

## RECOMMANDATION UIT-R SF.1004\*

**PUISSANCE ISOTROPE RAYONNÉE ÉQUIVALENTE MAXIMALE ÉMISE EN DIRECTION DE L'HORIZON PAR DES STATIONS TERRIENNES DU SERVICE FIXE PAR SATELLITE UTILISANT DES BANDES DE FRÉQUENCES EN PARTAGE AVEC LE SERVICE FIXE**

(1993)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que des systèmes du service fixe par satellite (SFS) et du service fixe utilisent certaines bandes de fréquences en partage;
- b) que, pour éviter de causer des brouillages importants aux systèmes du service fixe, il faut définir des valeurs maximales admissibles pour la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) des stations terriennes du SFS en direction de l'horizon;
- c) que les valeurs maximales admissibles de la puissance rayonnée devraient être fixées de façon à ne pas imposer de contraintes trop strictes à la conception des stations terriennes du SFS,

*recommande*

1. que, dans les bandes de fréquences\*\* comprises entre 1 et 15 GHz, utilisées en partage par le SFS (Terre-espace) et le service fixe, la p.i.r.e., émise dans une direction quelconque vers l'horizon par une station terrienne du SFS, ne dépasse pas les limites suivantes, sous réserve des dispositions du § 4:

+40 dBW dans une bande quelconque de 4 kHz pour  $\theta \leq 0^\circ$

+40 + 3  $\theta$  dBW dans une bande quelconque de 4 kHz pour  $0^\circ < \theta \leq 5^\circ$

où  $\theta$  est l'angle d'élévation de l'horizon vu depuis le centre de rayonnement de l'antenne de la station terrienne et mesuré en degrés (valeur positive au-dessus du plan de l'horizon et valeur négative en dessous);

2. que, dans les bandes de fréquences\*\* au-dessus de 15 GHz utilisées en partage par le SFS (Terre-espace) et le service fixe, la p.i.r.e., émise dans une direction quelconque vers l'horizon par une station terrienne du SFS, ne dépasse pas les limites suivantes, sous réserve des dispositions du § 4:

+64 dBW dans une bande quelconque de 1 MHz pour  $\theta \leq 0^\circ$

+64 + 3  $\theta$  dBW dans une bande quelconque de 1 MHz pour  $0^\circ < \theta \leq 5^\circ$

où  $\theta$  est l'angle défini au § 1;

3. que, pour les angles d'élévation de l'horizon supérieurs à  $5^\circ$ , il n'y ait aucune restriction en ce qui concerne la p.i.r.e. émise par une station terrienne en direction de l'horizon;
4. que les limites indiquées dans les § 1 et 2 ne soient pas dépassées de plus de 10 dB; toutefois, lorsque la zone de coordination résultante déborde sur le territoire d'un autre pays, l'administration du pays concerné doit donner son accord concernant ce dépassement;
5. qu'il convient de se reporter à l'Annexe 1 afin d'obtenir les informations générales nécessaires à la détermination des valeurs maximales admissibles de la puissance rayonnée (Note 2).

*Note 1* – L'Article S21 du Règlement des radiocommunications (RR) (numéros S21.8 à S21.12) fixe les limites en vigueur applicables aux bandes partagées. L'étude de la question se poursuit, ce qui pourra amener à recommander une révision de ces limites. Pour le moment, il n'est pas proposé de modifier les limites indiquées dans le RR.

\* Les Commissions d'études 4 et 9 des radiocommunications ont apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

\*\* Ces bandes figurent dans le Règlement des Radiocommunications.

*Note 2* – L'Annexe 1 traite essentiellement des systèmes analogiques fonctionnant dans des bandes de fréquences comprises entre 1 et 15 GHz. Un complément d'étude s'impose pour les systèmes numériques exploités dans les bandes de fréquences en dessous de 15 GHz ainsi que pour les systèmes analogiques et les systèmes numériques exploités au-dessus de 15 GHz.

