

RECOMMANDATION UIT-R SA.1281*

**PROTECTION DES STATIONS DU SERVICE DE RADIOLOCALISATION
CONTRE LES ÉMISSIONS DES CAPTEURS ACTIFS SPATIOPORTÉS
DANS LA BANDE 13,4-13,75 GHz**

(Questions UIT-R 213/7 et UIT-R 204/8)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la Résolution 712 (Rév.CMR-95) de la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1995) demande que des études soient effectuées sur la compatibilité de l'utilisation des attributions existantes par les capteurs actifs placés dans les engins spatiaux fonctionnant dans les services d'exploration de la Terre par satellite et de recherche spatiale dans les bandes de fréquences utilisées en partage avec les services de radiolocalisation ou de radionavigation, entre 1 et 25 GHz, en vue d'établir éventuellement des attributions primaires mondiales communes;
- b) que la bande 13,4-14,0 GHz est attribuée au service de radiolocalisation à titre primaire, avec des attributions additionnelles au service de radionavigation dans plusieurs pays à titre primaire;
- c) que la bande 13,4-14,0 GHz est attribuée actuellement pour les stations de radiolocalisation spatioportées (capteurs actifs spatioportés) à titre secondaire;
- d) que ces études ont montré qu'il y a compatibilité de fonctionnement entre, d'une part, les radars de Terre existants et en projet et, d'autre part, les capteurs actifs spatioportés dans la bande 13,4-13,75 GHz;
- e) que, pour assurer la compatibilité de fonctionnement dans l'avenir, il faut imposer des restrictions aux émissions des capteurs actifs spatioportés;
- f) que les dégradations de qualité de fonctionnement que les capteurs spatioportés pourraient causer aux radars terrestres sont de deux types principaux:
- désensibilisation de la détection et de la poursuite de cibles valides,
 - introduction d'effets de fausse cible;
- g) que la désensibilisation des radars terrestres est acceptable si sa fréquence d'occurrence est suffisamment basse et ne compromet pas la bonne exécution des missions assignées à ces radars;
- h) que des analyses ont montré que la désensibilisation provoquée par des capteurs spatioportés représentatifs est peu fréquente et, de ce fait, acceptable;
- j) qu'il n'est pas nécessaire d'imposer des contraintes aux caractéristiques des capteurs spatioportés pour empêcher une désensibilisation inacceptable;
- k) que, eu égard aux missions de radiodétection dans la bande de fréquences considérée, les réponses du type fausse cible sont inacceptables même si elles sont très rares;
- l) que les essais ont permis de spécifier des limites d'exposition au brouillage qui sont de nature à protéger les systèmes de radiodétection contre les réponses inacceptables du type fausse cible;
- m) que, pour empêcher les réponses inacceptables du type fausse cible, il faut appliquer ces limites d'exposition quelle que soit la fréquence d'occurrence de ces réponses;
- n) que, si on exprime ces limites en $W/(m^2 \cdot MHz)$, on risque d'exposer les étages d'entrée des récepteurs de radiodétection à large bande à des puissances de brouillage excessives; à l'inverse, en exprimant les limites en W/m^2 quelle que soit la largeur de bande des émissions, il est possible d'obtenir la protection nécessaire,

* La présente Recommandation a été établie en commun par les Commissions d'études 7 et 8 des radiocommunications, et toute révision devra également être entreprise en commun.

recommande

1 que la densité de puissance produite en un point quelconque de la surface terrestre par les émissions des capteurs actifs spatioportés fonctionnant dans les services d'exploration de la Terre par satellite et de recherche spatiale, dans la bande 13,4-13,75 GHz et pour toutes les méthodes de modulation, ne dépasse pas les valeurs suivantes:

-71	dB(W/m ²)	pour $0^\circ \leq \delta \leq 6^\circ$
$-71 + (\delta - 6^\circ)/3$	dB(W/m ²)	pour $6^\circ < \delta \leq 15^\circ$
-68	dB(W/m ²)	pour $15^\circ < \delta \leq 70^\circ$
$-68 + 1,1(\delta - 70^\circ)$	dB(W/m ²)	pour $70^\circ < \delta \leq 90^\circ$

où δ désigne l'angle d'arrivée de l'onde radioélectrique (en degrés au-dessus du plan horizontal), les limites ci-dessus étant rapportées à celles qui seraient obtenues dans l'hypothèse de conditions de propagation en espace libre pendant le passage d'un satellite capteur, dans le cas le plus défavorable;

