Union internationale des télécommunications

UIT-R
Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1641-1
(03/2006)

Méthode d'évaluation du brouillage cocanal pour déterminer la distance de séparation entre un système utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude et un système cellulaire assurant un service IMT-2000

Série M

Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés

Union internationale des télécommunications

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, 2010

© UIT 2010

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 M.1641-1*

Méthode d'évaluation du brouillage cocanal pour déterminer la distance de séparation entre un système utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude et un système cellulaire assurant un service IMT-2000

(2003-2006)

Domaine de compétence

La présente Recommandation contient une méthode permettant d'évaluer le brouillage cocanal et la distance de séparation entre un système utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS, *high altitude platform station*) servant de station de base pour les IMT-2000 et un système cellulaire de Terre avec équipements installés sur des pylônes, assurant un service IMT-2000.

L'Annexe 1 décrit une méthode d'évaluation du brouillage cocanal causé par une station de baseHAPS et des stations de base cellulaires à une station mobile cellulaire assurant un service IMT-2000. Le rapport *C*/*I* sert de critère pour fixer la distance de séparation entre un système HAPS et un système cellulaire. Pour évaluer le brouillage à l'intérieur d'un système cellulaire, on utilise une version élargie simplifiée du modèle de Hata. On trouvera dans l'Annexe 2 un exemple de calcul de la distance de séparation entre un système HAPS et un système cellulaire.

Les Appendices 1 et 2 donnent respectivement les équations de calcul des brouillages utilisées dans l'Annexe 1 et les diagrammes de rayonnement de l'antenne.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que de nouvelles techniques utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS, *high altitude platform station*) dans la stratosphère sont en cours d'élaboration;

b) que la CMR-2000 a octroyé aux stations HAPS fournissant les services IMT-2000 des attributions dans les bandes 1 885-1 980 MHz, 2 010-2 025 MHz et 2 110-2 170 MHz dans les Régions 1 et 3, et dans les bandes 1 885-1 980 MHz et 2 110-2 160 MHz dans la Région 2;

c) que par sa Résolution 221, la CMR-03 a demandé qu'il soit procédé à des études sur le partage entre les stations HAPS et d'autres stations dans le contexte des IMT-2000 et a examiné la compatibilité des stations HAPS dans le contexte des IMT-2000 avec certains services ayant des attributions dans les bandes adjacentes;

d) que, conformément au numéro 5.388A du Règlement des radiocommunications (RR), les stations HAPS peuvent être utilisées comme stations de base de la composante de Terre des IMT-2000 dans les bandes 1 885-1 980 MHz, 2 010-2 025 MHz et 2 110-2 170 MHz dans les Régions 1 et 3 et dans les bandes 1 885-1 980 MHz et 2 110-2 160 MHz dans la Région 2. L'utilisation des applications IMT-2000 qui emploient des stations HAPS comme stations de base n'exclut pas l'utilisation de ces bandes par toute station des services auxquels elles sont attribuées et n'établit pas de priorité dans le RR,

---

* La présente Recommandation devrait être portée à l'attention de la Commission d'études 9 des radiocommunications.

recommande

1 d'utiliser la méthode définie dans l'Annexe 1 pour déterminer la distance de séparation entre des systèmes HAPS et des systèmes cellulaires assurant un service IMT-2000 dans les bandes de fréquences visées au point b) du *considérant*.

NOTE 1 – La Recommandation UIT-R M.1456 doit servir de référence pour les paramètres types concernant les systèmes HAPS pour les études de partage entre systèmes HAPS assurant un service IMT-2000 et systèmes cellulaires dans les bandes de fréquences visées au point b) du *considérant*.

Annexe 1

Méthode d'évaluation du brouillage cocanal pour déterminer la distance de séparation entre un système utilisant des stations HAPS et un système cellulaire assurant un service IMT-2000

1 Introduction

La Recommandation UIT-R M.1456 indique une limite de densité spectrale de puissance surfacique cocanale applicable aux émissions HAPS ainsi que des limites de densité spectrale de puissance surfacique hors bande applicables aux émissions HAPS à la surface de la Terre. Elle contient également des exigences de performance des systèmes HAPS à respecter pour protéger les stations mobiles de Terre et les stations fixes exploitées dans des bandes adjacentes aux bandes dans lesquelles émettent les systèmes HAPS.

Toutefois, pour concevoir un système cellulaire, il convient de tenir compte du brouillage multi-utilisateurs dans le système ainsi que du brouillage causé par d'autres services; l'efficacité spectrale dépend du brouillage provenant de la même cellule ou de cellules adjacentes.

