

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1653 (06/2003)

Spécifications opérationnelles et de déploiement des systèmes d'accès hertzien, réseaux locaux hertziens, y compris du service mobile en vue de faciliter le partage entre ces systèmes et les systèmes du service d'exploration de la Terre par satellite (active) ou du service de recherche spatiale (active) dans la bande 5 470-5 570 MHz entre 5 460 et 5 725 MHz

Série M

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



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.1653*,**,***

Spécifications opérationnelles et de déploiement des systèmes d'accès hertzien, réseaux locaux hertziens, y compris du service mobile en vue de faciliter le partage entre ces systèmes et les systèmes du service d'exploration de la Terre par satellite (active) ou du service de recherche spatiale (active) dans la bande 5 470-5 570 MHz entre 5 460 et 5 725 MHz

(Questions UIT-R 218/7 et UIT-R 212/8)

(2003)

Domaine d'application

La présente Recommandation établit des spécifications opérationnelles et de déploiement des systèmes d'accès hertzien, y compris les réseaux locaux hertziens (RLAN), du service mobile, en vue de faciliter le partage entre ces systèmes et les systèmes du service d'exploration de la Terre par satellite (active) ou du service de recherche spatiale (active) dans la bande 5 470-5 570 MHz entre 5 460 et 5 725 MHz. Elle décrit aussi la méthode et les paramètres utilisés dans les études de partage.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

reconnaissant

- a) que l'attribution des ressources spectrales supplémentaires au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (active) et au service de recherche spatiale (active) dans la gamme des 5 GHz permettrait de prendre en charge de nouvelles applications (par exemple des capteurs à large bande);
- b) que l'utilisation de fréquences harmonisées dans la gamme des 5 GHz par le service mobile faciliterait la mise en oeuvre de systèmes d'accès hertzien (WAS, *wireless access systems*) réseaux locaux hertziens (RLAN, *radio local area networks*) compris;
- c) que les systèmes WAS, réseaux RLAN compris, exploités dans la gamme des 5 GHz peuvent apporter des solutions efficaces à la fourniture de services à large bande aux utilisateurs commerciaux et résidentiels;
- d) que la Recommandation UIT-R M.1450 décrit les systèmes WAS, réseaux RLAN compris, destinés à fonctionner dans la gamme des 5 GHz;
- e) que les administrations peuvent approuver des caractéristiques d'émission des systèmes WAS, réseaux RLAN compris, propres à faciliter le partage avec le SETS (active) par le biais de processus nationaux d'homologation des équipements;
- f) que l'étalement de la charge associée aux systèmes WAS sur toute la gamme 5 470-5 725 MHz réduirait les niveaux des émissions cumulatives causés par ces systèmes au SETS (radars à ouverture synthétique (SAR, *synthetic aperture radars*) à large bande) entre 5 470-5 570 MHz,

* La présente Recommandation a été élaborée conjointement par les Commissions d'études 8 et 9 des radiocommunications qui devraient en réaliser ensemble la révision future.

** La présente Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 7 des radiocommunications.

*** La Commission d'études 5 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2008, conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

considérant

- a) que de nombreuses administrations autorisent l'exploitation sans licence de systèmes WAS, RLAN compris, entre 5 470-5 725 MHz ainsi qu'entre 5 150-5 350 MHz et 5 725-5 850 MHz;
- b) que des RLAN à large bande pourraient être déployés sans obligation de licence, ce qui rendrait difficile le contrôle de leur densité de déploiement;
- c) que la densité de déploiement des systèmes WAS, réseaux RLAN compris, dépendra d'un certain nombre de facteurs, dont les brouillages intrasystème, et de l'existence d'autres techniques et services d'accès filaire ou hertzien concurrents;
- d) qu'il est nécessaire de spécifier une limite de p.i.r.e. appropriée et des restrictions opérationnelles concernant les systèmes WAS, réseaux RLAN compris, du service mobile dans cette bande pour permettre le partage avec des systèmes du SETS (active) ou du service de recherche spatiale (active);
- e) que les études menées par l'UIT-R ont abouti à la conclusion que l'exploitation d'altimètres radar dans une largeur de bande de 320 MHz centrée sur 5,41 GHz est compatible avec les caractéristiques (à l'intérieur ou à l'extérieur) des systèmes WAS, réseaux RLAN compris, rayonnant une p.i.r.e. égale ou inférieure à 1 W;
- f) que les terminaux utilisateurs seront généralement exploités en position fixe;
- g) que les systèmes WAS, réseaux RLAN compris, peuvent fonctionner à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments;
- h) que les techniques de réduction des brouillages telles que l'utilisation de gabarits d'antenne, la commande de la puissance des émetteurs, la sélection dynamique des fréquences ou l'exploitation à l'intérieur favorisent le partage entre le SETS (active), le service de recherche spatiale (active) et les systèmes WAS, réseaux RLAN compris;
- j) qu'il convient de prendre en compte les brouillages cumulatifs causés par les systèmes WAS, réseaux RLAN compris, aux récepteurs du SETS (active) ou du service de recherche spatiale (active) dans une largeur de bande de 320 MHz risquant de chevaucher une partie de la bande 5 470-5 570 MHz;
- k) que les critères de qualité de fonctionnement et de brouillage applicables aux capteurs actifs spatioportés du SETS (active) figurent dans la Recommandation UIT-R SA.1166,

notant

- a) que les caractéristiques du SETS (active) incluent celles du service de recherche spatiale (active),

recommande

1 que, pour faciliter le partage entre le SETS (active) et le service de recherche spatiale (active) entre 5 470-5 570 MHz (voir l'Annexe 1), les restrictions opérationnelles et techniques indiquées au point 2 du *recommande* (valeur maximale de p.i.r.e. des systèmes WAS limitée à 1 W) ou au point 3 du *recommande* (valeur maximale de puissance d'émission des systèmes WAS limitée à 250 mW et configurations WAS définies par des gabarits de spectre en fonction de l'angle d'élévation) soient appliquées aux systèmes WAS, réseaux RLAN compris;

2 que les systèmes WAS, réseaux RLAN compris, exploités à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments entre 5 470-5 570 MHz (voir les Annexes 2 et 3):

- a) soient limités à une valeur de p.i.r.e. moyenne maximale égale à 1 W et à une densité spectrale de valeur de p.i.r.e. moyenne maximale égale à 17 dBm/MHz par émetteur (Note 1);

- b) utilisent une commande de puissance des émetteurs permettant de diminuer la puissance cumulative d'au moins 3 dB. Si cette commande n'est pas mise en oeuvre, les limites de puissance susmentionnées devraient être abaissées de 3 dB;
- c) utilisent la sélection dynamique des fréquences entre 5 470-5 725 MHz afin de répartir le plus possible la charge entre les canaux disponibles;

NOTE 1 – Les critères de brouillage des capteurs actifs spatioportés du SETS (active) sont indiqués dans la Recommandation UIT-R SA.1166. Un complément d'étude est nécessaire pour confirmer que les limites du point 2 du *recommande* sont conformes aux spécifications de ladite Recommandation.

3 que les systèmes WAS, réseaux RLAN compris, exploités à l'intérieur ou à l'extérieur entre 5 470-5 570 MHz (voir les Annexes 2 et 4) satisfassent aux conditions suivantes:

- a) une puissance maximale d'émetteur de 250 mW (24 dBm) ou de $11 + 10 \log B$ (dBm) par émetteur, en prenant la valeur la plus basse des deux (B étant la largeur de bande à 99% de puissance (MHz));
- b) une p.i.r.e. maximale de 1 W (0 dBW) ou de $-13 + 10 \log B$ (dBW) par émetteur, en prenant la valeur la plus basse;
- c) la densité spectrale de p.i.r.e. de l'émission d'un émetteur de station de base d'un système WAS, réseaux RLAN compris, exploités à l'extérieur entre 5 470-5 570 MHz, ne devrait pas dépasser les valeurs ci-après pour l'angle d'élévation θ au-dessus du plan horizontal local (par rapport à la Terre):

-13 dB(W/MHz)	pour $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-13 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	pour $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	pour $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
-42 dB(W/MHz)	pour $\theta > 45^\circ$

Annexe 1

Méthode et paramètres utilisés dans les études de partage

1 Caractéristiques techniques des capteurs actifs spatioportés à large bande

Les caractéristiques techniques des capteurs actifs spatioportés à large bande dans la bande 5 250-5 570 MHz sont indiquées dans les Tableaux 1 et 2.

TABLEAU 1

Caractéristiques types des radars SAR spatioportés à large bande exploités dans la bande des 5,3 GHz

Paramètre	Valeur	
	SAR2	SAR3
Altitude de l'orbite (km)	600 (circulaire)	400 (circulaire)
Inclinaison de l'orbite (degrés)	57	
Fréquence centrale RF (MHz)	5 405	
Puissance crête rayonnée (W)	4 800	1 700
Polarisation	Horizontale et verticale (HH, HV, VH, VV)	
Modulation des impulsions	MF linéaire (fluctuations)	
Largeur de bande des impulsions (MHz)	310	

TABLEAU 1 (*fin*)

Paramètre	Valeur	
	SAR2	SAR3
Largeur de bande du récepteur (MHz)	320	
Durée des impulsions (µs)	31	33
Taux de répétition des impulsions (impulsions/s)	4 492	1 395
Coefficient d'utilisation (%)	13,9	5,9
Rapport de compression en distance	9 610	10 230
Type d'antenne (m)	A réseau déphaseur plan 1,8 × 3,8	A réseau déphaseur plan 0,7 × 12,0
Gain crête d'antenne (dBi)	42,9	42,7/38 (faisceau focalisé/défocalisé)
Gain moyen dans les lobes latéraux d'antenne (dBi)	−5	
Orientation de l'antenne (degrés par rapport au nadir)	20-38	20-55
Ouverture du faisceau de l'antenne (degrés)	1,7 (en élévation), 0,78 (en azimut)	4,9/18 (en élévation), 0,25 (en azimut)
Polarisation de l'antenne	Rectiligne horizontale/verticale	
Température de bruit du système (K)	550	
Point de compression à 1 dB (à l'entrée du récepteur) (dBW)	−62	
Saturation du convertisseur analogique-numérique par rapport à l'entrée du récepteur	−114/−54 dBW à l'entrée pour un gain du récepteur de 71/11 dB	
Puissance maximale admissible à l'entrée du récepteur (dBW)	+7	
Temps d'exploitation (% de l'orbite)	30	
Durée minimale nécessaire pour l'enregistrement d'images (s)	15	
Zone de service	Zones terrestres et zones côtières	
Largeur de la zone exploitée pour les images (km)	20	16/320

TABLEAU 2

**Caractéristiques types d'altimètres spatioportés à large bande
exploités dans la bande des 5,3 GHz**

Caractéristiques de la mission Jason	
Durée de vie	5 ans
Altitude (km)	1 347 ± 15
Inclinaison (degrés)	66
Caractéristiques de l'altimètre Poséidon 2	
Type de signal	MF linéaire (fluctuations)
Fréquence de répétition des impulsions (Hz)	300
Durée des impulsions (µs)	105,6
Fréquence de la porteuse (GHz)	5,410
Largeur de bande (MHz)	320
Puissance crête RF d'émission (W)	17
Puissance moyenne RF d'émission (W)	0,54
Gain d'antenne (dBi)	32,2
Ouverture à 3 dB (degrés)	3,4
Niveau dans les lobes latéraux/niveau maximum (dB)	-20
Niveau dans le lobe arrière/niveau maximum (dB)	-40
Empreinte au sol du faisceau à -3 dB (km)	77
Seuil de brouillage	-118 dBW dans une largeur de bande de 320 MHz
Zone de service	Zones océaniques et côtières

Annexe 2

Contraintes de partage entre des altimètres radar à large bande et des réseaux RLAN à large bande dans la bande 5 470-5 570 MHz

Introduction

On trouvera dans la présente Annexe les résultats des analyses de partage dans la bande 5 470-5 570 MHz entre des altimètres radar spatioportés à large bande et des réseaux RLAN à large bande.

Le § 1 contient les résultats d'études de partage entre des systèmes RLAN et des radioaltimètres types, résultats positifs pour la faisabilité du partage dans la bande 5 470-5 570 MHz.

1 Partage entre des réseaux RLAN et des altimètres radar

1.1 Introduction

On trouvera dans le présent paragraphe les résultats d'une analyse de partage, dans la bande 5 470-5 570 MHz, entre des capteurs d'altimètres radar spatioportés et des RLAN à large bande.

1.2 Caractéristiques techniques des deux systèmes

Les caractéristiques techniques des RLAN utilisées pour l'analyse de partage sont celles des réseaux HIPERLAN de type 2, dont les spécifications appropriées ont été publiées en Europe.

La technologie HIPERLAN permet des communications de RLAN à large bande compatibles avec des réseaux locaux filaires fondés sur les normes ATM et IP.

Paramètres du réseau HIPERLAN/2:

p.i.r.e.:	0,2 W (dans la bande 5 250-5 350 MHz) et 1 W (dans la bande 5 470-5 570 MHz)
Largeur de bande des canaux:	16 MHz
Espacement des canaux:	20 MHz
Directivité de l'antenne:	Antenne équidirective
Sensibilité minimale utile à la réception:	-68 dBm (à 54 Mbit/s) à -85 dBm (à 6 Mbit/s)
Puissance de bruit du récepteur (16 MHz):	-93 dBm
C/I:	8-15 dB
Portée réelle:	30-80 m

On suppose en outre que les caractéristiques suivantes sont mises en oeuvre:

- commande de la puissance de l'émetteur permettant de garantir un facteur de réduction des brouillages d'au moins 3 dB;
- sélection dynamique des fréquences associée au système de sélection des canaux nécessaire pour garantir une répartition uniforme de la charge des RLAN sur une largeur de bande minimale de 330 MHz.

Il convient de noter que les numéros attribués aux scénarios de déploiement sont fondés sur l'hypothèse que l'on dispose d'une largeur de bande totale de 330 MHz pour les RLAN. En supposant que cette largeur de bande soit disponible dans deux sous-bandes (5 150-5 350 MHz et 130 MHz au-dessus de 5 470 MHz) et compte tenu de l'espacement des canaux et de la nécessité de ménager une bande de garde en limite des deux sous-bandes, le nombre supposé de canaux retenus dans notre étude est de 8 pour la bande inférieure et 11 pour la bande supérieure.

Aux fins de l'étude de partage, les hypothèses suivantes relatives à l'utilisation des réseaux RLAN sont également applicables:

- affaiblissement moyen dû aux bâtiments en direction des instruments SETS: 17 dB;
- rapport actif/passif: 5%;
- pourcentage d'utilisation à l'extérieur: 15%.

On utilise pour les altimètres radar spatioportés les caractéristiques figurant dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation.

1.3 Brouillages causés par un seul réseau RLAN à des altimètres

Dans la présente analyse, nous considérons le cas d'un réseau RLAN placé dans le lobe principal d'un altimètre.

L'altimètre a une largeur de bande étendue de 320 MHz, alors que la largeur de bande des canaux HIPERLAN est de 16 MHz comprise dans la largeur de bande de l'altimètre.

La p.i.r.e. maximale rayonnée par un RLAN ($P_h G_h$) est de 30 dBm. Le gain d'antenne de l'altimètre, G_0 , est de 32,2 dB. G_a est le gain d'antenne hors axe en direction du RLAN, avec un affaiblissement additionnel à l'entrée, L , égal à 1 dB. L'altimètre, qui pointe en direction du nadir, est doté d'une antenne de 1,2 m. R est la distance entre l'altimètre et le RLAN.

La puissance rayonnée par un RLAN dans l'axe de visée du radar SAR et reçue par l'altimètre (c'est-à-dire $G_a = G_0$) est donnée par:

$$P_r = \frac{P_h G_h G_a \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2 L} \quad (1)$$

En choisissant les valeurs de paramètres RLAN les plus défavorables parmi celles indiquées au § 1.2 (une p.i.r.e. de 1 W, un affaiblissement à l'extérieur n'incluant aucun affaiblissement dû aux bâtiments et aucun facteur additionnel de réduction des brouillages), nous obtenons $P_r = -108,3$ Bm.

Le seuil de brouillage de l'altimètre étant de -88 dBm, nous pouvons déduire que l'altimètre peut supporter le fonctionnement simultané d'un certain nombre de réseaux RLAN, puisque l'on dispose d'une marge de 20,3 dB.

De plus, l'altimètre est prévu pour fournir des mesures surtout au-dessus des océans et ne peut fournir des données précises lorsqu'une masse terrestre importante se trouve dans le faisceau de son antenne.

Pour que l'analyse soit complète, on peut calculer (voir le paragraphe ci-dessous) le nombre de réseaux HIPERLAN pouvant être tolérés dans l'empreinte à -3 dB d'un altimètre au-dessus des terres.

1.4 Estimation du nombre de réseaux RLAN dans l'empreinte à -3 dB d'un altimètre

La méthode décrite ci-dessous permet d'évaluer le nombre de réseaux RLAN pouvant être tolérés dans le champ de vision d'un altimètre, pour une valeur de -88 dBm du seuil de brouillage.

On choisit une méthode simplifiée, en supposant que tous les RLAN sont «vus» dans le faisceau principal de l'altimètre (c'est-à-dire $G_a = G_0$) et que la distance entre l'altimètre et un dispositif RLAN est constante et égale à sa valeur minimale (à savoir l'altitude de l'altimètre).

Cette méthode consiste à diviser la marge obtenue dans le calcul pour en déduire le nombre admissible de RLAN après application de certains facteurs de type cumulatif.

Affaiblissement cumulatif dû aux bâtiments

Puisque les altimètres pointent en direction du nadir, on a pris en compte un affaiblissement additionnel sur le trajet de 20 dB (affaiblissement dû aux toits et aux plafonds) dans le calcul des brouillages causés par des RLAN intérieurs.

On suppose que l'exploitation de RLAN extérieurs est autorisée. Comme indiqué au § 1.2, on suppose que 15% de ces RLAN sont à l'extérieur à un instant donné, ce qui donne un facteur d'affaiblissement additionnel cumulatif de 8 dB.

Facteur d'activité

On considère que le facteur d'activité des RLAN est de 5%, ce qui signifie que 5% d'entre eux émettent en même temps.

Commande de puissance d'émission de l'émetteur

On prend comme p.i.r.e. des RLAN le niveau maximal de 1 W, assorti d'un facteur cumulatif additionnel de réduction des brouillages de 3 dB obtenu grâce à l'utilisation de la commande de puissance de l'émetteur au niveau de l'empreinte du satellite (voir le § 1.2).

TABLEAU 3

Calculs du nombre de terminaux dans l'empreinte à –3 dB

Seuil de brouillage de l'altimètre (sur 320 MHz)	–88 dBm
p.i.r.e. du RLAN	30 dBm
Puissance reçue d'un RLAN au niveau de l'altimètre	–108,3 dBm
Pourcentage de RLAN fonctionnant à l'extérieur	15%
Affaiblissement cumulatif dû aux bâtiments	8 dB
Effet cumulatif de la commande de puissance de l'émetteur	3 dB
Nombre de RLAN actifs	1 377
Pourcentage de terminaux actifs	5%
Nombre de terminaux RLAN dans le champ de visibilité de l'altimètre	27 540

On obtient ainsi un nombre de 27 540 RLAN installés dans l'empreinte de l'altimètre, qui correspond à la limite à respecter pour ne pas brouiller l'altimètre. Compte tenu de la taille de l'empreinte de l'altimètre (77 km de diamètre), cela correspond à environ 6 RLAN par km².

