

RECOMMANDATION UIT-R S.524-8

Niveaux maximaux admissibles de la densité de p.i.r.e hors axe rayonnée par les stations terriennes des réseaux à satellite géostationnaire du service fixe par satellite fonctionnant dans les bandes de fréquences des 6 GHz, des 13 GHz, des 14 GHz et des 30 GHz*

(Questions UIT-R 70/4 et UIT-R 259/4)

(1978-1982-1986-1990-1992-1994-2000-2001-2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que plusieurs réseaux à satellite géostationnaire du service fixe par satellite (SFS) fonctionnent dans les mêmes bandes de fréquences;
- b) que certains réseaux à satellite non géostationnaire du SFS peuvent être exploités dans les mêmes bandes de fréquences que certains réseaux à satellite géostationnaire conformément au Règlement des radiocommunications (RR);
- c) que les brouillages entre réseaux du SFS contribuent au bruit dans ces réseaux;
- d) qu'il est nécessaire de protéger un réseau du SFS contre les brouillages causés par d'autres réseaux de ce service;
- e) qu'il est nécessaire de spécifier les niveaux maximaux admissibles de la densité de p.i.r.e. hors axe émise par les stations terriennes afin d'encourager l'harmonisation des réseaux à satellite géostationnaire, et aussi, le cas échéant, afin de limiter la puissance brouilleuse produite par des stations terriennes du SFS OSG aux liaisons montantes de systèmes non OSG;
- f) que les réseaux du SFS peuvent recevoir des brouillages dans le récepteur de la station spatiale;
- g) que l'emploi d'antennes présentant les meilleures caractéristiques hors axe permettra l'utilisation la plus efficace du spectre des fréquences radioélectriques et de l'OSG;
- h) que les progrès du développement des antennes à lobes latéraux réduits indiquent que des antennes à performances supérieures seront largement disponibles dans quelques années;
- j) que les niveaux de densité de p.i.r.e. hors axe dépendent du gain dans les lobes latéraux ainsi que du niveau et de la distribution spectrale de la puissance délivrée par l'émetteur;
- k) que certains réseaux prévus pour être exploités dans la bande 27,5-29,5 GHz seraient exploités avec des niveaux de p.i.r.e. hors axe de liaisons montantes sensiblement inférieurs à ceux de certains réseaux existants exploités dans cette bande,

notant

- a) que l'Annexe 1 et l'Annexe 2 contiennent les éléments sur la base desquels certaines des limites indiquées dans la présente Recommandation ont été calculées,

* A l'exception des liaisons de connexion du service de radiodiffusion par satellite (Appendice 30A du RR).

recommande

1 que les réseaux OSG du SFS exploités dans la bande des 6 GHz soient conçus de façon qu'à tout angle φ , supérieur ou égal à $2,5^\circ$ par rapport à l'axe du faisceau principal de l'antenne d'une station terrienne, la densité de p.i.r.e. dans toute direction à $\pm 3^\circ$ de l'OSG ne dépasse pas les valeurs suivantes:

1.1 pour les émissions des systèmes autres que ceux envisagés aux § 1.2 et 1.3 ci-dessous:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale par 4 kHz</i>
$2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(35 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	-7 dB(W/4 kHz);

1.2 pour les émissions des systèmes SCPC-MF de téléphonie commandés par la voix:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale par 40 kHz</i>
$2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(42 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	0 dB(W/40 kHz);

1.3 pour les émissions des systèmes SCPC-MDP de téléphonie commandés par la voix:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale par 40 kHz</i>
$2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(45 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	3 dB(W/40 kHz);

2 que, pour les nouvelles antennes de station terrienne fonctionnant dans la bande des 6 GHz et pour les émissions autres que celles envisagées aux § 1.2 et 1.3 ci-dessus après 1988, la densité de la p.i.r.e. ne dépasse pas les valeurs suivantes:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale par 4 kHz</i>
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(32 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	11 dB(W/4 kHz)
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(35 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	-7 dB(W/4 kHz);

3 que les stations terriennes des réseaux OSG du SFS fonctionnant dans les bandes 12,75-13,25 GHz et 13,75-14,5 GHz soient conçues de manière que, pour tout angle φ supérieur ou égal à $2,5^\circ$ par rapport à l'axe du faisceau principal de l'antenne d'une station terrienne, la densité de p.i.r.e. dans toute direction à $\pm 3^\circ$ de l'OSG ne dépasse pas les valeurs suivantes:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale par 40 kHz</i>
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(39 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	18 dB(W/40 kHz)
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(42 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	0 dB(W/40 kHz);

dans toute direction à plus de 3° de l'OSG, les limites ci-dessus peuvent être dépassées de 3 dB maximum;

4 que les stations terriennes des réseaux OSG du SFS fonctionnant dans la bande 27,5-30 GHz soient conçues de manière que, pour tout angle φ supérieur ou égal à 2° par rapport à l'axe du faisceau principal de l'antenne d'une station terrienne, la densité de p.i.r.e. dans toute direction à $\pm 3^\circ$ de l'OSG ne dépasse pas les valeurs suivantes:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale par 40 kHz</i>
$2^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(19 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	-2 dB(W/40 kHz)
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(22 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	-10 dB(W/40 kHz);

dans toute direction à 3° de l'OSG, les limites ci-dessus peuvent être dépassées de 3 dB maximum;

5 que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la Recommandation:

NOTE 1 – Les valeurs mentionnées au § 1.2 ci-dessus sont fondées sur une analyse du bruit de puissance moyenne. On n'a pas étudié les effets subjectifs possibles des brouillages causés à une porteuse SCPC-MF par un rayonnement de très faible largeur de bande. Ce sujet nécessite un complément d'étude.

NOTE 2 – Les limites mentionnées au § 1.2 ci-dessus s'appliquent à un fonctionnement normal de la téléphonie dans une bande de base de 4 kHz.

NOTE 3 – Les valeurs données au § 1.1 ci-dessus proviennent principalement d'une analyse des systèmes MF utilisés en télévision analogique ou en téléphonie multivoie. On ne sait pas encore si les systèmes de télécommande et de mesure des distances fonctionnant dans la bande d'émission, ni si certains types de systèmes à une seule voie par porteuse (SCPC) différents de ceux mentionnés aux § 1.2 et 1.3 satisfont à ces dispositions. Il faut entreprendre des études pour déterminer de quelle manière ces systèmes SCPC pourraient satisfaire aux limites mentionnées ci-dessus.

NOTE 4 – On obtiendrait une meilleure utilisation de l'orbite ainsi qu'une plus grande facilité de coordination en choisissant des valeurs de p.i.r.e. plus basses dans les lobes latéraux. En conséquence, les administrations devraient s'efforcer d'obtenir des valeurs plus basses lorsque cela est possible.

NOTE 5 – Chaque fois que cela est possible, les stations terriennes existantes devraient se conformer aux valeurs mentionnées ci-dessus.

NOTE 6 – Les valeurs provisoires figurant au § 2 ont été calculées d'après des diagrammes d'antenne perfectionnés avec lobes latéraux de faible niveau et compte tenu des principes énoncés à la Note 3. Il est nécessaire de poursuivre d'urgence l'étude des caractéristiques des antennes de station terrienne lorsque l'écart angulaire par rapport au faisceau principal est faible et de vérifier en particulier la validité de l'angle de 7° comme valeur jusqu'à laquelle il est raisonnable de recommander un resserrement de 3 dB de la limite de densité de p.i.r.e. hors axe. Cette étude devra porter en outre sur l'incidence des valeurs données au § 2 ci-dessus sur les antennes fonctionnant avec des largeurs de bande supérieures à 500 MHz.

NOTE 7 – Lors de la planification des fréquences, il peut être nécessaire d'éviter les situations où les émissions de télévision d'un réseau utilisent les mêmes fréquences que les émissions téléphoniques SCPC d'un réseau utilisant un satellite proche.

NOTE 8 – Lorsqu'on utilise pour les liaisons montantes un dispositif de commande de puissance et que les affaiblissements dus à la pluie le rendent nécessaire, les limites indiquées au § 3 peuvent être dépassées pendant la durée de ces phénomènes. Dans les régions géographiques précédemment définies (dans la Recommandation UIT-R P.837) comportant des zones pluviométriques N et P, dans les cas où l'on n'utilise pas de commande de puissance sur la liaison montante, les limites indiquées au § 3 peuvent être dépassées de y dB. Il faut déterminer la valeur de y dB en entreprenant de nouvelles études fondées sur des données de propagation fiables en vue d'établir des marges d'évanouissement avec une précision suffisante. Les Tableaux 2a et 2b de l'Annexe 1 donnent d'autres directives à ce sujet.

NOTE 9 – Les administrations qui exploitent des stations terriennes dans les bandes 12,75-13,25 GHz et 13,75-14,5 GHz sont encouragées à réduire la densité de p.i.r.e. hors axe en utilisant de grandes antennes, en utilisant des antennes à caractéristiques de lobes latéraux améliorées ou, dans le cas de la TV-MF, à utiliser, si cela est possible, une forme appropriée de dispersion d'énergie.

NOTE 10 – Pour les émissions TV-MF, les administrations sont invitées à diminuer les brouillages causés à d'autres réseaux en utilisant des programmes ou des mires appropriées, associés à la dispersion d'énergie, pour assurer en permanence une modulation efficace de la porteuse.

La Fig. 1 de l'Annexe 1 donne un exemple type de distribution spectrale d'une porteuse TV-MF modulée par un programme et utilisant la dispersion d'énergie.

NOTE 11 – L'emploi d'espacements réduits entre satellites nécessitera de nouvelles études de la limite de p.i.r.e. hors axe à des angles inférieurs à $2,5^\circ$.

NOTE 12 – Les émissions TV-MF avec dispersion d'énergie dans les bandes 12,75-13,25 GHz et 13,75-14,5 GHz peuvent dépasser de 3 dB au maximum les limites spécifiées au § 3 à condition que la p.i.r.e. totale hors axe ne dépasse pas les valeurs ci-après:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale</i>
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(53 - 25 \log \varphi)$ dBW
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	32 dBW
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(56 - 25 \log \varphi)$ dBW
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	14 dBW;

dans toute direction à plus de 3° de l'OSG, les limites ci-dessus peuvent être dépassées de 3 dB maximum.

NOTE 13 – Les porteuses TV-MF sans dispersion d'énergie dans les bandes 12,75-13,25 GHz et 13,75-14,5 GHz doivent toujours être modulées par des programmes ou des mires appropriées. Dans ce cas, la p.i.r.e. totale hors axe de la porteuse TV-MF émise ne devra pas dépasser les valeurs ci-après:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale</i>
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(53 - 25 \log \varphi)$ dBW
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	32 dBW
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(56 - 25 \log \varphi)$ dBW
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	14 dBW;

dans toute direction à plus de 3° de l'OSG, les limites ci-dessus peuvent être dépassées de 3 dB maximum.

