

RECOMMANDATION UIT-R M.1828

Prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations d'aéronef du service mobile aéronautique limité aux transmissions de télémétrie pour les essais en vol dans les bandes au voisinage de 5 GHz

(2007)

Domaine d'application

La présente Recommandation définit les prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations d'aéronef du service mobile aéronautique limité aux transmissions de télémétrie pour les essais en vol. Les administrations devraient utiliser ces prescriptions comme orientation technique afin d'établir les prescriptions de conformité des stations d'aéronef en vue de leur utilisation à l'échelle mondiale.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que divers réseaux du service mobile aéronautique (SMA) limité aux transmissions des systèmes de télémétrie pour les essais en vol, techniquement et opérationnellement différents, sont appelés à entrer en fonction dans un proche avenir;
- b) que l'exploitation des stations d'aéronef est généralement soumise à certaines règles et réglementations nationales et internationales et doit notamment être conforme à une norme technique ou à des prescriptions opérationnelles communes;
- c) qu'il est nécessaire de définir les prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux essais de conformité des stations d'aéronef;
- d) que l'identification des prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations d'aéronef constituerait une base technique commune qui faciliterait les tests de conformité de ces stations par de nombreuses organisations nationales et internationales et l'élaboration de dispositions de reconnaissance mutuelle pour la conformité des stations d'aéronef;
- e) que les prescriptions techniques et opérationnelles permettent d'atteindre un équilibre satisfaisant entre la complexité des équipements radioélectriques et la nécessité d'utiliser efficacement le spectre des fréquences radioélectriques,

considérant en outre

- a) que la bande 5 150-5 250 MHz contient des attributions aux services de radionavigation aéronautique, fixe par satellite (Terre vers espace) et mobile à titre primaire;
- b) qu'il est nécessaire de protéger complètement tous les services primaires dans la bande 5 030-5 250 MHz;

- c) que la CMR-03 a adopté la Résolution 229 qui régit l'utilisation de la bande 5 150-5 250 MHz par le service mobile pour la mise en oeuvre des systèmes d'accès hertzien (WAS), réseaux locaux hertziens (RLAN) compris;
- d) que l'identification par l'UIT-R des prescriptions techniques et opérationnelles des stations d'aéronef fonctionnant dans la bande 5 030-5 250 MHz devrait aider à prévenir les brouillages inacceptables causés à d'autres services;
- e) qu'il conviendrait de pouvoir mesurer et contrôler ces prescriptions techniques et opérationnelles de manière précise et continue;
- f) que la bande 5 030-5 150 MHz est attribuée au service de radionavigation aéronautique à titre primaire;
- g) que la mise en oeuvre d'une distance de séparation appropriée entre un émetteur du SMA produisant des rayonnements pour faciliter la télémessure et les récepteurs MLS permet de protéger le MLS;
- h) que l'UIT-R procède actuellement à la mise au point d'un document donnant des éléments d'orientation sur l'application de la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R M.1829,

reconnaissant

- a) que, conformément au numéro 5.444 du Règlement des radiocommunications (RR), la bande 5 030-5 150 MHz doit être utilisée pour l'exploitation du système international normalisé d'atterrissage aux hyperfréquences (MLS) pour l'approche et l'atterrissage de précision. Les besoins de ce système ont priorité sur les autres utilisations de cette bande,

recommande

- 1** aux administrations d'utiliser les prescriptions techniques et opérationnelles des stations d'aéronef du SMA limité aux transmissions de télémessure pour les essais en vol fonctionnant dans la bande des 5 GHz données dans les Annexes 1 et 2 comme éléments d'orientation pour faciliter la compatibilité avec d'autres services;
- 2** à toutes les stations d'aéronef du SMA limité aux transmissions de télémessure pour les essais en vol et émettant simultanément dans un réseau du SMA, d'utiliser des bandes de fréquences ne se chevauchant pas.