On dispose de marges supplémentaires car:

- aucun affaiblissement dû à la polarisation et aucun affaiblissement additionnel de propagation n'ont été pris en compte (environ 3 dB);
- le gain de l'altimètre en direction des RLAN a été surestimé dans les calculs;
- la distance entre l'altimètre et les RLAN a été sous-estimée.

De plus, l'altimètre est conçu pour fournir des mesures surtout au-dessus des océans et ne peut pas fournir des données précises lorsqu'une masse terrestre importante se trouve dans le faisceau de son antenne.

On peut donc conclure que l'altimètre ne subira pas de brouillages causés par des HIPERLAN lorsqu'il est utilisé au-dessus d'océans ou de zones côtières.

1.5 Brouillages causés par des altimètres à des RLAN

Nous utilisons dans ce cas un facteur de réduction de la largeur de bande B_h/B_a , puisque la largeur de bande de l'altimètre B_a est beaucoup plus grande que la largeur de bande B_h du système HIPERLAN. Pour $B_a = 320$ MHz et $B_h = 18$ MHz, on obtient un facteur de réduction de 12,5 dB. Le gain d'antenne G_h du RLAN dans le sens vertical est égal à 0 dB.

La puissance rayonnée par l'altimètre et reçue par un RLAN est:

$$P_r = \frac{P_a G_a G_h \lambda^2 B_h}{(4\pi)^2 R^2 L B_a} \quad (2)$$

La puissance rayonnée par l'altimètre en direction du RLAN sera donc, dans le cas le plus défavorable (faisceau principal de l'altimètre, distance minimale 1 347 km, RLAN extérieur), égale à $-108,58$ dBm, y compris un affaiblissement additionnel à l'entrée, L , de 1 dB.

Il faut considérer que cette configuration (faisceau principal de l'altimètre émettant dans les lobes latéraux du RLAN à la verticale) correspond au cas le plus défavorable, puisque les lobes du faisceau de l'altimètre décroissent très rapidement en fonction de l'angle de visée (-20 dB à 4° du nadir, -40 dB à 15° du nadir).

Compte tenu des paramètres du récepteur RLAN indiqués au § 1.2, les calculs susmentionnés conduisent à une marge très significative dans tous les cas; on en conclut donc que l'altimètre ne brouillera pas les RLAN. De plus, l'altimètre est un radar à impulsions, dont le petit coefficient d'utilisation, l'affaiblissement dû à la polarisation et l'affaiblissement additionnel de propagation, qui induisent des marges supplémentaires, n'ont pas été pris en compte.

1.6 Résumé des résultats

En conclusion, un altimètre radar occupant une largeur de bande de 320 MHz centrée sur 5,41 GHz est compatible avec des systèmes WAS, RLAN compris, fonctionnant à l'intérieur comme à l'extérieur, avec une p.i.r.e. égale ou inférieure à 1 W.

Annexe 3

Etude des brouillages causés par des réseaux RLAN exploités dans la gamme des 5 GHz à des radars SAR à large bande spatioportés (du SETS) (en réponse au point 2 du *recommande*)

Résumé

On trouvera dans la présente Annexe une étude visant à évaluer l'incidence des brouillages causés par un futur déploiement de réseaux RLAN dans la gamme des 5 GHz, des radars SAR à large bande spatioportés du SETS (active).

Il est démontré que, si on devait installer en totalité sur une grande zone urbaine (par exemple Londres) les densités prévues et réalistes de RLAN, les brouillages que subiraient alors les récepteurs satellite à radar SAR à large bande seraient légèrement supérieurs à la limite maximale spécifiée. Ce type de configuration correspond toutefois très largement au cas le plus défavorable et, la plupart du temps, les brouillages causés par les RLAN aux faisceaux ponctuels SAR seront très inférieurs aux limites acceptables. On en conclut donc que la situation de partage est acceptable pour les RLAN extérieurs avec une p.i.r.e. maximale de 1 W dans la bande supérieure du service mobile, pour laquelle il est question d'une attribution à titre primaire au point 1.5 de l'ordre du jour de la CMR-03.

Suite à l'expression d'inquiétudes concernant des systèmes SAR plus sensibles, nous avons inclus des simulations des brouillages causés à ces récepteurs satellite.

La présente étude concerne uniquement le partage avec le SETS et non avec le service de recherche spatiale.

1 Introduction

L'objet de la présente Annexe est d'étudier l'une des questions de partage potentiellement délicates que l'UIT-R a identifiée dans les études de partage entre certains satellites du SETS et des RLAN dans la bande supérieure qu'il a été proposé d'attribuer au service mobile; c'est le cas de RLAN émettant vers des satellites à radar SAR du SETS. Dans la présente Recommandation, nous avons modélisé les brouillages causés à un récepteur satellite SAR en utilisant une combinaison de RLAN intérieurs ou extérieurs, qui respectent la spécification HIPERLAN/2 fondée sur des projections du nombre de RLAN exploités à l'intérieur du faisceau ponctuel SAR.

Les brouillages en sens opposé (du SETS vers des RLAN) dans la bande RLAN supérieure doivent encore être étudiés dans leur totalité, mais on pense que leur étude sera moins difficile que celle des brouillages sur la liaison montante, car les brouillages causés par des satellites à radar SAR sont de courte durée.

2 Détails de l'étude de partage

Le type de satellite du SETS utilisé dans la présente étude est un satellite équipé d'un radar SAR à large bande, en particulier du type SAR2¹ ou SAR3, qui dispose chacun d'une très grande largeur de bande chevauchant les bandes supérieures et inférieures du service mobile. La grande largeur de bande (356,5 MHz) s'explique par la nécessité d'enregistrer des données à haute résolution (1 m) au-dessus des terres et des mers à une altitude de 400 à 600 km (selon le type d'engin spatial considéré). Dans le cas d'un radar SAR2 ou SAR3 à large bande, le bruit thermique sur la totalité de la largeur de bande est de $-113,8$ dBW, ce qui conduit à un seuil de brouillage à long terme de $-119,84$ dBW en admettant que la marge pour tenir compte des brouillages est égale à 25% du bruit thermique. Nous avons également vérifié les brouillages causés à des systèmes SAR à bande étroite plus sensibles, qui ne chevauchent que la bande RLAN inférieure. Ces considérations font suite à des inquiétudes exprimées par les utilisateurs du SETS à propos des brouillages causés aux systèmes de ce type, plus sensibles, dont le seuil de brouillage est de $-128,73$ dB(W/46 MHz). Il convient de noter qu'aucun seuil de brouillage de courte durée n'est fourni par les utilisateurs des services scientifiques spatiaux, ce qui signifie qu'ils ne peuvent accepter des brouillages supérieurs auxdites valeurs.

Nous pouvons toutefois souligner que, dans la Recommandation UIT-R SA.1166, il est dit, premièrement, que le seuil du rapport brouillage sur bruit de -6 dB pour les radars SAR utilisant cette bande «peut être dépassé si on prend en considération l'effet d'atténuation du brouillage dû à la discrimination dans le traitement par le radar à ouverture synthétique» et, deuxièmement, que ce seuil «ne doit pas être dépassé pour plus de 1% des images provenant de la zone de service du capteur dans les cas de brouillages systématiques».

De plus, pour pouvoir modéliser intégralement les brouillages de courte durée de la Terre, il faudrait que toutes les masses terrestres soient couvertes de RLAN, ce qui est évidemment impossible à réaliser, en particulier si l'on veut que leur nombre soit modélisé avec précision à chaque emplacement. Nous traitons donc le cas statique le plus défavorable d'un faisceau couvrant momentanément une zone où se situe la densité maximale de RLAN. Cela devrait être le cas le plus défavorable puisque la plupart du temps, lorsque le faisceau balaie la Terre, la densité de RLAN au sol sera nettement inférieure, en raison de la moindre densité de population dans les zones urbaines de plus petite taille (les villes par exemple) ou les zones rurales. Le nombre total de RLAN dans l'aire couverte par le faisceau ponctuel (environ 160 km^2) sera donc beaucoup plus petit.

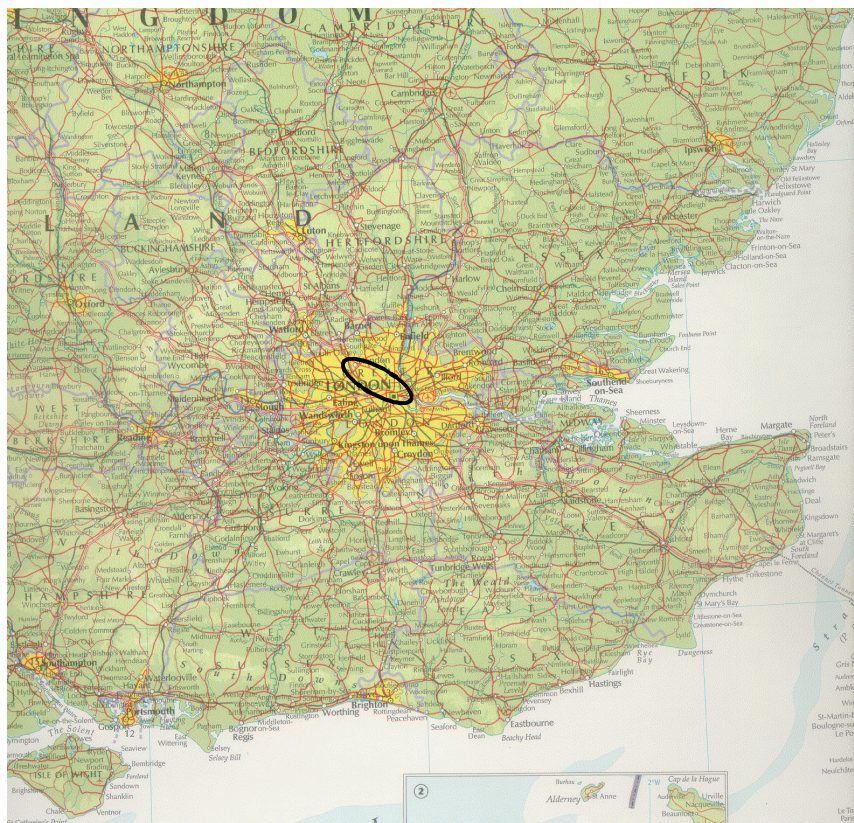
¹ La numérotation des radars SAR est celle utilisée dans l'Annexe 1.

A titre d'exemple, on indique sur la Fig. 1 la taille du faisceau projeté par une antenne d'engin spatial SAR2 sur la surface de la Terre. Le faisceau passe momentanément au-dessus de Londres, ce qui est considéré comme un cas le plus défavorable type, étant donné que le faisceau peut être rempli par la densité maximale de RLAN présents dans une zone aussi fortement peuplée. Comme on le verra plus bas, il est possible, compte tenu des projections européennes du nombre de RLAN dans l'avenir, d'évaluer le brouillage cumulatif causé par un nombre supplémentaire représentatif de ces dispositifs dans cette zone très fortement peuplée, avec la répartition convenue des types de RLAN.

Les RLAN sont modélisés par des systèmes HIPERLAN/2. Les RLAN exploités à l'intérieur des bâtiments présentent un surcroît d'affaiblissement sur le trajet² provoqué par l'affaiblissement dû aux bâtiments égal à 17 dB, valeur approuvée à l'UIT-R.

FIGURE 1

Taille du faisceau ponctuel SAR2 sur le grand Londres (164 km²)
(l'ellipse noire correspond à l'ouverture du faisceau à mi-puissance)



1653-01

3 Simulations

3.1 Paramètres utilisés dans les simulations

Pour simuler les brouillages entre des RLAN et le SETS dans la gamme des 5 GHz, nous avons commencé par définir le nombre de RLAN concernés.

² C'est-à-dire qu'il s'ajoute à l'affaiblissement en espace libre et à l'affaiblissement dû aux gaz.

Le projet BRAN de l'ETSI et le Forum global HIPERLAN/2 ont établi des projections du taux de pénétration des RLAN pour les années 2005 et 2010, informations fournies (à des fins professionnelles, publiques ou privées) dans l'Appendice 1 à la présente Annexe. Ces projections sont censées correspondre aux densités maximales associées à des utilisations professionnelles, publiques ou privées, il est donc irréaliste de les appliquer à la totalité de l'empreinte au sol de 164 km² du faisceau ponctuel de l'engin spatial SAR2.

Nous avons au contraire opté pour une méthode reposant sur l'utilisation des données et des estimations de l'Appendice 1 en ce qui concerne les densités de RLAN dans des zones telles que le quartier de la City à Londres (dans lequel on peut supposer que l'utilisation professionnelle de RLAN est à son niveau maximal de densité), le reste de la zone couverte par le faisceau ponctuel étant similaire au quartier de Camden, au centre de Londres (zone urbaine plus représentative, associant des utilisations professionnelles, publiques et privées). Le Tableau 4 indique les densités de population utilisées. Les taux de pénétration sont ceux suggérés dans le rapport du Forum global HIPERLAN/2 susmentionné.

Les différentes étapes de calcul de la p.i.r.e. cumulative sont décrites ci-dessous et le calcul du nombre total de RLAN émettant activement situés dans le faisceau ponctuel du radar font l'objet des Tableaux 8 et 9.

TABLEAU 4
Densités de population

Environnement	Densité de population (Nombre d'utilisateurs potentiels/km²)	Surface par utilisateur (m²)	Taux de pénétration (%)	
			2005	2010
Quartier de la City à Londres (cas le plus défavorable)				
Professionnel	80 000	14	5	30
Public	100 000	10	2	20
Privé	5 000	100	4	30
Reste de Londres (cas plus représentatif: le quartier de Camden)				
Professionnel	4 200	14	5	30
Public	4 200	10	2	20
Privé	10 000	100	4	30

Les données du Tableau 1 ont permis d'évaluer le nombre de dispositifs compris dans l'empreinte au sol de 164 km² du radar SAR2 ou de 158 km² du radar SAR3, en supposant initialement que le faisceau ponctuel «voit» la densité de RLAN du quartier de la City à Londres sur une surface de 4 km² et la densité RLAN du quartier urbain de Camden dans le reste du faisceau. On a ensuite réparti le nombre de dispositifs obtenu entre les dispositifs exploités à l'extérieur (15%) et ceux exploités à l'intérieur.

En utilisant le ratio dispositifs actifs/dispositifs passifs de 5% indiqué dans les documents de l'UIT-R, nous avons restreint le nombre de dispositifs qui seront utilisés dans la simulation au nombre de dispositifs actifs, que nous avons ensuite sommés pour l'ensemble de la zone couverte par le faisceau.

De plus, puisque les systèmes HIPERLAN/2 utilisent l'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT), nous avons ensuite calculé le nombre total de dispositifs émettant simultanément, en supposant que dans chaque cellule à utilisation professionnelle ou publique, seul 1 dispositif sur 10 (y compris le point d'accès et tous les terminaux mobiles) émet à un instant donné. Dans le cas d'une utilisation privée, nous avons supposé un rapport de 1 à 4.

Plutôt que de modéliser séparément chaque dispositif dans le faisceau, nous avons regroupé les dispositifs émettant simultanément en trois catégories: les RLAN intérieurs fonctionnant dans la bande inférieure, les RLAN intérieurs fonctionnant dans la bande supérieure et les RLAN extérieurs fonctionnant dans la bande supérieure. Nous avons évalué la p.i.r.e. totale produite par tous ces dispositifs dans les bandes inférieure et supérieure. Et de fait, tous les RLAN professionnels, publics ou privés mentionnés dans l'Appendice 2 à la présente Annexe sont répartis entre ces trois groupes, en fonction du nombre de canaux disponibles dans les bandes supérieure et inférieure. La Fig. 2 illustre la présence de ces trois groupes dans le faisceau ponctuel d'un radar SAR2.

On simule la sélection dynamique des fréquences en supposant que la charge de trafic est uniformément répartie entre tous les canaux des bandes supérieure et inférieure.

FIGURE 2

Faisceau ponctuel du radar SAR2 éclairant les trois «groupes» de RLAN présents



On suppose une réduction du niveau de la puissance émise de -3 dB due à l'utilisation de la commande de puissance de l'émetteur³. Cela signifie que les RLAN exploités à l'intérieur auront chacun une p.i.r.e. moyenne de -10 dBW alors que les RLAN exploités à l'extérieur présenteront chacun une p.i.r.e. moyenne de -3 dBW, ce qui semble être une hypothèse réaliste. On suppose que la couverture est équidirective.

Puisqu'une partie seulement de la bande de chaque RLAN chevauche le spectre des satellites du SETS, on a dûment tenu compte de la proportion des valeurs de p.i.r.e. sur la liaison montante associées à des fréquences de rayonnement comprises dans la partie de bande en chevauchement. Il convient de noter que nous n'avons pas modélisé les différents canaux HIPERLAN (au nombre de 8

³ Dans le cas des HIPERLAN/2, les valeurs maximales de p.i.r.e. des RLAN intérieurs et extérieurs sont respectivement de 200 mW et de 1 W.

et 11 respectivement, dans les bandes RLAN supérieure et inférieure proposées). Cela ne devrait pas avoir d'incidence significative sur les résultats obtenus ici, mais la modélisation de ces canaux pourrait être utile dans une simulation plus précise. Dans la présente étude, nous n'avons pas tenu compte de l'incidence des dispositifs RLAN situés en dehors de l'ouverture du faisceau à mi-puissance. Une étude plus complète pourrait en tenir compte, mais leur effet global sur les résultats ne devrait pas être significatif.

Aucune incidence positive d'un affaiblissement dû au couplage de polarisation n'a été supposée, bien que d'autres simulations aient appliqué l'hypothèse d'un facteur d'amélioration de 3 dB, hypothèse jugée optimiste.

3.2 Résultats des simulations et commentaires

Les résultats des simulations figurent dans le Tableau 5.

Il convient de noter que, bien que la p.i.r.e. cumulative produite par les RLAN intérieurs soit du même ordre de grandeur que celle produite par les RLAN extérieurs, les niveaux d'émission des premiers sont réduits, dans notre simulation, de 17 dB supplémentaires en raison de la prise en compte convenue de l'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments. Cela signifie que les RLAN extérieurs constituent de loin la composante dominante de la p.i.r.e. totale produite par les RLAN situés dans la zone du faisceau ponctuel.

A titre d'exemple de calcul de la p.i.r.e. cumulative produite par les RLAN, chacun des 177 RLAN extérieurs censés émettre simultanément dans le faisceau SAR2 (voir la dernière ligne du Tableau 8) émet une puissance de -3 dBW. La p.i.r.e. totale dans le faisceau SAR2 est donc de $-3 + 10 \log(177) = 19,5$ dBW. Toutefois, cela correspond à la contribution au brouillage d'environ la moitié seulement des canaux de la bande supérieure chevauchant la largeur de bande utilisée par le SETS et cela est pris en compte dans la simulation.