NOTE 14 – Dans toute direction à plus de 3° de l'OSG, les limites figurant dans le point 3 du *recommande* et dans les Notes 12 et 13 peuvent être dépassées de 3 dB maximum. Cette valeur n'a pas été déterminée en appliquant des critères de protection. Des études complémentaires sont nécessaires pour déterminer les limites de p.i.r.e. qui satisferaient à des critères de protection spécifiques. Les limites de densité de p.i.r.e. hors axe dans une direction à plus de 3° de l'OSG ne s'appliquent pas aux antennes de station terrienne prêtes à être en service¹ avant le 2 juin 2000, ni aux stations terriennes associées à un réseau à satellite du SFS dont l'ensemble des renseignements de coordination ou de notification a été reçu avant le 2 juin 2000.

Les liaisons montantes des systèmes non OSG du SFS utilisant les bandes 12,75-13,25 GHz et 13,75-14,5 GHz devraient être conçues de façon à tenir compte des brouillages causés par les stations terriennes des réseaux OSG du SFS, lorsque la densité de p.i.r.e. hors axe à $\pm 3^\circ$ de l'OSG dépasse de 3 dB maximum les limites sous le point 3 du *recommande* et dans les Notes 12 et 13.

NOTE 15 – Pour les systèmes OSG dans lesquels les stations terriennes sont censées émettre simultanément dans la même bande de 40 kHz, par exemple pour les systèmes OSG qui utilisent l'accès multiple par répartition en code (AMRC), il convient de réduire de $10 \log(N)$ dB les valeurs du niveau maximal de p.i.r.e. indiquées au point 4 du *recommande*, N étant le nombre de stations terriennes qui se trouvent dans le faisceau de réception du satellite avec lequel ces stations terriennes communiquent et doivent émettre simultanément sur la même fréquence.

NOTE 16 – Les stations terriennes fonctionnant dans la bande 27,5-30 GHz doivent être conçues de manière que la valeur correspondant à 90% de leurs niveaux maximaux de densité de p.i.r.e. hors axe ne dépasse pas les valeurs indiquées au point 4 du *recommande*. Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer le domaine angulaire hors axe à l'intérieur duquel ces dépassements seraient autorisés, compte tenu du niveau de brouillage subi par les satellites voisins. La méthode décrite dans la Recommandation UIT-R S.732 devrait être appliquée au traitement statistique des densités maximales de p.i.r.e. hors axe.

NOTE 17 – Dans la bande 29,5-30 GHz, les valeurs des densités de p.i.r.e. hors axe indiquées au point 4 du *recommande* ne s'appliquent pas aux stations terriennes associées à des réseaux OSG mis en service avant le 2 juin 2000.

NOTE 17A – L'application du point 4 du *recommande* pour les stations terriennes fonctionnant dans des réseaux OSG dans la bande 27,5-29,5 GHz exige la prise en compte des réseaux OSG existant au 1er juillet 2003.

NOTE 18 – Les valeurs indiquées au point 4 du *recommande* sont des valeurs maximales par ciel clair. Dans le cas des systèmes utilisant pour les liaisons montantes un dispositif de commande de puissance, ces limites incluent toutes les marges supplémentaires au-dessus du niveau minimal par ciel clair. En cas d'évanouissement dû à la pluie, les niveaux indiqués au point 4 du *recommande* peuvent être dépassés par les stations terriennes lors de la mise en place du dispositif de commande

¹ Prêtes à être en service signifie que les antennes ont été installées mais que le lancement du service a été différé pour des raisons de force majeure.

de puissance sur la liaison montante. Le dépassement admissible des niveaux du point 4 du *recommande* doit être tel que le niveau du signal reçu par la station spatiale associée ne doit pas être dépassé de plus de P dB, par rapport au niveau reçu par ciel clair. La détermination de la valeur de P exige un complément d'étude, compte tenu de la possibilité qu'une définition statistique de P , en pourcentage du temps, soit appropriée. Les études à entreprendre doivent également tenir compte de l'exigence intrinsèque d'une commande de la puissance sur la liaison montante précise, afin de limiter le niveau d'autobrouillage dû au rayonnement à la même fréquence des faisceaux adjacents. Un complément d'étude est également nécessaire pour évaluer les incidences sur l'exploitation des stations terriennes qui fonctionnent sans commande de puissance sur la liaison montante et qui dépassent les valeurs indiquées au point 4 du *recommande*.

NOTE 19 – Les stations terriennes du SFS qui fonctionnent dans la bande 27,5-30 GHz, dont les angles d'élévation par rapport à l'OSG sont plus faibles, devront avoir des niveaux de p.i.r.e. plus élevés par rapport à des terminaux identiques situés à des angles d'élévation plus importants, de manière à obtenir les mêmes densités de puissance surfacique au niveau de l'OSG, en raison de l'effet conjugué des distances accrues et du phénomène d'absorption atmosphérique. Les stations terriennes à petit angle d'élévation peuvent dépasser les niveaux indiqués au point 4 du *recommande* (voir l'Annexe 2) des valeurs suivantes:

<i>Angle d'élévation par rapport à l'OSG (ϵ)</i>	<i>Augmentation de la densité de p.i.r.e. (dB)</i>
$\epsilon \leq 5^\circ$	2,5
$5^\circ < \epsilon \leq 30^\circ$	$3 - 0,1 \epsilon$

NOTE 20 – Les niveaux indiqués au point 3 du *recommande* peuvent être dépassés dans le cas des porteuses de télécommande et de mesure de la distance émises par des satellites OSG du SFS, aussi bien en mode de fonctionnement normal qu'en mode de fonctionnement d'urgence. En mode de fonctionnement normal ces niveaux peuvent être dépassés de 16 dB. En ce qui concerne les stations terriennes qui exploitent des porteuses de télécommande et de mesure de la distance dans la bande 27,5-30 GHz, un complément d'étude est nécessaire.

NOTE 21 – Dans la gamme 27,5-29,0 GHz, pour les stations terriennes dont le diamètre d'antenne est inférieur à 65 cm, les niveaux de densité de p.i.r.e. hors axe indiqués au point 4 du *recommande* peuvent être dépassés de 3 dB au plus, à condition que la densité de p.i.r.e. hors axe maximale ne dépasse pas les valeurs suivantes:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale par 2 MHz</i>
$2^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(37 - 25 \log \varphi - 10 \log M)$ dB(W/2 MHz)
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	$(16 - 10 \log M)$ dB(W/2 MHz)
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(40 - 25 \log \varphi - 10 \log M)$ dB(W/2 MHz)
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	$(7 - 10 \log M)$ dB(W/2 MHz).

où M est le nombre de stations terriennes situées dans le faisceau de réception du satellite avec lequel ces stations terriennes communiquent et qui sont censées émettre simultanément dans la même bande de 2 MHz et avec la même polarisation. Il convient de noter que, en pareil cas, il serait nécessaire de réduire la densité de p.i.r.e., ou de prévoir une séparation orbitale additionnelle, afin d'obtenir le même brouillage de satellite adjacent dans le sens Terre vers espace que celui qui résulterait de la p.i.r.e. hors axe, dont les valeurs sont précisées au point 4 du *recommande*.

NOTE 22 – Les niveaux indiqués au point 4 du *recommande* ont été déterminés d'après les niveaux de p.i.r.e. requis pour atteindre les objectifs de qualité de fonctionnement de la plupart des systèmes numériques du SFS OSG, à l'exception de certains des réseaux définis dans la Note 17. Toutefois, ces niveaux risquent de causer un niveau de brouillage accru à certains systèmes numériques utilisant des faisceaux ponctuels multiples et de petites stations terriennes fonctionnant avec un espacement orbital réduit. Les systèmes analogiques n'ont pas été pris en compte.

NOTE 23 – Les valeurs du point 4 du *recommande* applicables à la plage angulaire hors axe de 48 à 180° sont censées tenir compte des effets de débordement. La plage angulaire hors axe dans laquelle ces effets se produisent doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Annexe 1

1 Introduction

On peut établir une relation directe entre le brouillage causé par un émetteur de station terrienne à un récepteur de satellite d'autres réseaux et la densité de p.i.r.e. spectrale hors axe de l'antenne de la station terrienne brouilleuse. Cela dépend non seulement des caractéristiques des lobes latéraux de l'antenne de la station terrienne mais également du niveau de puissance de l'émetteur et de sa densité spectrale qui est à son tour influencée par la conception globale du système à satellites.

La définition d'une limite recommandée pour la densité spectrale de la p.i.r.e. en dehors de l'axe du faisceau principal peut être envisagée de deux points de vue différents:

- limitation du niveau de brouillage causé à un autre satellite, en tenant particulièrement compte des brouillages causés aux réseaux utilisant des antennes de station terrienne de grandes dimensions;
- détermination des caractéristiques de la p.i.r.e. dans l'axe du faisceau principal, pour les stations terriennes, en particulier celles qui utilisent des antennes de dimensions relativement petites; prise en considération du gain que ces antennes peuvent être censées fournir dans l'axe du faisceau principal et en dehors de cet axe.

2 Limite de densité de la p.i.r.e. hors axe pour la bande à 6 GHz

Une étude faite, compte tenu des deux points de vue exposés ci-dessus, a permis de conclure que la limite recommandée pourrait s'exprimer de la manière suivante pour les émissions sur la liaison montante à environ 6 GHz.

Pour tout angle φ supérieur ou égal à 2,5° par rapport à l'axe du faisceau principal d'une antenne de station terrienne, la p.i.r.e./4 kHz dans n'importe quelle direction située à moins de 3° de l'OSG ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

<i>Angle hors axe</i>	<i>p.i.r.e. maximale par 4 kHz</i>
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 25^\circ$	$(E - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$25^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	$(E - 35)$ dB(W/4 kHz)

où la valeur de E doit être comprise entre 32,0 et 38,5. La valeur de E devrait être aussi petite que possible; elle variera d'une bande de fréquences à une autre. Pour certaines applications de systèmes à satellites, il peut être souhaitable d'établir une limite de densité de la p.i.r.e. hors axe en utilisant

une valeur plus stricte de E (par exemple, 32) dans la région angulaire proche (par exemple, $\varphi \leq 7^\circ$) et d'assouplir ensuite la valeur de E pour des angles hors axe plus importants. Ce type de limite par palier imposerait des contraintes au rayonnement hors axe dans les régions angulaires où la valeur serait plus efficace pour limiter le brouillage causé aux satellites adjacents.

Du point de vue du brouillage admissible causé à un réseau à satellite comprenant des antennes de station terrienne de grandes dimensions, il convient de noter qu'en prenant pour E une valeur de 38,5, on obtiendrait une densité maximale de p.i.r.e. de 21,0 dB(W/4 kHz) rayonnée par une station terrienne sous un angle de 5° avec l'axe du faisceau principal.

Du point de vue des conditions raisonnables d'exploitation des stations terriennes possédant des antennes de petites dimensions, on peut considérer les quatre cas suivants:

- Cas 1:* porteuse MF haute densité-grande station;
- Cas 2:* TV-MF – petite station (antenne globale au satellite);
- Cas 3:* TV-MF – liaison montante de satellite de radiodiffusion;
- Cas 4:* SCPC – bande étroite.