Dans la présente Recommandation, des orientations sont données pour évaluer les effets du brouillage cocanal causé à un système cellulaire de Terre IMT-2000 avec équipements installés sur des pylônes, par un système HAPS IMT-2000, dans le cas de deux sources de brouillage: le brouillage provenant de la même cellule ou de cellules adjacentes dans ce système cellulaire, et le brouillage provenant du système HAPS IMT-2000. Etant donné que le brouillage causé par un système HAPS IMT-2000 est basé sur le diagramme d'antenne HAPS décrit dans la Recommandation UIT-R M.1456, ce diagramme est utilisé pour évaluer la puissance brouilleuse appropriée du système cellulaire afin de pouvoir en déduire la puissance brouilleuse totale. Le brouillage causé à une station mobile cellulaire par des stations de base cellulaires et une station de base HAPS est évalué en termes de rapport C/I à l'aide de paramètres associés à un système HAPS, tels que le nombre d'utilisateurs par cellule, le rayon d'une cellule ou la puissance d'émission. Pour chaque cas évalué, les valeurs optimales des paramètres susmentionnés pour le système HAPS IMT-2000 sont déterminées de telle façon que l'exploitation de ce système et celui du système cellulaire soient compatibles. Cette Recommandation donnera des orientations pour évaluer la distance de séparation entre un système HAPS IMT-2000 et un système cellulaire IMT-2000 destinées à des fournisseurs de services IMT-2000 utilisant ces différents systèmes.

2 Modèle de système

2.1 Système HAPS IMT-2000

Les systèmes HAPS sont élaborés conformément à la Recommandation UIT-R M.1457 pour éventuellement fournir un service IMT-2000 dans les bandes 1 885-1 980 MHz, 2 010-2 025 MHz et 2 110-2 170 MHz dans les Régions 1 et 3, et dans les bandes 1 885-1 980 MHz et 2 110-2 160 MHz dans la Région 2. Par ailleurs, les stations HAPS utilisées comme stations de base pour fournir un service IMT-2000 auront un diagramme d'antenne conforme au diagramme suivant:

$$G(\psi) = \begin{cases} G_m - 3(\psi/\psi_b)^2 & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad 0 \le \psi \le \psi_1 \\ G_m + L_N & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad \psi_1 < \psi \le \psi_2 \\ X - 60\log(\psi) & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad \psi_2 < \psi \le \psi_3 \\ L_F & \text{dBi} \quad \text{pour} \quad \psi_3 < \psi \le 90° \end{cases} \tag{1}$$

où:

$G(\psi)$: gain suivant l'angle ψ par rapport à la direction du faisceau principal (dBi)

G_m: gain maximal dans le lobe principal (dBi)

ψ_b: demi-ouverture à 3 dB du faisceau dans le plan considéré (3 dB au-dessous de G_m) (degrés)

L_N: niveau (dB) du lobe latéral le plus proche par rapport au gain crête requis pour la conception du système (valeur maximale de: –25 dB)

L_F = G_m – 73 dBi, niveau du lobe latéral éloigné (dBi)

$\psi_1 = \psi_b\sqrt{-L_N/3}$ degrés

$\psi_2 = 3{,}745\psi_b$ degrés

$X = G_m + L_N + 60\log(\psi_2)$ dB

$\psi_3 = 10^{\frac{X - L_F}{60}}$ degrés

L'ouverture à 3 dB du faisceau ($2\psi_b$) est évaluée par:

$$\psi_b = \sqrt{\frac{7\,442}{10^{0{,}1G_m}}} \quad \text{degrés}$$

où G_m est le gain d'ouverture crête (dBi).

2.2 Modèle de propagation

On utilise pour le système cellulaire une version élargie simplifiée du modèle de Hata et pour le système HAPS, le modèle d'affaiblissement en espace libre.

Le dernier modèle convient pour les angles d'élévation élevés mais devra être appliqué avec précaution aux petits angles d'élévation, en attendant qu'un meilleur modèle soit élaboré pour les systèmes HAPS. Il conviendra alors de réexaminer la méthode utilisée.

2.2.1 Modèle simplifié d'une version élargie du modèle de Hata

On utilise fréquemment la version élargie du modèle de Hata donnée par l'équation (2) pour modéliser le canal radioélectrique d'un système cellulaire dans une zone urbaine lorsque la hauteur d'antenne de la station de base est de 30 m et que la hauteur d'antenne de la station mobile est de 1,5 m.

$$L = 25{,}87 + 33{,}9 \log_{10}(F) + 35{,}2 \log_{10}(R) \tag{2}$$

où:

L: affaiblissement sur le trajet (dB)

F: fréquence (MHz)

R: distance (km).

La loi d'affaiblissement sur le trajet en puissance 4 sert généralement de version élargie simplifiée du modèle de Hata et est appliquée (voir l'équation (3)), pour simplifier les calculs.

$$L = 25{,}87 + 33{,}9 \log_{10}(F) + 40 \log_{10}(R) \tag{3}$$

2.2.2 Modèle d'affaiblissement en espace libre

$$L = 32{,}4 + 20 \log_{10}(F) + 20 \log_{10}(R) \tag{4}$$

où:

L: affaiblissement sur le trajet (dB)

F: fréquence (MHz)

R: distance (km).

