

# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R F.1607**  
(02/2003)

**Techniques de réduction des brouillages à  
utiliser par les stations placées sur des  
plates-formes à haute altitude dans les  
bandes 27,5-28,35 GHz et 31,0-31,3 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
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	<b>Service fixe</b>
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	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.1607\*

**Techniques de réduction des brouillages à utiliser par les stations placées sur des plates-formes à haute altitude dans les bandes 27,5-28,35 GHz et 31,0-31,3 GHz**

(2003)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation décrit des techniques d'atténuation des brouillages pour des systèmes utilisant des stations HAPS et fonctionnant dans les bandes 27,5-28,35 GHz et 31,0-31,3 GHz. Ces techniques permettraient d'atténuer les diverses incidences des brouillages causés et subis par d'autres systèmes utilisant en partage la même bande ou exploités dans des bandes adjacentes. L'Annexe décrit brièvement ces techniques et donne leurs avantages, notamment l'accroissement de la valeur minimale de l'angle d'élévation, l'amélioration des diagrammes de rayonnement d'antenne, les effets d'écran dus à l'enveloppe du dirigeable HAPS, l'assignation dynamique des canaux et la régulation automatique de la puissance d'émission.

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,

*reconnaissant*

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

*recommande*

**1** d'envisager, lors de la mise au point d'un système utilisant des stations HAPS dans les bandes 27,5-28,35 et 31,0-31,3 GHz, l'utilisation des techniques générales de réduction des brouillages énumérées ci-après:

- a) augmentation de la valeur minimale de l'angle d'élévation opérationnel;
- b) amélioration des diagrammes de rayonnement des antennes à bord des dirigeables HAPS et des stations au sol associées;
- c) effet d'écran dû à l'enveloppe du dirigeable HAPS;
- d) assignation dynamique des canaux;
- e) régulation automatique de la puissance d'émission (RAPE);

**2** de considérer que les Notes ci-après font partie intégrante de la présente Recommandation:

NOTE 1 – Dans l'Annexe 1 sont exposés les principes généraux des techniques de réduction des brouillages susmentionnées. On trouvera dans l'Annexe 2 une description plus détaillée de l'assignation dynamique des canaux.

NOTE 2 – Il convient de se référer à la nouvelle Recommandation UIT-R F.1569 concernant les systèmes HAPS exploités dans les bandes de fréquences 27,5-28,35 GHz et 31,0-31,3 GHz.

---

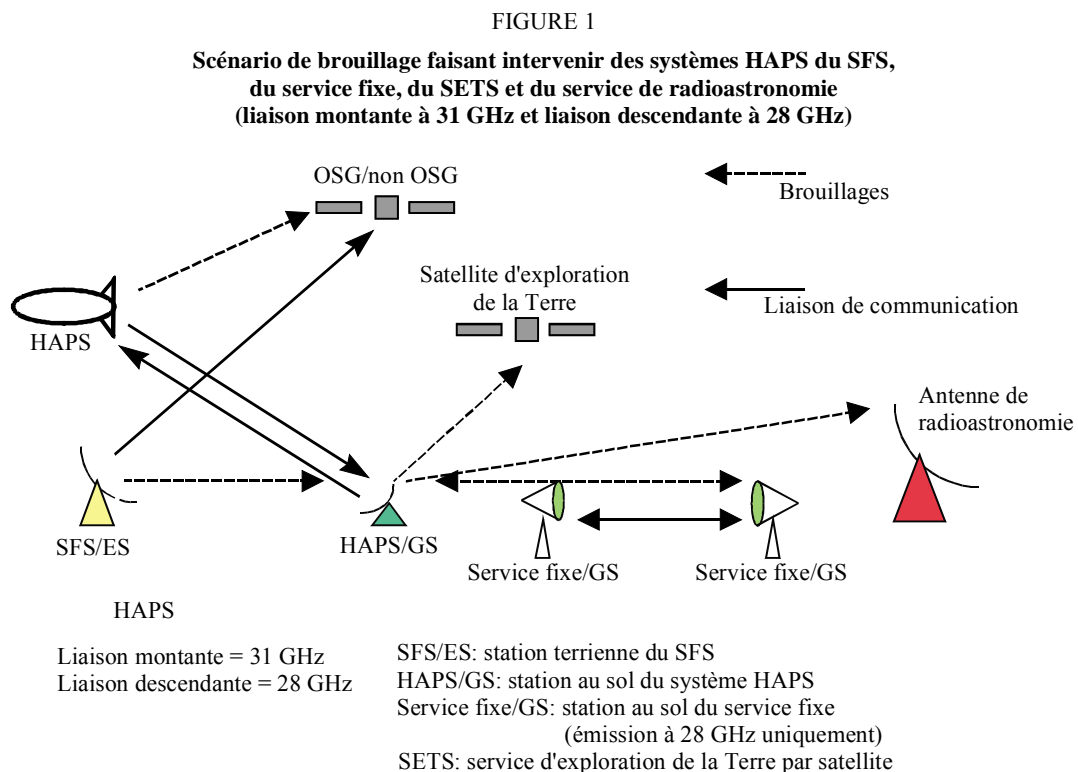
\* La Commission d'études 5 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à la présente Recommandation en décembre 2009 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

## Annexe 1

## Techniques de réduction des brouillages proposées par les stations HAPS dans les bandes 27,5-28,35 GHz et 31,0-31,3 GHz

### 1 Scénario de brouillage

Un exemple de scénario de brouillage faisant intervenir un système HAPS et d'autres systèmes est donné sur la Fig. 1. On trouvera dans la présente annexe une énumération des techniques de réduction des brouillages à utiliser pour le partage de fréquences entre un système HAPS et d'autres systèmes, ainsi que la description des principes et avantages de ces méthodes.



1607-01

### 2 Techniques de réduction des brouillages

On récapitule dans le Tableau 1 les relations existant entre les techniques de réduction des brouillages et les scénarios de brouillage auxquels elles s'appliquent. Les principes et avantages de ces méthodes sont ensuite explicités.

TABLEAU 1

**Relations entre les techniques de réduction des brouillages  
et les scénarios de brouillage correspondants**

Systèmes intervenant dans le partage de fréquences et le scénario de brouillage		SFS (brouillages à l'intérieur de la bande)		Brouillages subis/causés par le service fixe (brouillages à l'intérieur de la bande)	Services scientifiques (brouillages dans les bandes adjacentes)	
		Brouillages subis par un satellite du SFS	Brouillages causés par une station terrienne du SFS		Brouillages subis par un satellite du SETS	Brouillages subis par une station du service de radioastronomie
Techniques de réduction des brouillages						
1) Accroissement de la valeur minimale de l'angle d'élévation opérationnel			√	√		√
2) Amélioration des diagrammes de rayonnement des antennes à bord des dirigeables HAPS et des stations au sol associées		√	√	√		√
3) Effet d'écran dû à l'enveloppe du dirigeable HAPS		√				
4) Assignation dynamique des canaux			√	√		
5) RAPE	Liaison HAPS montante			√	√	√
	Liaison HAPS descendante	√		√		

√: Technique applicable.

1) *Accroissement de la valeur minimale de l'angle d'élévation opérationnel*

Il est possible de diminuer les brouillages causés à une station au sol HAPS par une station terrienne du SFS, les brouillages entre une station au sol du service fixe et une station au sol HAPS ainsi que les brouillages causés à une station du service de radioastronomie par une station au sol HAPS en accroissant la valeur minimale de l'angle d'élévation opérationnel de la station au sol HAPS, de manière à augmenter l'espacement angulaire par rapport aux stations au sol des autres services considérés. La distance de séparation requise peut donc être diminuée.