En se fondant sur les hypothèses suivantes:

- température de bruit du satellite $\leq 3\,000$ K;
- gain de l'antenne du satellite ≥ 16 dB;
- antenne de la station terrienne conforme aux dispositions de la Recommandation UIT-R S.465 pour les angles par rapport à l'axe du faisceau principal inférieurs à 25° , l'enveloppe des lobes latéraux ayant un niveau constant de -3 dBi pour les angles supérieurs à 25° ;
- $10 \log$ (température de bruit de la station terrienne) ≥ 19 .

(Les valeurs de la densité de puissance nominale pour un angle de 5° avec le faisceau principal sont indiquées dans le Tableau 1.)

TABLEAU 1

Densité minimale de la p.i.r.e. par rapport à l'axe pour des porteuses types

	MRF-MF, 1 332 voies 36 MHz de largeur de bande RF	TV-MF	TV-MF Satellite de radiodiffusion (liaison montante)	SCPC globale
G/T du satellite (dB(K ⁻¹))	-7	-17	0	-17
C/T du trajet montant (dB(W/K))	-125	-137	-134	-154
p.i.r.e. (dBW)	82	80	66	63
Stations terriennes: gain d'antenne émission (dB)	60	53	46	53
Puissance d'entrée RF à l'antenne de la station terrienne (dBW)	22	27	20	10
Puissance spectrale RF à l'entrée de l'antenne de la station terrienne de réception (dB(W/4 kHz))	-8	0	-4	0
E_{5° (dB(W/4 kHz)) ⁽¹⁾	6,5	14,5	10,5	14,5

⁽¹⁾ Rayonnement à $\varphi = 5^\circ$, dans l'hypothèse 32 – $25 \log \varphi$.

La plus mauvaise situation de brouillage se présenterait pour le deuxième cas, où un gain de 53 dB correspond à une antenne de 10 m de diamètre. La puissance d'émission nécessaire serait 500 W environ. Avec un avantage de 27 dB (2 MHz) d'étalement, la densité de puissance nominale émise serait 0 dB(W/4 kHz), ce qui établit à 14,5 dB(W/4 kHz), pour $\varphi = 5^\circ$, le rayonnement en dehors de l'axe principal.

Dans le quatrième cas, on indique une valeur similaire pour le rayonnement de densité de la p.i.r.e. en dehors du faisceau principal, mais il convient de prendre en considération d'autres facteurs. Porteuses SCPC – ce sont des porteuses dont le niveau de p.i.r.e. émise par la station terrienne est bas, soit 63,5 dB(W/voie). Etant donné que, normalement, seuls les signaux de télévision ont un taux d'étalement lent (25 ou 30 Hz), on considère que la puissance porteuse totale est un brouillage par impulsions. Dans ce cas, le rapport puissance porteuse/puissance de brouillage, C/I , à 5° , serait de 22 dB sur la liaison montante et de 13 dB sur la liaison descendante. Bien qu'il n'existe pas de critères de brouillage pour de tels cas, on a adopté dans quelques analyses une valeur de 20 dB pour le rapport global C/I . Reconnaissant la gravité de l'incompatibilité de cette situation, on a conclu qu'il n'est raisonnablement pas possible d'obtenir une protection convenable du fait de l'espacement entre les satellites ou en limitant plus rigoureusement la p.i.r.e., puisque la liaison descendante est l'élément dominant. Une solution consiste à limiter l'emploi des deux types de signaux de telle sorte qu'ils seraient ainsi séparés en fréquence lorsque le SFS est impliqué sur la liaison montante et sur la liaison descendante. Une deuxième solution, qui pourrait beaucoup contribuer à résoudre le problème exposé ci-dessus, est une autre méthode de dispersion de l'énergie de la porteuse de télévision par la transformation du signal vidéo.

Deux exemples tirés du système à satellite canadien TELESAT montrent que, pour une fréquence de 6 GHz et un angle de 5° avec l'axe principal, un niveau de la p.i.r.e. brouilleuse, dans la gamme de 17-18 dB(W/4 kHz) environ, est associé à des émissions sur une seule voie par porteuse provenant d'une antenne de 4 à 5 m de diamètre et à des émissions de télévision provenant d'une antenne de 10 m de diamètre.

En ce qui concerne le quatrième cas, on a fait au Japon des études sur la densité de la p.i.r.e. hors axe par bande de 4 kHz pour la porteuse SCPC-MDP du système INTELSAT et pour les porteuses SCPC-MF et SCPC-MDP du système MARISAT. Les résultats de ces études permettent de conclure que, dans le cas de transmissions entre stations terriennes du type B du système INTELSAT, la valeur la plus défavorable de la densité de p.i.r.e. hors axe associée aux émissions d'une station terrienne est supérieure de 6 dB à $35 - 25 \log \varphi$ (dB(W/4 kHz)).

Il faut noter que ces chiffres ne sont donnés qu'à titre d'exemple de systèmes existants. En aucun cas, une Recommandation ne devrait être élaborée en fonction d'un système existant donné; au contraire, les futurs systèmes devraient être conçus de manière à respecter les dispositions de la Recommandation définitive.

D'après ce qui précède, on peut conclure qu'il est possible de protéger l'utilisation de l'OSG à environ 6 GHz, même en employant des antennes de station terrienne ayant des diamètres aussi petits que 4 ou 5 m, sous réserve de se conformer aux directives suivantes:

- il convient de planifier avec soin les fréquences pour s'assurer que les transmissions de télévision sur un réseau n'utilisent pas les mêmes fréquences que les transmissions téléphoniques SCPC, sur un réseau fonctionnant avec un satellite voisin;
- dans tous les autres cas, les stations terriennes doivent être conformes aux limites de densité spectrale de la p.i.r.e. en dehors de l'axe du faisceau principal en direction de l'OSG, précisées dans le deuxième alinéa de ce § 2, la valeur de E étant comprise entre 32,0 et 38,5.

3 Limite de densité de la p.i.r.e. hors axe pour la bande 10-15 GHz

Pour l'étude d'une limite de la densité de la p.i.r.e. hors axe à 10-15 GHz, il est raisonnable de supposer que l'antenne de réception du satellite ne fournira pas habituellement une couverture angulaire importante et, compte tenu de ce fait, il serait possible d'utiliser des p.i.r.e. de station terrienne inférieures et, par conséquent, des niveaux plus faibles de rayonnement hors axe que ceux que l'on utilise dans des bandes de fréquences inférieures. Toutefois, cette possibilité pourrait être compromise par le fait que l'affaiblissement par la pluie sera plus important.

3.1 Méthode de calcul de E

D'une manière générale, le brouillage, I , causé par une station terrienne d'émission à une station spatiale brouillée s'écartant de φ° de la transmission prévue est donné par la formule:

$$I = E - 25 \log \varphi - L_{FS} - L_{CA} - L_R + G_s \quad (1)$$

où:

E : constante à déterminer pour une formule limite concernant une largeur de bande de référence

L_{FS} : affaiblissement en espace libre à la fréquence d'émission

L_{CA} : affaiblissement par temps clair

L_R : affaiblissement par la pluie (dans le cas le plus défavorable $L_R = 0$, par temps clair)

G_s : gain d'antenne du satellite brouillé en direction de la station terrienne brouilleuse.

On pourrait spécifier que chaque source de brouillage sur la liaison montante, I , doit être égale à une fraction du bruit thermique sur le trajet montant de la station spatiale brouillée. Dans ce cas:

$$I = 10 \log (k T B) - \Delta \quad (2)$$

où:

Δ : rapport bruit thermique/puissance de brouillage

T : température de bruit à l'entrée du récepteur du satellite

B : largeur de bande considérée

k : constante de Boltzmann.

On a alors, dans le cas le plus défavorable où $L_R = 0$:

$$E - 25 \log \varphi = 10 \log k B + L_{FS} + L_{CA} - (G/T)_s - \Delta \quad (3)$$

où $(G/T)_s$: facteur de qualité du satellite (dB(K⁻¹)).

Si l'affaiblissement en espace libre est de 207 dB (14 GHz) et l'affaiblissement par temps clair de 0,5 dB, on obtient la formule simplifiée:

$$E - 25 \log \varphi = -21,1 - (G/T)_s + B - \Delta \quad (4)$$

Ainsi, pour des paramètres donnés φ , $(G/T)_s$, B et Δ , il est possible de déterminer le paramètre E qui définit la densité de la p.i.r.e. admissible provenant d'une station terrienne à un angle hors axe φ° .

Toutefois, d'autres facteurs doivent également être pris en compte dans la sélection d'une limite de la p.i.r.e. hors axe des émissions provenant de stations terriennes émettrices dans les bandes 10-15 GHz. Parmi eux, on notera la nécessité d'examiner les marges dues à la pluie dans les bilans de la p.i.r.e. de la station terrienne à ces fréquences; ou encore que le fait de restreindre les valeurs de densité de la p.i.r.e. hors axe à certaines limites peut avoir une influence importante sur le diamètre de l'antenne de la station terrienne. On trouvera au Tableau 2a un exemple de la variation du diamètre de l'antenne en fonction de E pour trois marges différentes dues à la pluie sur la liaison montante.

TABLEAU 2a

Diamètres des antennes de stations terriennes nécessaires dans un mode donné de fonctionnement de télévision pour atteindre les valeurs spécifiques de la densité de la p.i.r.e. hors axe

E (dB(W/40 kHz))	Diamètre de l'antenne (m)		
	Marge due à la pluie 0 dB	Marge due à la pluie 3 dB	Marge due à la pluie 6 dB
33	12	17	24
36	8	12	17
39	6	8	12
42	4	6	8

Hypothèses pour l'élaboration du Tableau 2a:

- porteuse de télévision avec 2 MHz crête-à-crête de modulation de dispersion d'énergie uniquement;
- largeur de bande de référence pour $E = 40$ kHz;
- gain des lobes latéraux des stations terriennes donné par $29 - 25 \log \varphi$ (dBi);
- efficacité de l'antenne de la station terrienne = 57-65%;
- fonctionnement à 14 GHz;
- facteurs C/T par temps clair nécessaires à l'entrée du satellite = -127 dBW(K⁻¹);
- facteur de qualité G/T du satellite = -3 dB(K⁻¹).

L'effet exercé sur le paramètre E , par la nécessité de tenir compte de conditions de propagation défavorables, dans une région à haute densité pluviométrique (Brésil) est décrit, à titre d'exemple, au Tableau 2b.

TABLEAU 2b

Exemples de l'augmentation de la densité de la p.i.r.e. hors axe pour les systèmes conçus pour faire face à de profonds évanouissements de propagation

Porteuse	<i>E</i> (dB(W/40 kHz))			
	Modèle: temps clair		Modèle: évanouissement profond	
	<i>A</i> = 29	<i>A</i> = 32	<i>A</i> = 29	<i>A</i> = 32
TV-MF	34	37	47	50

Le gain dans les lobes latéraux de la station terrienne est $A - 25 \log \phi$ (dBi).