2 que les valeurs indiquées au § 1 puissent être dépassées de 24 dB au plus dans l'une ou l'autre des deux situations suivantes:

2.1 les valeurs sont dépassées dans des excursions d'une durée inférieure à 0,1 s, s'agissant d'émissions continues ou d'enveloppes reliant les crêtes de trains d'impulsions successives, et chaque excursion est séparée de la suivante par un intervalle d'au moins 0,4 s; ou

2.2 pendant toute la durée de passage d'un satellite, la somme de toutes les excursions d'émissions continues ou d'enveloppes des trains d'impulsions dépasse les valeurs du § 1 pendant moins de 0,1 s, et l'intervalle de temps total entre le premier et le dernier dépassement de ces valeurs est inférieur à 0,4 s;

3 que la méthode décrite dans l'Annexe 1 soit utilisée pour déterminer si un capteur donné respecte les § 1 et 2 du *recommande*, et que les Fig. 1 à 4 soient utilisées à titre de représentations graphiques des critères eux-mêmes.

ANNEXE 1

Méthode pour vérifier le respect des § 1 et 2 du *recommande***1 Description de la méthode**

Dans la présente Annexe, l'expression «présence longue» s'applique au cas visé par le § 1 du *recommande* et «présence courte» ou «présence brève», au cas du § 2 du *recommande*; quant aux expressions «durée de présence» et «durée d'absence», elles sont définies explicitement à la sous-étape 5b et illustrées par les Fig. 2, 3 et 4. Pour un capteur spatioporté donné, l'application des § 1 et 2 du *recommande* peut être décomposée en plusieurs opérations successives dans la procédure suivante en arbre de décision:

Etape 1: Déterminer la caractéristique du capteur: densité de puissance de crête dans le cas le plus défavorable en fonction de l'angle d'élévation (angle d'arrivée) sur la surface terrestre. Pour ce faire, on utilise l'altitude du satellite capteur, la puissance d'émission de crête, le diagramme de gain de l'antenne et les angles de pointage du lobe principal, pour calculer les densités de puissance correspondant au mode de balayage pour le cas le plus défavorable ainsi que la durée du balayage, pour un ensemble représentatif de distances transversales à la trajectoire et pour les angles d'élévation compris entre 0° et 90° .

Etape 2: Tracer ou superposer ce profil de densité de puissance en fonction de l'angle d'élévation sur la limite de compatibilité pour l'exposition en «présence longue» (déterminée d'après le § 1 du *recommande*) et la limite située 24 dB plus haut pour l'exposition en «présence courte», représentée sur la Fig. 1.

Etape 3: Si le profil de densité de puissance du capteur se situe en totalité sous le profil de compatibilité en «présence longue», la compatibilité se trouve indiquée et il est inutile de poursuivre l'analyse.

Etape 4: Si le profil de densité de puissance du capteur dépasse la limite maximale correspondant à l'exposition en «présence courte» pour un angle d'élévation quelconque, les critères de compatibilité ne sont pas satisfaits; il est inutile de poursuivre l'examen.

Étape 5: Si le profil de densité de puissance du capteur dépasse la limite de compatibilité en «présence longue» (§ 1 du *recommande*) quel que soit l'angle d'élévation, sans toutefois dépasser la limite pour l'exposition en «présence courte», il faudra déterminer si les excursions de la densité de puissance en dessus de la limite en «présence longue» satisfont aux critères en «présence courte» spécifiés dans les § 2.1 ou 2.2 du *recommande*. Si le balayage doit être effectué par commutation des faisceaux, il suffira pour cela de comparer les durées de ces commutations avec les valeurs critiques de la durée de présence et de la durée d'absence.