3 Analyse du rapport *C*/*I* au niveau d'une station mobile cellulaire et valeur requise du rapport *C*/*I* pour déterminer la distance de séparation entre un système HAPS et un système cellulaire

3.1 Analyse du rapport *C*/*I* au niveau d'une station mobile cellulaire

La Fig. 1 illustre le modèle du brouillage causé à une station mobile cellulaire par des stations de base cellulaires et par une station de base HAPS. On suppose que la station mobile cellulaire brouillée se trouve au point le plus proche de la zone de service HAPS (voir la Fig. 1). La puissance brouilleuse reçue par une station mobile cellulaire peut être calculée à partir de l'équation (5), en tenant compte du brouillage causé par les stations cellulaires de base et du brouillage causé par la station de base HAPS (voir l'Appendice 1). Etant donné que la station mobile cellulaire se trouve à la limite de la zone de couverture du système cellulaire, on suppose que le brouillage intracellulaire est négligeable.

$$I = I_{Cellular} + I_{HAPS} = \sum_{n=1}^{N} \left\{ K_c S_i 10^{\frac{G_i}{10}} \left[\sum_{m=1}^{c_{in}} d_{inm}{}^{-4} \right] + K_h S_{hn} d_h{}^{-2} \left[\sum_{m=1}^{c_{hn}} 10^{\frac{G_{hn}(\varphi_{hnm})}{10}} \right] \right\} \tag{5}$$

où:

α_i: facteur d'activité vocale du système cellulaire

S_i: puissance sur la liaison aller d'une station de base cellulaire vers l'utilisateur au bord de chaque cellule (mW)

M_i: nombre d'utilisateurs par cellule du système cellulaire

l_i: affaiblissement sur le trajet du système cellulaire par kilomètre

c_{in}: nombre de cellules brouilleuses du $n^{\text{ième}}$ niveau du système cellulaire ($= 2n + 1$, n: nombre entier)

N: nombre de niveaux

c_{hn}: nombre de faisceaux brouilleurs du système HAPS au $n^{\text{ième}}$ niveau dans un rayon de $(2N - 1) \times$ (rayon d'une cellule du système HAPS) autour du bord de la cellule affectée considérée

d_{inm}: distance entre la station mobile cellulaire considérée et l'une des stations de base cellulaires (km)

d_h: distance entre la station mobile cellulaire considérée et la station de base HAPS (km)

φ_{hnm}: angle entre la direction vers la station mobile cellulaire considérée et la direction du faisceau éclairant la cellule desservie par la station de base HAPS (degrés)

S_{hn}: puissance sur la liaison aller de la station de base HAPS vers l'utilisateur au bord de la cellule du système HAPS située au $n^{\text{ième}}$ niveau (mW)

G_i: gain de l'antenne de la station de base du système cellulaire

G_{hn}: gain de l'antenne donné par l'équation (1) en fonction du niveau

$$K_c = \frac{\alpha_i M_i l_i}{3}$$

$$K_h = \alpha_h M_h l_h$$

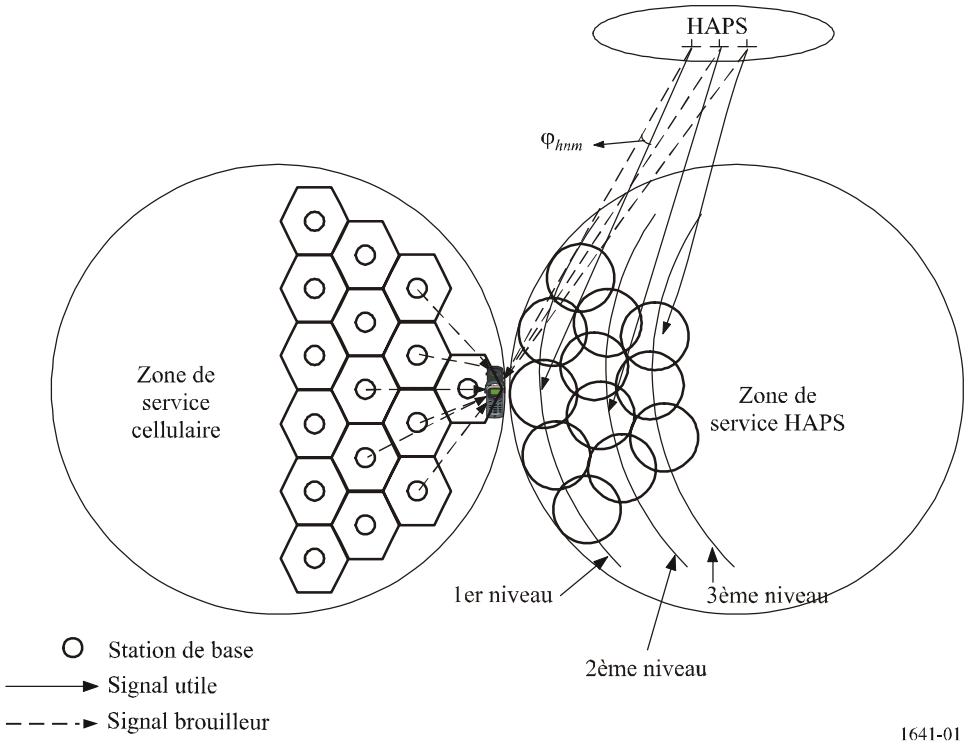
α_h: facteur d'activité vocale du système HAPS