Hypothèses pour l'élaboration du Tableau 2b:

- porteuse TV modulée seulement par une dispersion d'énergie de 2 MHz crête-à-crête;
- angle d'élévation de la station terrienne = 60°
- disponibilité de la liaison montante > 99,9%;
- fonctionnement à 14 GHz.

3.2 Facteurs affectant le paramètre *E*

En plus de la marge pour la pluie, comprise dans la conception d'une liaison montante «brouilleuse», il existe un certain nombre de variantes qui ont, pour les services par satellite, une influence sur la valeur de *E*:

a) *Type de porteuse «brouilleuse»*

Compte tenu de ce que, dans les répéteurs qui amplifient les porteuses multiples MF, la densité spectrale de puissance, et par là la possibilité de brouillage, ne varie pas d'une façon importante entre les porteuses de capacité différente, on peut limiter l'examen aux cas dans lesquels un répéteur achemine les signaux suivants:

- porteuses multiples MRF-MF;
- porteuses multiples «à haute densité» MRF-MF;
- porteuse unique MRF-MF;
- une seule porteuse MIC-MDP-AMRT;
- porteuses multiples SCPC-MIC-MDP;
- porteuse unique TV-MF avec porteuse à dispersion d'énergie à 2 MHz;
- porteuses multiples SCPC-MF.

La densité spectrale de la p.i.r.e. nécessaire pour les liaisons montantes de chacune de ces porteuses dépendra aussi du fait que les stations terminales disposent d'une grande ou d'une petite antenne.

b) *Type de porteuse «brouillée»*

On doit examiner une gamme de cas semblable à celle qui est donnée en a) ci-dessus.

c) *Objectif de brouillage*

L'UIT-R a envisagé dans ses études la possibilité d'accroître la tolérance aux brouillages afin de réduire l'espacement entre satellites.

d) *Espacement entre satellites*

Dans la gamme des fréquences comprises entre 10 et 15 GHz, on a choisi un espacement entre satellites de 3° pour des satellites de même couverture mais, en raison d'une demande de plus en plus importante, on a examiné la possibilité d'un espacement de 2° pour certains emplacements.

e) *Zones de couverture de satellite «brouillé»*

Il convient d'examiner les valeurs du facteur de qualité G/T du satellite correspondant à des couvertures régionales et nationales.

f) *Caractéristique de gain dans les lobes latéraux de la station terrienne «brouilleuse»*

En raison de la mise en service actuellement d'antennes de station terrienne de conception améliorée, on s'attend à une réduction des émissions hors axe.

g) *Marge pour la pluie admise dans la conception d'une liaison montante «brouillée»*

Un examen complet de tous ces facteurs pourrait conduire à plusieurs milliers de combinaisons et, en conséquence, à une large gamme de valeurs de E .

En établissant cette liste, on a supposé que les valeurs du diamètre de l'antenne de la station terrienne et de la puissance d'émission «nécessaire» étaient choisies pour satisfaire simultanément les conditions de p.i.r.e. utile de la liaison montante et de limite de la p.i.r.e. hors axe. Il peut y avoir des cas où ce choix n'est pas possible, comme par exemple celui de petites stations terriennes transportables utilisées pour fournir des liaisons montantes de télévision de courte durée à partir de divers emplacements d'une zone de couverture d'un satellite.

On trouvera au Tableau 3 un exemple de la corrélation entre le paramètre E et les facteurs c) à f) inclus. Les porteuses brouilleuses comme les porteuses brouillées sont modulées en fréquence par des signaux de télévision; on suppose qu'elles sont identiques. On a choisi des combinaisons de la taille de l'antenne d'une station terrienne et de la puissance de l'émetteur qui puissent fournir la p.i.r.e. nécessaire à la porteuse utile tout en atteignant exactement les objectifs de brouillage du trajet montant.

Il convient de noter que cet exemple suppose deux systèmes à satellites identiques. Des variations importantes du paramètre E et des paramètres de la station terrienne sont probablement dues à des cas où les satellites des systèmes brouilleurs et brouillés ont des facteurs de qualité G/T différents.

TABLEAU 3

**Valeurs optimales pour E et paramètres correspondants pour
des brouillages TV-MF sur TV-MF**

G/T du satellite (dB(K ⁻¹))		-3				-5			
Espacement des satellites (degrés)		2		3		2		3	
Objectif de brouillage (% du bruit thermique du trajet montant)		20	50	20	50	20	50	20	50
Gain dans les lobes latéraux de la station terrienne 32 – 25 log φ	Diamètre de l'antenne (m)	10,7	6,8	6,4	4,1	26,9	17,1	16,2	10,3
	Puissance de l'émetteur (W)	139	342	382	951	3,5	8,6	9,6	23,9
Gain dans les lobes latéraux de la station terrienne 29 – 25 log φ	Diamètre de l'antenne (m)	7,6	4,8	4,6	2,9 ⁽¹⁾	19,0	12,1	11,5	7,3
	Puissance de l'émetteur (W)	287	685	764	1 903 ⁽¹⁾	7,0	17,2	19,2	47,8
Gain dans les lobes latéraux de la station terrienne 26 – 25 log φ	Diamètre de l'antenne (m)	5,3	3,4	3,2 ⁽¹⁾	2,0 ⁽¹⁾	13,4	8,5	8,1	5,1
	Puissance de l'émetteur (W)	557	1 385	1 517 ⁽¹⁾	3 794 ⁽¹⁾	14,0	34,8	38,1	95,3
Paramètre E de la p.i.r.e. hors axe (dB(W/40 kHz))		28,4	32,4	32,8	36,8	20,4	24,4	24,8	28,8

⁽¹⁾ Dans ces cas, on choisira probablement dans la pratique des antennes plus importantes et des puissances d'émetteur plus faibles, ce qui devrait permettre de maintenir le brouillage dans les limites prescrites.

Hypothèses pour l'élaboration du Tableau 3:

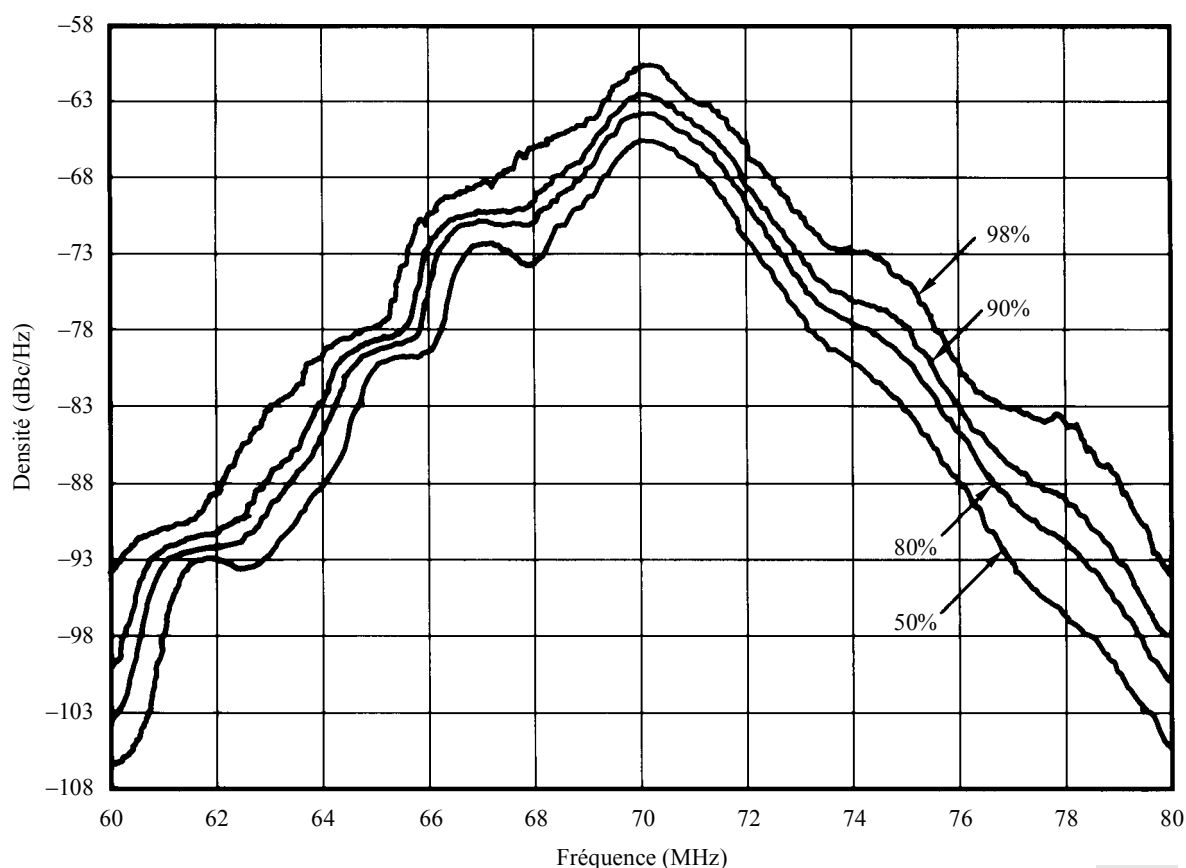
- stations terriennes «brouilleuses» et «brouillées» à un angle d'élévation de 15°;
- fonctionnement à 14 GHz;
- gain d'antenne du satellite: identique pour les trajets montants «brouilleurs» et «brouillés»;
- efficacité de l'antenne de la station terrienne = 65%;
- affaiblissement par la pluie de 3 dB sur le trajet montant «brouillé» uniquement;
- facteur C/T du trajet montant de la porteuse de télévision «brouillée» = -130 dBW(K⁻¹);
- modulation par le signal de dispersion d'énergie uniquement: excursion crête-à-crête de 2 MHz.

3.3 Distribution spectrale d'une porteuse TV-MF modulée

On a mesuré les caractéristiques spectrales d'une porteuse TV NTSC à 20 MHz afin d'étudier les effets des brouillages causés à des porteuses à bande étroite par des porteuses TV-MF modulées par des éléments de programme avec dispersion d'énergie. La Fig. 1 montre la distribution de densité spectrale de la porteuse TV modulée par un signal vidéo de programme en direct associée à une dispersion d'énergie provoquant une excursion crête-à-crête de 1 MHz, qui n'est pas dépassée pendant divers pourcentages de temps.

FIGURE 1

Distribution spectrale d'une porteuse TV-MF à 20 MHz modulée par un signal vidéo NTSC de programme en direct associée à une dispersion d'énergie de 1 MHz



0524-01

4 Limites de densité de p.i.r.e. hors axe pour la bande 29,5-30 GHz (voir la Note 1)

4.1 Informations à l'appui du *recommande* 4

Au moment de la rédaction, il existe, dans les documents de l'UIT-R, deux sources de données sur les porteuses du SFS OSG qui utilisent, ou qui devraient utiliser, la bande 29,5-30 GHz; l'une est la Recommandation UIT-R S.1328 et l'autre est la base de données constituée à partir des réponses fournies par les administrations aux Questionnaires des Lettres circulaires CR/92 et CR/116 (voir la Note 2) envoyés respectivement en 1998 et en 1999 pendant la préparation de la CMR-2000 (dans ce qui suit, cette base de données est appelée base de données CR/116 pour plus de commodité).