Sous-étape 5a: Si le balayage est plus complexe, on devra déterminer si l'exposition satisfait aux critères de la «présence courte», c'est-à-dire aux spécifications du § 2.1 ou 2.2 du *recommande*. La première sous-étape nécessaire pour cela consiste à déterminer, avec un grand pouvoir de résolution, l'enveloppe de la densité de puissance en fonction du temps que le capteur produirait en un point fixe de la surface terrestre dans le cas le plus défavorable. La forme de cette enveloppe dépend de l'altitude du capteur, des caractéristiques de gain et de balayage du faisceau d'antenne, et de la puissance de crête de l'émetteur; elle ne dépend pas d'un mode de fonctionnement pulsé de l'émetteur. Les paramètres du cas le plus défavorable sont la distance transversale à la trajectoire et la valeur correspondante de l'angle d'arrivée sur la surface terrestre pour laquelle le dépassement de la limite d'exposition en «présence longue» (§ 1 du *recommande*) par le profil de la densité de puissance est maximal. (Cette condition est généralement réalisée pour l'angle d'élévation correspondant à la densité de puissance maximale du capteur, ou au voisinage immédiat de cet angle). Cette opération peut être effectuée par des calculs analogues à ceux qui sont généralement nécessaires pour la conception des capteurs actifs spatioportés. Les calculs donneraient des graphiques semblables, en gros, à ceux des Fig. 2, 3 ou 4.

Sous-étape 5b: On compare la caractéristique à grande résolution temporelle de l'enveloppe de la densité de puissance avec la limite de compatibilité en «présence longue» (§ 1 du *recommande*) pour l'angle d'élévation correspondant. Il suffit pour cela de superposer à la caractéristique temporelle une courbe de densité de puissance constante, au niveau de compatibilité en «présence longue» qui correspond à l'angle d'élévation du cas le plus défavorable (angle déterminé à partir du graphique construit à l'étape 2). Les points d'intersection (dépassement) avec la courbe de densité de puissance constante permettent de déterminer les durées des excursions des lobes ou des enveloppes de densité de puissance au-dessus de cette courbe, ainsi que les intervalles de temps qui séparent les excursions successives. Ces durées et ces intervalles de temps sont appelés respectivement «durées de présence» et «durées d'absence».

Si telle ou telle durée de présence dépasse 0,1 s, l'exposition est du type «présence longue» et les critères de compatibilité ne sont pas satisfaits. Il est alors inutile de poursuivre l'examen.

Si toutes les durées de présence sont inférieures à 0,1 s et si toutes les durées d'absence dépassent 0,4 s, la compatibilité est indiquée par les dispositions § 2.1 du *recommande* et il est alors inutile de poursuivre l'examen.

Si toutes les durées de présence sont inférieures à 0,1 s mais si certaines des durées d'absence, ou toutes, ne dépassent pas 0,4 s, on calcule la somme de toutes les durées de présence contenues dans un passage de satellite: c'est la durée cumulée pendant laquelle la densité de puissance des émissions continues et/ou des enveloppes des traits d'impulsions dépasse le profil limite de la densité de puissance en «présence longue». (Ces conditions sont en rapport avec le § 2.2 du *recommande*.)

Si cette somme de toutes les durées de présence contenues dans un passage de satellite dépasse 0,1 s, les critères de compatibilité ne sont pas satisfaits. Il est alors inutile de poursuivre l'examen.

Si cette somme de toutes les durées de présence contenues dans un passage de satellite est inférieure à 0,1 s, on détermine l'intervalle de temps total qui s'écoule entre le premier et le dernier dépassement du profil limite de la densité de puissance en «présence longue». Si cet intervalle de temps est inférieur à 0,4 s, la compatibilité est indiquée par les dispositions du § 2.2 du *recommande* et il est inutile de poursuivre l'examen. En revanche, si cet intervalle de temps dépasse 0,4 s, les critères de compatibilité ne sont pas satisfaits et il est inutile de poursuivre l'examen.