M_h: nombre d'utilisateurs du système HAPS par cellule

l_h: affaiblissement sur le trajet du système HAPS par kilomètre.

FIGURE 1

Modèle du brouillage causé à une station mobile cellulaire



Le rapport *C*/*I* d'une station mobile cellulaire peut être calculé à partir de l'équation (6).

$$C/I = \frac{P_F(r_j) \times 10^{\frac{G_i}{10}} \times l_i \times R_i^{-4}}{I} \tag{6}$$

où:

$P_F(r_j)$: puissance d'émission associée à une liaison d'utilisateur pour la distance r_j

r_j: distance entre la station de base cellulaire associée à la porteuse et le $j^{\text{ième}}$ utilisateur cellulaire

R_i: rayon d'une cellule du système cellulaire (km).

3.2 Valeur *C*/*I* requise pour déterminer la distance de séparation

Dans la présente Recommandation, la distance de séparation est définie comme étant la distance entre le contour de couverture du système HAPS et le contour de couverture de la cellule la plus proche desservant la station mobile cellulaire brouillée. Pour partager le spectre entre le système HAPS et le système cellulaire assurant un service IMT-2000 dans une zone adjacente, il est nécessaire de déterminer la distance de séparation appropriée. La valeur requise du rapport *C*/*I* pour un système AMRC cellulaire est donnée par l'équation (7):

$$(C/I)_{req} = \left(\frac{E_b}{I_0}\right)\left(\frac{R_b}{B_c}\right) \tag{7}$$

où:

E_b: énergie/bit

I_0: puissance brouilleuse/Hz

R_b: nombre de bits/s

B_c: largeur de bande du canal radioélectrique (Hz).

Annexe 2

Exemple de calcul de la distance de séparation entre un système HAPS et un système cellulaire assurant un système IMT-2000

1 Paramètres nécessaires au calcul du rapport *C*/*I*

Le Tableau 1 indique les paramètres et les valeurs utilisés pour le calcul du rapport *C*/*I* au niveau d'une station mobile cellulaire brouillé par une station de base HAPS et par des stations de base cellulaires.

TABLEAU 1

Paramètres nécessaires au calcul du rapport *C*/*I*

Paramètre	Valeur
Fréquence (MHz)	1 950
Nombre d'utilisateurs par cellule du système cellulaire	50
Nombre de niveaux brouilleurs	5
Rayon d'une cellule du système cellulaire (km)	1
Puissance d'émission par utilisateur du système cellulaire (mW)	100
Altitude de la station HAPS (km)	20
Rayon de couverture d'une cellule HAPS (km)	55
Facteur d'activité vocale du système cellulaire (α_i)	0,375
Facteur d'activité vocale du système HAPS (α_h)	0,375

Si E_b/I_0, R_b et B_c font respectivement 4,5 dB, 8 kbit/s et 1,25 MHz, on obtient une valeur requise du rapport *C*/*I* $(C/I)_{req}$ de −17,438 dB en appliquant l'équation (7).

Le rapport *C*/*I* donné par l'équation (7) est utilisé comme critère pour déterminer la distance de séparation entre un système HAPS et un système cellulaire assurant un service IMT-2000.