Pour la plupart des porteuses du SFS OSG considérées dans la Recommandation UIT-R S.1328, cette dernière contient suffisamment d'informations pour pouvoir calculer la densité spectrale de p.i.r.e. hors axe émise par la station terrienne associée à la liaison montante, si des hypothèses réalistes sont faites pour le diagramme de rayonnement de l'antenne de la station terrienne (par exemple Recommandation UIT-R S.580) pour les quelques porteuses pour lesquelles il fait défaut. Les données suffisent aussi pour calculer, pour chaque porteuse, la dégradation du rapport $(C/N)_{\uparrow}$, par temps clair qui serait provoquée par une station terrienne située à proximité du centre du faisceau du satellite «utile» mais fonctionnant avec un satellite adjacent et dont la densité de p.i.r.e. hors axe correspond aux limites données au *recommande* 4 de la présente Recommandation, compte tenu d'hypothèses raisonnables lorsque c'est nécessaire pour le bruit thermique sur la liaison

montante et le brouillage interne. Ici, on a considéré une température de bruit thermique sur la liaison montante de 800 K et un rapport porteuse sur brouillage interne sur la liaison montante de 20 dB lorsqu'il manque des données dans la Recommandation UIT-R S.1328 pour pouvoir déduire l'un de ces paramètres.

Les informations figurant dans la base de données CR/116 sur toutes les liaisons destinées à utiliser la bande 29,5-30 GHz conviennent parfaitement pour calculer la dégradation sur la liaison montante. Toutefois, la densité de p.i.r.e. hors axe qui serait rayonnée par la station terrienne émettrice ne pourrait être calculée pour aucune des liaisons CR/116 car, mis à part la p.i.r.e. sur l'axe principal et l'erreur de pointage, la base de données ne contient aucun autre paramètre pour cette station terrienne (par exemple gain crête de l'antenne et diagramme de rayonnement des lobes latéraux).

La Fig. 2 indique la densité spectrale de p.i.r.e. qui serait rayonnée par la station terrienne émettrice pour chacune des porteuses de la Recommandation UIT-R S.1328 dans la bande 29,5-30 GHz, à 2° par rapport à l'axe principal. La Fig. 3, quant à elle, donne la dégradation du rapport $(C/N)_\uparrow$ total par temps clair pour chacune des porteuses de la Recommandation UIT-R S.1328, qui serait provoquée par des brouillages causés par une station terrienne proche du centre du faisceau du satellite utile, émettant vers un autre satellite espacé respectivement de 2° et de 3° du satellite utile sur l'OSG dans le Tableau 4 à des niveaux correspondant aux limites données au *recommande* 4. Les numéros de porteuse indiqués correspondent à ce qui suit dans la Recommandation UIT-R S.1328:

FIGURE 2

Densité de p.i.r.e. produite par des porteuses Recommandation UIT-R S.1328 dans la bande 29,5-30 GHz, à 2° par rapport à l'axe principal

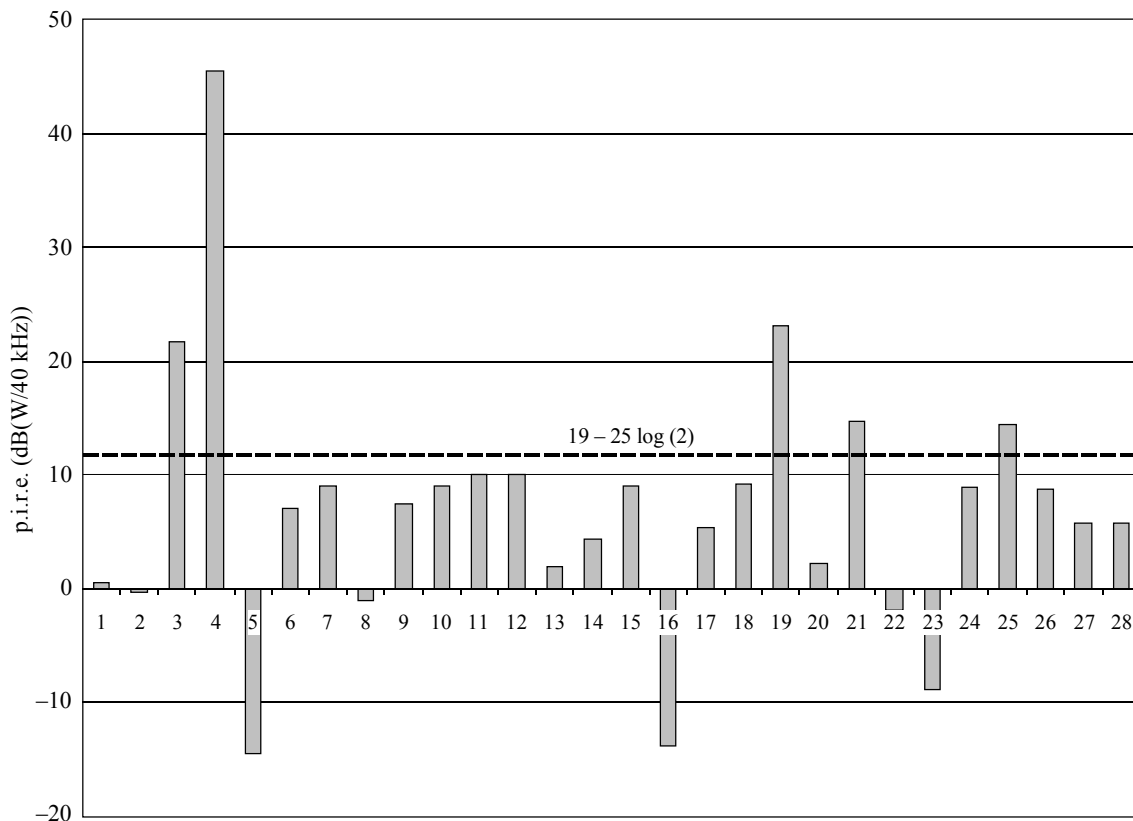
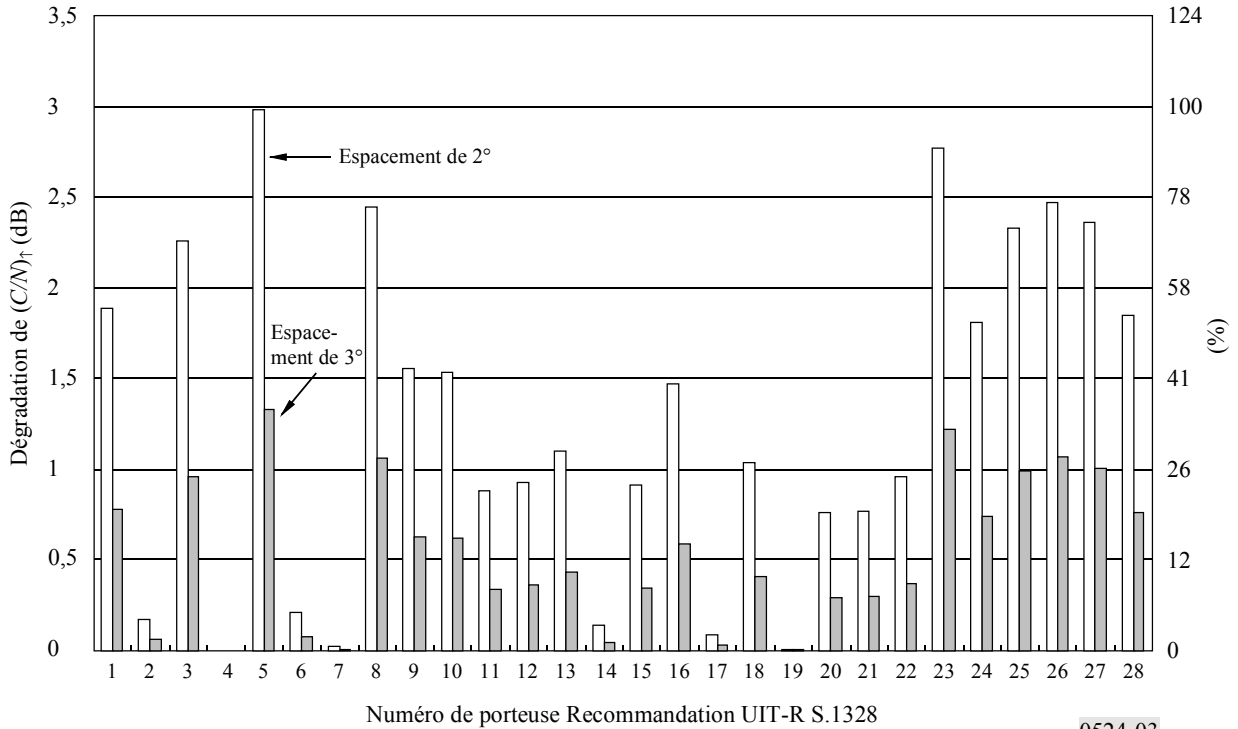


FIGURE 3

Dégradation maximale de $(C/N)_f$ pour des porteuses Recommandation UIT-R S.1328 dans la bande 29,5-30 GHz, découlant d'un brouillage dû à une seule source correspondant à la limite de p.i.r.e. hors axe