TABLEAU 5
Paramètres satellites utilisés et résultats des simulations

Présentation et résultats		
Satellites	SAR2	SAR3
Altitude de l'orbite (km)	600 (circulaire)	400 (circulaire)
Inclinaison de l'orbite (degrés)	57	
Fréquence centrale RF (MHz)	5 405	
Orientation de l'antenne (degrés par rapport au nadir)	20-38	20-55
Orientation de l'antenne utilisée pour les simulations (degrés)	30	40
Ouverture du faisceau d'antenne (degrés)	1,7 (en élévation), 0,78 (en azimuth)	4,9/18 (en élévation), 0,25 (en azimuth)
Ouverture du faisceau d'antenne utilisée pour les simulations (degrés)	1,7 (en élévation), 0,78 (en azimuth)	4,9 (en élévation), 0,25 (en azimuth)
Largeur de bande du récepteur (MHz)	356,5	
Affaiblissement sur le trajet (dB)	164,43	162,1
Gain crête d'antenne (dBi)	42,9	42,7

TABLEAU 5 (*fin*)

Présentation et résultats		
Satellites	SAR2	SAR3
p.i.r.e. totale des RLAN en 2005 (dBW)		
RLAN intérieurs dans la bande inférieure	16,21	16,06
RLAN intérieurs dans la bande supérieure	17,59	17,44
RLAN extérieurs dans la bande supérieure	19,48	19,30
Seuil de brouillage SAR ($I/N = -6$ dB) (dBW)	-119,84	
Total des brouillages calculés au cours de la simulation (dBW)	-106,3	-103,6
Excès de brouillage (dB)	13,54	16,24
p.i.r.e. totale des RLAN en 2010 (dBW)		
RLAN intérieurs dans la bande inférieure	24,90	24,75
RLAN intérieurs dans la bande supérieure	26,28	26,14
RLAN extérieurs dans la bande supérieure	28,13	27,98
Seuil de brouillage SAR ($I/N = -6$ dB) (dBW)	-119,84	

Le Tableau 6 contient un récapitulatif mettant en évidence les niveaux de brouillage en excès pour chacun des deux types de SAR étudiés, dans le cas le plus défavorable.

TABLEAU 6

Récapitulation des niveaux de brouillage en excès

	2005 (dB)	2010 (dB)
SAR2	13,5	22,1
SAR3	16,2	25

Prenons d'abord les résultats pour 2005. Il apparaît clairement, dans les cas des radars SAR2 et SAR3, que les RLAN extérieurs ont une incidence particulièrement forte sur le niveau de brouillage causé au récepteur satellite, en partie à cause de leur p.i.r.e. élevée (1 W), mais surtout à cause de l'absence d'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments qui améliore grandement la situation de partage dans le cas d'un RLAN intérieur (de fait, supprimer de la simulation les dispositifs intérieurs n'a pratiquement aucune incidence sur les résultats).

Dans un souci d'exhaustivité, nous avons également simulé l'absence de dispositifs extérieurs dans la bande supérieure pour constater que les brouillages causés sur tous les types de SAR restaient dans les limites admissibles fixées pour les scénarios de 2005 et de 2010.

Toutefois, même si les seuils de brouillage sont dépassés dans chaque cas (mais pendant seulement une période très courte), tous les niveaux calculés pour l'année 2005 pourront probablement être acceptés, puisque la Recommandation UIT-R SA.1166 dispose, premièrement, que le seuil du rapport brouillage sur bruit de -6 dB pour les radars SAR utilisant cette bande «peut être dépassé si on prend en considération l'effet d'atténuation du brouillage dû à la discrimination dans le traitement

par le radar à ouverture synthétique» et, deuxièmement, que ce seuil «ne doit pas être dépassé pour plus de 1% des images provenant de la zone de service du capteur dans les cas de brouillages systématiques».

Les résultats pour l'année 2010 indiquent que des brouillages plus graves seraient causés à tous les types de récepteurs SAR. Toutefois, comme l'a reconnu le Forum global HIPERLAN/2 (voir l'Appendice 3), il faudra alors des canaux supplémentaires pour prendre en charge le trafic RLAN supplémentaire prévu. Concentrer l'ensemble du trafic prévu pour 2010 dans les 19 canaux identifiés dans les 455 MHz étudiés ici n'est donc pas un scénario de partage réaliste à simuler.

4 Résumé des résultats

- Si l'on se fonde sur ce qui est considéré comme une projection réaliste du déploiement le plus dense de RLAN fonctionnant dans la gamme des 5 GHz dans une très grande zone urbaine occupant en totalité la zone éclairée par les faisceaux ponctuels SAR ($>159 \text{ km}^2$), il est clair que, bien que l'utilisation de RLAN extérieurs influe fortement les niveaux de brouillage causés à des récepteurs SAR du SETS spatioportés à large bande, les niveaux de brouillage ne seront vraisemblablement dépassés (cas le plus défavorable d'un dépassement de seuil de 16 dB en 2005) que dans les zones urbaines, pour lesquelles on sait que les données de mesure ne sont pas utilisées.
- En règle générale, le niveau de brouillage sera inférieur au seuil car il y aura très peu de zones semblables à celle modélisée ici, dans laquelle la totalité du faisceau ponctuel est exposée à la configuration de densités de déploiement RLAN la plus défavorable. La spécification de couverture à 99% avec un niveau de brouillage inférieur au seuil conformément à la Recommandation UIT-R SA.1166 devrait donc être respectée.
- De plus, nous n'avons pas pris en compte l'occultation due aux bâtiments qui est difficile à modéliser mais qui peut être significative pour les dispositifs extérieurs déployés en zones urbaines: il peut s'agir d'un facteur d'amélioration supplémentaire.
- L'inquiétude des utilisateurs du SETS concernant une prolifération des RLAN exploités à l'extérieur est compréhensible, mais il semble au vu de la présente étude, que des niveaux de brouillage proches du niveau de seuil se produiront rarement et seront probablement acceptables pour ces utilisateurs, compte tenu de la marge de souplesse autorisée par la Recommandation UIT-R SA.1166 dans certaines circonstances.
- Aucune technique de réduction des brouillages facilement applicable n'est utilisable ici. On suppose que les RLAN extérieurs sont à couverture «équidirective» pour pouvoir fonctionner avec des stations de base très élevées. L'insertion d'un facteur d'affaiblissement de couplage de polarisation de 3 dB est difficile à justifier à partir de l'examen des caractéristiques de rayonnement des RLAN.
- Des ressources spectrales supplémentaires seront probablement nécessaires d'ici à 2010 pour tenir compte des prévisions de trafic dont il est question au § 3.1.
- La présente analyse montre que le partage peut être possible entre les systèmes WAS, RLAN compris et le SETS, conformément au point 2 du *recommande*.
- Un complément d'étude est nécessaire pour confirmer que les conditions énoncées au point 2 du *recommande* de la présente Recommandation sont conformes aux prescriptions de la Recommandation UIT-R SA.1166.

Appendice 1 à l'Annexe 3

Données source concernant les environnements analysés

Les environnements analysés sont les suivants:

TABLEAU 7

a) Immeubles de bureaux

Attribut	Entreprise
Equipement d'utilisateur final	PC ou station de travail, ordinateur de poche
Exemples d'environnement	Bureaux d'entreprise, immeubles de bureaux
Portée	Jusqu'à 50 m (valeur souhaitable) pour les systèmes exploités à l'intérieur
Qualité de service (QoS) escomptée	Identique à celle d'un ordinateur de bureau
Applications	Identiques à celles d'un ordinateur de bureau
Mobilité	Nulle en cours d'utilisation
Couverture	Continue dans l'espace de travail
Géométrie de la cellule	Hypothèse d'un rayon de 30 m (en pratique, configuration des points d'accès adaptée au bâtiment)
Surface de la cellule	2 830 m ²

b) Accès hertzien public

Attribut	Accès hertzien public
Equipement d'utilisateur final	Ordinateur portable (notebook ou palmtop/ordinateur de poche par exemple)
Exemples d'environnement	Bureaux, écoles, hôpitaux, aéroports, gares ferroviaires, centres commerciaux, etc.
Portée	Jusqu'à 50 m pour les systèmes intérieurs; jusqu'à 100 m pour les systèmes extérieurs
QoS escomptée	Légèrement inférieure à celle d'un ordinateur de bureau
Applications	Similaires à celles d'un ordinateur de bureau
Mobilité	Limitée ou nulle en cours d'utilisation
Couverture	Continue dans une zone définie, par exemple dans un hall d'aéroport
Géométrie de la cellule	Circulaire, avec un rayon de 40 m
Surface de la cellule	5 030 m ²

TABLEAU 7 (*fin*)**c) Réseau local privé**

Attribut	Réseau local privé
Équipement d'utilisateur final	Ordinateur personnel, télévision, équipements de divertissement, systèmes de sécurité, commandes, ordinateur de poche
Exemples d'environnement	Locaux privés, c'est-à-dire petites pièces réparties entre deux ou plusieurs étages avec un affaiblissement important entre les étages
Portée	Jusqu'à 15 m
Qualité de service escomptée	Celle de services multimédias en temps réel
Applications	Multimédias en temps réel
Mobilité	Correspondant à celle de quelqu'un qui marche
Couverture	Continue à l'intérieur de telle ou telle pièce
Géométrie de la cellule	Circulaire, avec un rayon de 15 m
Surface de la cellule	707 m ²

d) Marché et trafic

Environnement	Densité de population (Nombre d'utilisateurs potentiels/km ²)	Surface par utilisateur (m ²)	Taux de pénétration (%)	
			2005	2010
Professionnel	70 000	14	5	30
Public	100 000	10	2	20
Privé	10 000	100	4	30

Appendice 2 à l'Annexe 3

Calcul du nombre total de RLAN dans le faisceau ponctuel de chaque type de récepteur SAR

Les paramètres suivants sont utilisés dans les Tableaux 8 et 9.

Les densités de RLAN et les taux de pénétration sont tirés du Tableau 4.

- Pourcentage d'utilisation à l'extérieur: 15%
- Ratio dispositifs actifs/dispositifs passifs: 5%
- Nombre de canaux dans la bande RLAN supérieure: 11
- Nombre de canaux dans la bande RLAN inférieure: 8
- Nombre de dispositifs (professionnels ou publics) simultanément actifs: 1 sur 10
- Nombre de dispositifs (privés) simultanément actifs: 1 sur 4

TABLEAU 8

**Données à utiliser pour le radar SAR2 (taille du faisceau
ponctuel à la surface de la Terre: 164 km²)⁴**

Environnement	2005		2010	
Quartier de la City à Londres				
Nombre de dispositifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	13 600	2 400	81 600	14 400
Publics	6 800	1 200	68 000	12 000
Privés	680	120	5 100	900
Nombre de dispositifs actifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	680	120	4 080	720
Publics	340	60	3 400	600
Privés	34	6	255	45
Nombre total de dispositifs actifs	1 054	186	7 735	1 365
Reste de Londres (dans la zone du faisceau)				
Nombre de dispositifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	28 560	5 040	171 360	30 240
Publics	11 424	2 016	114 240	20 160
Privés	54 400	9 600	408 000	72 000
Nombre de dispositifs actifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	1 428	252	8 568	1 512
Publics	571	101	5 712	1 008
Privés	2 720	480	20 400	3 600
Nombre total de dispositifs actifs	4 719	833	34 680	6 120
Totalité du faisceau				
Nombre total de dispositifs actifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	2 108	372	12 648	2 232
Publics	911	161	9 112	1 608
Privés	2 754	486	20 655	3 645
Nombre total de dispositifs actifs	5 773	1 019	42 415	7 485
Nombre total de dispositifs émettant simultanément	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	211	38	1 265	224
Publics	92	17	912	161
Privés	689	122	5 164	912
Nombre total de RLAN dans le faisceau ponctuel	992	177	7 341	1 297

⁴ La surface du quartier de la City à Londres est de 4 km². La surface couverte par le reste du faisceau ponctuel est de 160 km².

TABLEAU 9

**Données à utiliser pour le radar SAR3 (taille du faisceau
ponctuel à la surface de la Terre: 158 km²)⁵**

Environnement	2005		2010	
Quartier de la City à Londres				
Nombre de dispositifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	13 600	2 400	81 600	14 400
Publics	6 800	1 200	68 000	12 000
Privés	680	120	5 100	900
Nombre de dispositifs actifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	680	120	4 080	720
Publics	340	60	3 400	600
Privés	34	6	255	45
Nombre total de dispositifs actifs	1 054	186	7 735	1 365
Reste de Londres (dans la zone du faisceau)				
Nombre de dispositifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	27 489	4 851	164 934	29 106
Publics	10 996	1 940	109 956	19 404
Privés	52 360	9 240	392 700	69 300
Nombre de dispositifs actifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	1 374	243	8 247	1 455
Publics	550	97	5 498	970
Privés	2 618	462	19 635	3 465
Nombre total de dispositifs actifs	4 542	802	33 380	5 891
Totalité du faisceau				
Nombre total de dispositifs actifs	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	2 054	363	12 327	2 175
Publics	890	157	8 898	1 570
Privés	2 652	468	19 890	3 510
Nombre total de dispositifs actifs	5 596	988	41 115	7 256
Nombre total de dispositifs émettant simultanément	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Professionnels	206	37	1 233	218
Publics	89	16	890	158
Privés	663	117	4 973	878
Nombre total de RLAN dans le faisceau ponctuel	958	170	7 096	1 254

⁵ La surface du quartier de la City à Londres est de 4 km². La surface couverte par le reste du faisceau ponctuel est de 154 km².

Appendice 3 à l'Annexe 3

Résumé des besoins de ressources spectrales

TABLEAU 10

Environnement	Professionnel		Privé		Public	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010
Nombre de canaux de 20 MHz	13	27	2	20	2	23
Portion totale de spectre occupée par tous les services dans l'environnement considéré (MHz)	260	540	40	400	40	460

Annexe 4

Analyse des brouillages entre les systèmes WAS et les systèmes SAR à large bande du SETS (active) dans la gamme de fréquences 5470-5570 MHz (en réponse au point 3 du *recommande*)

1 Introduction

La présente Annexe porte sur les brouillages possibles entre le SETS (active) et les systèmes WAS, RLAN (WAS/RLAN) compris, exploités à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments dans la gamme des 5 GHz. Il est notamment question des brouillages que peuvent causer les systèmes WAS, RLAN compris, à des récepteurs SAR à large bande occupant une bande de 320 MHz susceptible de chevaucher la bande 5 470-5 570 MHz.

Il convient de noter que même si la présente étude traite des brouillages causés à des radars SAR à large bande fonctionnant dans la bande 5 250-5 570 MHz, ses résultats ne s'appliquent qu'à la bande 5 470-5 570 MHz et ne valent pas pour la bande 5 250-5 350 MHz.

Outre les études dont il est question ici, des études complémentaires basées sur une méthode différente ont également été réalisées (voir l'Appendice 1 à la présente Annexe).

Des études ont été effectuées pour examiner les techniques pratiques de mise en œuvre du gabarit de rayonnement (p.i.r.e.) préconisé dans la présente Annexe (voir l'Appendice 2).

2 Caractéristiques techniques du SETS⁶

On exploite ou on prévoit d'exploiter un certain nombre d'applications du SETS dans la bande des 5 GHz, en particulier celles associées aux radars SAR2, SAR3, aux diffusiomètres et aux altimètres.

⁶ Aux fins de la présente analyse des brouillages, on suppose que les caractéristiques des capteurs actifs du service de recherche spatiale ou du SETS sont identiques dans la bande de fréquences considérée.

Dans la présente analyse, on étudie les brouillages cumulatifs causés par des WAS/RLAN exploités à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments à des radars SAR2 ou SAR3.

Le Tableau 11 indique les caractéristiques techniques des capteurs spatioportés actifs exploités dans la bande des 5 GHz et utilisés pour la présente analyse.

TABLEAU 11

Capteurs spatioportés actifs – Caractéristiques techniques (récapitulation)

Paramètre	SAR2	SAR3
Altitude de l'orbite (km)	600 (circulaire)	400 (circulaire)
Inclinaison de l'orbite (degrés)	57	
Fréquence (MHz)	5 405	
Puissance crête rayonnée (W)	4 800	1 700
Largeur de bande des impulsions (MHz)	310	
Diagramme de gain de l'antenne	Voir le Tableau 12	Voir le Tableau 13
Orientation de l'antenne (degrés par rapport au nadir)	20-38	20-55
Facteur de bruit du récepteur (dB)	4,62	
Empreinte au sol (km ²)	164,3	225,30
Largeur de bande du récepteur (MHz)	356,5	
Puissance de bruit (dBW)	-113,84	
Seuil de brouillage du radar SAR (I/N = -6 dB) (dBW)	-119,84	

TABLEAU 12

Diagramme de l'antenne SAR2

Diagramme de gain de l'antenne SAR2	
Plan vertical	
$G_v(\theta_v) = 42,7 - 0,478 (\theta_v^2)$ dBi	$0^\circ \leq \theta_v < 3,6^\circ$
$G_v(\theta_v) = 40,1 - 1,0 (\theta_v)$ dBi	$3,6^\circ \leq \theta_v < 45^\circ$
$G_v(\theta_v) = -5$ dBi	$45^\circ \leq \theta_v$
Plan horizontal	
$G_h(\theta_h) = 0,0 - 212 (\theta_h^2)$ dBi	$0^\circ \leq \theta_h < 0,24^\circ$
$G_h(\theta_h) = -11,7 - 2,2 (\theta_h)$ dBi	$0,24^\circ \leq \theta_h < 2,7^\circ$
$G_h(\theta_h) = -17,6$ dBi	$2,7^\circ \leq \theta_h$
Diagramme de gain	
$G(\theta) = \text{Max} \{G_v(\theta_v) + G_h(\theta_h), -5\}$ dBi	

TABLEAU 13
Diagramme de l'antenne SAR3

Diagramme de gain de l'antenne SAR3	
Plan vertical	
$G_v(\theta_v) = 42,9 - 3,21 (\theta_v^2)$ dBi	$0^\circ \leq \theta_v < 1,4^\circ$
$G_v(\theta_v) = 38 - 1,0 (\theta_v)$ dBi	$1,4^\circ \leq \theta_v < 43^\circ$
$G_v(\theta_v) = -5$ dBi	$43^\circ \leq \theta_v$
Plan horizontal	
$G_h(\theta_h) = 0,0 - 21,5 (\theta_h^2)$ dBi	$0^\circ \leq \theta_h < 0,75^\circ$
$G_h(\theta_h) = -10,4 - 2,2 (\theta_h)$ dBi	$0,75^\circ \leq \theta_h < 8,4^\circ$
$G_h(\theta_h) = -28,9$ dBi	$8,4^\circ \leq \theta_h$
Diagramme de gain	
$G(\theta) = \text{Max} \{G_v(\theta_v) + G_h(\theta_h), -5\}$ dBi	

3 Caractéristiques techniques des WAS/RLAN extérieurs

Le Tableau 14 récapitule les caractéristiques techniques des WAS/RLAN extérieurs utilisés pour la présente analyse.