2 Calcul de la distance de séparation

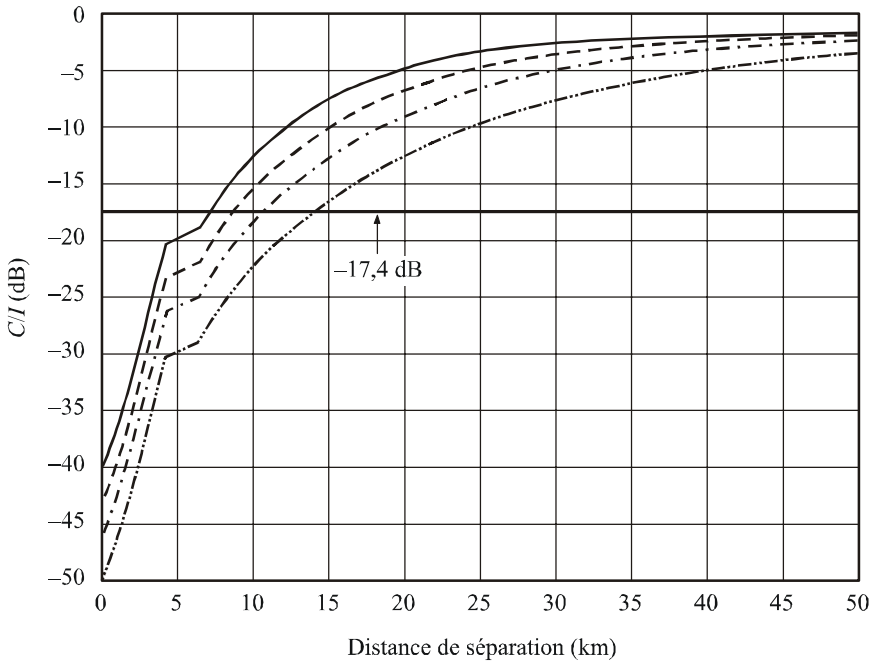
Pour analyser le brouillage causé à un système cellulaire, on utilise comme critère pour le rapport *C*/*I* nominal interne du système cellulaire de Terre dans cet exemple une valeur de –17,4 dB du rapport *C*/*I*, valeur qui permet de déterminer la distance de séparation entre un système HAPS et un système cellulaire. Ce critère devrait être considéré comme la valeur limite permettant l'exploitation d'une station mobile (les critères habituellement utilisés sont plus sévères).

On suppose que l'on peut compter jusqu'à 5 niveaux brouilleurs, car au-delà de ce chiffre le brouillage additionnel est négligeable. On estime que la valeur maximale du gain d'antenne de la station de base HAPS rapportée au rayon de la cellule HAPS est pertinente.

On représente sur les Fig. 2, 3 et 4 la valeur calculée (à partir de l'équation (5) et des considérations susmentionnées) du rapport *C*/*I* en fonction de la distance de séparation pour le modèle de Hata élargi, simplifié, compte tenu respectivement du nombre d'utilisateurs par cellule, de la puissance d'émission et du rayon d'une cellule du système HAPS.

FIGURE 2

Rapport *C*/*I* en fonction de la distance de séparation pour différents nombres d'utilisateurs par cellule du système HAPS

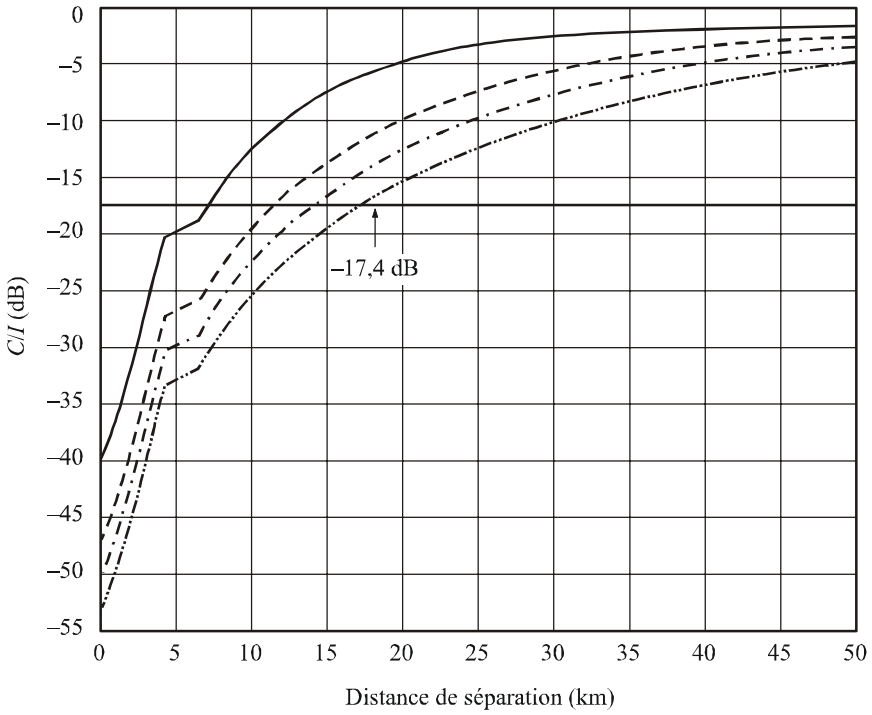


Puissance émise par le système cellulaire: 100 mW
Rayon d'une cellule du système cellulaire: 1 km
Nombre d'utilisateurs par cellule du système cellulaire: 50
Puissance émise par le système HAPS: 10 mW
Rayon d'une cellule HAPS: 2 km

Nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS: 50
Nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS: 200
Nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS: 100
Nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS: 500

1641-02

FIGURE 3
Rapport *C/I* en fonction de la distance de séparation pour différentes puissances d'émission