Annexe 1

Prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations d'aéronef des réseaux du service mobile aéronautique limité aux transmissions des systèmes de télémesure pour les essais en vol dans les bandes au voisinage de 5 GHz

Partie A

Prescriptions majeures se rapportant à la protection des réseaux du SFS dans la bande 5 091-5 250 MHz

Il convient de concevoir une station d'aéronef du SMA fonctionnant dans la bande 5 091-5 250 MHz de telle manière que la puissance surfacique émise par cette station soit limitée à $-138 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 1,23 \text{ MHz))}$ sur l'orbite d'un satellite du SFS pour les satellites dotés d'antennes de réception pour la couverture globale de la Terre.

Le niveau de brouillage global maximal de $1\% \Delta T_s/T_s$ acceptable à l'entrée du récepteur est $I_{Agg-Rec}$:

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 20 \text{ dB} = -160,3 \text{ dB(W/1,23 MHz)}$$

où:

K : constante de Boltzmann ($1,38 \text{ e-23}$)

T : température de bruit du récepteur: 550 K

B : bande passante du récepteur: 1,23 MHz.

En conséquence, le niveau de puissance surfacique maximale produite à l'entrée de l'antenne du récepteur par un émetteur de télémesure mobile aéronautique (AMT) s'établit comme suit:

$$\begin{aligned} pfd_{Max} &= I_{Agg-Rec} - G_r + L_{Feed} + L_P - 10 \log_{10}(21) + 10 \log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -160,3 - 4 + 2,9 + 1 - 13,2 + 35,6 \\ &= -138 \text{ dBW/(m}^2 \times 1,23 \text{ MHz)} \end{aligned}$$

où:

G_r : gain de l'antenne du récepteur du SFS

21: nombre maximal de stations AMT émettant simultanément dans la bande passante du récepteur du SFS.

NOTE 1 – La limite ci-dessus se rapporte à la puissance surfacique qui serait obtenue en conditions de propagation en espace libre.

NOTE 2 – Un gabarit de p.i.r.e. peut être établi à partir de la valeur de puissance surfacique susmentionnée en appliquant la méthode reproduite dans la Partie A de l'Annexe 2. On pourrait également envisager la simplification du gabarit de p.i.r.e. résultant.

NOTE 3 – La limite ci-dessus correspond à $-198,9 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$.

NOTE 4 – La limite de puissance surfacique définie dans la présente Partie suppose de faire en sorte que l'accroissement de la température de bruit du satellite du SFS (c'est-à-dire $\Delta T_{sat}/T_{sat}$) dû à la mise en oeuvre de la télémesure mobile aéronautique ne dépasse pas 1%. La méthode préconisée pour ce faire suppose d'utiliser 21 émetteurs AMT cocanaux fonctionnant simultanément dans le champ de visibilité du satellite du SFS.

Partie B

Prescriptions majeures se rapportant à la protection du service mobile dans la bande 5 150- 5 250 MHz

Les prescriptions majeures qui suivent sont données uniquement à titre d'orientations techniques.

Dans la bande 5 150-5 250 MHz, la puissance surfacique maximale produite à la surface de la Terre par les émissions d'une station d'aéronef d'un réseau du SMA limité aux transmissions des systèmes de télémesure pour les essais en vol ne devrait pas dépasser: $-79,4 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 20 \text{ MHz))} - G_r(\theta)$.

Les administrations pourront choisir d'appliquer au SMA des prescriptions techniques et opérationnelles différentes, plus rigoureuses que celles qui sont prévues dans la présente Partie pour assurer la protection du service mobile. Un complément d'étude pourra être nécessaire en cas d'utilisation de paramètres différents de ceux qui ont été retenus pour la mise au point des présents éléments d'orientation.