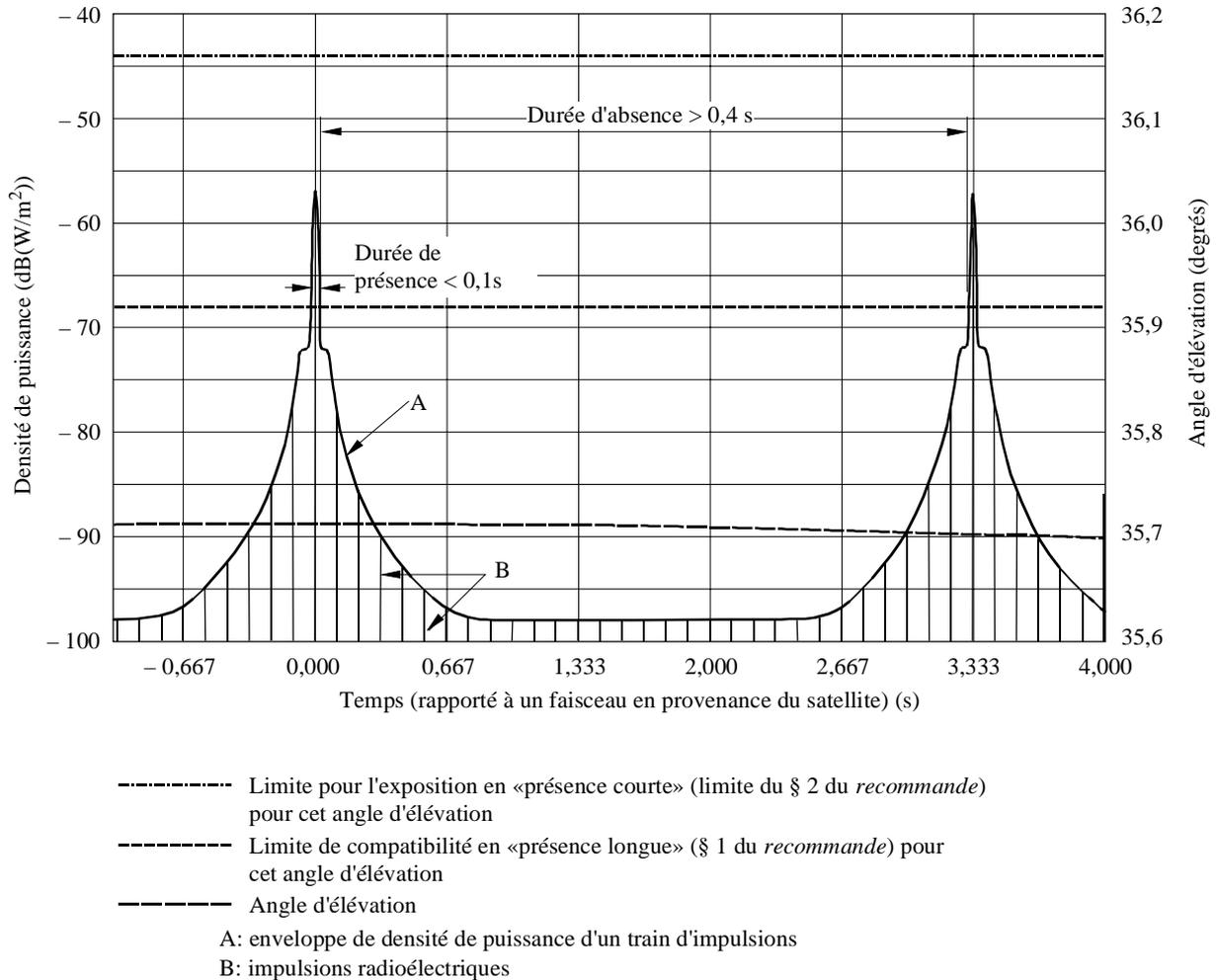
2 Exemples

La méthode décrite ci-dessus peut être mise en œuvre sans difficulté même si l'étape 5 (y compris les sous-étapes 5a et 5b) est requise; c'est-à-dire même si le § 2 du *recommande* s'applique. C'est ce que montrent les trois exemples traités ci-après, qui se rapportent tous au § 2 du *recommande*. La Fig. 1 s'applique aux trois exemples, car le dépassement du profil limite spécifié par le § 1 du *recommande* est maximal aux angles d'élévation pour lesquels cette limite a la valeur $-68 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$. Les Fig. 2, 3 et 4 s'appliquent respectivement au premier, au deuxième et au troisième exemple.