Si on accroît par exemple l'angle d'élévation opérationnel minimal de la station au sol HAPS de 20° à 40°, on réduit environ de moitié (de 42% précisément) la distance de séparation requise (voir ci-dessous). En théorie, le diagramme de rayonnement d'antenne d'une station au sol HAPS suit, dans la gamme angulaire considérée, l'équation ci-après, tirée de la Recommandation UIT-R F.1245:

$$G(\varphi) = 39 - 5 \log_{10}(D/\lambda) - 25 \log_{10}(\varphi)$$

où:

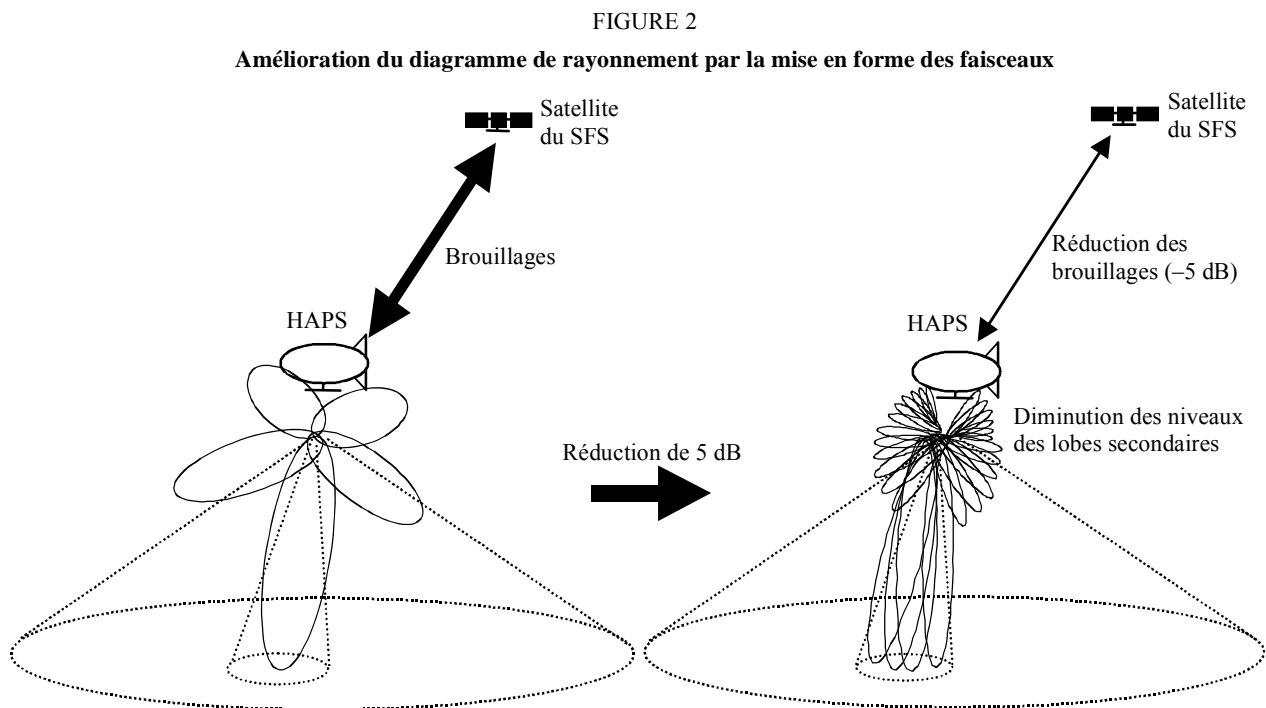
<p> <math>\varphi</math>: angle par rapport à l'axe de visée (en degrés)  <math>D</math>: diamètre d'antenne  <math>\lambda</math>: longueur d'onde </p>	}	exprimés dans la même unité
--	---	-----------------------------

On calcule que la différence entre le gain d'antenne à  $20^\circ$  par rapport à l'axe et celui à  $40^\circ$  par rapport à l'axe est d'environ 7,5 dB. Il s'agit donc d'une diminution par un facteur  $1/\sqrt{10^{7,5/10}} = 0,42$ , puisque l'affaiblissement le long du trajet est proportionnel au carré de la distance d'émission. On notera qu'il convient d'accroître le nombre de dirigeables HAPS requis dans le cas d'un angle d'élévation minimal de  $40^\circ$  si l'on veut que la zone globale de couverture du service reste inchangée.

2) *Amélioration des diagrammes de rayonnement des antennes à bord des dirigeables HAPS et des stations au sol associées*

On peut diminuer les brouillages causés aux satellites du segment spatial par un dirigeable HAPS en appliquant la technique de mise en forme du diagramme de rayonnement aux différents faisceaux de l'antenne multifaisceaux du dirigeable HAPS, car cette méthode permet d'améliorer les caractéristiques du lobe principal et des lobes latéraux.

Les résultats d'études préliminaires laissent supposer qu'il serait possible de réduire d'environ 5 dB la puissance de rayonnement des lobes latéraux et du lobe arrière en appliquant la technique de mise en forme de diagramme au faisceau d'antenne présentant les caractéristiques les plus défavorables avec quatre faisceaux en grappe (voir la Fig. 2). Cette amélioration est due à une diminution de la puissance d'émission grâce à l'accroissement du gain d'antenne sur l'axe de visée, ainsi qu'à la réduction du gain des lobes latéraux.



L'amélioration du diagramme de rayonnement de l'antenne d'une station au sol HAPS (par une diminution du gain aux angles d'élévation inférieurs à l'angle d'élévation opérationnel minimal du système HAPS) permet également de diminuer les brouillages survenant entre la station au sol HAPS et les stations au sol exploitées par d'autres services (stations du service fixe, stations terriennes du SFS ou stations du service de radioastronomie).

### 3) *Effet d'écran dû à l'enveloppe du dirigeable HAPS*

Cet effet est induit par le revêtement métallique de l'enveloppe du dirigeable HAPS. Les brouillages entre le dirigeable HAPS et les satellites du segment spatial sont moins importants si l'on tient compte de l'effet d'écran modifiant les caractéristiques des lobes latéraux et du lobe arrière de l'antenne embarquée sur le dirigeable HAPS.

Une analyse par dispersion électromagnétique fondée sur le modèle d'un conducteur cylindrique à deux dimensions associé à une onde plane à incidence normale a permis d'étudier l'effet d'écran escompté. Il en ressort, après approximation, que l'on peut appliquer le gabarit d'effet d'écran ci-après dans le cas où le diamètre maximal des coupes verticales du dirigeable HAPS est supérieur à 15 m et la fréquence des signaux est supérieure à 20 GHz.

0 dB	pour $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$
0,5( $\theta - 90$ ) dB	pour $90^\circ < \theta \leq 120^\circ$
15 dB	pour $120^\circ < \theta \leq 180^\circ$

où  $\theta$  est l'espacement angulaire entre la direction formée par le dirigeable HAPS et son nadir et la direction considérée (celle d'un satellite par exemple).

Il est nécessaire de procéder à des expériences sur le terrain pour évaluer plus précisément l'effet d'écran.

### 4) *Assignment dynamique des canaux*

L'assignation dynamique des canaux (DCA, *dynamic channel assignment*) est une technique de réduction des brouillages fondée sur la recherche et l'utilisation de créneaux fréquentiels ou temporels non utilisés afin d'éviter les brouillages causés ou subis. Associée à une fonction d'autocontrôle, elle permet un partage efficace avec d'autres services lorsque les systèmes de communication sont exploités sur la base d'une assignation à la demande.

On peut par exemple utiliser le système d'assignation dynamique des canaux en fonction de l'activité observée (DCAAS, *dynamic channel activity assignment system*), dont est équipé le système à satellites (non OSG) du service mobile par satellite LEOTELECOM-1. Ainsi, si on applique à un système HAPS les principes d'utilisation de la technique DCCAS mis en œuvre pour le système à satellites non OSG, on peut distinguer les étapes suivantes:

- le dirigeable HAPS dispose d'une fonction embarquée de surveillance des fréquences;
- il surveille l'état d'utilisation des fréquences par les autres systèmes avec lesquels il partage des fréquences;
- il assigne un des créneaux de fréquences surveillés non utilisés à sa liaison de communication.

S'il est nécessaire de procéder à un partage des fréquences dans une même bande et pour une même zone de service, la technique DCA pourrait se révéler être la seule technique efficace. On trouvera dans l'Annexe 2 les résultats d'études préliminaires portant sur l'application de cette technique au partage de fréquences entre un système HAPS et un système d'accès hertzien fixe.

### 5) *Régulation automatique de la puissance d'émission (RAPE)*

L'affaiblissement dû à la pluie est pris en compte dans la conception des systèmes de radiocommunications fonctionnant dans des bandes de fréquences élevées, via l'augmentation de la puissance d'émission par une valeur compensant cet affaiblissement. La RAPE est une fonction permettant de commander le niveau de puissance émise à partir des données de surveillance des conditions météorologiques ou de la puissance reçue. La puissance d'émission est augmentée en cas de pluie et diminuée par temps clair.

La RAPE étant essentiellement le moyen pour éviter d'émettre inutilement une trop forte puissance, son utilité est claire du point de vue de la réduction des brouillages. Son rôle est évident en cas de brouillages dans la bande entre une station au sol HAPS et une station au sol du service fixe. Cette commande peut par ailleurs permettre de réduire le niveau des rayonnements non désirés, susceptibles de brouiller des services scientifiques tels que le SETS ou le service de radio-astronomie fonctionnant dans une bande adjacente.

La RAPE au niveau d'un émetteur de faisceaux ponctuels embarqué sur un dirigeable HAPS permet par temps clair de réduire les brouillages sur la liaison descendante causés à des satellites exploités dans la même bande, alors qu'en cas de pluie, la puissance de brouillage est augmentée. Toutefois, les zones de forte pluie pour lesquelles la RAPE induit une plus grande puissance d'émission sont en réalité très limitées, ainsi que les pourcentages de temps associés; l'incidence des brouillages cumulatifs causés aux satellites par tous les faisceaux ponctuels de tous les dirigeables HAPS ne sera donc jamais très importante.