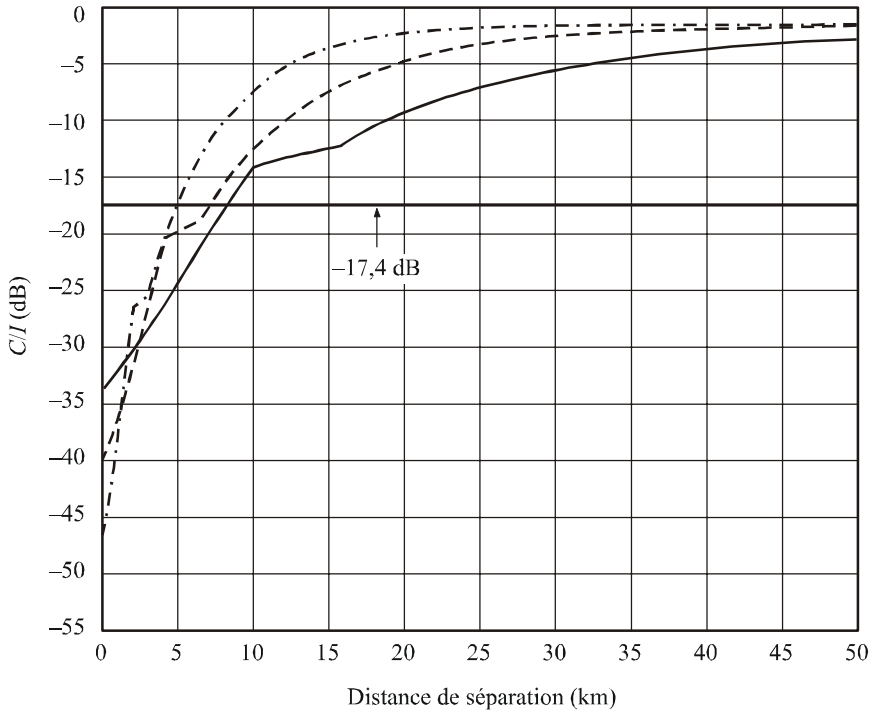


Puissance émise par le système cellulaire: 100 mW
Rayon d'une cellule du système cellulaire: 1 km
Nombre d'utilisateurs par cellule du système cellulaire: 50
Rayon d'une cellule HAPS: 2 km
Nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS: 50

——— Puissance émise par le système HAPS: 10 mW
– – – – Puissance émise par le système HAPS: 50 mW
– · – · – Puissance émise par le système HAPS: 100 mW
–··–··– Puissance émise par le système HAPS: 200 mW

1641-03

FIGURE 4
Rapport *C*/*I* en fonction de la distance de séparation pour différents rayons de cellule HAPS



Puissance émise par le système cellulaire: 100 mW
Rayon d'une cellule du système cellulaire: 1 km
Nombre d'utilisateurs par cellule du système cellulaire: 50
Puissance émise par le système HAPS: 10 mW
Nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS: 50

——— Rayon d'une cellule HAPS: 4 km – · – · – Rayon d'une cellule HAPS: 1 km

– – – – Rayon d'une cellule HAPS: 2 km 1641-04

La Fig. 2 illustre la valeur du rapport *C*/*I* en tant que fonction de la distance de séparation, compte tenu du nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS. Les valeurs de *C*/*I* au niveau d'une station mobile cellulaire sont inférieures à la valeur seuil de –17,4 dB au point de contact entre les deux systèmes. Lorsque la puissance d'émission par utilisateur du système HAPS est de 10 mW et que le rayon d'une cellule HAPS est de 2 km, une distance de séparation entre les deux systèmes est nécessaire: elle est de 7,2, 8,8, 10,8 ou 14,1 km lorsque le nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS est respectivement de 50, 100, 200 ou 500 (voir le Tableau 2).

La Fig. 3 illustre la valeur du rapport *C*/*I* en tant que fonction de la distance de séparation, compte tenu de la puissance d'émission par utilisateur du système HAPS. Les valeurs de *C*/*I* au niveau d'une station mobile cellulaire sont inférieures à la valeur seuil au point de contact entre les deux systèmes. Lorsque le nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS est de 50 et que le rayon d'une cellule HAPS est de 2 km, une distance de séparation entre les deux systèmes est nécessaire: elle est de 7,2, 11,5, 14,1 ou 17,4 km lorsque la puissance d'émission par utilisateur est respectivement de 10, 50, 100 ou 200 mW (voir le Tableau 3).

La Fig. 4 illustre la valeur du rapport *C*/*I* en fonction de la distance de séparation, compte tenu du rayon d'une cellule HAPS. Les valeurs de *C*/*I* au niveau d'une station mobile cellulaire dépendent du rayon des cellules HAPS. Lorsque le nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS est de 50 et que la puissance d'émission par cellule est de 10 mW, une distance de séparation entre les deux systèmes est nécessaire: elle est de 8,3, 7,2 ou 5 km lorsque le rayon d'une cellule du système HAPS est respectivement de 4, 2 ou 1 km (voir le Tableau 4).