## ANNEXE 1

### Détermination de la puissance rayonnée dans une bande quelconque de 4 kHz, en direction de l'horizon, par des stations terriennes du service fixe par satellite partageant des bandes de fréquences inférieures à 15 GHz avec le service fixe

#### 1. Besoins des systèmes du service fixe par satellite (SFS)

Lorsqu'on veut déterminer la limite admissible de la puissance rayonnée dans le plan horizontal par les stations terriennes, il importe de tenir compte des besoins des systèmes du SFS que l'on peut raisonnablement prévoir. Il faut y inclure les systèmes de téléphonie multivoie, de télévision et de radiodiffusion sonore. Il faut également tenir compte de l'utilisation des voies téléphoniques en tant que supports de signaux, comme ceux de télégraphie harmonique de données et de fréquences d'essai ou de signalisation, dans les cas où cette utilisation ou cette transmission affectent la puissance maximale à émettre dans toute bande de 4 kHz. Cette largeur de bande convient pour la protection de systèmes de faisceaux hertziens à modulation angulaire analogique contre les signaux brouilleurs. Toute limite de puissance ainsi fixée doit convenir aux diverses méthodes de modulation, au nombre de voies téléphoniques nécessaires ainsi qu'aux dimensions des antennes de stations terriennes qui pourraient être utilisées. Il faut aussi tenir compte des caractéristiques des satellites susceptibles d'être utilisés, y compris la répartition du bruit et le gain d'antenne des satellites. Les conditions de fonctionnement (marge et dispersion de l'énergie de la porteuse) jouent également un rôle important dans le résultat final.

#### 2. Puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) du faisceau principal d'une station terrienne

On considère la puissance requise par deux types de système de téléphonie multivoie, représentatifs de ceux qui nécessiteront vraisemblablement la valeur la plus élevée de la puissance dans une bande quelconque de 4 kHz. On estime d'autre part que les conditions relatives à la télévision à modulation de fréquence ne seront probablement pas plus strictes que celles requises pour des transmissions téléphoniques occupant une bande de base de même largeur, à condition d'utiliser des techniques de dispersion d'énergie appropriées.

Ci-après, on présente les équations générales servant à déterminer les niveaux acceptables de puissance rayonnée par les stations terriennes. On peut calculer les puissances réelles en y portant les valeurs propres aux systèmes à satellites envisagés.

##### 2.1 Systèmes à modulation de fréquence

La puissance totale  $P_r$  requise pour le signal à l'entrée d'un récepteur de satellite est donnée par:

$$P_r = S/N + 10 \log(k T b) - P - 20 \log(f_r / f_m) \quad \text{dBW} \quad (1)$$

où:

$S/N$ : rapport signal/bruit correspondant à la contribution de bruit prise comme hypothèse pour le trajet montant dans une bande de largeur  $b$  (généralement une voie téléphonique) (dB)

$k$ : constante de Boltzmann:  $1,38 \times 10^{-23}$  J/K

$T$ : température de bruit du système de réception du satellite (K)

$b$ : largeur de bande de la voie considérée (Hz). Pour une voie téléphonique,  $b = 3\,100$  Hz

$P$ : amélioration due à la préaccentuation (dB)

$f_r$ : valeur efficace de l'excursion du signal d'essai (0 dBm0) dans la voie (MHz)

$f_m$ : fréquence supérieure de la bande de base (MHz).

Pour obtenir la puissance de porteuse requise à l'entrée du système de réception du satellite, une station terrienne doit rayonner une p.i.r.e.,  $D_s$ , dans une bande de 4 kHz qui est donnée par:

$$D_s = P_r - (28 + 10 \log dF) + M_u - 20 \log (\lambda / 4 \pi R) - G_r + 3 \quad \text{dBW} \quad (2)$$

où:

les 3 dB correspondent à des conditions de faible charge dans les cas d'application des techniques de dispersion du spectre, conformément à la Recommandation UIT-R S.446

$M_u$ : marge de transmission pour le trajet montant (dB)

$\lambda$ : longueur d'onde de la fréquence porteuse (m)

$R$ : distance au satellite (m)

$G_r$ : gain à la réception de l'antenne du satellite (dB).

Le second terme de l'expression de  $D_s$  correspond au rapport maximal de la puissance dans une bande de 4 kHz à la puissance totale de la porteuse (voir la Recommandation UIT-R S.446), dans des conditions de distribution spectrale gaussienne du signal radioélectrique, avec une valeur efficace de l'excursion multivoie:

$$dF = f_r L \quad \text{MHz} \quad (3)$$

où:

$$L = 0,178 \sqrt{n}$$

$n$ : nombre de voies téléphoniques considérées.

Des méthodes de dispersion sont spécifiées dans la Recommandation UIT-R S.446. Elles ont pour but d'éviter que les densités spectrales atteignent des valeurs sensiblement plus élevées en cas de faible charge.