TABLEAU 14
Caractéristiques techniques des WAS/RLAN extérieurs
dans la gamme des 5 GHz

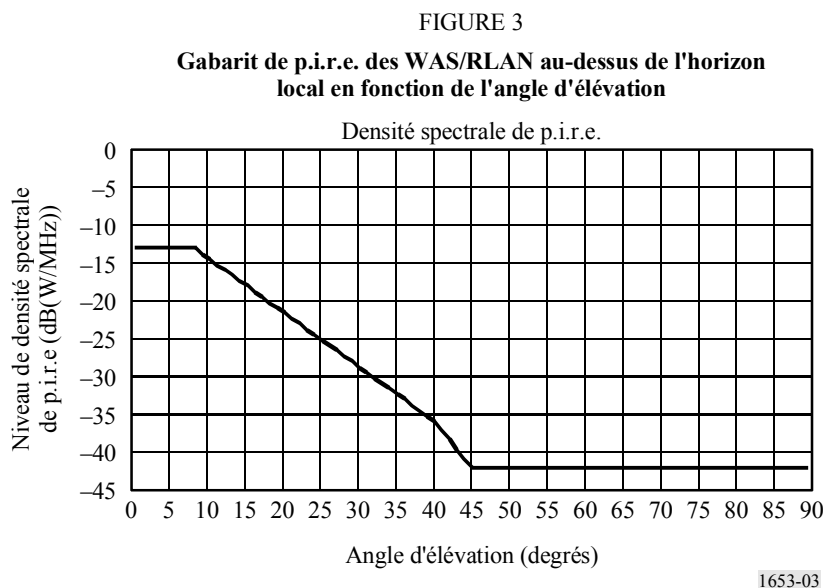
Paramètre	Valeur
Largeur de bande	20 MHz
Diagramme de gain d'antenne – plan d'azimut	Equidirectif
Diagramme de gain d'antenne – plan d'élévation (au-dessus de l'horizon)	Implicitement dans les limites du gabarit de p.i.r.e. indiquées sur la Fig. 3
Inclinaison de l'antenne	0°
Rayon de la cellule	1,5 km
Puissance de l'émetteur	250 mW = -6 dBW
Coefficient de diffusion	17 dB
Pourcentage de dispositifs actifs	100%

Aux fins de la présente analyse, on suppose que l'antenne est équidirective dans le plan de l'azimut et génère dans le plan d'élévation les valeurs de p.i.r.e. indiquées sur la Fig. 3. En réalité, les émetteurs considérés utilisent des antennes directives sur les stations de base (stations pivots) comme sur les stations terminales. Si l'on spécifie un seul et même gabarit de p.i.r.e. pour tous les émetteurs, il est inutile de prescrire des gabarits différents pour les stations de base et pour les stations terminales, ni de fixer les valeurs des ratios dispositifs actifs/dispositifs passifs associés; les résultats obtenus correspondent encore au cas absolu de brouillage le plus défavorable.

On suppose en outre qu'une antenne du type considéré par cellule sera exploitée dans un canal de fréquences utilisé simultanément par le SETS. La distribution des cellules WAS/RLAN sera étudiée au § 4.

Il convient de noter que l'hypothèse d'une antenne équidirective dans le plan d'azimut implique qu'à n'importe quel instant, un émetteur de chaque cellule rayonne vers le SETS à son niveau maximal de p.i.r.e.

L'inclinaison d'antenne des émetteurs est fixée à 0°. En réalité, des antennes d'émission pourraient fonctionner avec une inclinaison. Toutefois, tant que les valeurs de p.i.r.e. suivent le gabarit de la Fig. 3, les résultats de la présente analyse restent valables.



Les équations associées au gabarit de p.i.r.e. de la Fig. 3 sont les suivantes:

$$\begin{aligned}
 & -14 \quad \text{dB(W/MHz)} && \text{pour } 0^\circ \leq \theta < 8^\circ \\
 & -14 - 0,718(\theta - 8) \quad \text{dB(W/MHz)} && \text{pour } 8^\circ \leq \theta < 40^\circ \\
 & -38,9 - 1,22(\theta - 40) \quad \text{dB(W/MHz)} && \text{pour } 40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ \\
 & -45 \quad \text{dB(W/MHz)} && \text{pour } \theta > 45^\circ
 \end{aligned}$$

où θ est l'angle d'élévation au-dessus de l'horizon local (degrés).

Au-dessous de l'horizon local, on utilise une valeur de p.i.r.e. de 1 W ou -13 dB(W/MHz).

4 Caractéristiques techniques des WAS/RLAN intérieurs

Les caractéristiques techniques des WAS/RLAN intérieurs utilisés pour les besoins de la présente simulation sont indiquées dans le Tableau 15.

TABLEAU 15
Paramètres techniques des WAS/RLAN intérieurs
dans la gamme des 5 GHz

Paramètre	Valeur
Largeur de bande	20 MHz
Antenne	Isotrope (pour la simulation)
Gain d'antenne	0 dBi
Puissance de l'émetteur	250 mW
Affaiblissement dû aux bâtiments	18 dB
Pourcentage de dispositifs actifs	100%

5 Distribution des systèmes WAS/RLAN extérieurs

La méthode utilisée pour évaluer le déploiement mondial des WAS/RLAN est fondée sur la prise en compte des centres de population urbaine comptant plus de 750 000 habitants en 2015 selon les prévisions de la base de données des Nations Unies sur la population.

On utilise l'équation suivante pour évaluer le rayon d'une zone urbaine:

$$R_p = \alpha P^\beta$$

où R_p est le rayon (km) de la zone urbaine et α est une grandeur fixée à 0,035 pour les centres urbains des Etats-Unis d'Amérique et à 0,0155 ailleurs. La valeur de β est fixée à 0,44 partout. On calcule le nombre maximal de stations pivots possibles, N , à l'intérieur du rayon de la zone urbaine à l'aide de l'équation suivante:

$$N = Round \left(\eta_d \left(\frac{R_p}{R_h} \right)^2 \right)$$

où η_d est le facteur de déploiement pratique utilisé pour tenir compte de la différence entre le nombre maximal de stations pivots et le nombre le plus vraisemblable de stations pivots compte tenu de facteurs économiques, démographiques et géographiques. On utilise $\eta_d = 0,3$ dans la présente étude. La variable R_h représente le rayon (km) d'une cellule WAS/RLAN type; dans la présente étude, $R_h = 1,5$ km.

Un certain nombre de villes ont été modélisées. La Ville A représente l'un des grands centres urbains les plus densément peuplés au monde, ce qui donne le cas le plus défavorable de brouillage cumulatif causé au SETS. Sur la base de la méthode susmentionnée et pour une population de 17,6 millions d'habitants, on a déterminé que le rayon de cette ville était d'environ 54 km. Pour tenir compte de l'incidence des stations exploitées dans des zones suburbaines entourant la ville et pour simuler l'incidence des brouillages cumulatifs causés par des stations exploitées dans des villes avoisinantes, on a fait passer ce rayon à environ 81 km. Dans cette zone et en utilisant un facteur de déploiement de 0,3 comme indiqué plus haut, on a modélisé environ 870 cellules de 1,5 km de rayon dans une zone carrée de 162 km de diagonale. D'autres villes de taille moyenne ont également été modélisées. Un résumé des hypothèses appliquées figure dans le Tableau 16.

TABLEAU 16

Résumé des paramètres utilisés pour la modélisation des villes

	Ville A	Ville B	Ville C	Ville D	Ville E	Ville F
Ville de taille similaire	New York	Chicago	Tokyo	Sao Paulo	Shanghai	Paris
Population (millions)	17,6	7,5	28,9	20,3	17,9	9,7
Rayon réel de la ville (km)	54	37	30	26	24	18
Rayon de la ville simulée (km)	81	56	45	38	36	27
Nombre d'émetteurs actifs	870	418	270	193	173	97
Zone de déploiement (km ²)	13 122	6 272	4 050	2 888	2 592	1 458
Densité (nombre d'émetteurs/km ²)	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066

Dans chaque cellule, on suppose qu'un émetteur fonctionne en permanence à la même fréquence que le SETS, ses caractéristiques étant celles décrites au § 3 de la présente Annexe.

On a également supposé qu'un tiers de l'ensemble des stations actives contribuait chacune à hauteur de 17 dB à l'effet total de diffusion.

6 Distribution des systèmes WAS/RLAN intérieurs

La distribution des WAS intérieurs fait l'objet du Tableau 17. Ces systèmes simultanément actifs sont distribués dans leurs zones respectives de manière uniforme. On suppose qu'ils se trouvent au centre de la ville considérée.

Il convient de noter qu'il est généralement difficile d'exploiter des systèmes WAS/RLAN intérieurs ou extérieurs dans la même zone géographique, à la même fréquence et en même temps (effet d'autolimitation). En supposant que les systèmes WAS/RLAN étaient situés au centre de la ville, on a donc surestimé le brouillage total causé au SETS.

TABLEAU 17

Distribution des systèmes intérieurs situés dans l'empreinte au sol d'un radar SAR2 ou SAR3

SETS	SAR2	SAR3
Nombre de systèmes WAS/RLAN actifs intérieurs	945	1 296
Aire de déploiement (km ²)	164,3	225,3
Densité (nombre de systèmes actifs/km ²)	5,75	5,75

7 Brouillages causés au radar SAR2

Outre les hypothèses exposées aux § 1 à 6, on suppose également des affaiblissements dus à la polarisation de 3 dB pour les systèmes extérieurs, de 0 dB pour les systèmes intérieurs et aucun affaiblissement dû à l'atmosphère. On a simulé le fonctionnement d'un satellite à radar SAR2 à large bande pendant 30 jours, la période au cours de laquelle le satellite SETS subit le brouillage maximal ayant ensuite été modifiée par pas de 200 ms. Les résultats indiqués dans les Fig. 4 et 5 concernent un laps de temps au cours duquel le satellite SETS est visible par les systèmes WAS/RLAN sur une seule orbite sur laquelle le service subit la valeur maximale possible de brouillage cumulatif causé par lesdits systèmes.

Des analyses des brouillages subis par un radar SAR2 pointant à 38° par rapport au nadir ont été réalisées dans quatre cas. Les résultats, qui correspondent à la somme de l'effet de diffusion de surface et du brouillage cumulatif causé par des WAS/RLAN intérieurs ou extérieurs, sont indiqués sur la Fig. 4. Dans le premier cas, on étudie le signal brouilleur cumulatif subi par le SETS sachant que tous les systèmes extérieurs rayonnent une p.i.r.e. de 1 W sans gabarit de p.i.r.e., c'est-à-dire avec une antenne équidirective. Dans le deuxième cas, on examine l'incidence de systèmes extérieurs fonctionnant selon le gabarit de p.i.r.e. décrit au § 3. Dans le troisième cas, on étudie l'effet d'un pointage vers le haut de tous les systèmes extérieurs, sans respect du gabarit de p.i.r.e., suivant des angles aléatoires compris entre 0 et 10° au-dessus de l'horizon local. Dans le quatrième cas enfin, on examine l'effet d'un pointage vers le haut de tous les systèmes extérieurs, sans respect du gabarit de p.i.r.e., suivant des angles aléatoires compris entre 0 et 20° au-dessus de l'horizon local. Ces résultats sont récapitulés dans le Tableau 18.

FIGURE 4

Brouillage cumulé causé par des systèmes WAS/RLAN intérieurs ou extérieurs (effet de diffusion compris) à un radar SAR2 pointant à 38° par rapport au nadir dans la bande 5 250-5 570 MHz; comparaison entre des systèmes pointant par inadvertance vers le haut et des systèmes WAS/RLAN équadirectifs

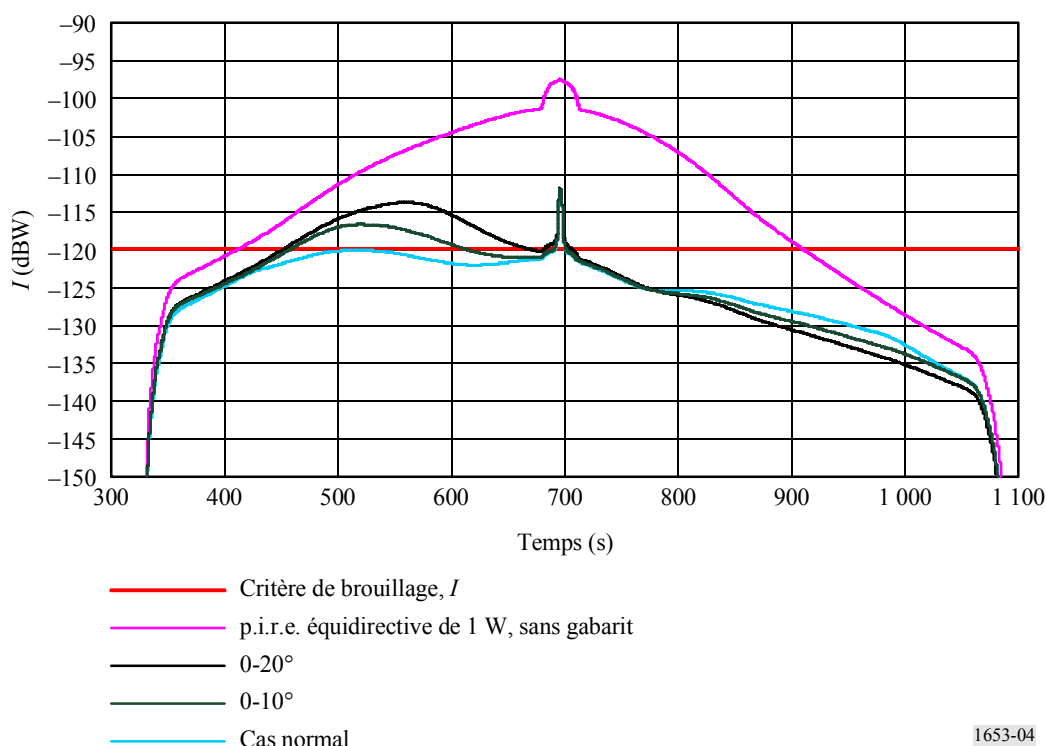


TABLEAU 18

Récapitulation des résultats (voir la Fig. 4) associés aux brouillages cumulatifs subis par le radar SAR2 pointant à 38° par rapport au nadir

Ville A (New York)						
	Cas normal (utilisation d'un gabarit de p.i.r.e. et inclinaison nulle de l'antenne)	p.i.r.e. de 1 W, sans gabarit de p.i.r.e.	Gabarit de p.i.r.e. et pointage entre 0 et 10° au-dessus de l'horizon local		Gabarit de p.i.r.e. et pointage entre 0 et 20° au-dessus de l'horizon local	
Critère de brouillage <i>I</i> (dBW)	-119,84					
Valeur <i>I</i> maximale (dBW)	-111,9	-97,5	-117,5	-111,9	-113	-111,8
Laps de temps pendant lequel le radar SAR2 est «vu» depuis la ville (s)	758					
Laps de temps pendant lequel le critère <i>I</i> est dépassé (s)	8,6	496,2	151,2	9,4	214,2	21,6
Temps (%)	1,1	65,5	19,9	1,2	28,2	2,8

Etant donné que les systèmes WAS/RLAN utilisent le gabarit de p.i.r.e. décrit au § 3 de la présente Recommandation, le critère de brouillage du radar SAR2 est respecté la plupart du temps, hormis pendant environ 1,1% de la période de «visibilité» du satellite depuis la ville, quand le critère de brouillage est dépassé. Ces brouillages résultent pour l'essentiel des émissions de systèmes intérieurs.

Lorsqu'aucun gabarit de p.i.r.e. n'est utilisé, c'est-à-dire lorsque les systèmes WAS/RLAN rayonnent via des antennes équidirectives à une p.i.r.e. de 1 W dans 20 MHz, le critère de brouillage du radar SAR2 est dépassé pendant environ 65% de la période de «visibilité» du satellite depuis la ville.

Si tous les émetteurs WAS/RLAN utilisent le gabarit de p.i.r.e. décrit au § 3, mais pointent par inadvertance vers le haut selon un angle aléatoire quelconque compris entre 0 et 10°, le critère de brouillage du radar SAR2 risque d'être dépassé d'une valeur maximale d'environ 2 dB pendant environ 19,9% de la période de «visibilité» du satellite depuis la ville et d'environ 8 dB pendant à peu près 1,2% de cette période.

Si tous les émetteurs WAS/RLAN utilisent le gabarit de p.i.r.e. décrit au § 3, mais pointent par inadvertance vers le haut selon un angle aléatoire quelconque compris entre 0 et 20°, le critère de brouillage du radar SAR2 risque d'être dépassé d'environ 6 dB au plus pendant environ 28% de la période de visibilité du satellite depuis la ville et d'environ 8 dB pendant à peu près 2,8% de cette période.

Il convient de noter, concernant les résultats mentionnés dans les deux alinéas précédents, que l'on a supposé un pointage vers le haut de tous les systèmes WAS/RLAN, ce qui signifie qu'aucun d'entre eux ne respecte les limites du gabarit de p.i.r.e. Si seulement un certain pourcentage de ces systèmes ne respectait pas les limites du gabarit de p.i.r.e., les brouillages subis par le satellite seraient bien moindres.

On a aussi analysé les brouillages subis par le radar SAR2 (pointant à 38° par rapport au nadir) pour des villes de différentes tailles. Les résultats (Fig. 5) indiquent les brouillages cumulatifs causés par des systèmes WAS/RLAN exploités à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, effet de diffusion de surface compris. Ces résultats sont récapitulés dans le Tableau 19.

FIGURE 5

Brouillage cumulatif causé par des systèmes WAS/RLAN intérieurs ou extérieurs (effet de diffusion compris) à un radar SAR2 pointant à 38° par rapport au nadir dans la bande 5 250-5 570 MHz; comparaison des brouillages cumulatifs pour des villes de différentes tailles

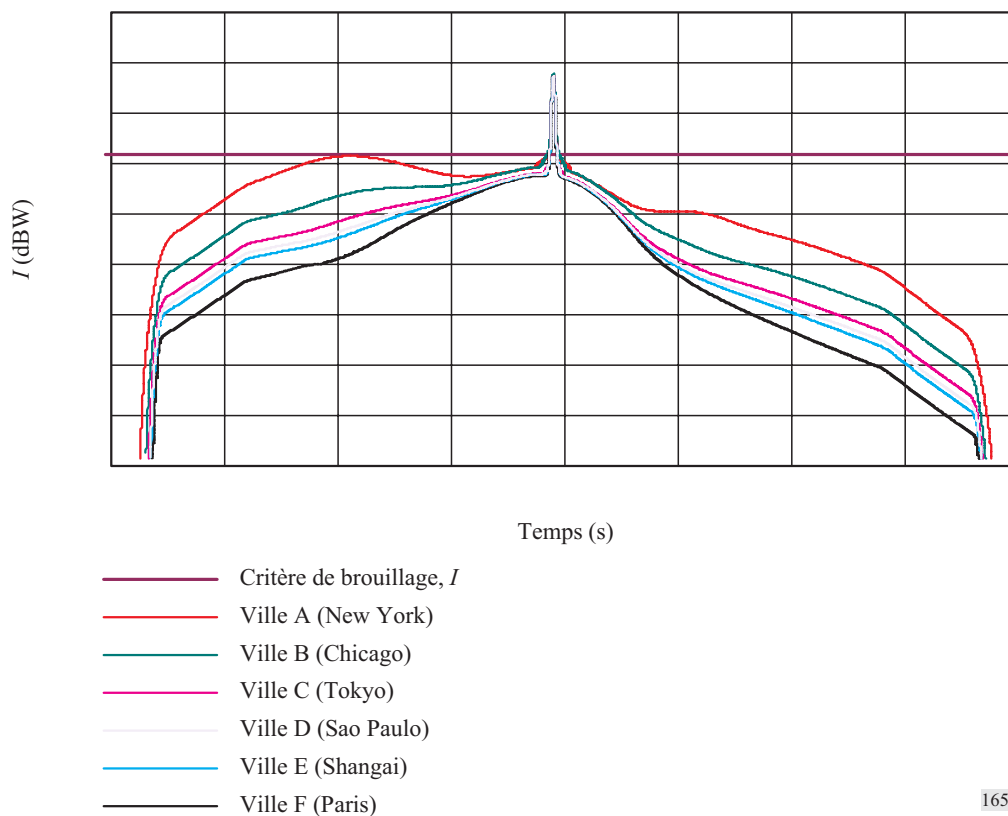


TABLEAU 19

Récapitulation des résultats (voir la Fig. 5) relatifs aux brouillages cumulatifs subis par un radar SAR2 pointant à 38° par rapport au nadir

	Ville A	Ville B	Ville C	Ville D	Ville E	Ville F
	New York	Chicago	Tokyo	Sao Paulo	Shanghai	Paris
Critère de brouillage <i>I</i> (dBW)	-119,84					
Valeur <i>I</i> maximale (dBW)	-111,9		-112,1			
Laps de temps pendant lequel le radar SAR2 est vu depuis la ville (s)	758	747,4	742,8	739,8	739	735,4
Laps de temps pendant lequel le critère <i>I</i> est dépassé (s)	8,6	8,4	6,6	6,4	6,8	5,8
Temps (%)	1,1		0,9			0,8

Comme indiqué sur la Fig. 5, le critère de brouillage est dépassé d'une valeur maximale de -112 dBW pendant environ 1% du temps pour les villes simulées. Toutefois, à l'examen de la Fig. 5 et puisque la valeur «crête» du brouillage est principalement due aux émissions de systèmes WAS/RLAN isotropes intérieurs, on peut constater que, pour les systèmes WAS/RLAN extérieurs dans des villes de taille type, on dispose d'une marge moyenne de 5 à 15 dB avant que le brouillage cumulatif ne risque de dépasser le critère de brouillage. Sur la base de ces résultats, le partage sera difficile entre le radar SAR2 et les WAS/RLAN rayonnant une p.i.r.e. de 1 W à 20 MHz via des antennes équidirectives sans utilisation d'un gabarit d'émission.