Le premier exemple illustre les dispositions du § 2.1 du *recommande*. Pour la distance transversale correspondant à l'angle d'élévation du cas le plus défavorable, on effectue les opérations de la sous-étape 5a en construisant la courbe de la densité de puissance en fonction du temps pour l'enveloppe de la densité de puissance. Pour l'exemple considéré ici, cette courbe est celle représentée sur la Fig. 2. Pour commencer la sous-étape 5b, on note dans le § 1 du *recommande*, ou dans la Fig. 1, la limite de compatibilité correspondant à l'exposition en «présence longue» pour l'angle d'élévation

FIGURE 2

Graphique hypothétique de la densité de puissance en fonction du temps, illustrant l'application du § 2.1 du *recommande*. Le capteur ne respecte pas les dispositions du § 1 du *recommande*, mais il est compatible en vertu des dispositions du § 2.1 du *recommande*

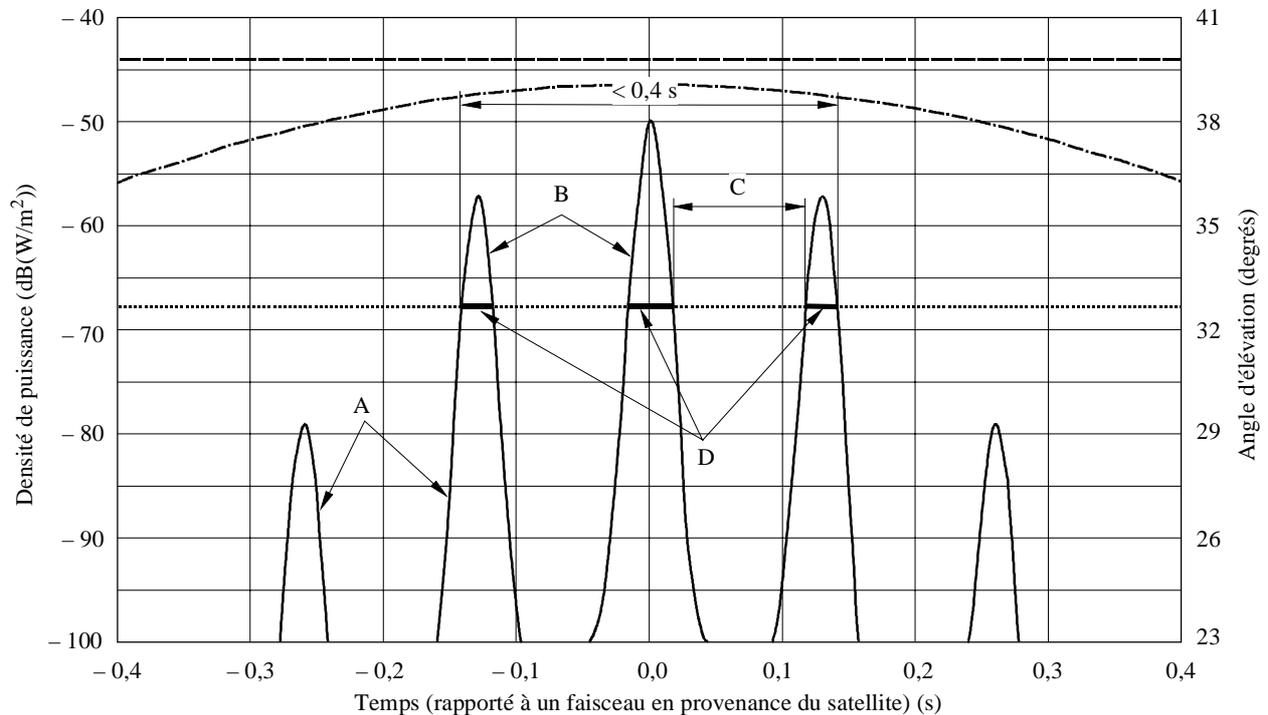


1281-02

Le deuxième exemple illustre les dispositions du § 2.2 du *recommande*. On trace tout d'abord le profil de la densité de puissance de crête en fonction de l'angle d'élévation (étape 1). On postule, ici encore, que la superposition de ce profil aux profils limites spécifiés dans les § 1 et 2 du *recommande* (étape 2) donne une figure similaire à la Fig. 1, d'où il résulte que les opérations de l'étape 5 doivent être effectuées. On détermine ensuite l'angle d'élévation critique et la valeur correspondante de la distance transversale à la trajectoire dans le cas le plus défavorable. Supposons, dans cet exemple, que l'angle d'élévation critique soit de $38,8^\circ$ et la valeur correspondante de la densité de puissance de crête soit de $-50 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$. On trace alors le graphique de la densité de puissance en fonction du temps pour la distance transversale correspondante (sous-étape 5a). Supposons maintenant que ce graphique soit celui représenté Fig. 3. On notera, que dans cette figure, les lobes représentent l'enveloppe de la forme d'onde; il est indifférent que la forme