

RECOMMANDATION UIT-R S.524-5

**NIVEAUX MAXIMAUX ADMISSIBLES DE LA DENSITÉ DE p.i.r.e. HORS AXE RAYONNÉE
PAR LES STATIONS TERRIENNES DU SERVICE FIXE PAR SATELLITE FONCTIONNANT
DANS LES BANDES DE FRÉQUENCES DES 6 GHz ET DES 14 GHz***

(Questions UIT-R 48/4 et UIT-R 70/4)

(1978-1982-1986-1990-1992-1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que plusieurs réseaux à satellites géostationnaires du service fixe par satellite fonctionnent dans les mêmes bandes de fréquences;
- b) que les brouillages entre réseaux du service fixe par satellite contribuent au bruit dans ces réseaux;
- c) qu'il est nécessaire de protéger un réseau du service fixe par satellite contre les brouillages causés par d'autres réseaux de ce service;
- d) qu'il est nécessaire de spécifier les niveaux maximaux admissibles de la densité de p.i.r.e. émise hors axe par les stations terriennes afin d'encourager l'harmonisation des réseaux à satellites géostationnaires;
- e) que les réseaux du service fixe par satellite peuvent recevoir des brouillages dans le récepteur de la station spatiale;
- f) 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'orbite des satellites géostationnaires;
- g) que les progrès dans la réalisation d'antennes à lobes latéraux réduits indiquent que des antennes à performances supérieures seront largement disponibles dans quelques années;
- h) que les niveaux de densité de la p.i.r.e. hors axe dépendent du gain des lobes latéraux, du niveau et de la distribution de la puissance délivrée par l'émetteur;
- j) que l'Annexe 1 indique les éléments de base d'où proviennent les limites mentionnées dans la présente Recommandation,

recommande

1. que les réseaux du service fixe par satellite exploités dans la bande des 6 GHz soient conçus de façon telle qu'à tout angle φ , supérieur ou égal à $2,5^\circ$ par rapport à l'axe du faisceau principal d'une antenne de station terrienne, la densité de p.i.r.e. dans un angle de 3° centré sur la direction de l'orbite des satellites géostationnaires 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);

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

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>
$2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$	$(45 - 25 \log \varphi) \text{ dB(W/40 kHz)}$
$48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$	3 dB(W/40 kHz);

2. que, pour les nouvelles antennes de station terrienne et des 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>
$2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$	$(32 - 25 \log \varphi) \text{ dB(W/4 kHz)}$
$7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$	11 dB(W/4 kHz)
$9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$	$(35 - 25 \log \varphi) \text{ dB(W/4 kHz)}$
$48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$	-7 dB(W/4 kHz);

3. que les stations terriennes des réseaux du service fixe par satellite fonctionnant dans la bande des 14 GHz (ne fournissant pas de liaisons de connexion au service de radiodiffusion par satellite conformément à l'Appendice 30A du Règlement des radiocommunications) soient conçues de telle manière que, à tout angle φ qui s'écarte de $2,5^\circ$ ou plus de l'axe du lobe principal de l'antenne d'une station terrienne, la densité de p.i.r.e. dans une direction quelconque comprise dans la limite de $\pm 3^\circ$ de l'orbite des satellites géostationnaires ne dépasse pas les valeurs suivantes:

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

4. 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 – Pour autant que les conditions pratiques le permettent, les stations terriennes existantes devraient avoir des caractéristiques conformes 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 de 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 régulation de puissance et que les évanouissements dus à la pluie le rendent nécessaire, les limites indiquées au § 3 peuvent être dépassées pendant la durée de ces phénomènes. Dans les zones pluviométriques N et P, dans les cas où l'on n'utilise pas de régulation de puissance, les limites indiquées au § 3 peuvent être dépassées de γ dB. Il faut déterminer la valeur de γ 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. Le Tableau 2 donne d'autres directives à ce sujet.

Note 9 – Les administrations qui exploitent des stations terriennes dans la bande des 14 GHz sont encouragées à réduire la densité de p.i.r.e. hors axe en augmentant le diamètre requis pour les 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 aux autres réseaux en utilisant des éléments de programme ou des mires appropriées, toujours associés à la dispersion d'énergie.

La Fig. 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 sur 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 la bande des 14 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

Note 13 – Les porteuses TV-MF sans dispersion d'énergie dans la bande des 14 GHz, doivent toujours être modulées par des éléments de programme 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

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 $2,5^\circ$ 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'orbite des satellites géostationnaires 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: une seule voie par porteuse (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.)

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.

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 $32 - 25 \log \varphi$.

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 service fixe par satellite 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'orbite du satellite géostationnaire 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'orbite du satellite géostationnaire, 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 degrés 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:

$$I = 10 \log (kTB) - \Delta \quad (2)$$

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 $L_R = 0$:

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

où $(G/T)_s$: facteur de qualité du satellite en 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:

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

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.

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 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 $29 - 25 \log \phi$ (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).

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	E (dB(W/40 kHz))			
	Modèle: temps clair		Modèle: évanouissement profond	
	$A = 29$	$A = 32$	$A = 29$	$A = 32$
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 varient 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 de programme en direct associée à une dispersion d'énergie de 1 MHz