Sur la base de ces résultats, le partage est possible entre le SETS (active) et les WAS/RLAN intérieurs ou extérieurs, dont les caractéristiques sont décrites aux § 3 et 4. De plus, si l'on se réfère à l'alinéa précédent, on peut conclure que les limites du gabarit de p.i.r.e. des WAS/RLAN extérieurs (voir la Fig. 3) pourraient être diminuées (assouplies) d'au moins 3 dB et que le critère de brouillage d'un radar SAR2 sera encore respecté pour la grande majorité des villes du monde. Le gabarit de p.i.r.e. peut donc être modifié comme suit:

$$\begin{array}{ll}
 -11 \text{ dB(W/MHz)} & \text{pour } 0^\circ \leq \theta < 8^\circ \\
 -11 - 0,716(\theta - 8) \text{ dB(W/MHz)} & \text{pour } 8^\circ \leq \theta < 40^\circ \\
 -35,9 - 1,22(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)} & \text{pour } 40^\circ \leq \theta < 45^\circ \\
 -42 \text{ dB(W/MHz)} & \text{pour } \theta \geq 45^\circ
 \end{array}$$

où θ est l'angle d'élévation (degrés) au-dessus de l'horizon local.

Toutefois, compte tenu de l'hypothèse d'une valeur de p.i.r.e. limitée à 1 W ou -13 dB(W/MHz), le gabarit de p.i.r.e. est modifié comme suit:

$$\begin{array}{ll}
 -13 \text{ dB(W/MHz)} & \text{pour } 0^\circ \leq \theta < 8^\circ \\
 -13 - 0,716(\theta - 8) \text{ dB(W/MHz)} & \text{pour } 8^\circ \leq \theta < 40^\circ \\
 -35,9 - 1,22(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)} & \text{pour } 40^\circ \leq \theta < 45^\circ \\
 -42 \text{ dB(W/MHz)} & \text{pour } \theta \geq 45^\circ
 \end{array}$$

où θ est l'angle d'élévation (degrés) au-dessus de l'horizon local.

8 Brouillages causés au radar SAR-3

Outre les hypothèses énoncées aux § 1 à 6, on suppose également des affaiblissements dus à la polarisation de 3 dB pour les systèmes extérieurs, de 0 dB pour les systèmes intérieurs et aucun affaiblissement dû à l'atmosphère. On a simulé le fonctionnement d'un satellite à radar SAR3 à large bande pendant 30 jours, la période au cours de laquelle le satellite SETS subit le maximum de brouillage ayant ensuite été modifiée par pas de 200 ms. Les résultats indiqués sur les Fig. 6 et 7 concernent un laps de temps au cours duquel le satellite SETS est visible par les systèmes WAS/RLAN sur une seule orbite sur laquelle le service subit la valeur maximale possible de brouillage cumulatif causé par lesdits systèmes.

Des analyses des brouillages subis par un radar SAR3 pointant à 55° par rapport au nadir ont été réalisées dans quatre cas. Les résultats, qui correspondent à la somme de l'effet de diffusion de surface et du brouillage cumulatif causé par des WAS/RLAN intérieurs ou extérieurs, sont indiqués sur la Fig. 6. Dans le premier cas, on étudie le signal brouilleur cumulatif subi par le SETS sachant que tous les systèmes extérieurs rayonnent une p.i.r.e. de 1 W sans gabarit de p.i.r.e., c'est-à-dire avec une antenne équidirective. Dans le deuxième cas, on examine l'incidence des systèmes extérieurs fonctionnant selon le gabarit de p.i.r.e. décrit au § 3. Dans le troisième cas, on étudie l'effet d'un pointage vers le haut de tous les systèmes extérieurs, sans respect du gabarit de p.i.r.e., suivant des angles aléatoires compris entre 0 et 10° au-dessus de l'horizon local. Dans le quatrième cas enfin, on examine l'effet d'un pointage vers le haut de tous les systèmes extérieurs, sans respect du gabarit de p.i.r.e., suivant des angles aléatoires compris entre 0 et 20° au-dessus de l'horizon local. Ces résultats sont récapitulés dans le Tableau 20.

FIGURE 6

Brouillage cumulatif causé par des systèmes WAS/RLAN intérieurs ou extérieurs (effet de diffusion compris) à un radar SAR3 pointant à 55° par rapport au nadir dans la bande 5 250-5 570 MHz; comparaison entre des systèmes pointant par inadvertance vers le haut et des systèmes WAS/RLAN équidirectifs

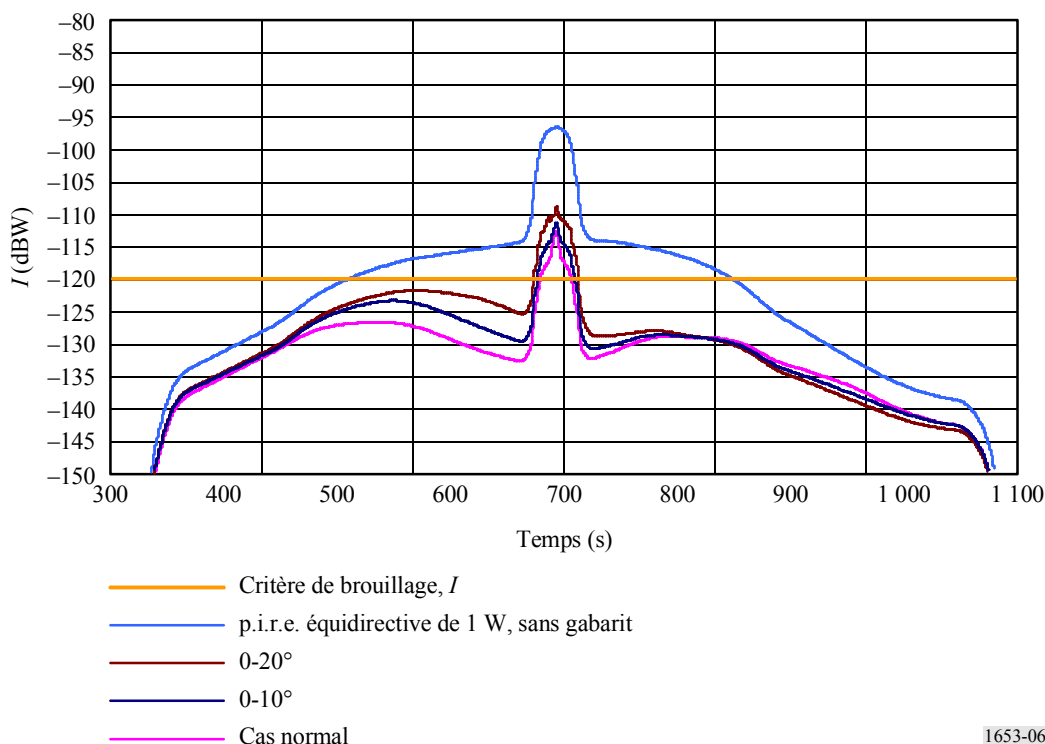


TABLEAU 20

Récapitulation des résultats (voir la Fig. 6) associés aux brouillages cumulatifs subis par le radar SAR3 pointant à 55° par rapport au nadir

Ville A (New York)				
	Cas normal (utilisation d'un gabarit de p.i.r.e.)	p.i.r.e. de 1 W, sans gabarit de p.i.r.e.	Gabarit de p.i.r.e. et pointage entre 0 et 10° au-dessus de l'horizon local	Gabarit de p.i.r.e. et pointage entre 0 et 20° au-dessus de l'horizon local
Critère de brouillage <i>I</i> (dBW)	-119,84			
Valeur <i>I</i> maximale (dBW)	-112,4	-96,4	-111,1	-109,7
Laps de temps pendant lequel le radar SAR-3 est «vu» depuis la ville (s)	568			
Laps de temps pendant lequel le critère <i>I</i> est dépassé (s)	20	254,2	24,8	29,2
Temps (%)	3,5	45	4,4	5,1

Etant donné que les systèmes WAS/RLAN utilisent le gabarit de p.i.r.e. décrit au § 3 de la présente Annexe, le critère de brouillage du radar SAR3 est respecté la plupart du temps sauf pendant environ 3,5% de la période de visibilité du satellite depuis la ville, quand le critère de brouillage est dépassé. Ces brouillages résultent pour l'essentiel des émissions des systèmes intérieurs.

Lorsqu'aucun gabarit de p.i.r.e. n'est utilisé, c'est-à-dire lorsque les systèmes WAS/RLAN rayonnent via des antennes équidirectives à une p.i.r.e. de 1 W dans 20 MHz, le critère de brouillage du radar SAR3 est dépassé pendant environ 45% de la période de «visibilité» du satellite depuis la ville.

Si tous les émetteurs WAS/RLAN utilisent le gabarit de p.i.r.e. décrit au § 3, mais pointent par inadvertance vers le haut selon un angle aléatoire quelconque compris entre 0 et 10°, le critère de brouillage du radar SAR3 risque d'être dépassé d'une valeur maximale d'environ 8 dB pendant environ 4,4% de la période de «visibilité» du satellite depuis la ville.

Si tous les émetteurs WAS/RLAN utilisent le gabarit de p.i.r.e. décrit au § 3, mais pointent par inadvertance vers le haut selon un angle aléatoire quelconque compris entre 0 et 20°, le critère de brouillage du radar SAR3 risque d'être dépassé d'environ 8 dB au plus pendant environ 5,1% de la période de «visibilité» du satellite depuis la ville.

Il convient de noter, concernant les résultats mentionnés dans les deux alinéas précédents, que l'on a supposé un pointage vers le haut de tous les systèmes WAS/RLAN, ce qui signifie qu'aucun d'entre eux ne respecte les limites du gabarit de p.i.r.e. Si seulement un certain pourcentage de ces systèmes ne respectait pas les limites du gabarit de p.i.r.e., les brouillages subis par le satellite seraient bien moindres.

On a aussi analysé les brouillages subis par le radar SAR3 (pointant à 55° par rapport au nadir) pour des villes. Les résultats (Fig. 8) indiquent les brouillages cumulatifs causés par des systèmes WAS/RLAN exploités à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, effets de diffusion de surface compris. Ces résultats sont récapitulés dans le Tableau 21.

Comme on l'indique sur la Fig. 6, le critère de brouillage est dépassé pendant environ 3,5% du temps dans le cas de la ville A (zone à densité de population extrêmement élevée). Dans d'autres villes de plus petite taille, le critère de brouillage est dépassé pendant de très courtes durées (environ 1% du temps). Pour les villes de taille type, on dispose d'une marge moyenne d'au moins 10 dB avant que le brouillage cumulé ne risque de dépasser le critère de brouillage.

FIGURE 7

**Brouillage cumulé causé par des systèmes WAS/RLAN intérieurs ou extérieurs (effet de diffusion compris)
à un radar SAR3 pointant à 55° par rapport au nadir dans la bande 5 250-5 570 MHz;
comparaison des brouillages cumulatifs pour des villes de différentes tailles**

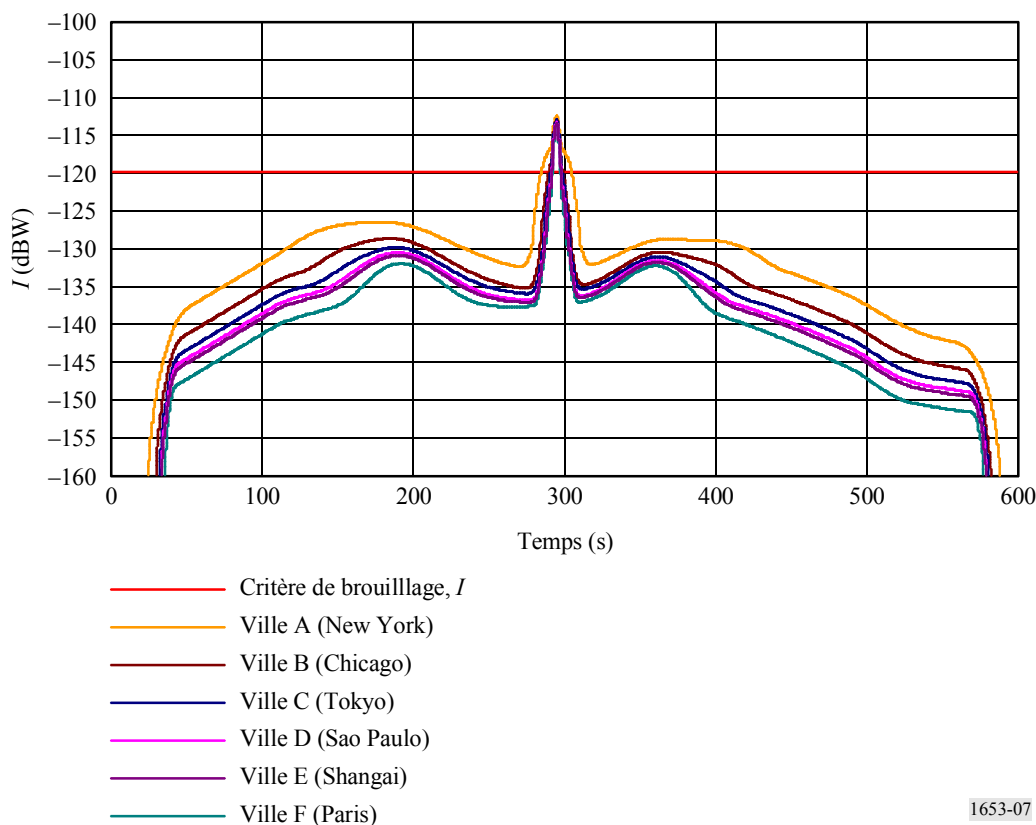


TABLEAU 21

**Récapitulation des résultats (voir la Fig. 7) relatifs aux brouillages cumulatifs subis par
un radar SAR3 pointant à 55° par rapport au nadir**

	Ville A	Ville B	Ville C	Ville D	Ville E	Ville F
	New York	Chicago	Tokyo	Sao Paulo	Shanghai	Paris
Critère de brouillage I (dBW)	-119,84					
Valeur I maximale (dBW)	-112,4	-112,9		-113,3	-113,4	-113,5
Laps de temps pendant lequel le radar SAR3 est «vu» depuis la ville (s)	568	556,6	553,2	550,4	549,6	546
Laps de temps pendant lequel le critère I est dépassé (s)	20	9	7	6		
Temps (%)	3,5	1,6	1,3	1,1		

Sur la base de ces résultats, le partage sera difficile entre le radar SAR3 et les systèmes WAS/RLAN rayonnant une p.i.r.e. de 1 W à 20 MHz via des antennes équidirectives sans utilisation d'un gabarit d'émission.

Toutefois, le partage est possible entre un radar SAR3 et des systèmes WAS/RLAN exploités intérieurs ou extérieurs dont les caractéristiques sont décrites aux paragraphes précédents. De plus, si l'on se réfère au § 8.8, on peut également conclure que les limites du gabarit de p.i.r.e. pour les systèmes WAS/RLAN indiquées sur la Fig. 3 pourraient être diminuées (assouplies) d'au moins 3 dB et que le critère de brouillage du radar SAR3 sera encore respecté pour la grande majorité des villes du monde. Le gabarit de p.i.r.e. peut donc être modifié comme suit:

-11 dB(W/MHz)	pour $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-11 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	pour $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	pour $40^\circ \leq \theta < 45^\circ$
-42 dB(W/MHz)	pour $\theta \geq 45^\circ$

où θ est l'angle d'élévation (degrés) au-dessus de l'horizon local.

Toutefois, compte tenu de l'hypothèse d'une valeur de p.i.r.e. limitée à 1 W ou -13 dB(W/MHz), le gabarit de p.i.r.e. est modifié comme suit:

-13 dB(W/MHz)	pour $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-13 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	pour $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	pour $40^\circ \leq \theta < 45^\circ$
-42 dB(W/MHz)	pour $\theta \geq 45^\circ$

où θ est l'angle d'élévation (degrés) au-dessus de l'horizon local.

9 Résumé des résultats

Le déploiement effectif des dispositifs WAS/RLAN intérieurs ou extérieurs devrait être moins grand que celui supposé dans la présente analyse. De plus, les résultats obtenus correspondent au cas le plus défavorable de brouillages causés au SETS, les brouillages devraient être moins élevés à tout autre moment.

Dans la bande 5470-5570 MHz, le partage entre le SETS (active) et les systèmes WAS/RLAN risque d'être difficile, à moins que les systèmes WAS/RLAN extérieurs utilisent un gabarit de rayonnement.

Le partage est possible si la densité spectrale de p.i.r.e. de chaque émetteur extérieur est limitée comme suit:

-13 dB(W/MHz)	pour $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-13 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	pour $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	pour $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
-42 dB(W/MHz)	pour $\theta > 45^\circ$

où θ est l'angle d'élévation (degrés) au-dessus de l'horizon local.

De la même façon, la puissance d'émission de chaque émetteur WAS/RLAN, exploité à l'intérieur ou à l'extérieur, devrait être limitée à 250 mW ou $11 + 10 \log B$ (dBm) et la densité spectrale de puissance ne devrait pas dépasser 11 dBm dans une largeur de bande de 1,0 MHz (B étant la largeur de bande en MHz correspondant à 99% de la puissance émise). De plus, la valeur maximale de p.i.r.e. ne devrait pas dépasser 1 W (0 dBW) ou $-13 + 10 \log B$ (dBW), en prenant la valeur la plus basse.