Il est nécessaire lorsqu'on fabrique les équipements d'étudier les effets de la RAPE sur les performances en termes de niveau de bruit, en particulier concernant le niveau de bruit hors bande d'un module RF tel que l'amplificateur à forte puissance.

## Annexe 2

### **Assignation dynamique des canaux pour faciliter le partage dans les bandes 27,5-28,35 GHz et 31,0-31,3 GHz entre le service fixe utilisant des stations HAPS et des stations conventionnelles du service fixe**

#### **1 Introduction**

Concernant le service fixe utilisant des stations HAPS, la CMR-2000 a décidé d'autoriser l'utilisation de la bande 27,5-28,35 GHz pour la liaison descendante (sens station HAPS-sol) et de la bande 31,0-31,3 GHz pour la liaison montante (sens sol-station HAPS) dans les pays concernés, à condition que ce service ne cause pas de brouillages préjudiciables ni ne demande à bénéficier d'une protection (numéros 5.537A et 5.543A du RR). Ces bandes ayant été attribuées à titre primaire au service fixe, le service fixe utilisant des stations HAPS doit utiliser ces bandes en partage avec d'autres systèmes du service fixe.

La DCA est, parmi diverses techniques envisageables de réduction des brouillages, une de celles les plus intéressantes pour faciliter le partage entre les services susmentionnés. On trouvera dans la présente Annexe l'état d'avancement actuel des études de faisabilité concernant l'application de la technique DCA au service fixe utilisant des stations HAPS et partageant des fréquences avec d'autres systèmes conventionnels du service fixe. Ces études portent principalement sur les possibilités de détection des porteuses du service fixe par le système HAPS lorsque le système conventionnel du service fixe considéré est le système d'accès hertzien fixe en configuration point à multipoint.



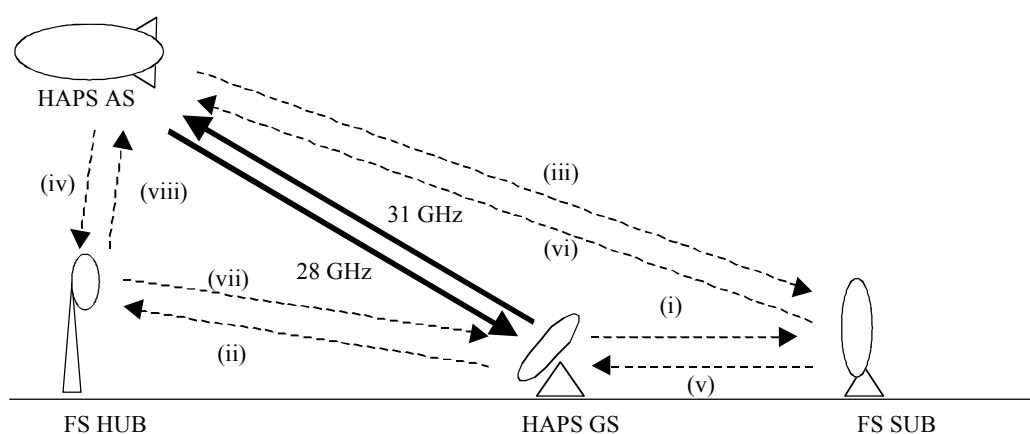
## 2 Trajets de brouillage et détection des porteuses pour la technique DCA

On recense les trajets de brouillage suivants entre le service fixe HAPS et le service fixe point à multipoint utilisant en partage la bande à 28 GHz ou la bande à 31 GHz (voir la Fig. 3).

- (i) brouillages causés par une station HAPS GS à une station FS SUB (31 GHz);
- (ii) brouillages causés par une station HAPS GS à une station FS HUB (31 GHz);
- (iii) brouillages causés par une station HAPS AS à une station FS SUB (28 GHz);
- (iv) brouillages causés par une station HAPS AS à une station FS HUB (28 GHz);
- (v) brouillages causés par une station FS SUB à une station HAPS GS (28 GHz);
- (vi) brouillages causés par une station FS SUB à une station HAPS AS (31 GHz);
- (vii) brouillages causés par une station FS HUB à une station HAPS GS (28 GHz);
- (viii) brouillages causés par une station FS HUB à une station HAPS AS (31 GHz).

NOTE 1 – HAPS GS: station au sol du système HAPS  
 HAPS AS: dirigeable du système HAPS  
 FS SUB: station d'abonné du service fixe  
 FS HUB: station centrale du service fixe.

FIGURE 3  
 Trajets de brouillage



1607-03

On étudie dans la présente Annexe les trajets (i), (ii), (iii) et (iv), susceptibles d'avoir une incidence importante sur les stations conventionnelles du service fixe. Les autres trajets de brouillage feront l'objet d'études ultérieures. Il sera toutefois possible de gérer facilement les cas (v) à (viii) dans un système HAPS grâce à une assignation des canaux évitant d'utiliser les canaux dans lesquels on détecte des brouillages au niveau des stations du système HAPS.

Afin de mettre en œuvre la technique DCA, un système HAPS doit en premier lieu détecter les canaux utilisés par un autre système du service fixe. Il peut alors éviter de causer des brouillages ou d'en subir en assignant des canaux non utilisés par le système du service fixe. Il existe deux possibilités pour détecter les canaux utilisés par le système du service fixe, en supposant que le système HAPS ne dispose d'aucune information préalable sur ces canaux:

- la station HAPS GS détecte les porteuses émises par la station FS SUB ou FS HUB;
- la station HAPS AS détecte les porteuses émises par la station FS SUB ou FS HUB.

La détection peut cependant ne pas être facile, en particulier pour les trajets (i) et (ii) et lorsque le système du service fixe utilise la technique duplex à répartition en fréquence (DRF). Dans certains cas, la station HAPS GS peut brouiller de façon importante une station du service fixe, mais ni la station HAPS AS, ni la station HAPS GS ne peuvent détecter de porteuse utilisée par la station du service fixe, car le système HAPS et le système du service fixe utilisent tous deux des antennes directives à faible niveau de gain des lobes latéraux aux fréquences élevées. Le système HAPS peut détecter les canaux utilisés par le système du service fixe seulement si ce dernier met en œuvre une transmission duplex à répartition dans le temps (DRT) ou si le système HAPS sait quels sont les deux canaux utilisés pour le mode DRF par le système du service fixe.

### 3 Méthode de calcul et paramètres système supposés

Les niveaux de détection du signal émis par une station du service fixe au niveau des stations HAPS GS et HAPS AS se calculent comme suit:

$$P_{GS} = P_{FSTX} + G_{FSTX}(a_{GS}) - L(d_{FS-GS}) + G_{GSRX}(a_{FS}) - L_{GSRX} - 10 \log B_{FS} \quad \text{dB(W/MHz)} \quad (1)$$

$$P_{AS} = P_{FSTX} + G_{FSTX}(a_{AS}) - L(d_{FS-AS}) - L_{atm}(h, \theta) + G_{ASRX}(a_{FS}) - L_{ASRX} - 10 \log B_{FS} \quad \text{dB(W/MHz)} \quad (2)$$

où:

- $P_{GS}$ : puissance reçue par la station HAPS GS (dBW)
- $P_{AS}$ : puissance reçue par la station HAPS AS (dBW)
- $P_{FSTX}$ : puissance émise par la station du service fixe (HUB ou SUB) (dBW)
- $G_{FSTX}(a)$ : gain de l'antenne d'émission de la station du service fixe suivant l'angle  $a$  par rapport à l'axe de visée (dBi)
- $a_{GS}$ : angle entre l'axe de visée de la station du service fixe et la direction de la station HAPS GS (degrés)
- $a_{AS}$ : angle entre l'axe de visée de la station du service fixe et la direction de la station HAPS AS (degrés)
- $L(d)$ : affaiblissement en espace libre sur la distance  $d$  (dB)
- $L_{atm}(h, \theta)$ : affaiblissement par absorption dans l'atmosphère pour une altitude  $h$  de la station du service fixe et un angle d'élévation  $\theta$  (dB)
- $d_{FS-GS}$ : distance entre la station du service fixe et la station HAPS GS (km)
- $d_{FS-AS}$ : distance entre la station du service fixe et la station HAPS AS (km)
- $G_{GSRX}(a)$ : gain de l'antenne de réception de la station HAPS GS suivant l'angle  $a$  par rapport à l'axe de visée (dBi)
- $G_{ASRX}(a)$ : gain de l'antenne de réception de la station HAPS AS suivant l'angle  $a$  par rapport à l'axe de visée (dBi)
- $a_{FS}$ : angle entre l'axe de visée de la station HAPS GS ou HAPS AS et la direction de la station du service fixe (degrés)
- $L_{GSRX}$ : affaiblissement interne dans le récepteur de la station HAPS GS (dB)
- $L_{ASRX}$ : affaiblissement interne dans le récepteur de la station HAPS AS (dB)
- $B_{FS}$ : largeur de bande du signal émis par la station du service fixe (MHz).