d'onde sous-jacente à cette enveloppe soit une onde pulsée ou une onde entretenue. On trace une droite horizontale sur le graphique, à une ordonnée correspondant à la limite pertinente en présence longue (§ 1 du *recommande*); cela étant, la «durée de présence» et la «durée d'absence» sont déterminées par les largeurs des lobes à ce niveau de densité de puissance et par les distances de séparation correspondantes de ces lobes (sous-étape 5b). Dans la Fig. 3, les «durées de présence» sont indiquées par des traits horizontaux courts et épais. La sous-étape 5b concerne uniquement la longueur de ces traits et les intervalles de temps qui les séparent. Dans cet exemple, les «durées d'absence» sont inférieures à 0,4 s, de sorte que le § 2.1 du *recommande* ne s'applique pas. En revanche, les diverses «durées de présence» sont inférieures à 0,1 s, et il faut par conséquent rechercher si les dispositions du § 2.2 du *recommande* sont applicables. Pour ce faire, on fait l'évaluation des «durées de présence» et on les additionne. Dans cet exemple, la somme est un peu inférieure à 0,1 s et on a une séparation inférieure à 0,4 s entre le premier et le dernier dépassement de la limite spécifiée par le § 1 du *recommande*. On en conclut que le capteur est compatible.

FIGURE 3

Graphique hypothétique de la densité de puissance en fonction du temps, illustrant l'application de critères à l'émission continue d'un capteur qui ne respecte pas les dispositions des § 1 et 2.1 du *recommande* mais respecte celles du § 2.2 du *recommande*



- Limite selon le § 2 du *recommande*
- Angle d'élevation
- Limite selon le § 1 du *recommande*

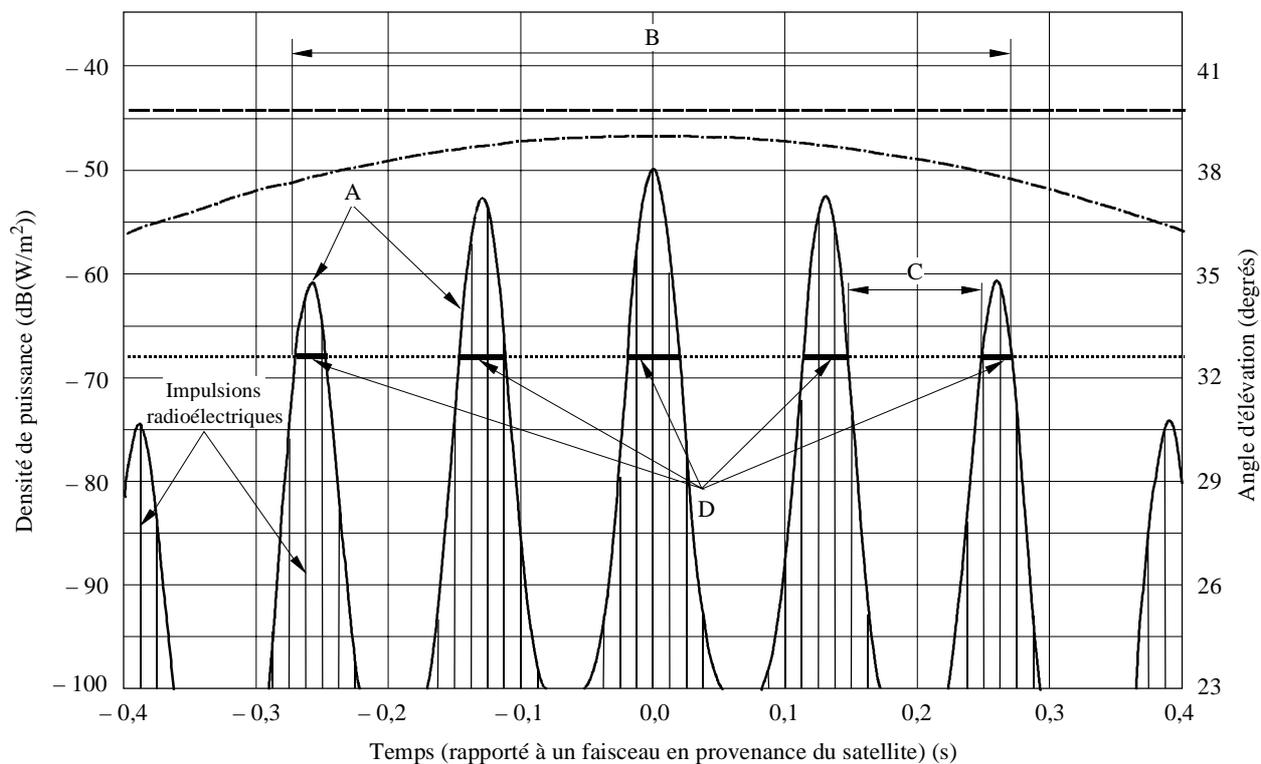
- A: densité de puissance, émission continue
- B: non-respect des dispositions du § 1 du *recommande*
- C: durée d'absence < 0,4 s (non-respect des dispositions du § 2.1 du *recommande*)
- D: le capteur est compatible au sens du § 2.2 du *recommande* parce que la somme de ces durées de présence est < 0,1 s et la séparation entre le premier et le dernier dépassement est < 0,4 s.