Appendice 1 à l'Annexe 4

Analyse des brouillages cumulatifs causés par un des systèmes WAS proposés dans le *recommande* (systèmes WAS, réseaux RLAN compris, du service mobile utilisés en partage avec le SETS (active) dans la bande 5 470-5 570 MHz)

1 Introduction

Le *recommande* de la présente Recommandation comprend trois points. Selon le point 2 du *recommande*, la p.i.r.e. maximale du système WAS devrait être limitée à 1 W, et selon le point 3 du *recommande*, la puissance émise par un système WAS devrait être limitée à une valeur maximale de 250 mW et les émissions des autres systèmes WAS devraient être limitées par l'utilisation de gabarits de spectre fonctions de l'angle d'élévation. Le présent Appendice porte sur le brouillage cumulatif causé dans la bande 5 470-5 570 MHz à des radars SAR à large bande (310 MHz) par des dispositifs WAS dont les caractéristiques sont celles mentionnées au point 3 du *recommande* pour cette bande. Ces résultats ne s'appliquent qu'à la bande considérée et ne sont pas applicables à la bande inférieure 5 250-5 350 MHz.

2 Caractéristiques techniques des radars SAR spatioportés à large bande

Les caractéristiques techniques des SAR à large bande types (SAR2-3) fonctionnant à 5,3 GHz sont données dans l'Annexe 1. Les caractéristiques utilisées dans la présente analyse (voir le Tableau 1) sont celles qui donneraient le cas de brouillage le plus défavorable causé à un récepteur SAR à large bande type.

3 Caractéristiques techniques des systèmes WAS/RLAN

Un résumé des caractéristiques correspondant aux points 2 et 3 du *recommande* de la présente Recommandation figure dans le Tableau 22. On utilise dans cette analyse les caractéristiques indiquées au point 3 du *recommande*, selon lequel le système WAS peut être exploité à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, sous réserve de limitations de la puissance maximale de l'émetteur, de densité spectrale de puissance et de la p.i.r.e. maximale avec un gabarit de densité spectrale de p.i.r.e. Le point 2 du *recommande* (b) et c)) fait référence à des techniques de réduction des brouillages telles que l'utilisation d'une commande de la puissance d'émission ou de la sélection dynamique des fréquences pour diminuer encore davantage les brouillages causés par des systèmes WAS dont les caractéristiques sont celles mentionnées au point 2 du *recommande*.

Examinons les caractéristiques indiquées au point 3 du *recommande*. Les données relatives à la configuration du système Dir-WAS1 (valeur maximale de la densité spectrale de p.i.r.e. égale à -13 dB(W/MHz)) ont été tirées de l'Annexe 3. Le gabarit de densité spectrale de p.i.r.e. est le suivant (voir la Fig. 8).

La densité spectrale de p.i.r.e. des émissions d'un émetteur RLAN extérieur ne devrait pas dépasser les valeurs ci-après pour l'angle d'élévation θ au-dessus du plan horizontal local:

-13 dB(W/MHz)	pour $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-13 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	pour $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	pour $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
-42 dB(W/MHz)	pour $\theta > 45^\circ$

En utilisant le gabarit de densité spectrale de p.i.r.e. de la Fig. 8 et en supposant une largeur de bande de 20 MHz, on obtient des valeurs de p.i.r.e. de $-15,3$ dBW, -29 dBW et -29 dBW pour respectivement des angles hors axe de $29,5^\circ$, $47,7^\circ$ et 68° , le niveau de puissance d'émission étant de -6 dBW. Ces caractéristiques sont récapitulées dans le Tableau 23. On suppose que les terminaux mobiles d'abonné ont une puissance d'émetteur maximale de 250 mW et sont dotés d'antennes équidirectives (voir le Tableau 24).

4 Critères de qualité de fonctionnement et de brouillage des radars SAR spatioportés

Les critères de qualité de fonctionnement et de brouillage des radars SAR spatioportés sont indiqués dans la Recommandation UIT-R SA.1166 dans laquelle il est préconisé:

«d'adopter les critères de qualité de fonctionnement et de brouillage ci-après pour la télédétection active à la surface de la Terre, à la surface des océans et dans l'atmosphère par des radars à ouverture synthétique fonctionnant au voisinage de 400 MHz, au voisinage de 1,25 GHz, de 5,3 GHz, à 8,6 GHz et à 9,6 GHz:

- une dégradation de l'écart type normalisé de la puissance reçue correspondant à un pixel inférieure à 10% en présence de brouillage serait compatible avec les objectifs des missions;
- le critère de brouillage préjudiciable applicable aux radars à ouverture synthétique est un rapport puissance globale de brouillage sur puissance de bruit inférieur à -6 dB (correspondant à un support signal sur bruit (S/N) par pixel de 0 dB), ce qui correspond à un niveau de brouillage de -138 dB(W/10 MHz) pour un radar à ouverture synthétique fonctionnant au voisinage de 400 MHz, par exemple. Ce niveau peut être dépassé si on prend en considération l'effet d'atténuation du brouillage dû à la discrimination dans le traitement par le radar à ouverture synthétique et les caractéristiques de modulation des systèmes de radiopérage ou de radionavigation fonctionnant dans la bande;
- le niveau de brouillage maximal admissible ne doit pas être dépassé pour plus de 1% des images provenant de la zone de service du capteur....»

Il convient de noter qu'une dégradation de 10% de l'écart type normalisé de la puissance reçue d'un pixel donne un rapport I/N de 0 dB pour une valeur S/N de 10 dB et une valeur I/N de -6 dB pour une valeur S/N de 0 dB. Une valeur S/N de 10 dB est représentative de la plupart des masses terrestres de la surface de la terre pour les petits angles de vue alors qu'une valeur S/N de 0 dB est représentative des masses océaniques/aquatiques pour les angles de vue élevés. Toutefois, une dégradation de 10% de la précision des mesures interférométriques indépendamment de la valeur de S/N donne un rapport I/N égal à -6 dB. Puisqu'en règle générale un même radar SAR en orbite peut être utilisé aussi bien pour l'interférométrie que pour l'imagerie, on utilisera la valeur de sensibilité maximale -6 dB pour les mesures d'interférométrie. Selon le critère de brouillage du radar SAR, le niveau de brouillage maximal admissible, qui est inférieur de 6 dB à la valeur de bruit du système, ne devrait pas être dépassé pour plus de 1% des images provenant de la zone de service du capteur.

Le seuil de brouillage maximal admissible $I/N = -6$ dB correspond à un niveau de densité spectrale de $-120,3$ dB(W/320 MHz) pour les radars SAR2-3. La largeur de bande du récepteur est de 320 MHz, c'est-à-dire supérieure de 3,2% à la largeur de l'émetteur (qui est de 310 MHz).

5 Brouillages cumulatifs causés par des réseaux RLAN à large bande à des radars SAR

La première étape de l'analyse du risque de brouillage cumulatif causé par des RLAN à large bande à des récepteurs SAR spatioportés à large bande consiste à déterminer les brouillages causés par le déploiement de systèmes WAS, réseaux RLAN compris, dans la bande 5470-5570 MHz. Dans

cette bande, on peut déterminer la puissance du signal rayonné par une seule cellule d'un réseau RLAN à large bande au niveau d'un radar SAR2-3 spatioporté. La marge associée à un seul brouilleur peut ensuite être calculée en comparant ce niveau de brouillage au seuil de brouillage d'un radar SAR. Pour une taille de cellule donnée, on peut déterminer le nombre de systèmes WAS couvrant complètement l'empreinte au sol du radar SAR. Connaissant cette empreinte, le nombre de cellules d'émission actives de RLAN à large bande peut ensuite être calculé en utilisant une hypothèse prudente pour le facteur d'activité associé au nombre d'émetteurs de stations pivots/de stations d'abonné exploitées à un instant quelconque.

5.1 Brouillages causés par le déploiement à l'extérieur d'émetteurs WAS dans la bande 5470-5570 MHz

5.1.1 Brouillages causés par un seul émetteur WAS extérieur dans la bande 5470-5570 MHz

Le Tableau 25 indique les brouillages causés dans la bande 5470-5570 MHz par une seule cellule de dispositifs Dir-WAS1 (WAS directifs)/Equi-RLAN1 (RLAN équidirectifs) d'un RLAN à large bande à un radar SAR2-3. On suppose que la station de base Dir-WAS1 extérieure utilise une antenne directive avec gabarit d'élévation. On suppose par ailleurs que les terminaux mobiles d'abonné des dispositifs Equi-RLAN1 extérieurs sont équipés d'antennes équidirectives. Le Tableau 25 indique des marges positives comprises entre 14,8 dB et 19,8 dB dans le cas de brouillages causés par des cellules d'émission aux radars SAR2-3 pour une certaine gamme d'angles d'incidence. Cela signifie que, même sans réutilisation de fréquences, 30 à 96 cellules de station de base d'émissions directives exploitées à l'extérieur pourraient se trouver dans l'empreinte au sol sans dépassement du niveau de brouillage maximal admissible.

Le Tableau 26 se rapporte aux brouillages causés par un seul émetteur Dir-WAS1 mal orienté à un radar SAR2-3, avec couplage faisceau principal à faisceau principal donnant une marge située entre -0,4 dB et +7,8 dB. On constate que, si une antenne directive mal orientée rayonne une p.i.r.e. de 1 W dans le faisceau d'antenne principal d'un radar SAR2-3, une marge positive est associée à l'émetteur WAS mal orienté, sauf en cas de brouillages causés au radar SAR3 suivant un angle de 20° par rapport au nadir. Cela signifie qu'entre 1 et 6 émetteurs directifs mal orientés exploités en extérieur pourraient se trouver dans l'empreinte au sol du radar considéré sans que le seuil de brouillage maximal admissible soit dépassé, sauf dans le cas peu probable de brouillages causés au radar SAR3 suivant un angle de 20° par rapport au nadir (angle d'élévation de 69° de l'antenne WAS).

5.1.2 Brouillages causés par le déploiement à l'extérieur d'émetteurs WAS dans la bande 5470-5570 MHz

On trouvera dans le Tableau 25 la marge associée aux brouillages causés dans la bande 5470-5570 MHz à des radars SAR2-3 par le déploiement extérieur de systèmes d'accès hertzien directifs sur la station de base et de dispositifs RLAN équidirectifs pour les terminaux d'abonné. Les brouillages causés par les cellules d'émission directive sont inférieurs de 14,8 à 19,8 dB au seuil de brouillage des radars SAR2-3 à large bande, pour les cellules de 1,5 km de rayon.

Onze canaux, larges de 16 MHz et espacés de 20 MHz, sont prévus dans la bande 5470-5570 MHz. On suppose que le mécanisme de sélection dynamique des fréquences assurera une répartition uniforme de la charge sur les 11 canaux.

5.2 Brouillages cumulatifs causés par le déploiement d'émetteurs WAS/RLAN dans la gamme des 5 GHz

Pour calculer le déploiement de RLAN à large bande dans la bande 5470-5570 MHz pour des radars SAR2-3, on peut supposer que les bandes inférieure et supérieure «utilisent» chacune une partie de la marge associée au seuil de brouillage. Pour tenir compte des brouillages causés par d'autres sources émettant dans la largeur de bande de 320 MHz du radar SAR, la marge de brouillage pourrait être répartie proportionnellement entre les 100 MHz de la bande 5470-5570 MHz et la totalité des 320 MHz de largeur de bande du récepteur SAR, c'est-à-dire selon un facteur 0,31. Dans le Tableau 25, on diminue ensuite le seuil de brouillage du radar SAR de 5 dB, ce qui réduit le nombre d'émetteurs actifs dans l'empreinte au sol SAR d'un facteur 0,31.

Dans le cas des systèmes WAS directifs/RLAN équidirectifs, la première étape pour analyser les risques de brouillages causés par un système WAS à des récepteurs SAR spatioportés consiste à déterminer la puissance du signal rayonné par un seuil émetteur directif au niveau d'un radar SAR2-3. Une marge de brouillage unique peut ensuite être calculée en comparant le niveau de brouillage au seuil de brouillage SAR. La connaissance de l'empreinte au sol SAR permet ensuite de calculer le nombre de cellules d'émission WAS actives, en cas de marge positive. Le Tableau 27 indique le nombre moyen de cellules comprises dans une empreinte au sol SAR2-3 pour les petits angles d'incidence ou les angles d'incidence élevés, valeur obtenue en divisant l'aire de l'empreinte au sol par l'aire d'une cellule.

La contribution due à la diffusion de surface ou d'éventuelles diffusions dues aux bâtiments avoisinants constituera des sources possibles de brouillage. Cela dépend de la zone sur laquelle ces systèmes sont installés et de la hauteur à laquelle ils sont placés (sur les toits des bâtiments, à côté des bâtiments, etc.). On peut supposer que ces systèmes sont présents dans les zones urbaines à forte densité dans lesquelles, par définition, des diffusions dues à un large éventail d'objets se produiront, effets qu'il conviendra donc également de prendre en compte. On pourrait en particulier penser à des immeubles de bureaux modernes construits en métal et contre lesquels la possibilité d'une forte réflexion en direction d'un capteur ne peut être exclue. Du fait de l'utilisation de plusieurs antennes sectorielles en azimut placées au même endroit, les rayonnements de plusieurs émetteurs peuvent se chevaucher dans le cas le plus défavorable, rendant ainsi la contribution de diffusion de surface supérieure à celle associée à un seul émetteur équidirectif (en azimut).

Dans le cas d'une seule cellule d'émission directive Dir-WAS1 déployée à l'extérieur et respectant le gabarit spectral de p.i.r.e. de la Fig. 8, le brouillage causé par une cellule d'émission WAS directive est inférieur au niveau de brouillage d'un radar SAR2-3 à large bande d'une valeur comprise entre environ 14,8 dB et 19,8 dB, ce qui correspond à un nombre d'émetteurs compris entre 30 et 96, pour la gamme d'angles d'incidence indiquée dans le Tableau 25. En supposant un facteur de réutilisation des fréquences égal à 4, on obtient un nombre de cellules compris entre 119 et 384. D'après les données du Tableau 27, 7 à 28 cellules de 1,5 km de rayon seraient nécessaires pour couvrir totalement l'empreinte au sol d'un radar SAR2-3. Ainsi, pour des cellules de 1,5 km de rayon, le niveau de brouillage d'un radar SAR2-3 est inférieur au niveau de brouillage maximal admissible d'une valeur de marge comprise entre 8,7 et 14,5 dB.

Concernant les effets cumulatifs et pour prendre en compte les brouillages causés par d'autres sources émettant dans la largeur de bande de 320 MHz du récepteur SAR, la marge de brouillage pourrait être répartie de façon proportionnelle entre les 100 MHz de la bande 5470-5570 MHz et la totalité des 320 MHz de largeur de bande du récepteur SAR, c'est-à-dire selon un facteur 0,31. Dans le Tableau 25, le seuil de brouillage du radar SAR est diminué de 5 dB, ce qui réduit le nombre maximal d'émetteurs actifs présents dans l'empreinte au sol SAR d'un facteur 0,31. Ainsi, pour des cellules de 1,5 km de rayon, le niveau de brouillage cumulatif causé à un radar SAR2-3 est inférieur au niveau de brouillage maximal admissible d'une valeur de marge comprise entre 3,7 et 9,5 dB.

6 Brouillages causés par des radars SAR à des RLAN à large bande

Les risques de brouillages causés par des radars SAR spatiaux à des RLAN à large bande sont analysés dans des documents de l'UIT-R. On trouvera dans le Tableau 28 les équations associées aux diagrammes de gain relatif d'antenne en azimut. Pour les radars SAR2-3, les gains crêtes d'antenne sont supérieurs de 43 à 48 dB aux niveaux moyens des lobes latéraux de -5 dBi. Ainsi, au cours du survol de la zone considérée, vue par le faisceau principal du radar SAR pendant 0,5 à 1 s, les niveaux de brouillage en surface causé par le radar restent inférieurs au seuil de brouillage de -91 dBW. La période de répétition type d'un radar SAR est de 8 à 10 jours, bien que celui-ci ne soit pas nécessairement actif lors de tous ses passages. Une zone donnée de la Terre est donc illuminée par le faisceau SAR seulement pendant 0,5 à 1 s tous les 8 à 10 jours.

7 Résumé des résultats

Le risque de brouillage cumulatif causé dans la bande 5 470-5 570 MHz par des systèmes WAS, réseaux RLAN compris, placés selon la configuration WAS proposée, à des radars SAR spatioportés à large bande a été analysé dans la présente Annexe en cas de déploiement à l'extérieur de dispositifs WAS dans cette bande, auquel cas l'exploitation desdites stations de base WAS directives et terminaux mobiles équidirectifs fonctionnant à l'extérieur semble compatible avec l'exploitation du SETS (active). Dans le cas d'une cellule unique d'émetteurs Dir-WAS1/équidirectifs déployés à l'extérieur dans la bande 5 470-5 570 MHz, le brouillage causé par la cellule d'émission WAS était inférieur au niveau de seuil maximal de brouillage d'un radar SAR2-3. Pour calculer les brouillages cumulatifs et tenir compte des brouillages causés par d'autres sources dans la largeur de bande SAR de 320 MHz, la marge de brouillage pourrait être répartie proportionnellement entre les 100 MHz de la bande 5 470-5 570 MHz et la totalité des 320 MHz de largeur de bande du récepteur SAR, c'est-à-dire selon un facteur 0,31.

Dans le cas d'un seul émetteur directif Dir-WAS1 déployé à l'extérieur et respectant le gabarit spectral de p.i.r.e. de la Fig. 8, le brouillage causé par la cellule d'émission WAS directif/RLAN équidirectif est inférieur au niveau de brouillage admissible d'un radar SAR2-3 à large bande d'une valeur comprise entre environ 14,8 dB et 19,8 dB, ce qui correspond à un nombre d'émetteurs compris entre 30 et 96, pour la gamme des angles d'incidence considérée. En supposant un facteur de réutilisation des fréquences de 4, on obtient un nombre de cellules WAS compris entre 119 et 384. On a montré qu'il faudrait entre 7 et 28 cellules de 1,5 km de rayon pour couvrir totalement l'empreinte au sol d'un radar SAR2-3. Pour des cellules de 1,5 km de rayon, le niveau de brouillage d'un radar SAR2-3 est inférieur au niveau de brouillage maximal admissible d'une valeur comprise entre 8,7 et 14,5 dB.

En cas de brouillages causés par un seul émetteur Dir-WAS1 mal orienté à un radar SAR2-3, avec couplage faisceau principal à faisceau principal, la marge par rapport au seuil de brouillage varie entre $-0,4$ dB et $+7,8$ dB. Cela montre que, si une antenne directive mal orientée rayonne une p.i.r.e. de 1 W dans le faisceau d'antenne principal d'un radar SAR2-3, une marge positive est associée à l'émetteur WAS mal orientée, sauf en cas de brouillages causés au radar SAR3 suivant un angle de 20° par rapport au nadir. Cela signifie qu'entre 1 et 6 émetteurs directifs extérieurs mal orientés pourraient se trouver dans l'empreinte au sol du radar considéré sans que le seuil de brouillage maximal admissible ne soit dépassé, sauf dans le cas peu probable de brouillages causés au radar SAR3 suivant un angle de 20° par rapport au nadir (angle d'élévation de 69° de l'antenne WAS).

Les brouillages causés par des radars SAR spatioportés à des systèmes WAS, réseaux RLAN compris, dans la bande 5 470-5 570 MHz ont également été étudiés. Pour les radars SAR examinés dans la présente étude, on a constaté qu'un système WAS éclairé par le faisceau principal d'un tel radar survolant sa zone subirait des niveaux de brouillage crête d'une durée d'environ 0,5 à 1 s. La période de répétition d'un radar SAR étant de 8 à 10 jours et celui-ci n'étant pas nécessairement actif lors de tous ses passages, une zone donnée de la Terre est donc illuminée par le faisceau principal du radar SAR seulement pendant 0,5 à 1 s tous les 8 à 10 jours.