L'accroissement du niveau de bruit dans les récepteurs des stations HAPS GS et HAPS AS, provoqué par la détection des signaux émis par la station du service fixe, est donné par les formules suivantes:

$$\Delta N_{GS} = 10 \log \left( 10^{\frac{P_{GS}}{10}} + 10^{\frac{N_{GS}}{10}} \right) - N_{GS} \quad \text{dB} \quad (3)$$

$$\Delta N_{AS} = 10 \log \left( 10^{\frac{P_{AS}}{10}} + 10^{\frac{N_{AS}}{10}} \right) - N_{AS} \quad \text{dB} \quad (4)$$

où:

- $\Delta N_{GS}$ : accroissement du niveau de bruit dans le récepteur de la station HAPS GS (dB)
- $\Delta N_{AS}$ : accroissement du niveau de bruit dans le récepteur de la station HAPS AS (dB)
- $N_{GS}$ : densité spectrale de puissance de bruit du système mesurée au niveau du récepteur de la station HAPS GS (dB(W/MHz))
- $N_{AS}$ : densité spectrale de puissance de bruit du système mesurée au niveau du récepteur de la station HAPS AS (dB(W/MHz)).

La puissance des brouillages causés à la station du service fixe par la station HAPS GS se calcule comme suit:

$$I_{FS} = P_{GSTX} + G_{GSTX}(a_{FS}) - L(d_{GS-FS}) + G_{FSRX}(a_{GS}) - L_{FSRX} - 10 \log B_{FS} \quad \text{dB(W/MHz)} \quad (5)$$

où:

- $I_{FS}$ : puissance de brouillage reçue au niveau de la station du service fixe (HUB ou SUB) (dBW)
- $P_{GSTX}$ : puissance émise au niveau de la station HAPS GS (dBW)
- $G_{GSTX}(a)$ : gain de l'antenne d'émission de la station HAPS GS suivant l'angle  $a$  par rapport à l'axe de visée (dBi)
- $G_{FSRX}(a)$ : gain de l'antenne de réception de la station du service fixe suivant l'angle  $a$  par rapport à l'axe de visée (dBi)
- $L_{FSRX}$ : affaiblissement interne dans le récepteur de la station du service fixe (dB).

Le rapport  $I/N$  (entre la puissance brouilleuse et la puissance de bruit) au niveau de la station du service fixe est donné par:

$$I/N = I_{FS} - N_{FS} \quad \text{dB} \quad (6)$$

où:

- $N_{FS}$ : densité spectrale de puissance de bruit au niveau du récepteur de la station du service fixe (HUB ou SUB) (dB(W/MHz)).

On suppose que les affaiblissements internes dans les récepteurs des stations HAPS GS, HAPS AS et FS s'élèvent à 0,5 dB. L'affaiblissement par absorption dans l'atmosphère  $L_{atm}(h, \theta)$  survenant entre une station du service fixe et la station HAPS AS peut être calculé grâce aux formules de

l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R F.1609. Dans le Tableau 2 sont indiqués les principaux paramètres du système du service fixe considéré. On trouvera dans le Tableau 5 b) de la Recommandation UIT-R F.1569 les paramètres du système HAPS. La puissance d'émission choisie à titre d'exemple pour le système point à multipoint du service fixe est relativement faible, afin d'évaluer si la détection des signaux émis par une station de ce système au niveau des stations du système HAPS en conditions difficiles est possible. La Fig. 4 présente les diagrammes utilisés dans cette étude pour une antenne sectorielle de la station FS HUB. Le diagramme en élévation est élaboré à partir de la méthode indiquée dans la Recommandation UIT-R F.1336-1, alors que le diagramme en azimut est provisoirement déduit du diagramme donné sur la Fig. 15 de l'Annexe 3 de la Recommandation UIT-R F.1336-1. On suppose que les antennes des stations FS HUB et FS SUB sont à l'altitude zéro par rapport au sol. Le cas d'une station FS SUB avec plusieurs angles d'élévation pourra faire l'objet d'une étude ultérieure.

TABLEAU 2

**Paramètres du système du service fixe (point à multipoint)**

Fréquence	GHz	31,15
Altitude des stations FS HUB et FS SUB	km	0
Largeur de bande	MHz	26
<i>Station FS HUB</i>		
Puissance d'émission	dBW	-4
Gain de l'antenne d'émission	dBi	15
Gain de l'antenne de réception	dBi	15
Facteur de bruit	dB	6
Diagramme de l'antenne de référence	Recommandation UIT-R F.1336	
<i>Station FS SUB</i>		
Puissance d'émission	dBW	-20
Gain de l'antenne d'émission	dBi	32
Gain de l'antenne de réception	dBi	32
Facteur de bruit	dB	6
Diagramme de l'antenne de référence	Recommandation UIT-R F.1245	

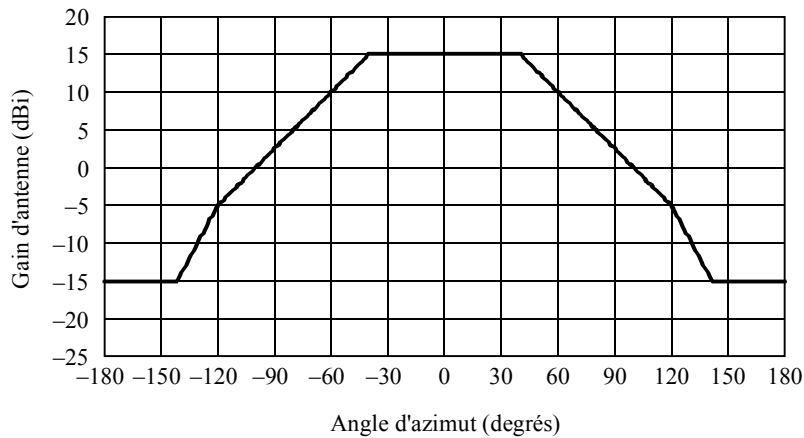
**4 Résultats des calculs**

On étudie trois cas correspondant aux emplacements types des stations HAPS et des stations du service fixe en fonction de l'emplacement relatif des stations du service fixe (voir la Fig. 5). On désigne par  $G_a$ ,  $G_b$ ,  $G_c$  et  $G_d$  les emplacements types des stations HAPS GS et par  $F_o$ ,  $F_a$ ,  $F_b$  et  $F_c$  les emplacements types des stations FS HUB et FS SUB. La distance entre les stations FS SUB et FS HUB est fixée à 2 km, et celle entre le point  $F_o$  et le nadir de la station HAPS AS est égale à 50 km. Dans tous les cas, une station HAPS GS (ou respectivement la station HAPS AS) s'apprête

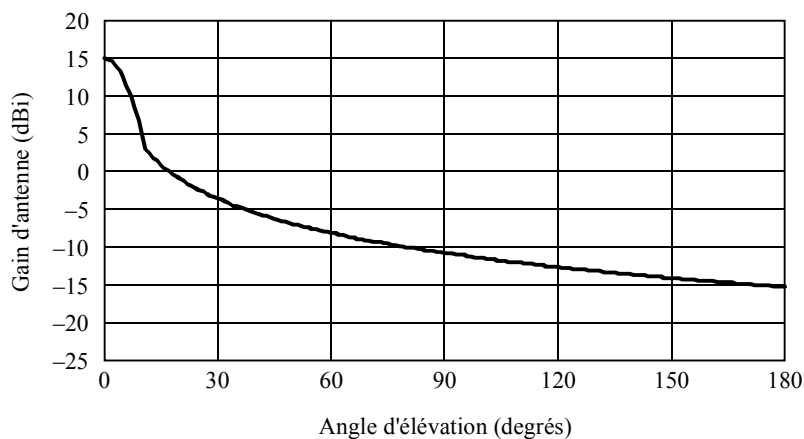
à envoyer un signal à la station HAPS AS (ou respectivement à une station HAPS GS), et la station HAPS GS (ou respectivement la station HAPS AS) surveille les canaux utilisés par le système du service fixe. Si cette dernière est capable de détecter les canaux utilisés, le système HAPS peut rechercher des canaux inutilisés et s'en assigner un qui permette d'éviter de brouiller le système du service fixe.

On examine dans les paragraphes ci-après le niveau de détection du signal émis par la station FS HUB ou FS SUB ainsi que le niveau de brouillage susceptible d'être causé au récepteur de cette station (FS HUB ou FS SUB), en fonction de la distance entre le point  $F_0$  et les stations HAPS GS. On suppose que le seuil de détection du signal correspond à une valeur de 1 dB de l'accroissement du niveau de bruit du récepteur d'une station HAPS GS ou HAPS AS, et que le critère de brouillage du système du service fixe vaut  $I/N = -10$  dB.