0524-03

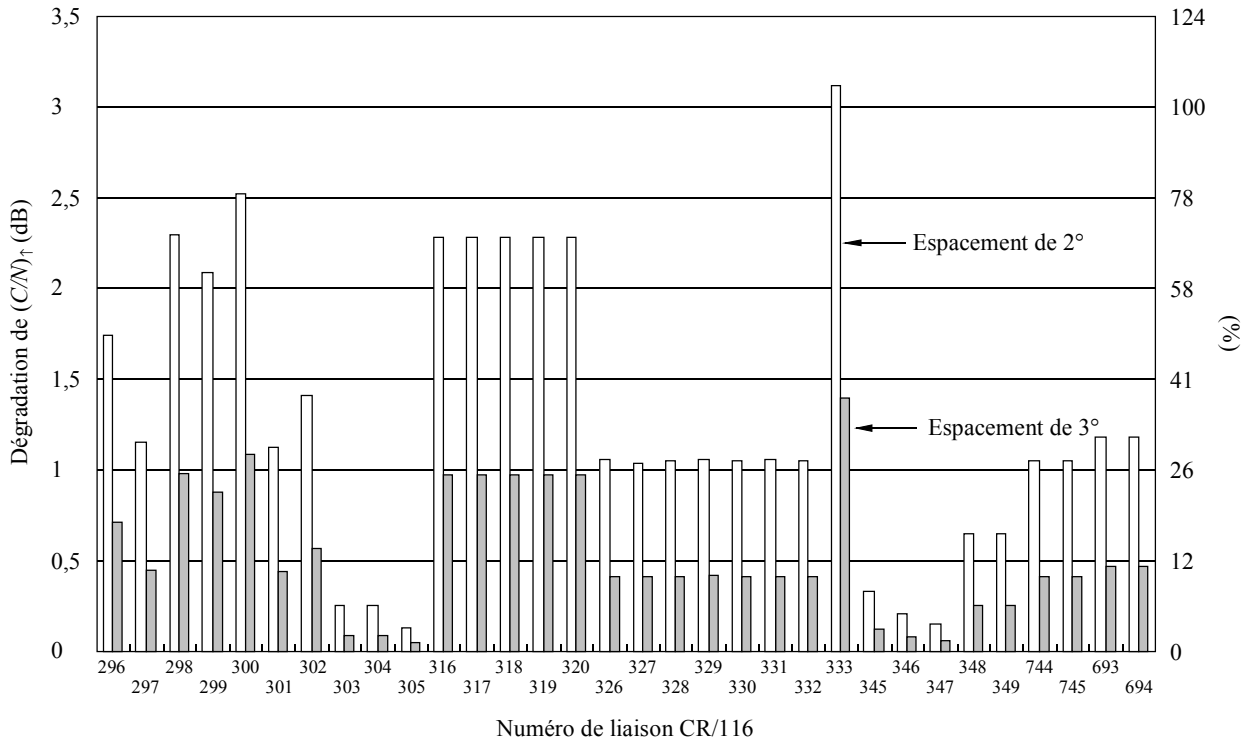
TABLEAU 4

Numéro de porteuse OSG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tableau de la Rec. UIT-R S.1328	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4
Système de la Rec. UIT-R S.1328	13 min	13 max	20	30	F	11	12	13	B	J
Numéro de porteuse OSG	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tableau de la Rec. UIT-R S.1328	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Système de la Rec. UIT-R S.1328	K	L	M	N	S	T	U	V	W	X (max)
Numéro de porteuse OSG	21	22	23	24	25	26	27	28		
Tableau de la Rec. UIT-R S.1328	4	5	5	5	6	6	6	6		
Système de la Rec. UIT-R S.1328	X (min)	P Ka-1	P Ka-2	P Ka-3	Q privé min	Q privé max	Q prof. min	Q prof. max		

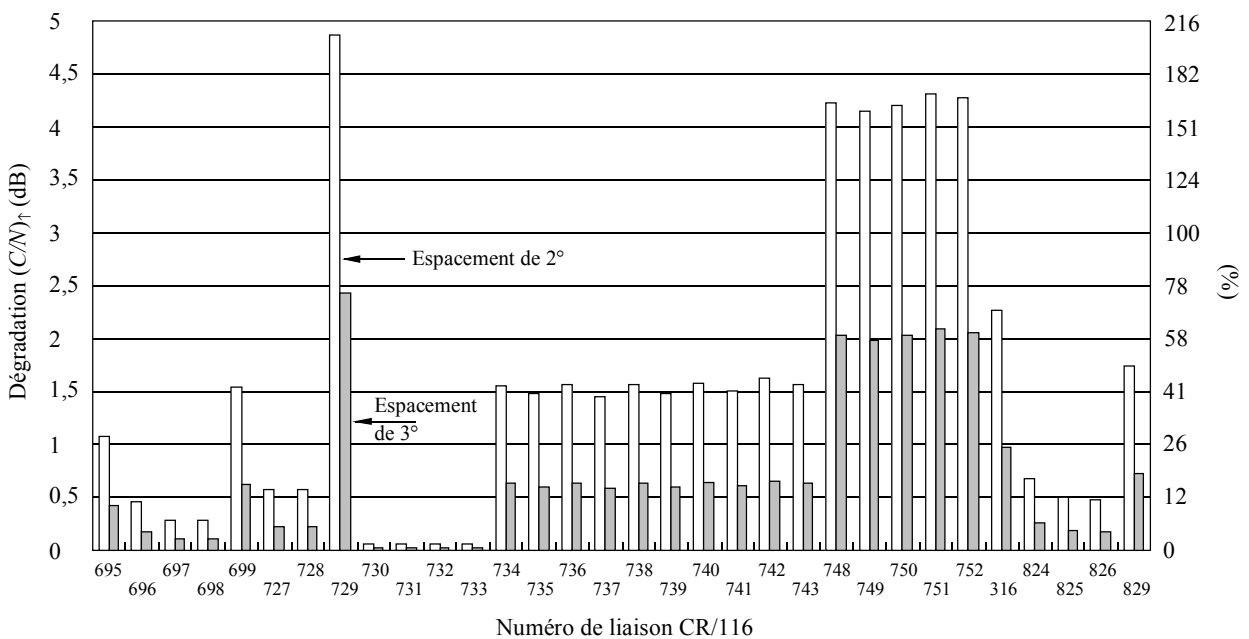
La Fig. 4 donne la dégradation du rapport $(C/N)_T$ total par temps clair pour chacune des liaisons CR/116 dans la bande 29,5-30 GHz, qui serait provoquée par des brouillages causés par une station terrienne proche du centre du faisceau du satellite utile, émettant vers un autre satellite espacé respectivement de 2° et de 3° par rapport au satellite «utile» sur l'OSG à des niveaux correspondant aux limites données au *recommande* 4. Les numéros de liaison indiqués sont ceux qui figurent dans la base de données.

FIGURE 4

Dégradation maximale de $(C/N)_T$ pour des liaisons CR/116 dans la bande 29,5-30 GHz, découlant d'un brouillage dû à une seule source correspondant à la limite de p.i.r.e. hors axe

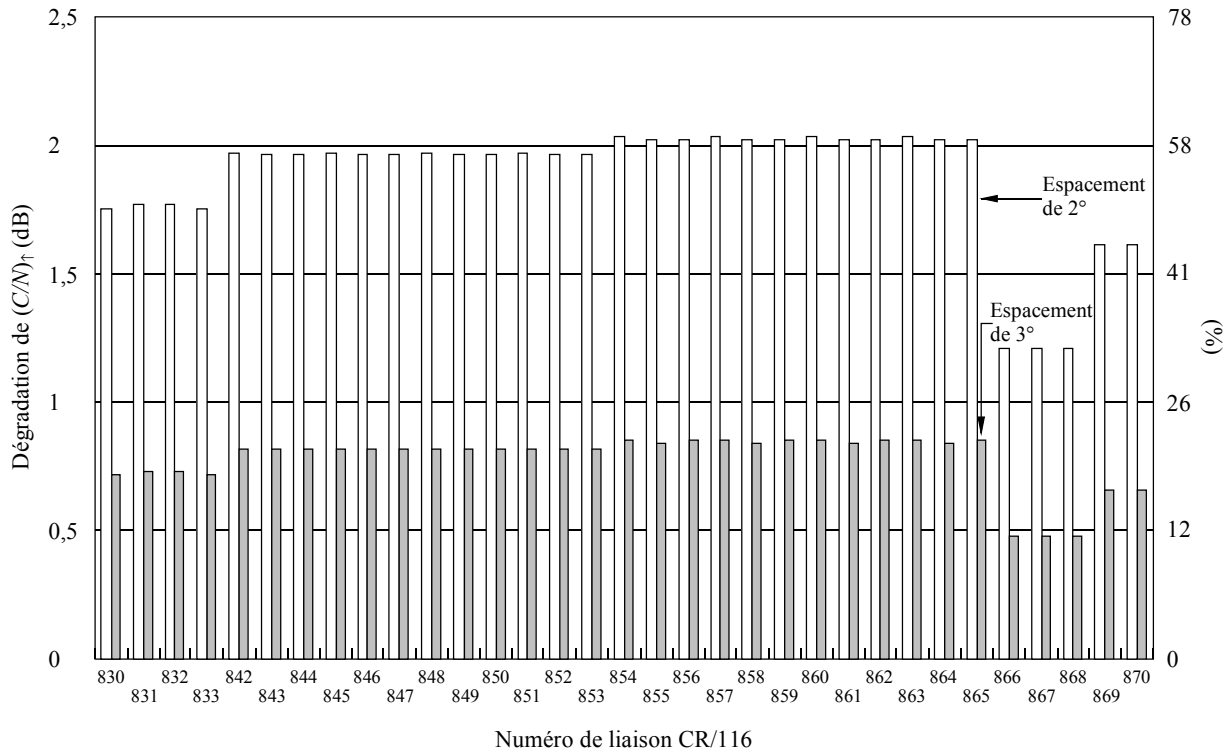


a)



b)

FIGURE 4 (suite)



c)

0524-04c

A 2° par rapport à l'axe principal, une limite de densité de p.i.r.e. de 11,47 dB(W/40 kHz) est prescrite au *recommande* 4. Parmi les 28 porteuses de la Fig. 2, on constate que 23 d'entre elles – soit 82% – respecteraient cette limite et, comme les seuls diagrammes de rayonnement de référence d'antenne énumérés dans la Recommandation UIT-R S.1328 pour les porteuses à 30 GHz sont ceux qui sont définis dans la Recommandation UIT-R S.465 ou UIT-R S.580 (la loi étant du type $25 \log(\varphi)$ pour les lobes latéraux proches dans les deux cas), cela montre que, dans la bande 29,5-30 GHz, la plupart des stations terriennes OSG existantes ou prévues devraient respecter les limites données au *recommande* 4. On peut donc conclure que ces limites ne constituent pas une restriction déraisonnable imposée à l'évolution du SFS dans cette bande.

D'après la Fig. 3, on constate que des brouillages correspondant à la limite du *recommande* 4, causés par une station terrienne fonctionnant avec un satellite espacé de 2° par rapport au satellite utile, dégraderaient le rapport $(C/N)_{\uparrow}$ de moins de 58,5% (c'est-à-dire 2dB) pour 75% des porteuses. De même, la Fig. 3 montre que pour un espacement des satellites de 3°, la dégradation du rapport $(C/N)_{\uparrow}$ serait de 36% (1,33 dB) pour les porteuses les plus vulnérables de la Recommandation UIT-R S.1328 et serait inférieure à 26,0% (1 dB) pour 82% des porteuses de la Recommandation UIT-R S.1328.

On peut déduire de la Fig. 4 que des brouillages correspondant à la limite du *recommande* 4, causés par une station terrienne fonctionnant avec un satellite espacé de 2° par rapport au satellite utile, dégraderaient le rapport $(C/N)_{\uparrow}$ d'au plus 58,5% pour 84% des liaisons CR/116. De même, la Fig. 4 montre que pour un espacement des satellites de 3°, la dégradation du rapport $(C/N)_{\uparrow}$ serait de 75% (2,4 dB) pour les liaisons CR/116 les plus vulnérables et serait inférieure à 26,0% (1 dB) pour 92% des liaisons CR/116.

