niveau d'émission hors bande de -105 dB(W/MHz) par temps clair. Bien que le niveau d'émission hors bande par temps de pluie puisse atteindre 6 dB par comparaison au niveau observé par temps clair, la puissance d'émission accrue est complètement atténuée sur le trajet exposé aux évanouissements dus à la pluie. Les conditions de temps clair constituent par conséquent le cas de brouillage le plus défavorable. L'affaiblissement de propagation entre la station au sol HAPS et le détecteur passif, est calculé d'après la propagation en espace libre.

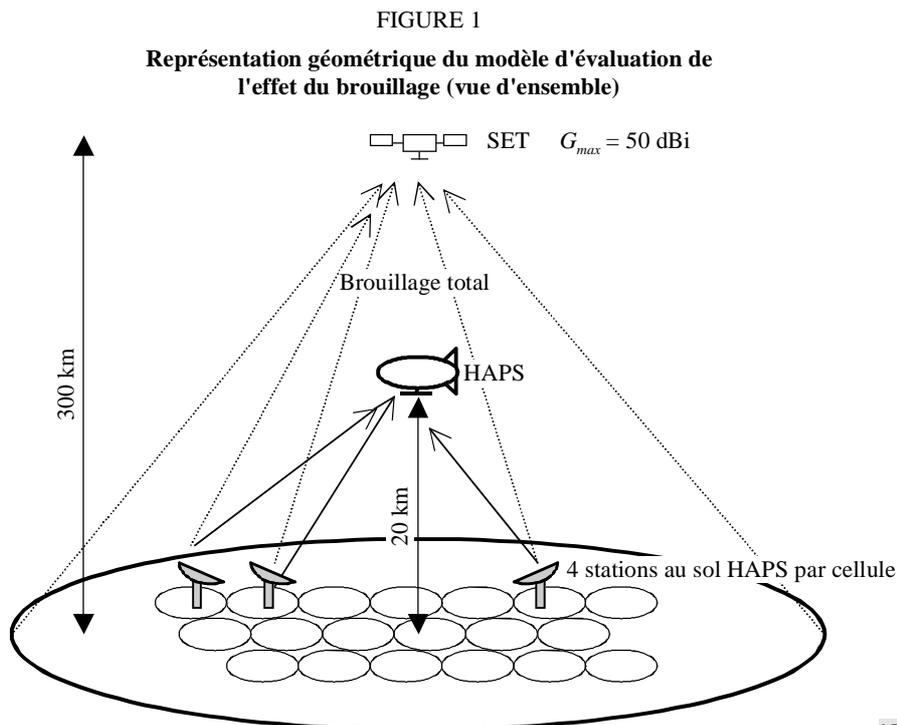
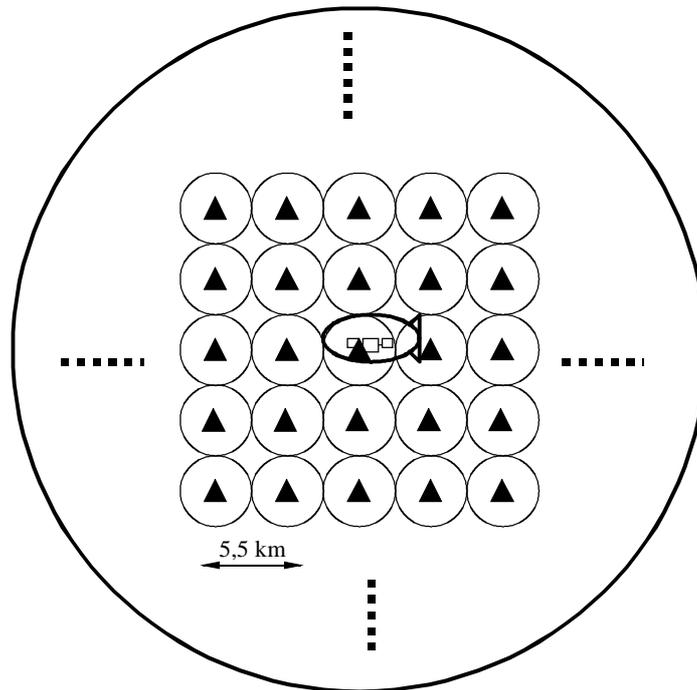


FIGURE 2

Représentation géométrique du modèle d'évaluation de l'effet brouillage (vue de dessus)



▲ 4 stations au sol HAPS

1570-02

Le brouillage global I est déterminé au moyen de l'équation (1):

$$I = 10 \log \left(4 \sum_{i=1}^{367} \left(P \cdot Gt_i \cdot (4\pi d_i / \lambda)^2 \cdot Gr_i \right) \right) \quad \text{dB(W/MHz)} \quad (1)$$

où:

- P : niveau d'émission non désiré: $1 \times 10^{-10,5}$ W/MHz (= -105 dB(W/MHz))
- Gt_i : gain d'antenne d'émission de la $i^{\text{ème}}$ station au sol HAPS pour le satellite SETS calculé selon les indications de la Recommandation UIT-R F.1245 (dBi) (gain maximum = $10^{3,5}$ (= 35 dBi))
- d_i : distance entre la $i^{\text{ème}}$ station au sol HAPS et le détecteur passif (m)
- λ : longueur d'onde du signal porteur (m): dans cette étude la fréquence est de 31,28 GHz
- Gr_i : gain d'antenne de réception du détecteur passif pour la $i^{\text{ème}}$ station au sol HAPS, calculé d'après les indications de la Recommandation UIT-R S.672 (dBi) (gain maximum = 10^5 (= 50 dBi)).

Le critère de protection du SETS (passive) est défini par la Recommandation UIT-R SA.1029, selon laquelle le niveau seuil de -183 dB(W/MHz) ne doit pas être dépassé de plus de 0,01% du temps.

3 Résultats de l'étude

Dans les conditions définies ci-dessus, le brouillage total de 4×367 stations au sol HAPS subi par le détecteur passif s'élève à $-185,9$ dB(W/MHz) soit 2,9 dB au-dessous du critère de protection du SETS (passive) dans la bande 31,0-31,3 GHz. Le brouillage global des stations au sol HAPS situées dans la zone desservie par une autre station HAPS est négligeable (30 dB au-dessous de $-185,9$ dB(W/MHz)). Le brouillage total des stations au sol HAPS desservies par 200 plates-formes HAPS ne dépasse donc pas le critère de protection du SETS (passive).

La bande de garde requise est de 10 MHz pour une largeur de bande de 20,2 MHz du filtre à fréquence intermédiaire (-3 dB). Cette bande de garde est fonction de la largeur de bande du signal et des caractéristiques d'atténuation de filtre passe-bande à fréquence intermédiaire.