FIGURE 4  
Diagrammes utilisés dans l'étude pour une antenne sectorielle de la station FS HUB



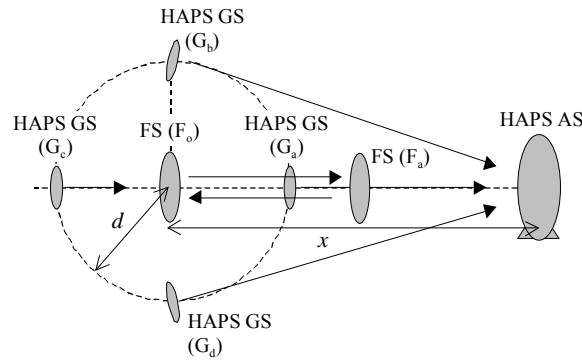
a) Diagramme en azimut (Fig. 15 de l'Annexe 3 de la Recommandation UIT-R F.1336-1)



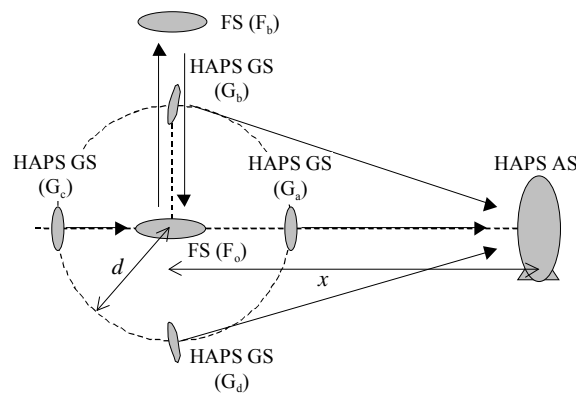
b) Diagramme en élévation (Fig. 16 de l'Annexe 3 de la Recommandation UIT-R F.1336-1)

FIGURE 5

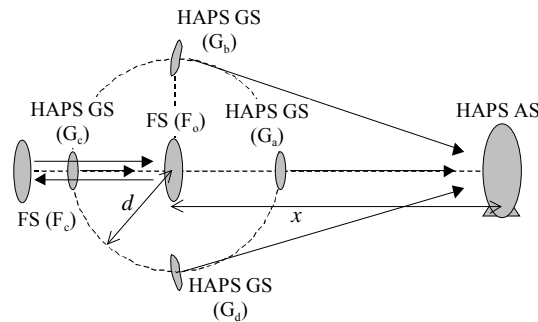
**Emplacements types des stations HAPS et des stations du service fixe  
(vues de dessus)**



a) Cas 1



b) Cas 2



c) Cas 3

$F_o, F_a, F_b, F_c$ : emplacement des stations du service fixe  
 $G_a, G_b, G_c, G_d$ : emplacement des stations au sol du système HAPS  
 HAPS AS: dirigeable du système HAPS  
 $d$ : distance entre le point  $F_o$  et les stations au sol du système HAPS  
 $x$ : distance au sol entre le dirigeable et la station du service fixe située en  $F_o$

1607-05

**a) Cas 1**

Les résultats des calculs pour le Cas 1 sont illustrés sur les Fig. 6A et 6B, pour lesquelles les stations FS HUB ou FS SUB sont placées en  $F_o$  et  $F_a$  ou en  $F_a$  et  $F_o$ . Les enseignements suivants peuvent être tirés.

- Lorsque les stations FS HUB et FS SUB sont placées respectivement en  $F_o$  et  $F_a$  (voir la Fig. 6A), la station FS SUB subit des brouillages très importants de la part des stations HAPS GS situées en  $G_a$  et  $G_c$  (voir la Fig. 6A c)).

- Cependant, seule la station HAPS GS en  $G_a$  peut détecter le signal émis par la station FS HUB tant que  $d > 1$  km; la technique DCA n'est donc pas applicable (voir la Fig. 6A a)).
- La détection de signal par la station HAPS AS pourrait également se révéler très difficile.
- Si le système du service fixe utilise la transmission en mode DRT ou si le système HAPS a connaissance d'un des deux canaux occupés par le signal émis par la station FS SUB sur la liaison montante du système du service fixe utilisant le mode DRF, le système HAPS est capable d'obtenir des informations sur le canal utilisé par le signal émis par la station FS HUB sur la liaison descendante via la détection du signal émis par la station FS SUB. La Fig. 6A b) indique que les stations HAPS GS en  $G_a$  et  $G_c$  peuvent détecter le signal émis par la station FS SUB, qui est pratiquement identique à ceux brouillant la station FS SUB; elle montre également que la technique DCA est applicable.
- Des conclusions quasiment identiques peuvent être tirées de la Fig. 6B lorsque les stations FS SUB et FS HUB sont placées respectivement en  $F_o$  et  $F_a$ .
- La station HAPS AS ne peut brouiller ni la station FS HUB ni la station FS SUB (voir les Fig. 6A c) et 6B c)).