$G_r(\theta)$: constitue le diagramme d'antenne de récepteur du service mobile en fonction de l'angle d'élévation θ et est défini comme suit:

Diagramme d'antenne de système d'accès hertzien (WAS) en élévation

Angle d'élévation, θ (degrés)	Gain (dBi)
$45 < \theta \leq 90$	-4
$35 < \theta \leq 45$	-3
$0 < \theta \leq 35$	0
$-15 < \theta \leq 0$	-1
$-30 < \theta \leq -15$	-4
$-60 < \theta \leq -30$	-6
$-90 < \theta \leq -60$	-5

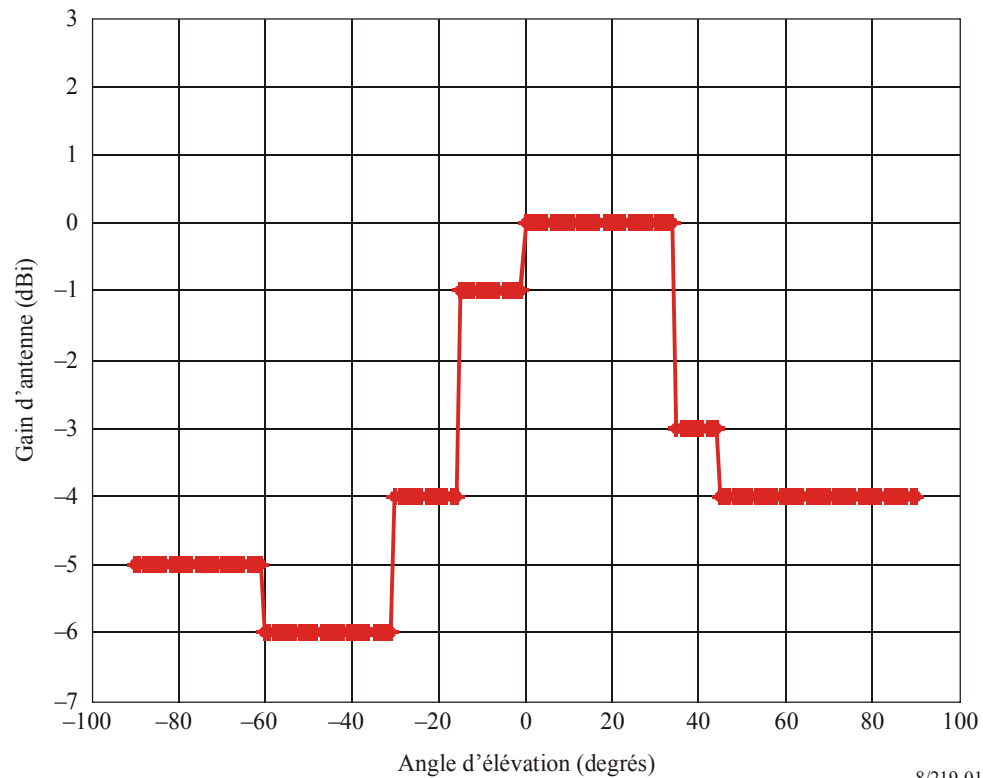
où:

$G_r(\theta)$: gain par rapport à une antenne isotrope (dBi)

θ : valeur absolue de l'angle d'élévation par rapport à l'angle de gain maximal (degrés)

FIGURE 1

Diagramme d'antenne de récepteur du service mobile



8/219-01

NOTE 5 – Les limites ci-dessus se rapportent à la puissance surfacique et aux angles d'incidence qui seraient obtenus en conditions de propagation en espace libre.

NOTE 6 – Un gabarit de p.i.r.e. peut être établi à partir du gabarit de puissance surfacique susmentionné en appliquant la méthode reproduite dans la Partie B de l'Annexe 2. On pourrait également envisager la simplification du gabarit de p.i.r.e. résultant.

Partie C

Prescriptions majeures se rapportant à la protection du service mobile aéronautique (R) (SMA(R)) dans la bande 5 091-5 150 MHz

Les caractéristiques de récepteur du SMA(R) fondées sur la norme IEEE 802.16e et les Recommandations UIT-R prises en considération dans la présente étude de partage sont les suivantes:

- Critères de protection: un rapport I/N de -6 dB comme indiqué dans la Recommandation UIT-R M.1739 et correspondant à une réduction de la portée de 5%.
- Facteur de bruit du récepteur: 10 dB.
- Affaiblissement de mise en œuvre: 5 dB.
- Affaiblissement dû aux bâtiments: 0 dB (utilisation à l'extérieur).
- Bande passante du récepteur: 20 MHz.
- Diagramme d'antenne: le diagramme d'antenne du récepteur du SMA(R) pris en considération dans l'analyse, sur lequel on voit le gain d'antenne en fonction de l'angle d'élévation, est extrait de la Recommandation UIT-R F.1336-1 et reproduit sur la Fig. 2. Le gain maximal est supposé être de 6 dBi.