Pour mettre en perspective les conclusions des deux précédents paragraphes, il faut tenir compte des quatre facteurs suivants:

- sur l'OSG, l'espacement entre satellites adjacents cofréquence, cocouverture est généralement de 3° au minimum et, même sur les arcs chargés, il n'est normalement pas inférieur à 2°;
- les niveaux de densité de p.i.r.e. hors axe dans la région des lobes latéraux proches, générés par des stations terriennes émettant sur la majorité des porteuses dans la bande 29,5-30 GHz – sauf ceux correspondant à 10% des valeurs crêtes pour les lobes latéraux comme mentionné dans la Note 15 de la présente Recommandation (voir § 4.2) – seront très inférieurs aux limites données au *recommande 4*;
- les 6% de bruit spécifiés dans les Recommandations sur les critères de protection du SFS à long terme (Recommandations UIT-R S.523, UIT-R S.735, UIT-R S.1323 correspondent au niveau de déclenchement de la coordination fixé par le RR;
- lorsque c'est nécessaire, des niveaux de brouillage plus élevés sont souvent acceptés pendant le processus de coordination.

On considère donc que les résultats de dégradation sur la liaison montante susmentionnés montrent que les limites de densité de p.i.r.e. hors axe données au *recommande 4* permettent d'assurer une protection acceptable des liaisons montantes du SFS OSG contre les brouillages causés par d'autres réseaux OSG du SFS et permettent d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'OSG.

Compte tenu de ces facteurs, les résultats ci-dessus corroborent la conclusion selon laquelle les limites données au *recommande 4* sont suffisamment strictes pour permettre un espacement des satellites raisonnablement faible, sans qu'il soit nécessaire que des systèmes individuels acceptent des niveaux déraisonnables de brouillage sur la liaison montante.

NOTE 1 – Les informations contenues dans le présent paragraphe sont données à l'appui des niveaux indiqués au *recommande 4* mais elles n'ont pas été utilisées pour obtenir ces niveaux et ne sont pas données dans le but de proposer une nouvelle méthode susceptible d'être utilisée dans les futures révisions de la présente Recommandation.

NOTE 2 – Dans ces Questionnaires, il était demandé aux administrations de fournir des données qui concernent leurs liaisons du SFS OSG et qui sont susceptibles d'avoir une incidence importante sur leur qualité de fonctionnement du fait de brouillages causés par des réseaux non OSG du SFS.

4.2 Autres facteurs pris en considération

4.2.1 Introduction

Lors de la détermination du niveau acceptable des émissions hors axe, il est important de considérer deux points. Premièrement, les niveaux maximaux admissibles de densité de p.i.r.e. hors axe ne doivent limiter ni la poursuite du fonctionnement des systèmes OSG du SFS existants ni le développement de futurs systèmes OSG du SFS. Deuxièmement, les densités de p.i.r.e. hors axe doivent inclure une marge appropriée pour compenser le fait que l'approche normalisée de l'UIT-R permet à 10% des lobes latéraux de l'antenne de dépasser l'enveloppe nominale.

Le *recommande 4* et les notes associées tiennent compte de ces deux conditions. La présente annexe donne des informations de base sur les facteurs qui ont été pris en considération dans les études de l'UIT-R sur ce sujet et précise les niveaux maximaux admissibles de densité de p.i.r.e. hors axe nécessaires pour pouvoir exploiter certains systèmes OSG du SFS existants à 30/20 GHz mentionnés dans cette Recommandation, compte tenu de la nécessité de prévoir une exception pour ces systèmes existants.

4.2.2 Systèmes OSG du SFS existants et futurs

Plusieurs systèmes sont actuellement en fonctionnement dans les bandes 29,5-30,0/19,7-20,2 GHz et leur nombre va augmenter. De nombreux types de services seront offerts pour répondre à la grande diversité des demandes attendues sur le marché. Par conséquent, lors de l'examen des niveaux acceptables de densité de p.i.r.e. hors axe, il faut tenir compte non seulement des systèmes existants mais aussi des futurs systèmes de manière à ne pas restreindre la diversité de services susceptibles d'être fournis par les systèmes à satellites.

Quatre exemples de type de système sont donnés au Tableau 5. Les types 1 et 2 existent déjà, les deux autres sont en projet. Les quatre types sont ou seront en fonctionnement au Japon dans les bandes 29,5-30,0/19,7-20,2 GHz.

TABLEAU 5

Paramètres de systèmes OSG du SFS existants et futurs

Système	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Type de service	RTPC/ RNIS	Données à débit élevé	RAS	RNIS
Disponibilité (%)	99,8/99,6	99,6	99,6	99,6
C/N requis (dB)	11,5	9,0	8,0	12,8
Largeur de bande requise (kHz)	25 024	100 000	21 000	8 800
Diamètre de l'antenne d'émission (m)	4,2	2,4	1,2	3,0
Puissance d'alimentation à l'entrée (W)	150	150	15	15
Densité de puissance d'alimentation à l'entrée (dB(W/40 kHz))	-6,2	-12,2	-15,4	-11,7
Densité maximale de puissance d'alimentation à l'entrée par temps de pluie (dB(W/40 kHz))	-6,2	-12,2	-5,4	-1,7
Densités maximales de p.i.r.e. hors axe par temps clair ⁽¹⁾ (dB(W/40 kHz); $1^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ$)	$23 - 25 \log \varphi$	$17 - 25 \log \varphi$	$14 - 25 \log \varphi$	$18 - 25 \log \varphi$
Diamètre de l'antenne de réception (m)	11,5/4,2	2,4	4,2	3,0
C/N + I total (dB)	22,1/19,9	13,3	11,0	17,9

⁽¹⁾ Les valeurs sont calculées au moyen du diagramme de rayonnement des lobes latéraux de l'antenne donné par $29 - 25 \log \varphi$.

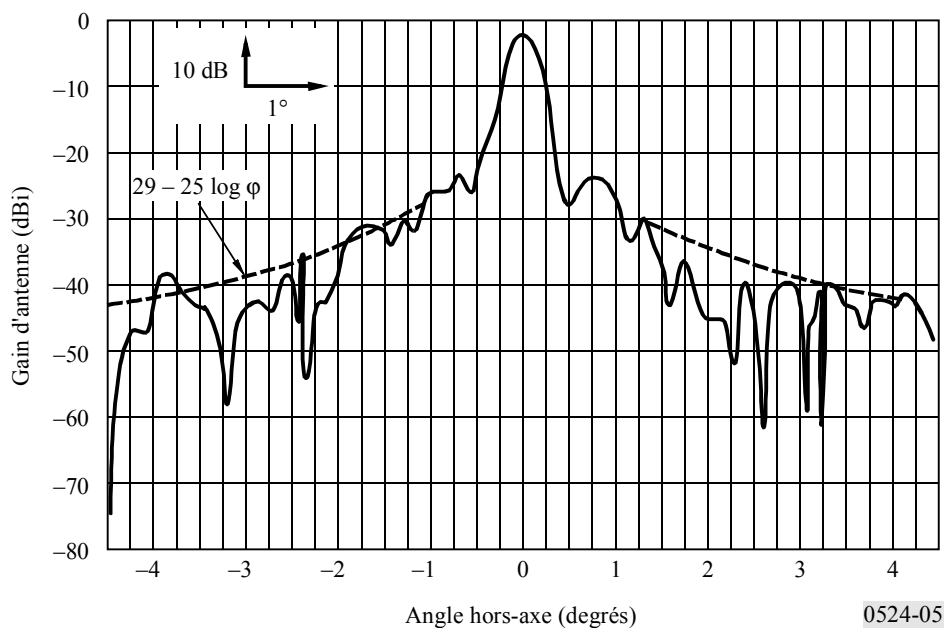
RAS: reportages d'actualités par satellite.

4.2.3 Marge pour l'excès de gain dans les lobes latéraux d'une antenne par rapport au diagramme de rayonnement des lobes latéraux

On a utilisé un diagramme de rayonnement des lobes latéraux d'antenne de $29 - 25 \log \varphi$ pour calculer les densités de p.i.r.e. hors axe indiquées dans le Tableau 5. Toutefois, ce diagramme de rayonnement est un objectif de conception dans la Recommandation UIT-R S.580, dans laquelle il est dit que le gain de 90% des crêtes des lobes latéraux ne doit pas dépasser cette enveloppe des lobes latéraux dans n'importe quelle direction à moins de 3° de l'OSG. Par conséquent, 10% des crêtes des lobes latéraux peuvent dépasser cette enveloppe même si les antennes de station terrienne sont conformes à cette Recommandation. Il faut donc tenir compte d'une certaine marge pour l'excès lors de l'évaluation des densités de p.i.r.e. hors axe réelles. La Fig. 5 donne un exemple de diagramme de rayonnement mesuré dans le plan est/ouest d'une antenne de 2,4 m de diamètre utilisée dans la bande à 30/20 GHz. L'excès maximal par rapport à l'enveloppe des lobes latéraux de la Recommandation UIT-R S.580 était d'environ 4 dB. Autrement dit, il faut une marge d'au moins 4 dB pour cette antenne pour évaluer les densités de p.i.r.e. hors axe.

FIGURE 5

Exemple de diagramme de rayonnement d'antenne mesuré



0524-05

Si cette marge de 4 dB est utilisée avec un intervalle de régulation de puissance sur la liaison montante de 10 dB, pour toutes les conditions, les niveaux maximaux admissibles de densité de p.i.r.e. hors axe tels que le fonctionnement des systèmes OSG du SFS mentionnés dans le précédent paragraphe ne soit pas limité sont les suivants:

32 - 25 log (φ)	dB(W/40 kHz)	pour $2,0^\circ \leq \varphi \leq 7,0^\circ$
11	dB(W/40 kHz)	pour $7,0^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$
35 - 25 log (φ)	dB(W/40 kHz)	pour $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$
-7	dB(W/40 kHz)	pour $\varphi > 48^\circ$

Par temps clair, les niveaux maximaux admissibles de densité de p.i.r.e. hors axe tels que le fonctionnement des systèmes OSG du SFS mentionnés dans le précédent paragraphe ne soit pas limité sont les suivants:

27 – 25 log (φ)	dB(W/40 kHz)	pour $2,0^\circ \leq \varphi \leq 7,0^\circ$
6	dB(W/40 kHz)	pour $7,0^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$
30 – 25 log (φ)	dB(W/40 kHz)	pour $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$
-12	dB(W/40 kHz)	pour $\varphi > 48^\circ$

Toutefois, un complément d'étude est nécessaire pour déterminer la marge appropriée pour l'excès car il faut tenir compte de divers types d'antennes.

4.2.4 Conclusion

La présente Annexe donne plusieurs paramètres de système OSG du SFS, un exemple de diagramme de rayonnement d'antenne mesuré et les niveaux maximaux admissibles de densité de p.i.r.e. hors axe tels que le fonctionnement de ces systèmes OSG du SFS ne soit pas limité.

Les niveaux maximaux admissibles de densité de p.i.r.e. hors axe doivent être choisis de manière à ne pas restreindre la variété de services offerts par les systèmes à satellites existants et futurs. En outre, les densités de p.i.r.e. hors axe doivent inclure une marge appropriée pour l'excès de gain réel dans les lobes latéraux de l'antenne par rapport aux objectifs de conception pour les lobes latéraux de l'antenne donnés dans la Recommandation UIT-R S.580.