Il ressort de la présente analyse que le partage est possible entre la configuration WAS/RLAN mentionnée au point 3 du *recommande* de la présente Recommandation et le SETS (active). Ces résultats ne sont pas applicables à la bande inférieure 5 250-5 350 MHz.

TABLEAU 22
Points 2 et 3 du *recommande* de la présente Recommandation

Point du <i>recommande</i>	Sous-partie 1	Sous-partie 2	Notes
2	Les systèmes WAS, réseaux RLAN compris, exploités à l'intérieur ou à l'extérieur, devraient être limités à une valeur de p.i.r.e. moyenne maximale de 1 W ou à une densité spectrale de 17 dB(mW/MHz)	Sans objet	Utilisation de techniques de réduction des brouillages pour continuer à diminuer les brouillages causés par des systèmes WAS, réseaux RLAN compris, (<i>Notes</i> : commande de la puissance d'émission ou une diminution de puissance de 3 dB et sélection dynamique des fréquences)
3	Les systèmes WAS, réseaux RLAN compris, exploités à l'intérieur ou à l'extérieur, devraient être limités à une puissance maximale d'émission de 250 mW (24 dBm) ou de $11 + 10 \log B$ dBm, en prenant la valeur la plus basse. La densité spectrale de puissance ne devrait pas dépasser 11 dB(mW/MHz) par émetteur. La valeur maximale de p.i.r.e. ne devrait pas dépasser 1,0 W (0 dBW) ou $-13 + 10 \log B$ dBW, en prenant la valeur la plus basse.	La densité spectrale de p.i.r.e. d'un dispositif RLAN exploité à l'extérieur ne devrait pas être supérieure aux valeurs ci-après pour un angle d'élévation θ au-dessus du plan de l'horizontal local: -13 dB(W/MHz) pour $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$ $-13 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz) pour $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$ $-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz) pour $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ -42 dB(W/MHz) pour $\theta > 45^\circ$	Nécessité d'études complémentaires en vue de limiter l'application du gabarit d'émission de densité spectrale de p.i.r.e. aux seules stations de base extérieures et de limiter l'application de la puissance maximale d'émission de 250 mW aux seules stations d'abonné

TABLEAU 23
Caractéristiques techniques d'un système Dir-WAS1 exploité au voisinage de 5,3 GHz

Paramètres	Dir-WAS1 (WAS directif)
Bande de fréquences (GHz)	5,47-5,57
Mode d'exploitation	Point-à-multipoint
Densité de p.i.r.e. maximale (dB(W/MHz))	-13 (gabarit de p.i.r.e. de la Fig. 1)
Densité crête d'émission WAS (dB(mW/MHz))	11
Gain crête d'antenne WAS (dBi)	Implicite dans les limites du gabarit de p.i.r.e. indiquées sur la Fig. 8
Gain moyen d'élévation d'antenne (dBi)	de -9,8 à -23
Largeur de bande de l'émetteur (MHz)	20,0
Polarisation	Verticale ou horizontale
Inclinaison de l'antenne (degrés)	de -5 à 0
Rayon de cellule (km)	1-3,5
Pourcentage d'émetteurs actifs	90% de stations de base exploitées à l'extérieur 10% d'unités d'abonné

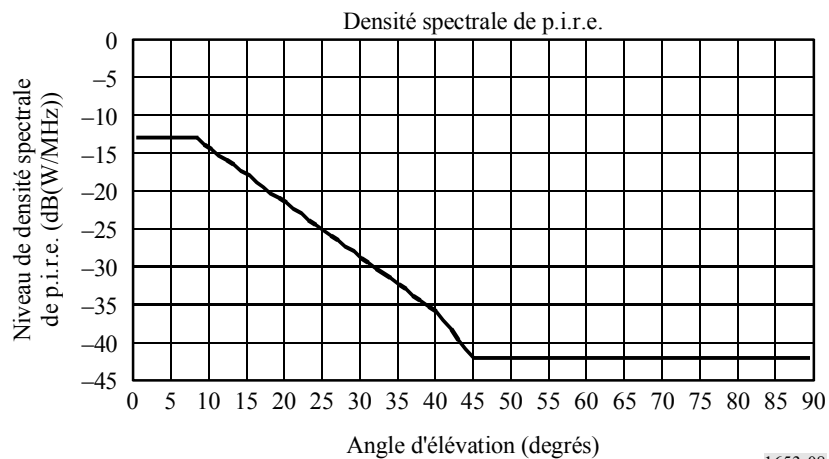
TABLEAU 24

**Caractéristiques techniques/opérationnelles d'un dispositif RLAN1
équidirectif exploité au voisinage de 5,3 GHz**

Paramètre	Valeur
	RLAN1 équidirectif
Directivité de l'antenne	Antenne équidirective
Puissance crête rayonnée (W)	0,250
Déploiement	Intérieur/extérieur
Affaiblissement moyen dû aux bâtiments (dB)	0 à l'extérieur 17 à l'intérieur
Polarisation	Aléatoire
Largeur de bande (MHz)	20/canal (4 canaux/100)
Coefficient d'utilisation des brouillages affectant le radar SAR (%)	100
Activité opérationnelle (ratio actif/passif en %)	Non disponible
Nombre d'émetteurs par zone	Non disponible

FIGURE 8

Gabarit de densité spectrale de p.i.r.e. d'un système Dir-WAS1



1653-08

TABLEAU 25

Brouillages causés par un système Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR2-3

Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR2							Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR3						
Paramètre			20° par rapport au nadir		38° par rapport au nadir		Paramètre			20° par rapport au nadir		55° par rapport au nadir	
			Valeur	dB	Valeur	dB				Valeur	dB	Valeur	dB
p.i.r.e. brouilleuse due au lobe latéral de l'antenne WAS	Depuis un point d'accès	Puissance crête d'émission (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00	p.i.r.e. brouilleuse due au lobe latéral de l'antenne WAS	Depuis un point d'accès	Puissance crête d'émission (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00
		Gain d'antenne à l'émission (dBi)		-23,00		-23,00			Gain d'antenne à l'émission (dBi)		-23,00		-9,80
		Pourcentage de dispositifs actifs (%)	90,00	-0,46	90,00	-0,46			Pourcentage de dispositifs actifs (%)	90,00	-0,46	90,00	-0,46
		p.i.r.e. (dBW)		-29,46		-29,46			p.i.r.e. (dBW)		-29,46		-16,26
	Depuis un terminal mobile	Puissance crête d'émission (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00		Depuis un terminal mobile	Puissance crête d'émission (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00
		Gain d'antenne à l'émission (dBi)		0,00		0,00			Gain d'antenne à l'émission (dBi)		0,00		0,00
		Pourcentage de dispositifs actifs (%)	10,00	-10,00	10,00	-10,00			Pourcentage de dispositifs actifs (%)	10,00	-10,00	10,00	-10,00
		p.i.r.e. (dBW)		-16,00		-16,00			p.i.r.e. (dBW)		-16,00		-16,00
	Valeur totale de p.i.r.e. due au lobe latéral (dBW)			-15,81		-15,81		Valeur totale de p.i.r.e. due au lobe latéral (dBW)			-15,81		-13,12

TABLEAU 25 (suite)

Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR2							Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR3						
Paramètre			20° par rapport au nadir		38° par rapport au nadir		Paramètre			20° par rapport au nadir		55° par rapport au nadir	
			Valeur	dB	Valeur	dB				Valeur	dB	Valeur	dB
Puissance brouilleus e due à la diffusion en surface	A partir d'un point d'accès	Puissance crête d'émission (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00	Puissance brouilleuse due à la diffusion en surface	A partir d'un point d'accès	Puissance crête d'émission (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00
		Pourcentage de dispositifs actifs (%)	90,00	−0,46	90,00	−0,46			Pourcentage de dispositifs actifs (%)	90,00	−0,46	90,00	−0,46
		Puissance émise (dBW)		−6,46		−6,46			Puissance émise (dBW)		−6,46		−6,46
	Depuis un terminal mobile	Puissance crête d'émission (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00		Depuis un terminal mobile	Puissance crête d'émission (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00
		Pourcentage de dispositifs actifs (%)	10,00	−10,00	10,00	−10,00			Pourcentage de dispositifs actifs (%)	10,00	−10,00	10,00	−10,00
		Puissance émise (dBW)		−16,00		−16,00			Puissance émise (dBW)		−16,00		−16,00
	Nombre de faisceaux se chevauchant		1,00	0,00	1,00	0,00		Nombre de faisceaux se chevauchant		1,00	0,00	1,00	0,00
	Puissance d'émission totale (dBW)			−6,00		−6,00		Puissance d'émission totale (dBW)			−6,00		−6,00
	Coefficient de diffusion (dB)			−18,00		−18,00		Coefficient de diffusion (dB)			−18,00		−18,00
	p.i.r.e. totale diffusée (dBW)			−24,00		−24,00		p.i.r.e. totale diffusée (dBW)			−24,00		−24,00
p.i.r.e. totale brouilleuse rayonnée par une cellule (dBW)			0,0302	−15,20	0,0302	−15,20	p.i.r.e. totale brouilleuse rayonnée par une cellule (dBW)			0,0302	−15,20	0,0528	−12,78

TABLEAU 25 (suite)

Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR2						Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR3					
Paramètre		20° par rapport au nadir		38° par rapport au nadir		Paramètre		20° par rapport au nadir		55° par rapport au nadir	
		Valeur	dB	Valeur	dB			Valeur	dB	Valeur	dB
Puissance de brouillage reçue au niveau d'un radar SAR	Gain d'antenne à la réception (dBi)		42,90		42,90	Puissance de brouillage reçue au niveau d'un radar SAR	Gain d'antenne à la réception (dBi)		42,70		42,70
	Affaiblissement dû à la polarisation (dB)		−3,00		−3,00		Affaiblissement dû à la polarisation (dB)		−3,00		−3,00
	Longueur d'onde (m)	0,0565	−24,97	0,0565	−24,97		Longueur d'onde (m)	0,0565	−24,97	0,0565	−24,97
	$1/(4\pi)^2$	0,006	−21,98	0,006	−21,98		$1/(4\pi)^2$	0,006	−21,98	0,006	−21,98
	Distance (km)	642,54	−116,16	784,66	−117,89		Distance (km)	427,45	−112,62	748,94	−117,49
	Puissance reçue (dBW)		−138,40		−140,14		Puissance reçue (dBW)		−135,06		−137,51
Sensibilité du récepteur SAR	Facteur de bruit (dB)		4,62		4,62	Sensibilité du récepteur SAR	Facteur de bruit (dB)		4,62		4,62
	$k T$	1×4^{-21}	−203,98	1×4^{-21}	−203,98		$k T$	1×4^{-21}	−203,98	1×4^{-21}	−203,98
	Largeur de bande du récepteur (MHz)	320,00	85,05	320,00	85,05		Largeur de bande du récepteur (MHz)	320,00	85,05	320,00	85,05
	Puissance de bruit (dBW)		−114,31		−114,31		Puissance de bruit (dBW)		−114,31		−114,31
	Seuil de brouillage du radar SAR ($I/N = -6$ dB)		−120,31		−120,31		Seuil de brouillage du radar SAR ($I/N = -6$ dB)		−120,31		−120,31

TABLEAU 25 (suite)

Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR2						Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR3					
Paramètre		20° par rapport au nadir		38° par rapport au nadir		Paramètre		20° par rapport au nadir		55° par rapport au nadir	
		Valeur	dB	Valeur	dB			Valeur	dB	Valeur	dB
Nombre de cellules WAS	Marge (dB)		18,10		19,83	Nombre de cellules WAS	Marge (dB)		14,76		17,21
	Nombre maximal de cellules WAS utilisant le même canal RF dans l'empreinte au sol SAR2	64,51		96,20			Nombre maximal de cellules WAS utilisant le même canal RF dans l'empreinte au sol SAR3	29,89		52,57	
	Nombre maximal de cellules WAS en supposant un facteur de réutilisation des fréquences égal à 4	258,02		384,78			Nombre maximal de cellules WAS en supposant un facteur de réutilisation des fréquences égal à 4	119,57		210,29	
	Nombre maximal de cellules WAS de 1,5 km de rayon dans l'empreinte au sol du radar SAR2-3	9,08		14,47			Nombre maximal de cellules WAS de 1,5 km de rayon dans l'empreinte au sol du radar SAR2-3	7,40		28,28	
Marge (dB)			14,53		14,25	Marge (dB)			12,09		8,71
Nombre de dispositifs WAS pour une marge de 5 dB		79,99		119,28		Nombre de dispositifs WAS pour une marge de 5 dB		37,07		65,19	

TABLEAU 25 (*fin*)

Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR2						Brouillages causés par un dispositif Dir-WAS1/Equi-RLAN1 à un radar SAR3					
Paramètre		20° par rapport au nadir		38° par rapport au nadir		Paramètre		20° par rapport au nadir		55° par rapport au nadir	
		Valeur	dB	Valeur	dB			Valeur	dB	Valeur	dB
p.i.r.e. totale pour une marge de 5 dB (W)		0,6167		0,9197		p.i.r.e. totale pour une marge de 5 dB (W)		0,2858		0,8773	
Puissance brouilleuse totale reçue au niveau du radar SAR pour une marge (dBW) de 5 dB			-125,31		-125,31	Puissance brouilleuse totale reçue au niveau du radar SAR pour une marge (dBW) de 5 dB			-125,31		-125,31

TABLEAU 26

Brouillages causés par un seul émetteur WAS mal orienté à un radar SAR2-3

Brouillages causés à un radar SAR2 par un système Dir-WAS1 à antenne directive						Brouillages causés à un radar SAR3 par un système Dir-WAS1 à antenne directive					
Paramètre		20° par rapport au nadir		38° par rapport au nadir		Paramètre		20° par rapport au nadir		55° par rapport au nadir	
		Valeur	dB	Valeur	dB			Valeur	dB	Valeur	dB
p.i.r.e. brouilleuse due à l'antenne WAS	Puissance crête d'émission (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00	p.i.r.e. brouilleuse due à l'antenne WAS	Puissance crête d'émission (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00
	Commande de la puissance d'émission	1,00	0,00	0,50	−3,01		Commande de la puissance d'émission	1,00	0,00	0,50	−3,01
	Affaiblissement sur le trajet d'émission (dB)		0,00		0,00		Affaiblissement sur le trajet d'émission (dB)		0,00		0,00
	Gain d'antenne à l'émission (dB)		6,00		6,00		Gain d'antenne à l'émission (dB)		6,00		6,00
p.i.r.e. totale brouilleuse due à un dispositif RLAN (dBW)		1,0000	0,00	0,5000	−3,01	p.i.r.e. totale brouilleuse due à un dispositif RLAN (dBW)		1,0000	0,00	0,5000	−3,01
Puissance brouilleuse reçue au niveau du radar SAR	Gain d'antenne à la réception (dB)		42,90		42,70	Puissance brouilleuse reçue au niveau du radar SAR	Gain d'antenne à la réception (dB)		42,70		42,70
	Affaiblissement dû à la polarisation (dB)		−3,00		−3,00		Affaiblissement dû à la polarisation (dB)		−3,00		−3,00
	Longueur d'onde (m)	$1 \times 5,65^{-2}$	−24,96	$1 \times 5,65^{-2}$	−24,96		Longueur d'onde (m)	$1 \times 5,65^{-2}$	−24,96	$1 \times 5,65^{-2}$	−24,96
	$1/(4\pi)^2$	$1 \times 6,33^{-3}$	−21,98	$1 \times 6,33^{-3}$	−21,98		$1/(4\pi)^2$	$1 \times 6,33^{-3}$	−21,98	$1 \times 6,33^{-3}$	−21,98
	Distance (km)	642,54	−116,16	784,66	−117,89		Distance (km)	427,45	−112,62	748,94	−117,49
	Puissance reçue (dBW)		−123,20		−128,15		Puissance reçue (dBW)		−119,86		−127,74

TABLEAU 26 (*fin*)

Brouillages causés à un radar SAR2 par un système Dir-WAS1 à antenne directive						Brouillages causés à un radar SAR3 par un système Dir-WAS1 à antenne directive					
Paramètre		20° par rapport au nadir		38° par rapport au nadir		Paramètre		20° par rapport au nadir		55° par rapport au nadir	
		Valeur	dB	Valeur	dB			Valeur	dB	Valeur	dB
Sensibilité du récepteur SAR	Facteur de bruit (dB)		4,62		4,62	Sensibilité du récepteur SAR	Facteur de bruit (dB)		4,62		4,62
	$k T$	1×4^{-21}	-203,98	1×4^{-21}	-203,98		$k T$	1×4^{-21}	-203,98	1×4^{-21}	-203,98
	Largeur de bande du récepteur (MHz)	320,00	85,05	320,00	85,05		Largeur de bande du récepteur (MHz)	320,00	85,05	320,00	85,05
	Puissance de bruit (dBW)		-114,31		-114,31		Puissance de bruit (dBW)		-114,31		-114,31
	Seuil de brouillage du radar SAR ($I/N = -6$ dB)		-120,31		-120,31		Seuil de brouillage du radar SAR ($I/N = -6$ dB)		-120,31		-120,31
Marge (dB)			2,89		7,84	Marge (dB)			-0,45		7,44

TABLEAU 27

Nombre moyen de cellules dans l'empreinte au sol d'un radar SAR2-3

Paramètres	SAR2		SAR3	
	20°	38°	20°	55°
Angle d'incidence (degrés)	21,97	42,34	21,31	60,52
Distance oblique (km)	642,54	784,66	427,45	748,94
Ouverture de faisceau en élévation (degrés)	1,9		4,9	
Dimension de l'empreinte au sol (en élévation) (km)	14,42	18,25	37,32	75,16
Ouverture de faisceau en azimut (degrés)	0,75		0,24	
Dimension de l'empreinte au sol (en azimut) (km)	5,67	7,14	1,78	3,39
Aire de l'empreinte au sol (km ²)	64,21	102,28	52,28	199,90
Nombre de cellules				
0,25 km	327,0	520,9	266,3	1 018,1
0,5 km	81,8	130,2	66,6	254,5
1,0 km	20,4	32,6	16,6	63,6
1,5 km	9,1	14,5	7,4	28,3
2,0 km	5,1	8,1	4,2	15,9
2,5 km	3,3	5,2	2,7	10,2
3,0 km	2,3	3,6	1,8	7,1
3,5 km	1,7	2,7	1,4	5,2

TABLEAU 28

Diagrammes de gain relatif d'antenne en azimut d'un radar SAR2-3

Equations de gain relatif d'antenne en azimut (plan horizontal) d'un radar SAR2	
$G_h(\theta_h) = 0,0 - 20,8 (\theta_h^2)$ dB	$0^\circ < \theta_h < 0,76^\circ$
$G_h(\theta_h) = -12,0 - 0,44 (\theta_h)$ dB	$0,76^\circ < \theta_h < 82^\circ$
$G_h(\theta_h) = -47,9$ dB	$82^\circ < \theta_h$
Equations de gain d'antenne relatif en azimut (plan horizontal) d'un radar SAR3	
$G_h(\theta_h) = 0,0 - 212 (\theta_h^2)$ dB	$0^\circ < \theta_h < 0,24^\circ$
$G_h(\theta_h) = -11,7 - 2,03 (\theta_h)$ dB	$0,24^\circ < \theta_h < 17,7^\circ$
$G_h(\theta_h) = -477$ dB	$17,7^\circ < \theta_h$

Appendice 2 à l'Annexe 4

Exemple de techniques de mise en œuvre de gabarits de rayonnements permettant la coexistence entre des WAS, réseaux RLAN compris, et des systèmes du SETS fonctionnant dans la gamme des 5 GHz

1 Introduction

Des études antérieures (voir les Annexes 3 et 4) ont montré que le partage avec des WAS, RLAN (WAS/RLAN) compris, dans la gamme des 5 GHz est possible à condition que les dispositifs WAS/RLAN soient exploités dans le respect de certaines contraintes techniques.