## 2.2 Systèmes à bande latérale unique et à modulation d'amplitude (BLU-MA)

Pour un système BLU-MA, la puissance qui doit être reçue dans chaque voie à l'entrée du système de réception du satellite est donnée par:

$$P_r = S/N + 10 \log (k T b) \quad \text{dBW} \quad (4)$$

En conséquence, avec l'espacement de voie usuel de 4 kHz, la p.i.r.e. requise à la station terrienne dans une bande de 4 kHz, est la suivante:

$$D_s = P_r - 20 \log (\lambda / 4 \pi R) - G_r + M_u \quad \text{dBW} \quad (5)$$

et ce, pour un signal d'excitation de 0 dBm0. Il convient de noter que la puissance du signal vocal varie énormément d'un circuit à l'autre. On considère qu'il faut prendre une valeur de 0 dBm0 comme puissance maximale dans une voie téléphonique (moyenne sur un temps d'intégration de quelques secondes).

## 3. Puissance rayonnée en direction de l'horizon dans une bande quelconque de 4 kHz

Etant donné que les stations terriennes tirent généralement avantage de l'effet d'écran du terrain, la connaissance de la puissance rayonnée dans le plan horizontal – telle que cette puissance a été définie précédemment – ne présente qu'un intérêt pratique limité. Afin de décrire plus clairement les caractéristiques de rayonnement d'une station terrienne, il convient de déterminer et d'indiquer la puissance apparente rayonnée en direction de l'horizon physique dans une bande quelconque de 4 kHz.

Il est nécessaire de déterminer le plus petit angle  $\varphi$  que l'on puisse rencontrer entre le faisceau principal d'une antenne et l'horizon physique. Etant donné qu'une diminution de cet angle s'accompagne d'une augmentation prohibitive de la température de bruit du système de réception et, en de nombreux emplacements, d'une augmentation des phénomènes d'évanouissement, il est essentiel de spécifier pour cet angle une valeur minimale de  $1^\circ$ .

Pour un angle d'élévation minimal  $\varepsilon$  du faisceau principal de la station terrienne, on calcule l'angle  $\varphi$  selon la formule  $\varphi = \varepsilon - \theta_E$ , où  $\theta_E$  est l'angle d'élévation de l'horizon à l'azimut auquel  $\varepsilon$  se produit. Tous les angles sont indiqués en degrés.

Pour une valeur de  $\varphi$  donnée, la p.i.r.e. en direction de l'horizon dans une bande quelconque de 4 kHz peut se calculer ainsi:

$$\begin{aligned} E_H &= D_s - G_s + 32 - 25 \log \varphi && \text{dBW} && \text{pour } 1^\circ \leq \varphi \leq 48^\circ \\ &= D_s - G_s - 10 && \text{dBW} && \text{pour } 48^\circ < \varphi \leq 180^\circ \end{aligned} \quad (6)$$

où  $G_s$  est le gain d'antenne maximal de la station terrienne.

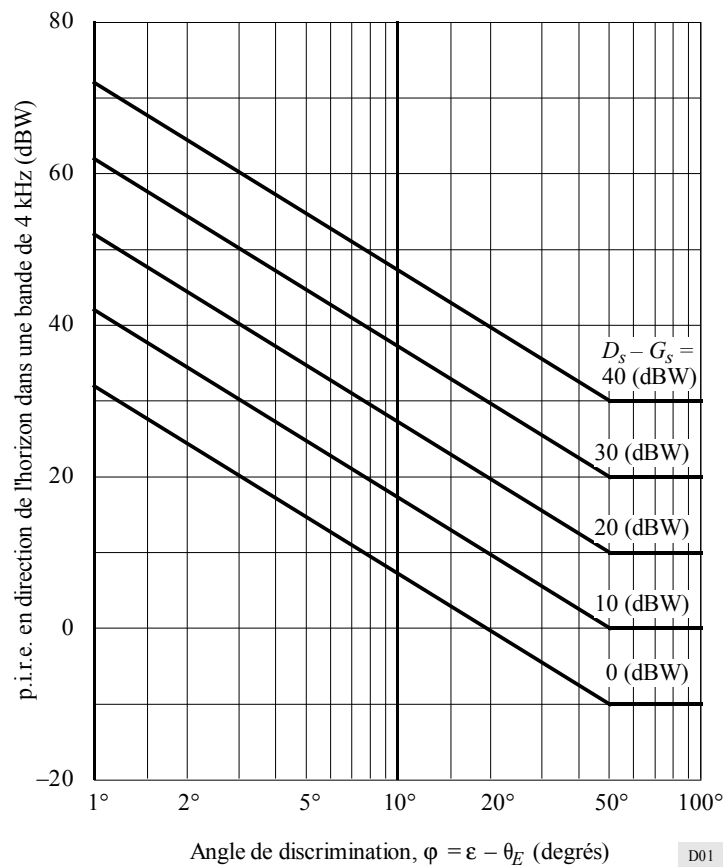
L'expression donnée pour  $E_H$  est tirée d'une équation figurant dans la Recommandation UIT-R S.465 et décrivant des diagrammes d'antenne de stations terriennes à grande ouverture. En ce qui concerne la validité de cette équation, il convient de faire les mêmes réserves que celles formulées dans la Recommandation. En effet, pour certaines valeurs de l'angle  $\varphi$ , le gain d'antenne peut dépasser de plusieurs décibels la valeur correspondante de l'équation.