Par conséquent, lors de la définition des niveaux admissibles de densité de p.i.r.e. hors axe émise par des stations terriennes du SFS OSG fonctionnant dans la bande 29,5-30,0 GHz dans n'importe quelle direction à moins de 3° de l'OSG, ces paramètres de système OSG du SFS et l'enveloppe des lobes latéraux doivent être considérés comme correspondant aux conditions minimales qui peuvent être adoptées (voir la Note 15 de la présente Recommandation).

Lorsque de nouveaux réseaux doivent respecter des limites plus strictes, il faut prévoir une exception pour les réseaux existants (voir la Note 16 de la présente Recommandation).

Annexe 2

1 Introduction

Si l'on utilise la formule indiquée à la Note 18 de la présente Recommandation pour calculer l'augmentation, pour les terminaux à faible angle d'élévation, par rapport au niveau maximal de p.i.r.e. hors axe à l'émission dans la bande des 29,5-30,0 GHz (voir la Note 1) l'écart entre les valeurs maximale et minimale de la puissance surfacique reçue au niveau de l'OSG (de n'importe quel point de la surface du globe dont l'angle d'élévation par rapport à l'OSG est supérieur à 5°), ne dépasserait pas 1 dB environ. D'après le modèle proposé pour les valeurs limites de la p.i.r.e. hors axe relatives aux terminaux de stations terriennes émettrices dont les angles d'élévation sont inférieurs ou égaux à 30° , la fluctuation de densité de puissance surfacique au niveau de l'OSG, dans le domaine de valeurs considéré des paramètres atmosphériques, est inférieure au seul affaiblissement d'espace libre (1,32 dB) observé dans tout l'intervalle de variation de l'angle d'élévation.

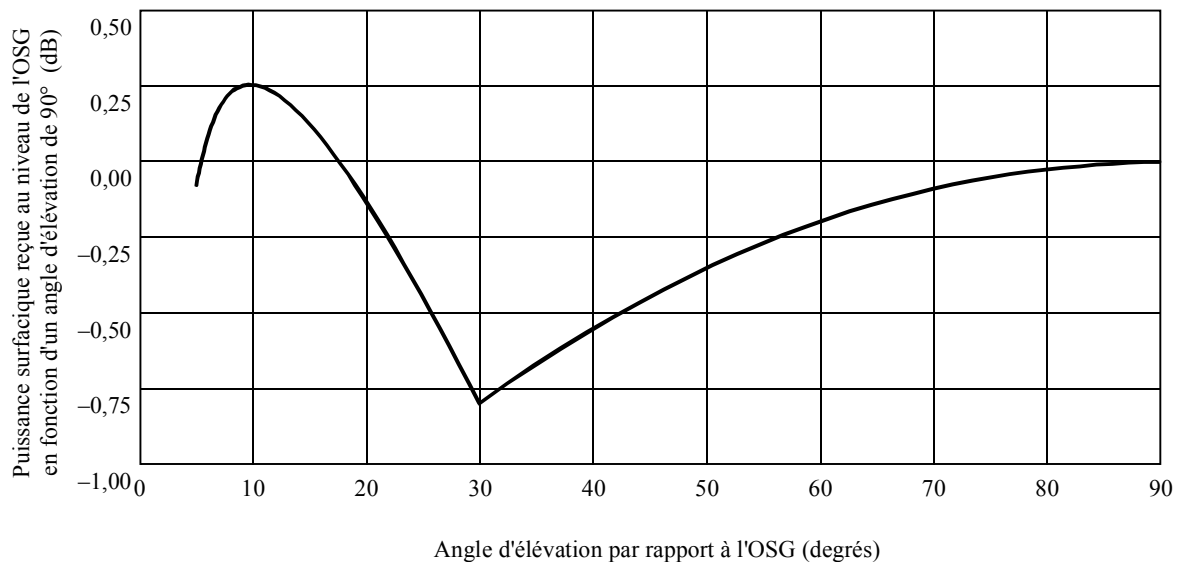
NOTE 1 – L'applicabilité de la formule figurant dans la Note 18 de la présente Recommandation pour les stations terriennes fonctionnant dans la bande des 27,5-29,5 GHz, doit faire l'objet d'un complément d'étude.

Dans les bandes des 6 ou des 14 GHz, les limites de la p.i.r.e. hors axe indiquées par les *recommande* 1 à 3 sont indépendantes de l'angle d'élévation. L'absorption atmosphérique, même aux faibles angles d'élévation dans ces bandes, est réduite, par comparaison à la variation de la puissance surfacique au niveau de l'OSG due au seul affaiblissement d'espace libre. D'après le modèle proposé à la Note 18 de la présente Recommandation, la variation de la puissance surfacique au niveau de l'OSG, est inférieure à celle qui résulte du seul affaiblissement d'espace libre. Aussi le fait d'autoriser les terminaux de station terrienne à faible angle d'élévation à émettre à 30 GHz, avec la p.i.r.e. hors axe supplémentaire proposée, dans le domaine de valeurs considéré des paramètres atmosphériques, comporte-t-il un risque très réduit d'effets préjudiciables en termes de coordination des liaisons montantes à la même fréquence vers les réseaux à satellites OSG. Dans les atmosphères caractérisées par une densité de vapeur d'eau, δ , supérieure à environ $7,5 \text{ g/m}^3$, la puissance surfacique maximale au niveau de l'OSG, en raison des terminaux de station terrienne à faible angle d'élévation qui réalisent la compensation de puissance proposée sur la liaison montante, sera plus faible, par comparaison aux angles d'élévation de plus de 30° , pour lesquels il n'y a aucune compensation de puissance de la liaison montante.

Les Fig. 6, 7 et 8, indiquent, d'après la Recommandation UIT-R P.676 les niveaux relatifs de puissance surfacique reçue en un point de l'OSG en fonction de l'angle d'élévation. Dans les trois cas étudiés, on a supposé une altitude de 0 m (au-dessus du niveau moyen de la mer) et une pression atmosphérique de 1 013 hPa.

FIGURE 6

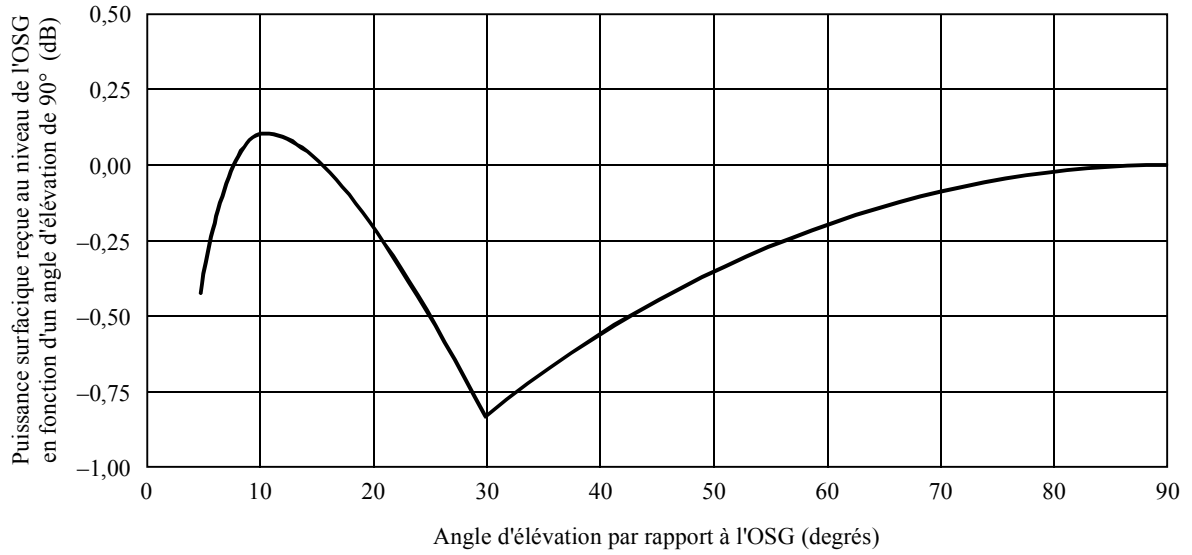
Variation de la puissance surfacique reçue au niveau de l'OSG calculée à 29,75 GHz



Densité de vapeur d'eau = $2,5 \text{ g/m}^3$
Température au sol = 10°C

FIGURE 7

Variation de la puissance surfacique reçue au niveau de l'OSG calculée à 29,75 GHz

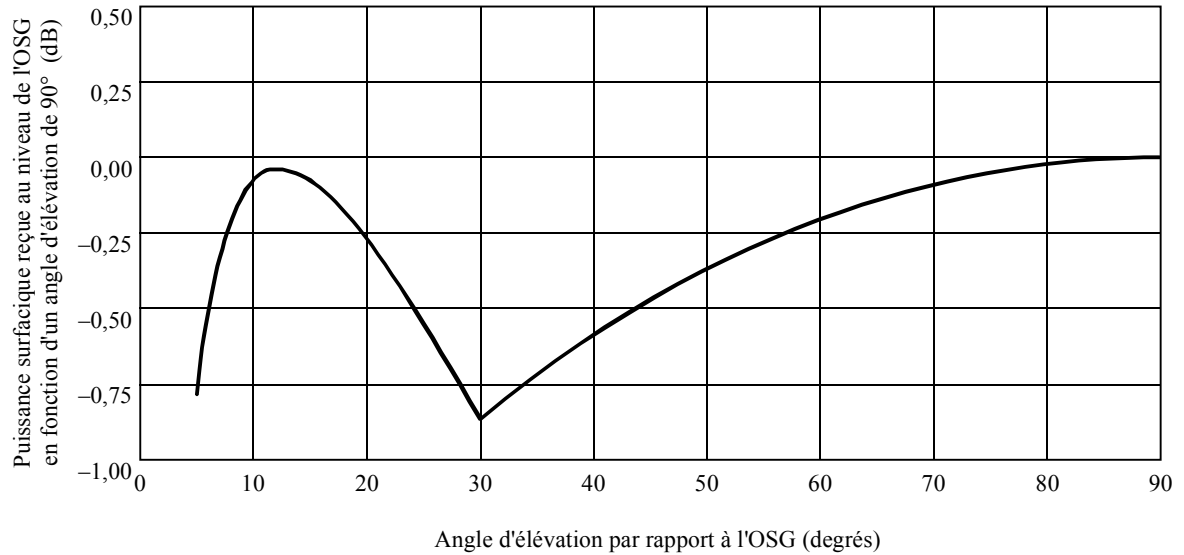


Densité de vapeur d'eau = 5,0 g/m³
 Température au sol = 15 °C

0524-07

FIGURE 8

Variation de la puissance surfacique reçue au niveau de l'OSG calculée à 29,75 GHz



Densité de vapeur d'eau = 7,5 g/m³
 Température au sol = 20 °C

0524-08