FIGURE 6A

Cas 1 ( $F_x = F_a$ ) : station FS HUB en  $F_o$  et station FS SUB en  $F_a$

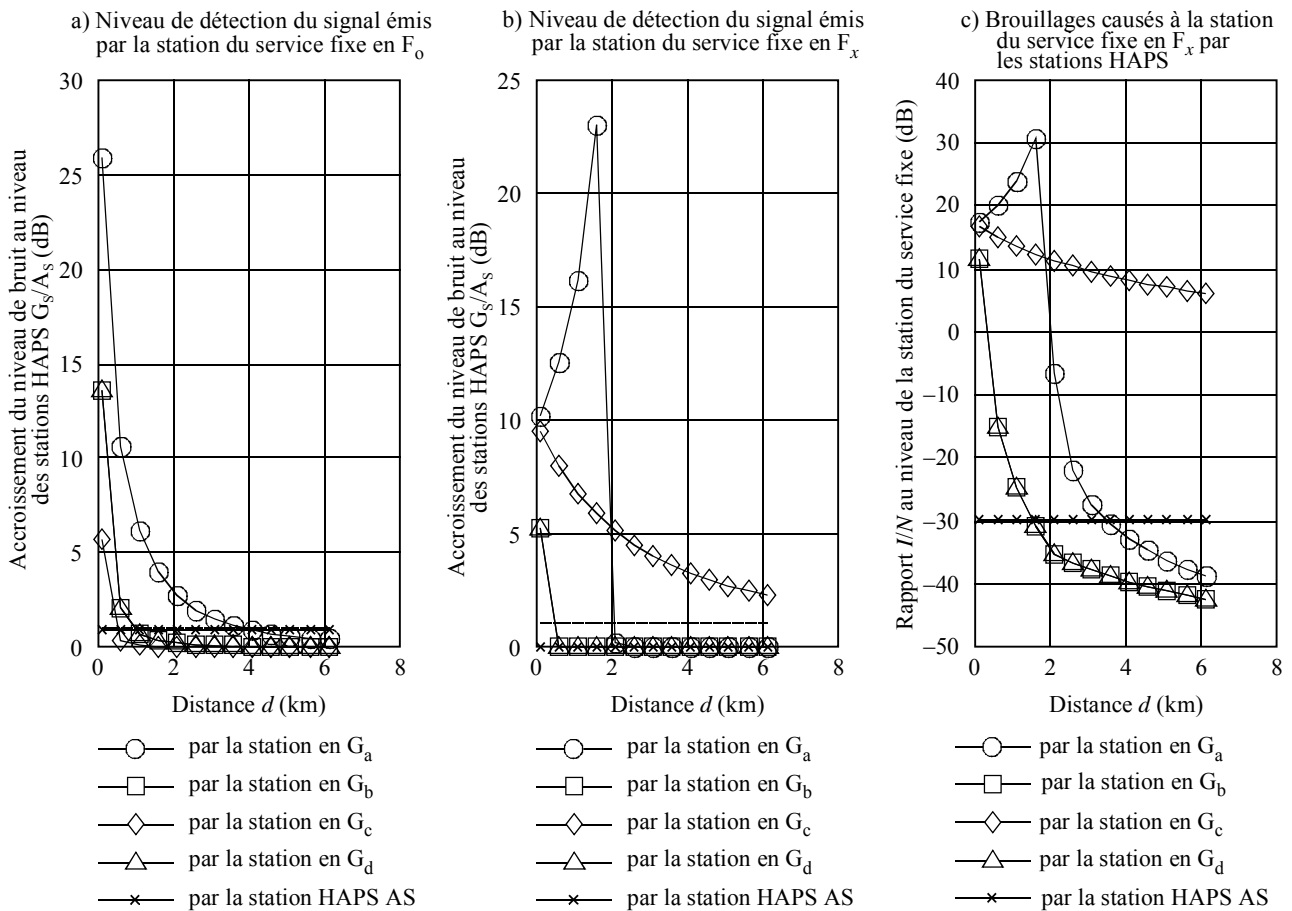
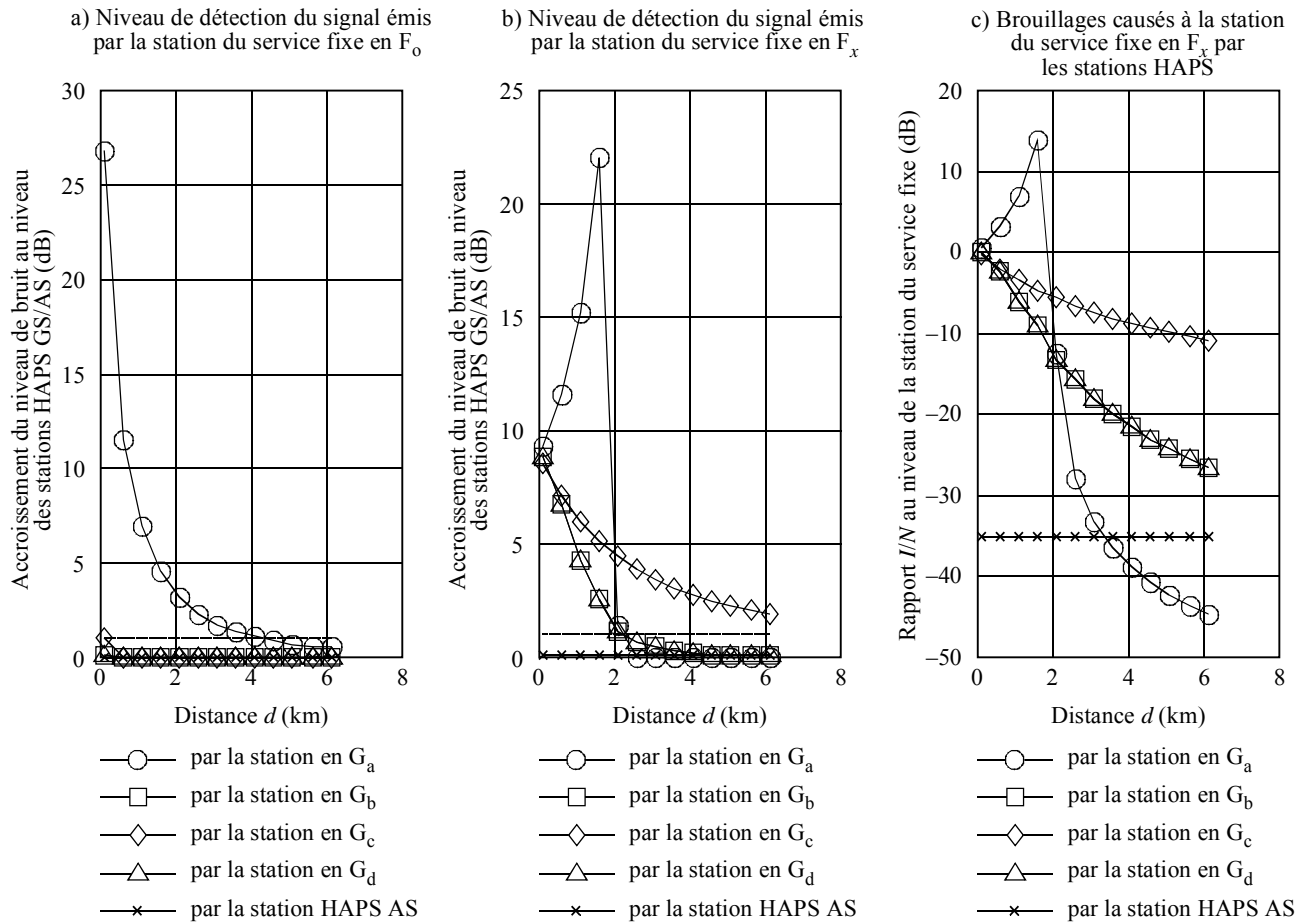


FIGURE 6B

Cas 1 ( $F_x = F_a$ ): station FS SUB en  $F_0$  et station FS HUB en  $F_a$ 

1607-06b

## b) Cas 2

Les résultats des calculs pour le Cas 2 sont illustrés sur les Fig. 7A et 7B, pour lesquelles les stations FS HUB ou FS SUB sont placées en  $F_0$  et  $F_b$  ou en  $F_b$  et  $F_0$ . Les enseignements suivants peuvent être tirés.

- Lorsque les stations FS HUB et FS SUB sont placées respectivement en  $F_0$  et  $F_b$  (voir la Fig. 7A), la station FS SUB est brouillée par les stations HAPS GS situées en  $G_b$  et  $G_d$  (voir la Fig. 7A c)).
- Cependant, les stations HAPS GS en  $G_b$  et  $G_c$  peuvent détecter le signal émis par la station FS HUB tant que  $d > 1$  km; la technique DCA n'est donc pas applicable (voir la Fig. 7A a)).
- La détection de signal par la station HAPS AS pourrait également se révéler très difficile.
- Si le système du service fixe utilise la transmission en mode DRT ou si le système HAPS a connaissance d'un des deux canaux occupés par le signal émis par la station FS SUB sur la liaison montante du système du service fixe utilisant le mode DRF, le système HAPS est capable d'obtenir des informations sur le canal utilisé par le signal émis par la station FS HUB sur la liaison descendante via la détection du signal émis par la station FS SUB. La Fig. 7A b) indique que la station HAPS GS en  $G_b$  peut détecter le signal émis par la station FS SUB et que la station HAPS GS en  $G_d$  peut faire de même lorsque  $d < 2$  km, auquel cas la technique DCA est applicable. Si  $d > 2$  km, il faut, pour que cette technique



soit applicable, réduire d'au moins 15 dB environ le gain de l'antenne d'émission hors axe de la station HAPS GS ou diminuer d'environ 0,3 dB le seuil de détection de la porteuse au niveau de cette station.

- Lorsque les stations FS SUB et FS HUB sont placées respectivement en  $F_0$  et  $F_b$  (voir la Fig. 7B), la station FS HUB est uniquement brouillée par la station HAPS GS en  $G_b$ , qui peut détecter le signal émis par la station FS HUB et celui émis par la station FS SUB. La technique DCA est donc applicable.
- La station HAPS AS ne peut brouiller ni la station FS HUB ni la station FS SUB (voir les Fig. 7A c) et 7B c)).