L'application d'un gabarit de rayonnement de p.i.r.e. (voir le § 2) à des WAS/RLAN extérieurs a en particulier été proposée. Ce gabarit, s'il est mis en œuvre, diminuerait sensiblement les brouillages causés par les systèmes WAS/RLAN aux systèmes à large bande (SAR2 et SAR3) du SETS identifiés par la communauté des utilisateurs dudit service.

Dès l'origine, la mise en œuvre pratique de ce gabarit a soulevé un certain nombre d'inquiétudes, certaines portant notamment sur la réalisation pratique des antennes. Des préoccupations ont également été exprimées concernant des mesures permettant l'orientation appropriée des antennes, puisque l'installation et l'utilisation des dispositifs considérés seraient du ressort des particuliers.

Ces questions sont traitées dans la présente Recommandation, dans lequel sont proposées un certain nombre de technologies et de techniques susceptibles d'être utilisées pour garantir le respect des limites du gabarit de rayonnement de p.i.r.e. des terminaux WAS quelles que soient les conditions d'installation et de déploiement.

2 Réalisation pratique d'antennes respectant le gabarit de p.i.r.e. proposé

On propose ci-après conformément aux études mentionnées au § 1, le gabarit de densité spectrale de p.i.r.e. d'un terminal WAS extérieur (θ étant l'angle d'élévation au-dessus du plan de l'horizon local):

-13 dB(W/MHz)	pour $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-13 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	pour $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	pour $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
-42 dB(W/MHz)	pour $\theta > 45^\circ$

Les diverses antennes respectant ce diagramme d'élévation seront très différentes de par leur conception et leur apparence. Les antennes utilisées pour les applications de station de base sont généralement installées sur des structures fixes, des tours ou des bâtiments et illuminent en principe des secteurs azimutaux (généralement larges de 20 à 120°). Concevoir des antennes de cette taille et de cette apparence esthétique n'est généralement pas problématique et maintenir l'intégrité du profil de p.i.r.e. susmentionné est relativement aisé à condition qu'un mécanisme permette de maintenir l'angle d'élévation à sa valeur nominale après l'installation de l'antenne.

La taille et l'apparence esthétique des antennes sont de la plus haute importance pour des applications nomades telles que l'utilisation d'ordinateurs portables. Ces antennes doivent recevoir et transmettre des signaux équidirectifs en azimut. Respecter le profil de p.i.r.e. en fonction de l'angle d'élévation au-dessus de l'horizon local conformément aux spécifications du gabarit devient beaucoup plus difficile avec des antennes de ce type, en particulier parce qu'elles risquent d'être souvent déplacées ou réglées. Un soin tout particulier doit être porté à la conception de ces antennes pour compenser leur déplacement, leur déploiement et leur utilisation ad hoc; cependant, comme pour les antennes de station de base, un mécanisme doit permettre de garantir le respect du profil de p.i.r.e. en toutes circonstances.

2.1 Antennes de station de base ou antennes de point d'accès pour les applications WAS/RLAN dans la gamme des 5 GHz

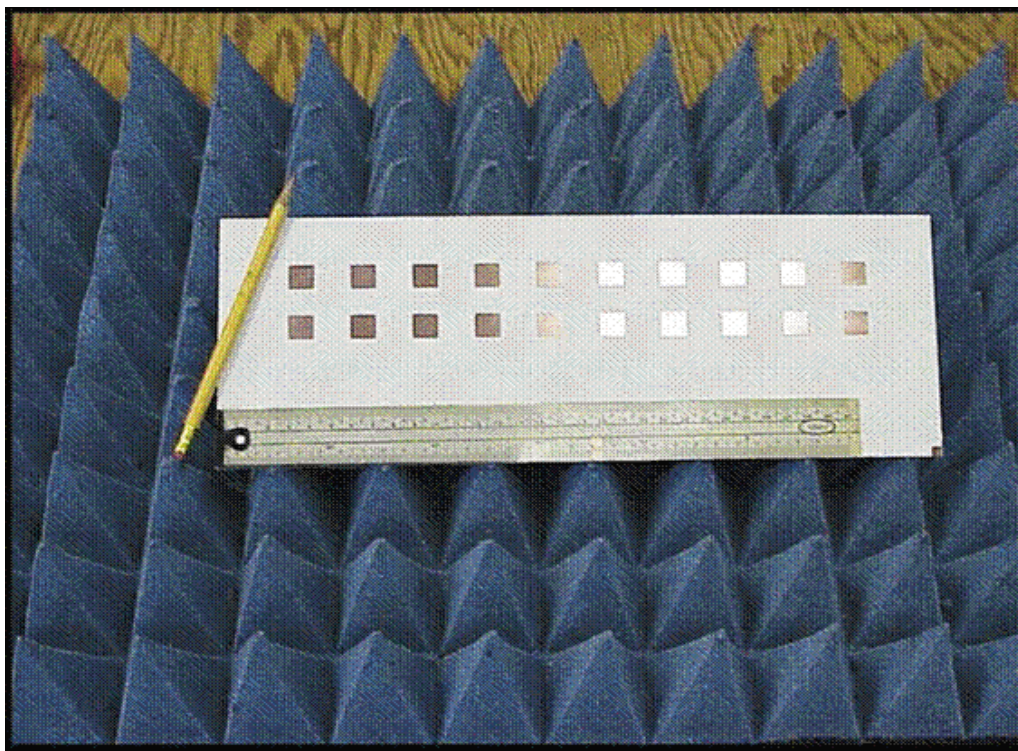
Concevoir et produire une antenne de station de base fonctionnant dans la gamme des 5 GHz conformément aux spécifications de p.i.r.e. susmentionnées est généralement aisé. Compte tenu des largeurs de bande relativement étroites envisagées pour les systèmes WAS/RLAN (par exemple, dans la bande 5 250-5 350 MHz, les dispositifs WAS/RLAN disposent d'une largeur de bande totale de 100 MHz centrée sur la fréquence 5,3 GHz) et de la nature directive des antennes de stations de base, un large éventail de techniques de réalisation d'antennes peut être utilisé pour mettre en œuvre des processus de conception efficaces, les microbandes, les petits réflecteurs optiques, de fils accordés, d'hélices, de dipôles correspondant à quelques-unes des nombreuses techniques susceptibles d'être appliquées. Quelle que soit la technique choisie, la physique des rayonnements impose qu'une antenne conforme dispose d'une ouverture d'au moins 4 à 5 longueurs d'onde dans le plan vertical ou d'environ 23 à 30 cm (à 5 GHz) pour pouvoir générer un diagramme de rayonnement respectant le gabarit de p.i.r.e. proposé. Il serait difficile d'utiliser des ouvertures plus petites parce que celles-ci induiraient des niveaux des lobes latéraux élevés; il est probable également que leur utilisation conduirait à incliner le diagramme d'antenne vers le bas au-dessus de l'horizon, pour que le profil de p.i.r.e. proposé soit respecté.

Si une conception d'antenne judicieuse permet de garantir la conformité aux spécifications, il est toujours possible, cependant, que l'antenne soit incorrectement installée et ne respecte pas après déploiement le gabarit de p.i.r.e. Pour pallier cette éventualité, on doit toujours disposer d'un mécanisme physiquement couplé à l'antenne, permettant de surveiller l'angle d'installation de l'antenne sur ses deux axes. Un tel dispositif est étudié ci-après.

La Fig. 9 représente une antenne de station de base type respectant le gabarit de p.i.r.e. Comme le montre la Fig. 10, l'antenne rayonne dans un secteur de 45° en azimut. Cette antenne respecte le gabarit de p.i.r.e. proposé lorsque, lors de l'installation, la direction de son gain maximal est orientée en direction de l'horizon. C'est l'une des nombreuses antennes actuellement connues et proposées sur le marché pour répondre à une demande croissante de dispositifs RLAN fonctionnant dans la gamme des 5 GHz. Nombre d'antennes de ce type satisfont au gabarit de p.i.r.e. proposé.

FIGURE 9

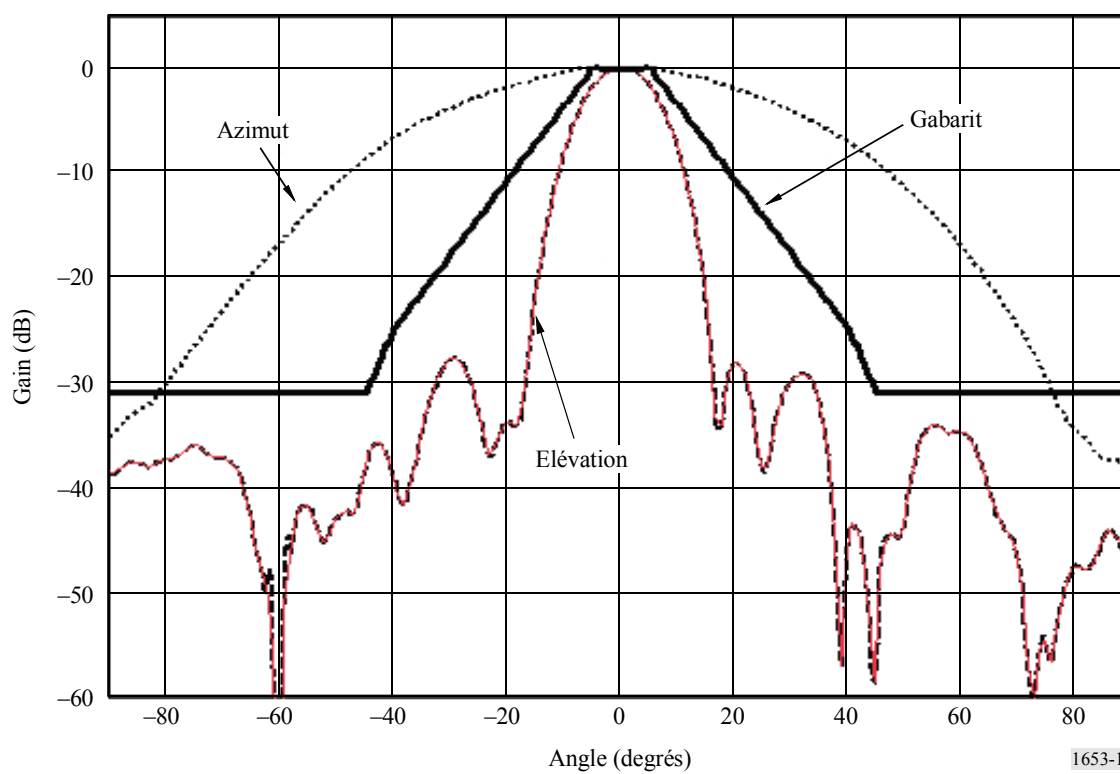
Antenne microbande type de station de base de point d'accès fonctionnant dans la bande 5 250-5 350 MHz et respectant le gabarit de p.i.r.e.



1653-09

FIGURE 10

Diagramme de rayonnement de l'antenne représentée sur la Fig. 9



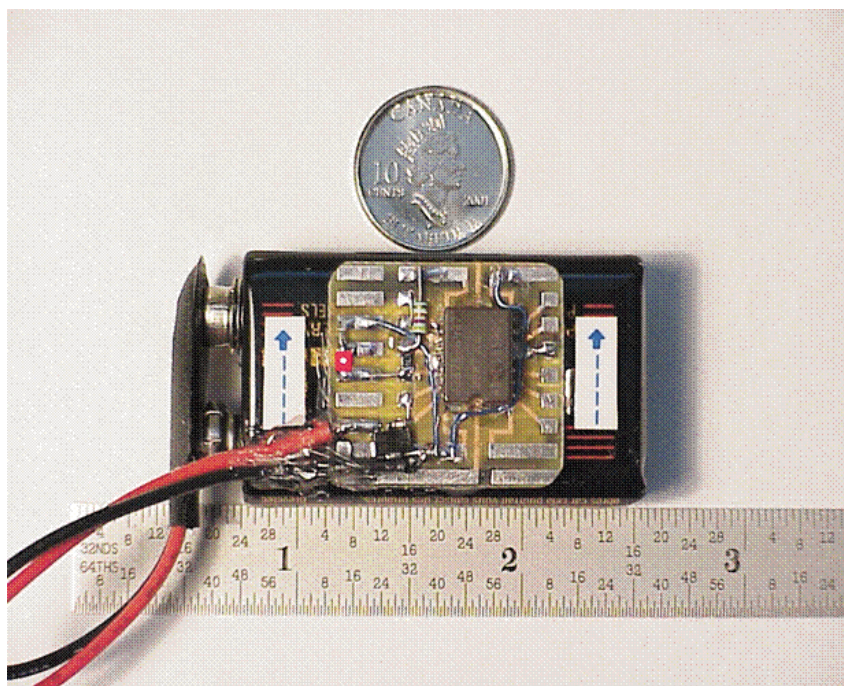
1653-10

3 Capteurs d'inclinaison et application aux antennes WAS/RLAN exploitées dans la gamme des 5 GHz

Les capteurs d'inclinaison élaborés selon les techniques les plus récentes sont faits de composants en silicium micro-usinés (MEMS, *micro-machined silicon components*). Ces dispositifs ont fait l'objet d'un développement et d'une commercialisation importante ces dix dernières années; ils sont à présent produits en série et utilisés pour diverses applications. Ils fonctionnent généralement dans une gamme de températures comprises entre -55° et $+125^{\circ}$ C et peuvent détecter des modifications angulaires de moins de 1° sur les deux axes. Leur prix est peu élevé, un dispositif à deux axes étant estimé à 5 USD par intervalle de 100 000. Ces dispositifs sont de petite taille (surface généralement inférieure à 1 cm^2) et peuvent être facilement installés sur une antenne. La taille et la simplicité des circuits d'un capteur d'inclinaison permettant la commande de p.i.r.e. sont illustrées sur la Fig. 11.

FIGURE 11

Capteur d'inclinaison utilisable fondé sur la technique MEMS et monté sur une pile de 9 V



1653-11

Les capteurs d'inclinaison sont un moyen efficace de garantir une exploitation des dispositifs WAS/RLAN conforme au gabarit de p.i.r.e. dans la gamme des 5 GHz. Les dispositifs équipés de ces capteurs détectent les conditions dans lesquelles une antenne WAS/RLAN exploitée dans la bande des 5 GHz et respectant en principe le gabarit de p.i.r.e. subit une inclinaison telle que ce gabarit n'est plus respecté. Dans de telles circonstances, il est alors possible d'appliquer automatiquement un certain nombre d'options limitant le rayonnement produit par les dispositifs WAS/RLAN considérés, ce qui diminue les risques de brouillages causés au SETS.

Une première possibilité consiste à relier le capteur directif ou le capteur d'inclinaison à l'amplificateur de puissance alimentant l'antenne ou à un commutateur dans l'antenne. Le capteur directif est réglé de telle manière que la totalité de la puissance RF du terminal WAS/RLAN n'est dirigée vers l'antenne que lorsque celle-ci est correctement orientée. Les caractéristiques de rayonnement de l'antenne restreignent ainsi les émissions aux angles définis par le gabarit de p.i.r.e. Si l'antenne n'est pas correctement orientée, ce qui entraîne le dépassement des limites de seuil d'inclinaison du capteur (et indique que les émissions ne respectent plus le gabarit de rayonnement), le capteur d'inclinaison interrompt les émissions. Cette technique est probablement la plus simple à

mettre en œuvre mais elle risque de limiter l'exploitation d'un terminal WAS/RLAN, en particulier lorsque l'angle en direction de la station de base est important, comme dans le cas où le point d'accès est situé sur une tour élevée alors que le dispositif WAS/RLAN est très proche, mais bien moins haut.

Une deuxième possibilité consiste à utiliser le capteur d'inclinaison pour régler la puissance rayonnée par le terminal. Un terminal WAS/RLAN respectant le gabarit de rayonnement en configuration normale de déploiement voit sa puissance rayonnée diminuer considérablement à mesure que l'inclinaison de l'antenne augmente. La diminution de la puissance crête rayonnée est ajustée de telle manière que le terminal respecte toujours les limites du gabarit de p.i.r.e. La réalisation d'une telle commande est facile puisque la commande de la puissance rayonnée est une fonction commune à tous les réseaux RLAN et WAS actuels ou proposés. De plus, compte tenu de la sensibilité et de la rapidité de réaction des capteurs d'inclinaison MEMS (~2 ms), on estime que la mise en œuvre d'un système de commande de puissance rayonnée précis et sensible à l'orientation pourrait être effectuée aisément. L'avantage d'un tel système est qu'il permet à l'antenne d'être inclinée lorsque le dispositif WAS/RLAN est à proximité immédiate d'un point d'accès beaucoup plus élevé et, par ailleurs, qu'il correspond à des terminaux beaucoup plus simples à utiliser, les réglages de l'antenne étant réduits au minimum.

Une autre possibilité consiste à utiliser des antennes capables d'ajuster automatiquement leur diagramme de rayonnement en fonction de leur orientation. De telles antennes sont actuellement utilisées pour des applications du service mobile par satellite, ce qui prouve la faisabilité de cette technique. Les antennes prévues pour des applications WAS dans la bande des 5 GHz pourraient être orientées électroniquement et elles utiliseraient de façon automatique des diagrammes d'antenne appropriés sélectionnés à partir de l'angle d'orientation instantanée de l'antenne. Une telle solution serait idéale car elle permettrait au terminal d'être facile à utiliser tout en satisfaisant aux prescriptions de réduction des brouillages causés au SETS.

4 Résumé des résultats

Il est tout à fait possible d'élaborer des antennes destinées à des applications de station de base et dont les caractéristiques de gabarit de p.i.r.e. sont conformes à celles proposées au § 2. Il existe de nombreux exemples d'antennes susceptibles de satisfaire à ces spécifications. Le respect du gabarit de rayonnement d'un terminal actif dont l'orientation varie est un problème que l'on peut résoudre en utilisant des capteurs d'inclinaison MEMS qui doivent être montés physiquement sur les antennes. Un certain nombre de possibilités peuvent être mises en œuvre pour limiter les émissions subies par le SETS, on peut supprimer la puissance émise, modifier le diagramme de rayonnement ou faire varier en fonction de leur orientation la puissance d'émission des dispositifs WAS/RLAN exploités dans la bande des 5 GHz.

L'utilisation de ces techniques permettra de s'assurer que le problème induit par la présence d'un terminal «hors norme», volontairement ou involontairement mal orienté et causant par la-même des brouillages préjudiciables au SETS, ne se posera pas. De plus, l'utilisation de ces techniques et des antennes fortement directives qu'elles supposent accroîtra la sensibilité des antennes, la durée de vie des accumulateurs et la qualité de fonctionnement globale des terminaux WAS/RLAN exploités dans la gamme des 5 GHz. Les coûts associés sont relativement faibles et considérés comme mineurs par rapport à l'amélioration de fonctionnement et d'esthétique dont bénéficient alors ces terminaux.