L'angle d'élévation de l'horizon,  $\theta_E$ , doit être déterminé à partir du plan horizontal qui contient le centre de l'antenne.

La Fig. 1 montre la p.i.r.e. en direction de l'horizon en fonction de l'angle de discrimination  $\varphi$ , la densité de puissance à l'entrée de l'antenne dans une bande quelconque de 4 kHz,  $D_s - G_s$ , étant prise comme paramètre.

FIGURE 1

p.i.r.e. en direction de l'horizon, en fonction de l'angle de discrimination,  $\varphi$   
et en prenant comme paramètre la valeur de  $D_s - G_s$  (dBW)



Les valeurs de  $D_s - G_s$  qui ne coïncident avec aucune des courbes indiquées peuvent être interpolées linéairement en décibels. L'Appendice 1 contient deux exemples représentatifs de l'obtention des valeurs de  $D_s - G_s$ .

Une valeur de p.i.r.e. dans le plan horizontal d'environ 35 dBW dans une bande quelconque large de 4 kHz pour une antenne fonctionnant sous un angle d'élévation du faisceau principal de  $3^\circ$  suffit généralement pour le cas des systèmes du SFS courants. Il faut néanmoins une certaine marge pour le cas des systèmes futurs, tels que ceux qui utiliseront des antennes de plus petit diamètre, des capacités en voies plus élevées et des méthodes de modulation différentes. Les limites qui ont été fixées par la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979) (CAMR-79) semblent satisfaire à ces conditions.

Des limites spécifiques pour la p.i.r.e. des stations terriennes sont indiquées dans le dispositif de la présente Recommandation.

#### 4. Signaux de modulation autres que téléphoniques ou autres types de modulation que la modulation de fréquence ou à bande latérale unique

Lorsqu'une station terrienne est construite uniquement en vue d'être utilisée avec des systèmes du SFS employant des signaux de modulation autres que téléphoniques, notamment des signaux de télévision, ou mettant en œuvre des méthodes de modulation autres que la modulation de fréquence ou la modulation à bande latérale unique, le calcul des valeurs de  $D_s$  peut être fait en se limitant à ces signaux ou à ces méthodes de modulation.

#### APPENDICE 1 DE L'ANNEXE 1

Les exemples suivants servent à illustrer comment les équations sont utilisées. Par hypothèse, on a pris des valeurs de paramètres représentatives d'un système du SFS à 1 200 voies.

Paramètre	MRF-MF	BLU-MA
$S / N$ du trajet montant <sup>(1)</sup> (dB)	56 <sup>(1)</sup>	56 <sup>(1)</sup>
$T$ (K)	1 500	1 500
$P$ (dB)	2,5	
$f_r$ (MHz)	1,1	
$f_m$ (MHz)	5,0	
$P_r$ (dBW)	-95	-106
$dF$ (MHz)	6,8	
$M_u$ (dB)	3,0	3,0
$\lambda$ (m)	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
$R$ (m)	$4,16 \times 10^7$	$4,16 \times 10^7$
$G_r$ (dB)	13,0	13,0
$D_s$ (dB(W/4 kHz))	62,1	84,4
$G_s$ (dB)	64,0	64,0
$D_s - G_s$ (dB(W/4 kHz))	-2	20

(1) Correspondant à une contribution de bruit du trajet montant de 1 400 pW.