FIGURE 7A

Cas 2 ( $F_x = F_b$ ): station FS HUB en  $F_0$  et station FS SUB en  $F_b$

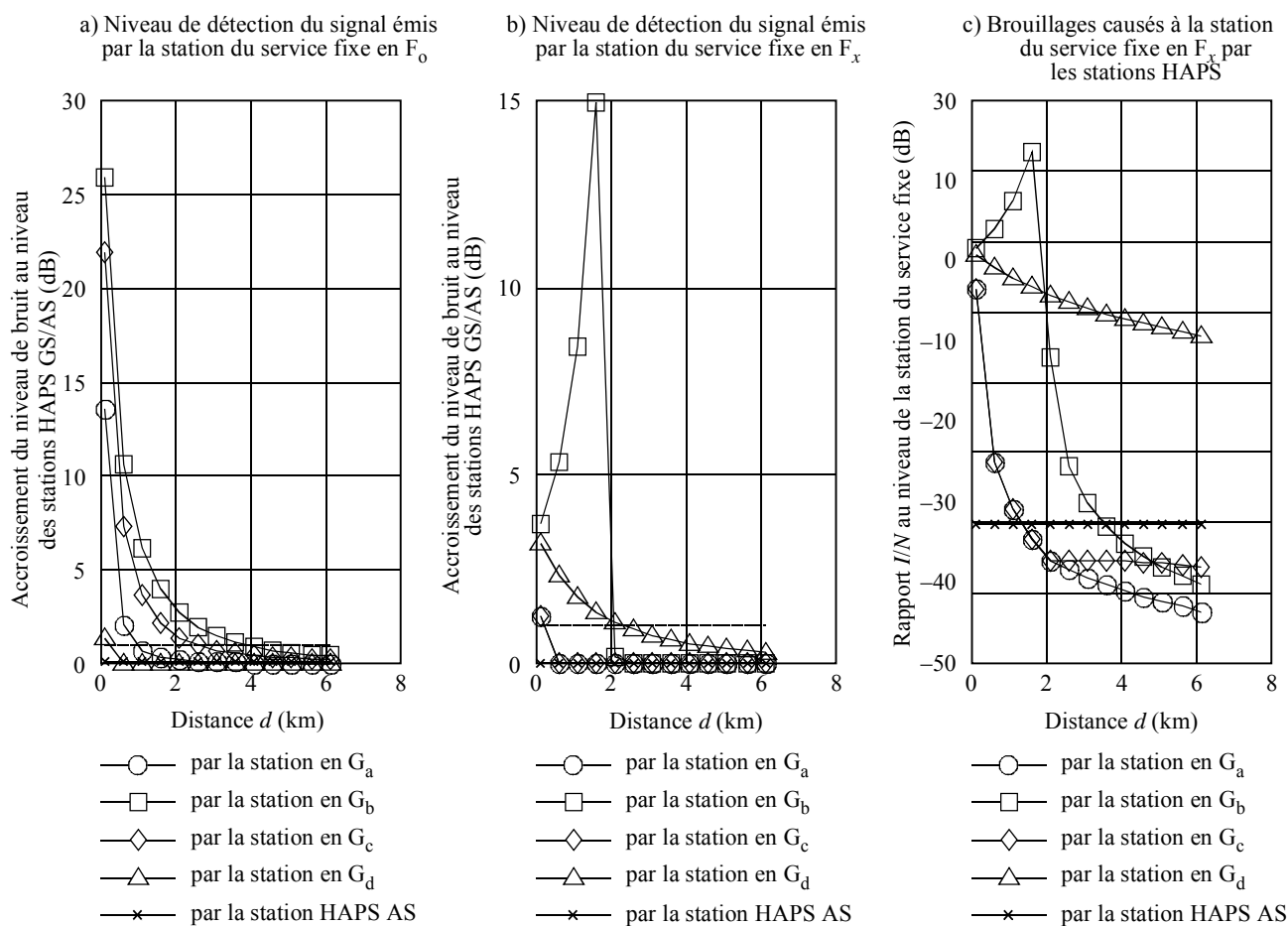
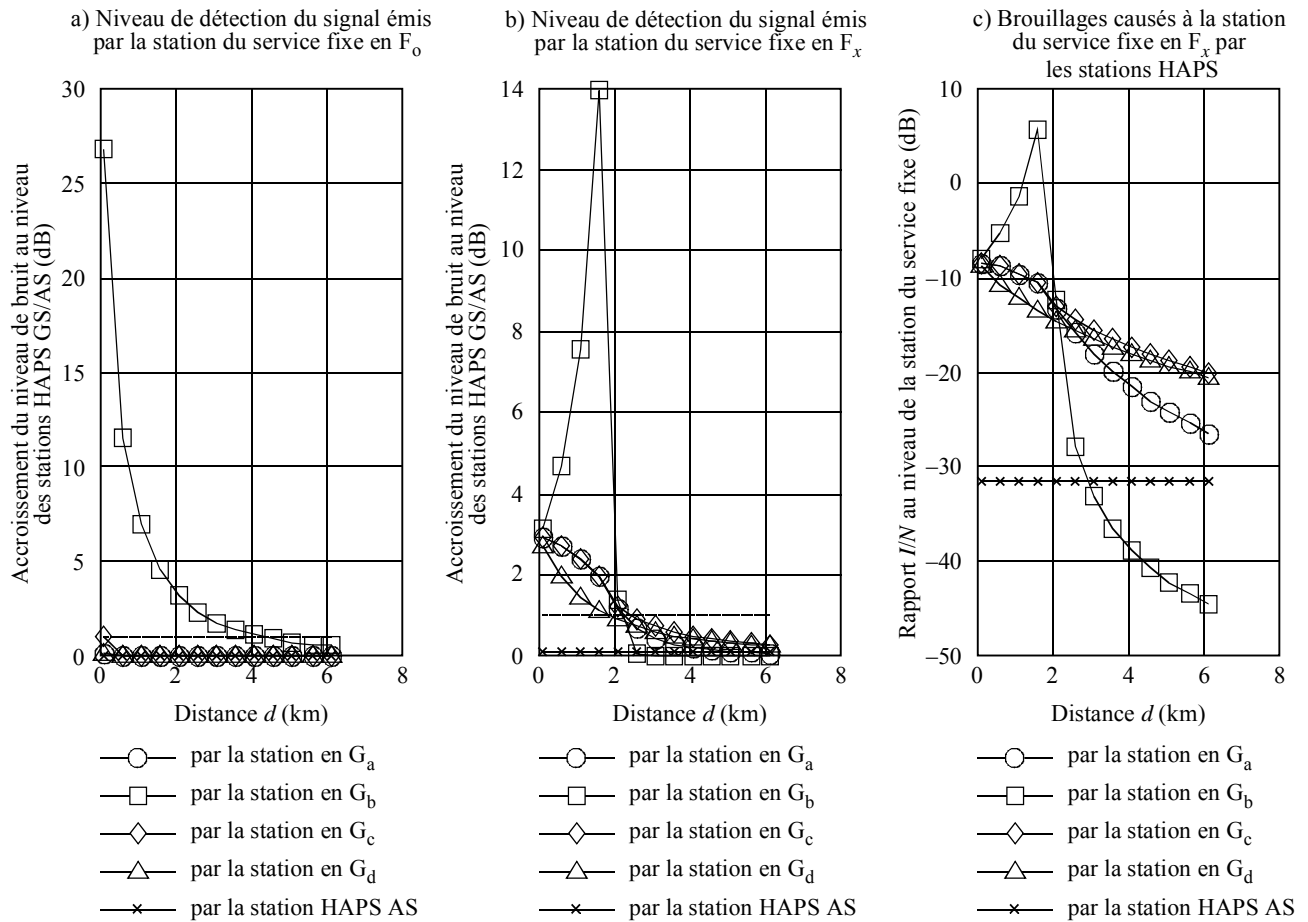


FIGURE 7B

Cas 2 ( $F_x = F_b$ ): station FS SUB en  $F_0$  et station FS HUB en  $F_b$ 

1607-07b

## c) Cas 3

Les résultats des calculs pour le Cas 3 sont illustrés sur les Fig. 8A et 8B, pour lesquelles les stations FS HUB ou FS SUB sont placées en  $F_0$  et  $F_c$  ou en  $F_c$  et  $F_0$ . Les enseignements suivants peuvent être tirés.

- Lorsque les stations FS HUB et FS SUB sont placées respectivement en  $F_0$  et  $F_c$  (voir la Fig. 8A), la station FS SUB subit des brouillages très importants de la part des stations HAPS GS situées en  $G_a$  et  $G_c$  (voir la Fig. 8A c)).
- Cependant, seule la station HAPS GS en  $G_c$  peut détecter le signal émis par la station FS HUB tant que  $d > 1$  km; la technique DCA n'est donc pas applicable (voir la Fig. 8A a)).
- La détection de signal par la station HAPS AS pourrait également se révéler très difficile.
- Si le système du service fixe utilise la transmission en mode DRT ou si le système HAPS a connaissance d'un des deux canaux occupés par le signal émis par la station FS SUB sur la liaison montante du système du service fixe utilisant le mode DRF, le système HAPS est capable d'obtenir des informations sur le canal utilisé par le signal émis par la station FS HUB sur la liaison descendante via la détection du signal émis par la station FS SUB. La Fig. 8A b) indique que les stations HAPS GS en  $G_a$  et  $G_c$  peuvent détecter le signal émis par la station FS SUB lorsque  $d < 2$  km, mais pas lorsque  $d > 2$  km. La technique DCA est donc applicable si  $d < 2$  km. Lorsque  $d > 2$  km, il faut, pour que cette technique soit

applicable, réduire d'au moins 15 dB environ le gain de l'antenne d'émission hors axe de la station HAPS GS ou diminuer d'environ 0,3 dB le seuil de détection de la porteuse au niveau de cette station.

- Lorsque les stations FD SUB et FS HUB sont placées respectivement en  $F_0$  et  $F_c$  (voir la Fig. 8B), les stations HAPS GS en  $G_b$ ,  $G_c$  et  $G_d$  brouillent la station FS HUB et toutes les stations HAPS GS peuvent détecter le signal émis par la station FS HUB. La technique DCA est donc applicable.
- La station HAPS AS ne peut brouiller ni la station FS HUB ni la station FS SUB (voir les Fig. 8A c) et 8B c)).