Dans l'exemple de calcul avec C/I = –17,4 dB, la valeur de C/I qui aurait été obtenue en supposant uniquement un déploiement cellulaire (c'est-à-dire en l'absence de système HAPS) est d'environ –8 dB, ce qui signifie qu'une marge importante est accordée au brouillage externe. Dans le second exemple de calcul, on suppose que la valeur C/I est limitée à –12 dB.

TABLEAU 2

Distances de séparation pour différents nombres d'utilisateurs par cellule du système HAPS

Nombre d'utilisateurs par cellule du système HAPS	**Distance de séparation (km)**	
	***C/I* = –17,4 (dB)**	***C/I* = –12 (dB)**
50	7,2	10,6
100	8,8	12,9
200	10,8	15,9
500	14,1	20,9

TABLEAU 3

Distances de séparation pour différentes puissances d'émission

Puissance émise par le système HAPS (mW)	**Distance de séparation (km)**	
	***C/I* = –17,4 (dB)**	***C/I* = –12 (dB)**
10	7,2	10,6
50	11,5	17
100	14,1	20,9
200	17,4	25,7

TABLEAU 4

Distances de séparation pour différents rayons de cellule HAPS

Rayon de cellule HAPS (km)	**Distance de séparation (km)**	
	***C/I* = –17,4 (dB)**	***C/I* = –12 (dB)**
1	5	7,1
2	7,2	10,6
4	8,3	16,1

Appendice 1
à l'Annexe 1

Calcul du brouillage entre un système HAPS et un système cellulaire

1 Brouillage subi par une station mobile cellulaire

1.1 Brouillage causé par une station de base cellulaire

La puissance d'émission d'une station de base cellulaire établie à partir des lois de contrôle de puissance simplifiées est donnée par:

$$P_F(r_j) = \begin{cases} \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^4 S_i & \text{pour } 0 < r_j \le r_{i0} \\ \left(\frac{r_j}{R_i}\right)^4 S_i & \text{pour } r_{i0} < r_j \le R_i \end{cases} \quad (8)$$

où:

R_i: rayon d'une cellule du système cellulaire

r_j: distance par rapport à la j ième station mobile à l'intérieur d'une cellule

$P_F(r_j)$: puissance émise depuis la cellule vers le j ième utilisateur du système cellulaire.

Soit P_c la puissance moyenne émise depuis la station de base du système cellulaire. Selon la loi de contrôle de puissance de l'équation (8), P_c est exprimé comme suit:

$$\begin{aligned} P_c &= \alpha_i \rho_i \int_0^{R_i} P_F(r_j) \times 2\pi r_j \, dr_j \\ &= 2\pi\alpha_i\rho_i \left[\int_0^{r_{i0}} \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^4 S_i r_j \, dr_j + \int_{r_{i0}}^{R_i} \left(\frac{r_j}{R_i}\right)^4 S_i r_j \, dr_j \right] \\ &= \frac{\pi\alpha_i\rho_i S_i R_i^2}{3} \left[1 + \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^6 \right] \end{aligned} \quad (9)$$

où:

ρ_i: densité d'utilisateurs.

Si $\rho_i = \frac{M_i}{\pi {R_i}^2}$, l'expression de P_c devient:

$$P_c = \frac{\alpha_i S_i M_i}{3} \left[1 + \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^6 \right] \quad (10)$$

Si la distance de rupture $r_{i0} = 0{,}55\ R_i$, alors $\left[1+\left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^6\right] \approx 1{,}027 \approx 1$.

L'équation (10) devient alors:

$$P_c = \frac{\alpha_i S_i M_i}{3} \tag{11}$$

Le brouillage total causé par une station de base cellulaire à une station mobile cellulaire est donné par:

$$I_{Cellular} = \sum_{n=1}^{N}\left[\sum_{m=1}^{c_{in}} l_i P_c 10^{\frac{G_i}{10}} d_{inm}{}^{-4}\right] = \frac{\alpha_i S_i M_i l_i}{3} 10^{\frac{G_i}{10}} \sum_{n=1}^{N}\left[\sum_{m=1}^{c_{in}} d_{inm}{}^{-4}\right] \tag{12}$$

1.2 Brouillage causé par la station de base HAPS

La puissance par cellule du $n^{\text{ième}}$ niveau émise par la station de base HAPS, P_{hn}, est donnée par l'équation (14).