1281-03

Le troisième exemple illustre également les dispositions du § 2.2 du *recommande*. Les étapes de 1 à 4 se déroulent exactement comme dans le deuxième exemple et, ici encore, l'étape 5 est nécessaire. Dans cet exemple, les opérations de la sous-étape 5a donnent l'enveloppe de densité de puissance représentée Fig. 4. La forme d'onde elle-même se présente comme une suite d'impulsions radioélectriques à l'intérieur de l'enveloppe. Mais la structure détaillée de la forme d'onde sous l'enveloppe est sans intérêt pour les critères de compatibilité. Le pourcentage de radiofréquence dans le temps est faible; malgré cela, les «durées de présence» et les «durées d'absence» sont, ici aussi, déterminées respectivement d'après les largeurs des lobes d'enveloppe à la limite spécifiée par le § 1 du *recommande* et d'après les intervalles de temps qui séparent ces lobes. Les opérations de la sous-étape 5b sont basées exclusivement sur ces temps déterminés par l'enveloppe. Chaque «durée de présence» est inférieure à 0,1 s, mais les «durées d'absence» sont inférieures à 0,4 s, de sorte que les dispositions du § 2.2 du *recommande* sont applicables. Cependant, dans cet exemple la somme des «durées de présence» est d'environ 0,16 s, d'où la conclusion: le capteur n'est pas compatible. Le capteur ne satisfait pas non plus à la condition du § 2.2 du *recommande*, à savoir qu'il faut une séparation inférieure à 0,4 s entre le premier et le dernier dépassement de la limite visée dans le § 1 du *recommande*.

FIGURE 4

Graphique hypothétique de la densité de puissance en fonction du temps, illustrant l'application de critères à un capteur pulsé qui ne respecte pas les dispositions des § 1 et 2 (2.1 et 2.2) du *recommande*



- Limite selon le § 2 du *recommande*
- .-.-.-.- Angle d'élévation
- Limite selon le § 1 du *recommande*

- A: enveloppe de densité de puissance pulsée (non-respect des dispositions du § 1 du *recommande*)
- B: > 0,4 s (non-respect des dispositions du § 2.2 du *recommande*)
- C: durée d'absence < 0,4 s (non-respect des dispositions du § 2.1 du *recommande*)
- D: le capteur ne respecte pas non plus les dispositions du § 2.2 du *recommande*, parce que la somme de ces temps de présence est supérieure à 0,1 s