FIGURE 8A

Cas 3 ( $F_x = F_c$ ): station FS HUB en  $F_0$  et station FS SUB en  $F_c$

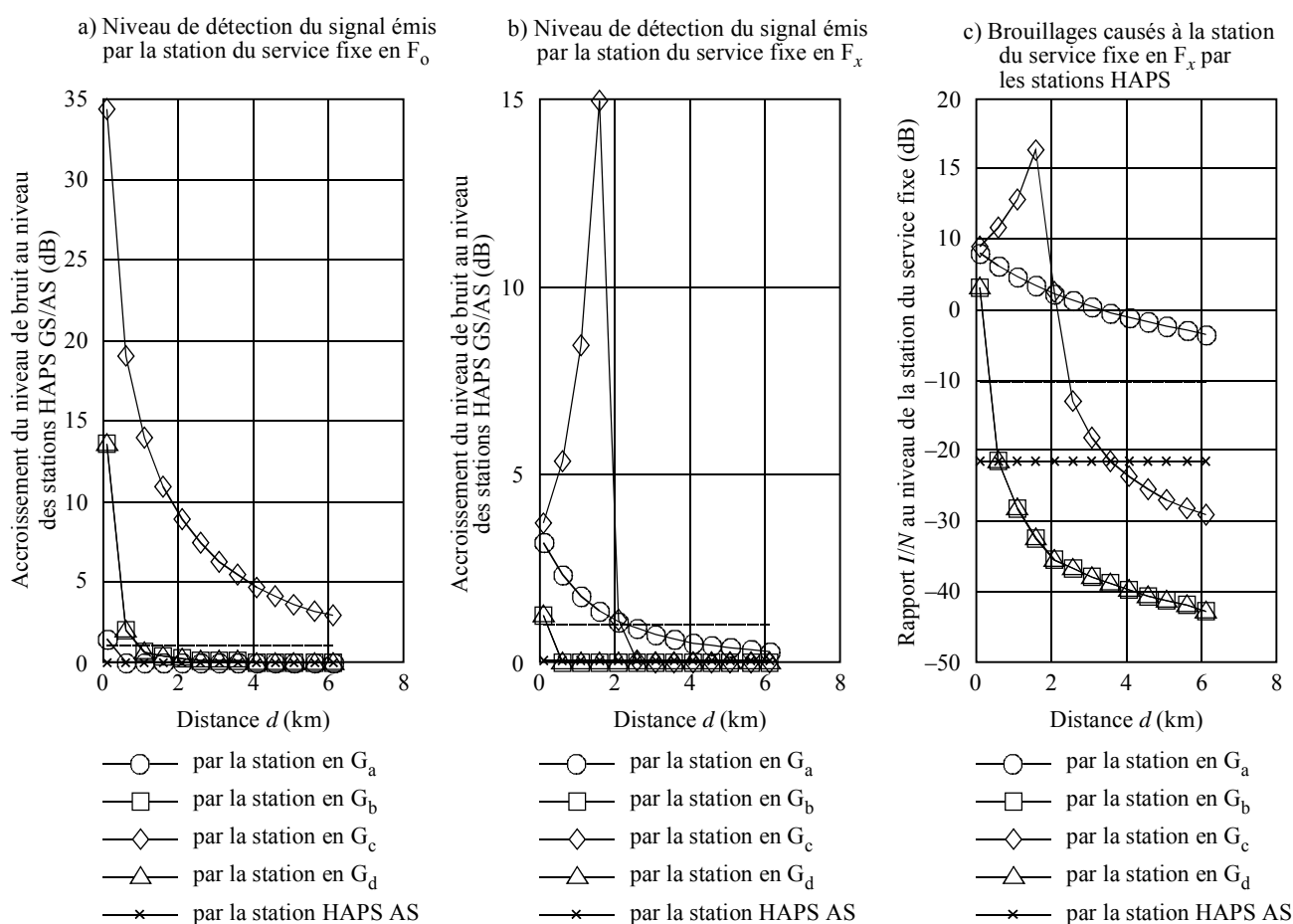
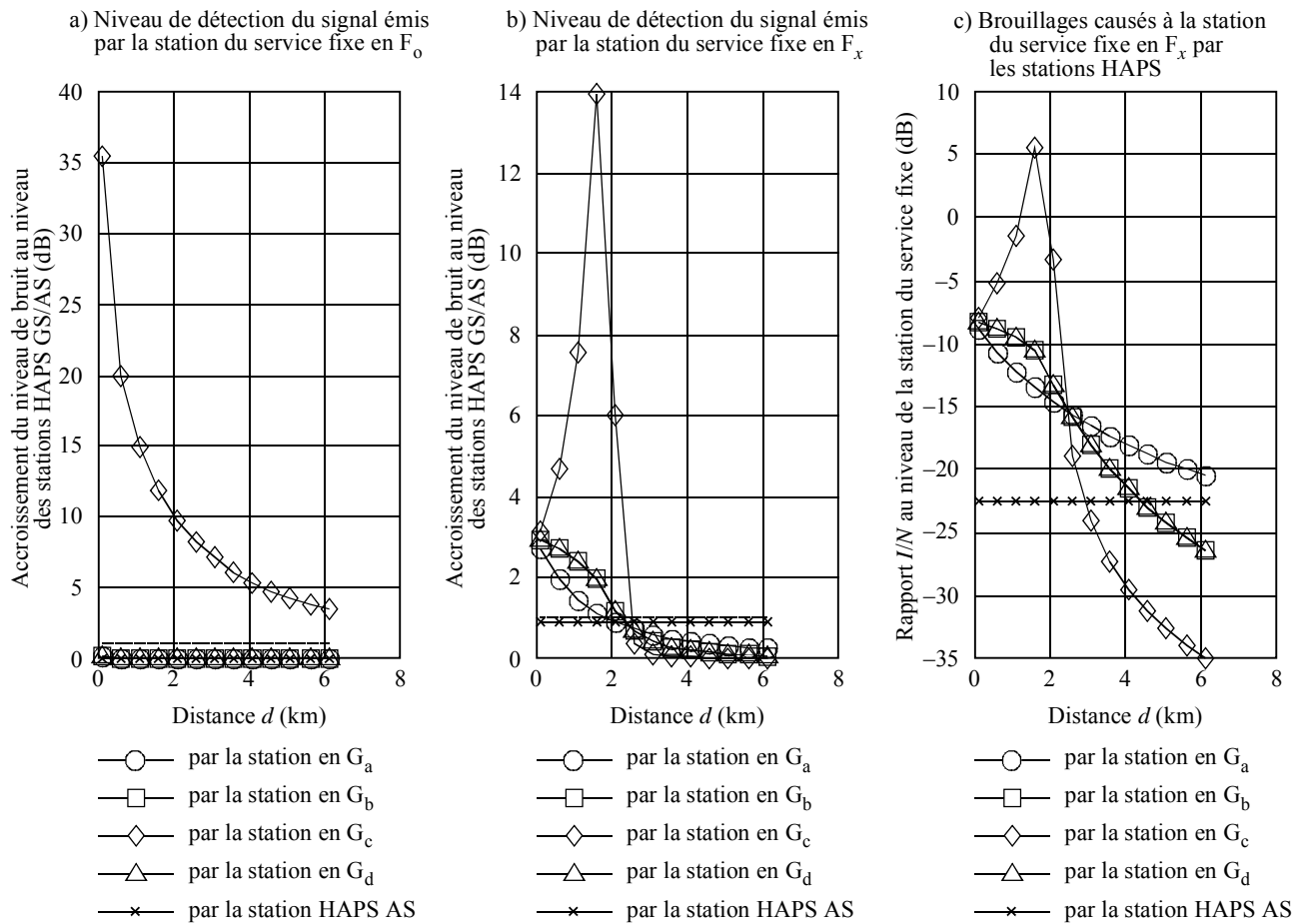


FIGURE 8B

Cas 3 ( $F_x = F_c$ ): station FS SUB en  $F_0$  et station FS HUB en  $F_c$ 

1607-08b

## 5 Résumé

Il est possible d'appliquer la technique DCA pour éviter que des brouillages soient causés à des stations du service fixe par des stations HAPS GS dans la bande des 31 GHz dans la plupart des configurations d'emplacement des stations HAPS et des stations du service fixe, si les stations HAPS GS disposent d'une fonction de détection de porteuse utilisée par le système du service fixe. L'antenne et le récepteur d'une station HAPS GS utilisés pour la détection de la porteuse peuvent être les mêmes que ceux qui sont utilisés pour la liaison de communication. Il s'est avéré que la détection de porteuse au niveau de la station HAPS AS n'était pas facile lorsqu'une station HAPS GS peut brouiller des stations du service fixe. On a également observé que dans certains cas une station HAPS GS ne pouvait pas détecter le signal émis par une station du service fixe et qu'elle brouillait le récepteur de cette station. Ces brouillages peuvent être évités si la station HAPS GS utilise un diagramme d'antenne amélioré dont les niveaux des lobes latéraux et du lobe arrière seraient réduits d'au moins 15 dB ou si le seuil de détection de porteuse est diminué d'environ 0,3 dB. Ce seuil peut être augmenté si les niveaux des lobes latéraux et du lobe arrière du diagramme d'antenne de la station HAPS GS sont augmentés de plusieurs dB. La station HAPS AS ne peut brouiller de façon importante ni la station FS HUB ni la station FS SUB, quelle que soit la configuration géographique retenue pour les stations, de sorte que le partage des fréquences est possible sans recours obligé à une technique particulière de réduction des brouillages.