Dans la bande 5 091-5 150 MHz, la puissance surfacique maximale produite à la surface de la Terre par les émissions d'une station d'aéronef d'un réseau du SMA limité aux transmissions des systèmes de télémétrie pour les essais en vol ne devrait pas dépasser: $-89,4 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 20 \text{ MHz))} - G_r(\theta)$.

$G_r(\theta)$ constitue le diagramme d'antenne de récepteur du service mobile en fonction de l'angle d'élévation θ et est défini comme suit:

$$G_r(\theta) = \max[G_1(\theta), G_2(\theta)]$$

$$G_1(\theta) = 6 - 12 \left(\frac{\theta}{27} \right)^2$$

$$G_2(\theta) = -6 + 10 \log \left[\left(\max \left\{ \frac{|\theta|}{27}, 1 \right\} \right)^{-1,5} + 0,7 \right]$$

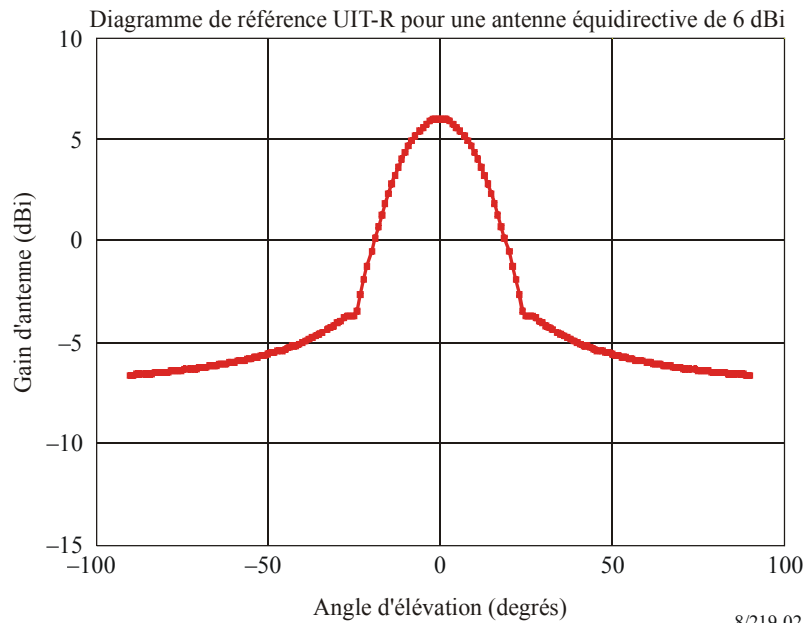
où:

$G(\theta)$: gain par rapport à une antenne isotrope (dBi)

θ : valeur absolue de l'angle d'élévation (degrés).

La puissance surfacique et le gabarit de p.i.r.e. résultant sont provisoires et demanderont à être confirmés lorsque la mise au point du SMA(R) sera plus avancée.

FIGURE 2

Diagramme d'antenne de récepteur du SMA(R)

NOTE 7 – Les limites ci-dessus se rapportent à la puissance surfacique et aux angles d'incidence qui seraient obtenus en conditions de propagation en espace libre.

NOTE 8 – Un gabarit de p.i.r.e. peut être établi à partir du gabarit de puissance surfacique susmentionné en appliquant la méthode reproduite dans la Partie B de l'Annexe 2. On pourrait également envisager la simplification du gabarit de p.i.r.e. résultant.