Pour obtenir le même niveau de puissance reçue au bord de la cellule dans chaque zone de service, la puissance d'émission du système HAPS par utilisateur serait calculée comme suit:

$$P_{hn} = \alpha_h S_{hn} M_h \tag{13}$$

$$S_{hn} = \begin{cases} \dfrac{l_i}{l_h}\dfrac{10^{(Gi/10)}}{10^{(G_{hn}/10)}}\dfrac{d_h{}^2}{r_i{}^4} S_i, & n=1 \\ \dfrac{10^{(G_{h(n-1)}/10)}}{10^{(G_{hn}/10)}}\dfrac{d_{hn}{}^2}{d_{h(n-1)}{}^2} S_{h(n-1)}, & n \geq 2 \end{cases}$$

où:

S_{hn}: puissance sur la liaison aller du système HAPS vers l'utilisateur au bord de la cellule du système HAPS située au $n^{\text{ième}}$ niveau

d_{hn}: distance entre une station de base HAPS et une station mobile HAPS du $n^{\text{ième}}$ niveau située au point le plus proche de la couverture du système cellulaire.

Le brouillage total causé par la station de base HAPS à une station mobile cellulaire est donné par:

$$I_{HAPS} = \sum_{n=1}^{N}\left[\sum_{m=1}^{c_{hn}} l_h P_h 10^{\frac{G_{hn}(\varphi_{hnm})}{10}} d_h{}^{-2}\right] = \alpha_h M_h l_h d_h{}^{-2}\left[\sum_{n=1}^{N} S_{hn} \sum_{m=1}^{c_{hn}} 10^{\frac{G_{hn}(\varphi_{hnm})}{10}}\right] \tag{14}$$

où:

$d_h = \sqrt{r_h{}^2 + h_s^2}$

r_h: distance entre le nadir d'une station HAPS et une station mobile cellulaire

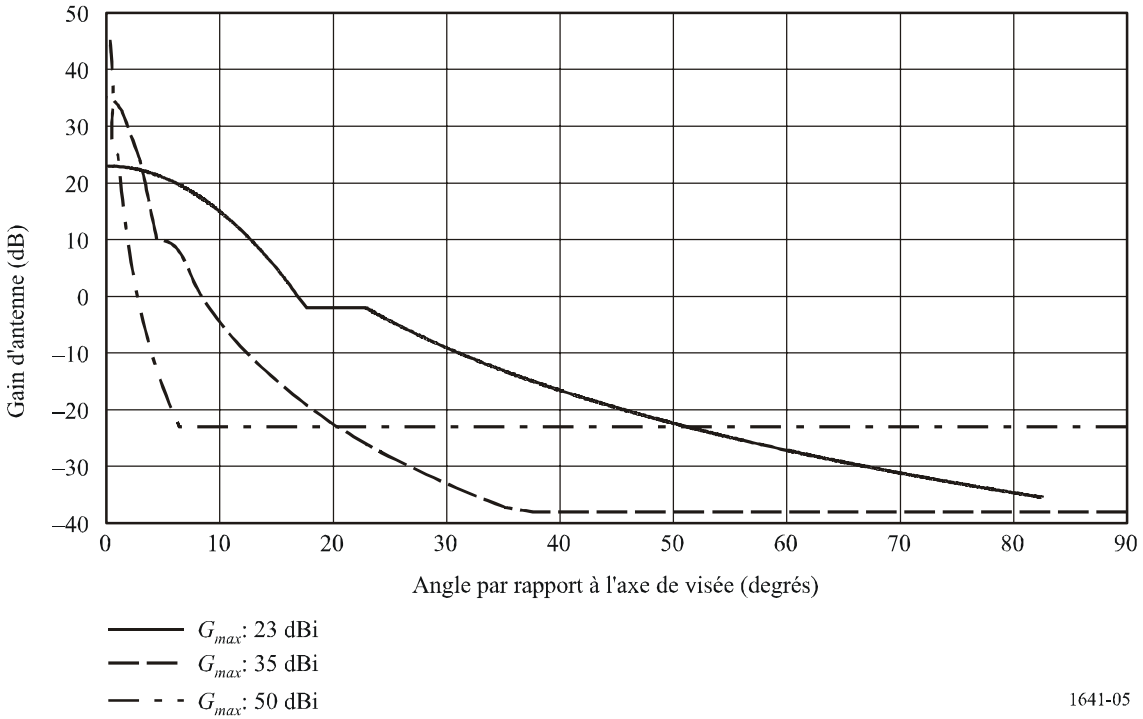
h_s: altitude de la station HAPS.

Appendice 2
à l'Annexe 1

Diagrammes de rayonnement d'antenne

1 Diagramme de rayonnement de référence utilisé (Recommandation UIT-R M.1456)

Les caractéristiques supposées du diagramme de rayonnement de référence sont indiquées sur la Fig. 5 pour des valeurs maximales du gain d'antenne de 23 dBi, 35 dBi et 50 dBi respectivement.

FIGURE 5

Diagrammes de rayonnement d'antenne