Partie D**Prescriptions majeures se rapportant à la protection du service
de radionavigation aéronautique fonctionnant
dans la bande 5 030-5 150 MHz**

Lorsqu'une coordination bilatérale est nécessaire entre des administrations exploitant des systèmes d'atterrissage aux hyperfréquences et des administrations exploitant des systèmes AMT, la Recommandation UIT-R visée dans le point h) du *considérant en outre* pourrait être utile pour les discussions bilatérales.

Partie E

Prescriptions majeures se rapportant à la protection de l'application de sécurité aéronautique dans la bande 5 091-5 150 MHz

Des études ont montré que, lorsque le SMA(AS) et le SMA(AMT) n'utilisent pas des fréquences qui se chevauchent, la compatibilité des fréquences est assurée et la protection de l'application SMA(AS) ne nécessite pas de prescriptions majeures.

Cependant, dans le cas de l'exploitation avec chevauchement des fréquences, des études plus poussées devront être menées.

Annexe 2

Calcul d'un gabarit de p.i.r.e. à partir d'une limite de puissance surfacique

Partie A

Calcul d'un gabarit de p.i.r.e. d'hémisphère supérieur à partir d'une limite de puissance surfacique

Lors de l'essai d'un équipement du SMA limité aux transmissions de télémesure pour les essais en vol visant à déterminer s'il satisfait à une limite de puissance surfacique donnée, comme celui de la Partie A de l'Annexe 1, il est parfois utile de déterminer un gabarit de p.i.r.e. équivalent qui peut être utilisé pour les besoins des essais.

La limite de puissance surfacique peut être utilisée pour déterminer mathématiquement un gabarit de p.i.r.e. d'hémisphère supérieur, p.i.r.e. (θ, H) , où θ est l'angle au-dessus du plan horizontal local et H l'altitude de l'aéronef. Cette conversion se fait en deux étapes. D'abord, θ est converti en angle au-dessous de l'horizon au niveau du satellite, γ . Puis, la longueur du trajet de propagation pour l'angle au-dessus de l'horizon θ est déterminée et utilisée pour calculer l'affaiblissement géométrique sur le trajet et la p.i.r.e. résultante.

Etape 1: calcul de l'angle au-dessous de l'horizon au niveau du satellite γ , (degrés) à partir de θ et H :

$$\gamma = \arccos \left((R_e + H) \times \frac{\cos(\theta)}{(R_e + H_{Sat})} \right)$$

où:

θ : angle au-dessus de l'horizon au niveau des stations d'aéronef

R_e : rayon de la Terre (6 378 km)

H : altitude de l'aéronef (km)

H_{Sat} : altitude du satellite du SFS (km)

γ : angle au-dessous de l'horizon au niveau du satellite.

Etape 2: calcul de la valeur de p.i.r.e. à partir de la limite de puissance surfacique:

$$d = \left((R_e + H)^2 + (R_e + H_{Sat})^2 - 2(R_e + H)(R_e + H_{Sat})\cos(\gamma - \theta) \right)^{1/2}$$

$$\text{p.i.r.e.}(\theta, H) = \text{pfd} + 10 \log_{10}(4 \pi d^2) + 60$$

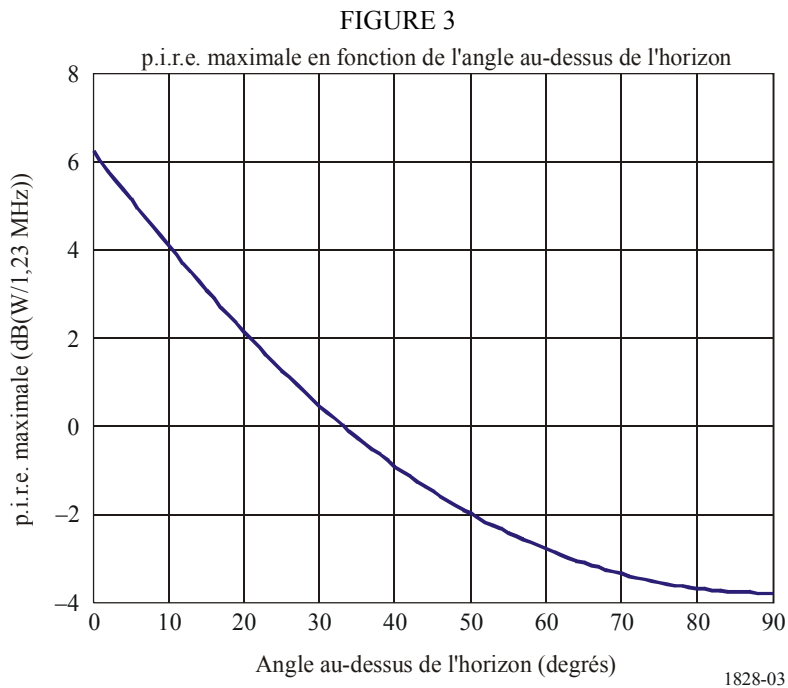
où:

d : distance entre les stations d'aéronef et le point considéré à la surface de la Terre (km)

pfd: limite de puissance surfacique (dB(W/(m² · MHz)))

p.i.r.e.: (dB(W/MHz)).

La Fig. 3 présente cette fonction pour une altitude de l'aéronef de 12 km sur la base de la limite de puissance surfacique donnée dans la Partie A de l'Annexe 1. Dans l'exemple considéré ici, H_{Sat} est fixé à 1 414 km.



Partie B

Calcul d'un gabarit de p.i.r.e. d'hémisphère inférieur à partir d'une limite de puissance surfacique

Lorsque l'on teste un équipement du SMA limité aux transmissions de télémétrie pour les essais en vol pour déterminer s'il satisfait à une limite de puissance surfacique donnée, comme dans la Partie B de l'Annexe 1, il est parfois utile de déterminer un gabarit de p.i.r.e. équivalent qui peut être utilisé pour les essais.

La limite de puissance surfacique peut être utilisée pour déterminer mathématiquement un gabarit de p.i.r.e., p.i.r.e.(γ , H), où γ est l'angle au-dessous du plan horizontal local et H l'altitude de l'aéronef. Cette conversion se fait en deux étapes. D'abord, γ est converti en angle d'incidence équivalent, θ . Puis, la longueur du trajet de propagation pour l'angle d'incidence θ est déterminée et utilisée pour calculer l'affaiblissement géométrique sur le trajet et la p.i.r.e. résultante.

Etape 1: calcul de l'angle d'incidence θ , (degrés) à partir de γ et H :

$$\theta = \arccos((R_e + H) \cos(\gamma)/R_e)$$

où:

- θ : angle d'incidence
- R_e : rayon de la Terre (6 378 km)
- H : altitude de l'aéronef (km)
- γ : angle au-dessous de l'horizon.

NOTE 1 – Si l'argument de la fonction arccos est supérieur à 1, le trajet de propagation dans la direction de l'angle γ n'a pas d'intersection avec la Terre. Dans ce cas, qui se produit pour des valeurs de γ d'environ 3,5° ou moins, il n'existe pas de valeur θ , et il n'y a donc pas de valeur définie pour le gabarit de puissance surfacique.

Etape 2: calcul de la valeur de p.i.r.e. à partir de la limite de puissance surfacique:

$$d = (R_e^2 + (R_e + H)^2 - 2 R_e (R_e + H) \cos(\gamma - \theta))^{1/2}$$

$$\text{p.i.r.e.}(\gamma, H) = \text{pfd} + 10 \log_{10}(4 \pi d^2) + 60$$

où:

- d : distance entre les stations d'aéronef et le point considéré à la surface de la Terre (km)
- pfd: limite de puissance surfacique (dB(W/(m² · MHz)))
- p.i.r.e. : (dB(W/MHz)).

La Fig. 4 présente cette fonction pour diverses altitudes de l'aéronef sur la base de la limite de puissance surfacique donnée dans la Partie B de l'Annexe 1.

FIGURE 4

p.i.r.e. maximale en fonction de l'angle au-dessous de l'horizon permettant d'assurer la protection du service mobile (RLAN)

