

## RECOMMANDATION UIT-R M.1315

**MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DU BROUILLAGE DES RÉSEAUX MOBILES  
À SATELLITE À ÉTALEMENT DU SPECTRE EN SÉQUENCE DIRECTE  
UTILISANT DES STATIONS SPATIALES SUR ORBITE TERRESTRE  
BASSE PAR LES RÉSEAUX MOBILES À SATELLITE À BANDE  
ÉTROITE À DES FRÉQUENCES INFÉRIEURES À 1 GHz**

(Question UIT-R 83/8)

(1997)

## Résumé

Les effets des signaux brouilleurs à spectre étroit sur les voies de communication à étalement du spectre peuvent être évalués suivant des méthodologies simplifiées et détaillées dont la description est donnée ci-dessous. Ces méthodologies permettent de comparer rapidement les effets des modifications apportées aux paramètres des signaux utiles et des signaux brouilleurs, tels que niveau de puissance, largeur de bande, et décalage de fréquence, et de faciliter le partage entre réseaux mobiles à satellite à bande étroite et à étalement du spectre.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que les niveaux admissibles de brouillage des réseaux à étalement du spectre en séquence directe, du service mobile par satellite (SMS) sur orbite terrestre basse (LEO – low Earth orbit) doivent reposer sur les objectifs de qualité de fonctionnement relatifs à ce service;
- b) que les réseaux du SMS LEO dont l'exploitation est proposée dans des bandes de fréquences partagées doivent être conçus pour ne subir qu'un brouillage restreint des systèmes fonctionnant dans les mêmes bandes, notamment des autres réseaux du SMS LEO (à étalement du spectre, comme à bande étroite),

*recommande*

- 1 d'utiliser la méthodologie d'analyse détaillée présentée à l'Annexe 1 pour évaluer complètement la dégradation de la qualité de fonctionnement des réseaux du SMS LEO à étalement du spectre en séquence directe due à des émissions du SMS LEO à bande étroite;
- 2 d'utiliser la méthodologie simplifiée présentée à l'Annexe 2 pour déterminer s'il y a une situation potentielle de brouillage entre les émetteurs d'un réseau à bande étroite du SMS LEO et les récepteurs d'un réseau à étalement du spectre en séquence directe du SMS LEO.

## ANNEXE 1

### Méthodologie détaillée d'évaluation du brouillage

#### 1 Introduction

Une dégradation de la qualité de fonctionnement d'un réseau à étalement du spectre du SMS LEO peut être constatée en cas d'utilisation simultanée d'émetteurs à bande étroite dans la même bande de fréquences. Il est certes généralement utile de calculer le rapport énergie par élément binaire sur densité spectrale de bruit,  $E_b/N_0$ , afin d'estimer le brouillage d'une liaison de communication particulière, mais il suffit fréquemment de calculer le rapport porteuse sur densité de

bruit, CND, à l'entrée du récepteur. En fait, sans connaître de façon détaillée un système récepteur particulier, il est parfois difficile, sinon impossible, de calculer le rapport  $E_b/N_0$ , tandis que le rapport CND est relativement facile à obtenir. L'effet des sources de bruit extérieures au réseau est facile à exprimer en tant que variation du rapport CND, ce qui simplifie la comparaison des différentes conceptions et des arrangements de partage des fréquences.

Les effets de brouillage exprimés sous forme de variations du rapport CND sont donc calculés, d'une part dans le cas le plus défavorable d'un émetteur brouilleur situé dans le lobe principal d'une antenne de poursuite et d'autre part, dans le cas le plus fréquent d'un émetteur brouilleur situé dans un lobe latéral de l'antenne de poursuite.

## 2 Plan de la procédure de calcul

*Etape A:* recueil des paramètres du réseau:

- paramètres orbitaux (altitude, description de la constellation de satellites);
- paramètres radioélectriques de la station spatiale (puissance, largeur de bande, diagramme d'antenne, polarisation);
- paramètres radioélectriques de station terrienne (antenne,  $G/T$ ).

*Etape B:* calcul du rapport CND du réseau à étalement du spectre, sans brouillage extérieur.

*Etape C:* calcul du rapport CND résultant du brouillage extérieur dans le lobe principal comme dans les lobes latéraux pour chacun des signaux brouilleurs reçus simultanément, compte tenu des effets du décalage de fréquence.

*Etape D:* calcul du rapport CND global ( $C/N_0 + I_0$ ) relatif à chaque signal brouilleur et du taux de dégradation du CND.

*Etape E:* calcul du taux de la dégradation du CND global due au brouillage multivoies et simultané.

## 3 Etapes de calcul (d'après le plan ci-dessus)

*Etape A – Recueil des paramètres du réseau*

Afin d'illustrer les étapes de calcul proposées, considérons deux réseaux du SMS LEO utilisant les mêmes fréquences de liaison descendante, caractérisés par les paramètres indiqués au Tableau 1. Supposons que les antennes de la station spatiale soient conçues pour compenser les fluctuations de l'affaiblissement de transmission de base de la liaison Terre-espace, lors de l'ascension du satellite, de sa traversée de l'ionosphère, et enfin de sa mise en place sur orbite. En supposant un couplage dans le faisceau principal de la station terrienne, le calcul peut être effectué indépendamment du gain d'antenne du récepteur. Dans le cas d'un signal brouilleur provenant d'une direction autre que celle du faisceau principal, la différence de gain (ou le pouvoir discriminatoire) entre lobe principal et lobes latéraux doit être calculée (il faut sinon supposer une valeur type).

Dans cet exemple, la station terrienne mobile à étalement du spectre (terminal utilisateur) se caractérise par un angle d'élévation minimum de  $10^\circ$  et un angle d'élévation moyen de  $25^\circ$  par rapport à sa station spatiale, et la liaison de connexion (passerelle) de la station terrienne fonctionne avec un angle d'élévation minimum de  $5^\circ$ .

Pour les émetteurs brouilleurs du réseau à bande étroite, il faut connaître l'affaiblissement de propagation relatif à l'angle d'élévation minimum, ainsi qu'à l'angle d'élévation correspondant au signal brouilleur maximum.

*Etape B – Calcul du rapport CND du réseau à étalement du spectre, sans brouillage extérieur*

Le rapport CND global d'un réseau de communication doté d'un simple répéteur de transposition en fréquence est égal à l'inverse de la somme des valeurs inverses des rapports CND relatifs aux liaisons montantes et descendantes. Dans le cas d'un réseau à étalement du spectre multi-utilisateurs, le bruit supplémentaire subi par une liaison d'un usager particulier se manifeste sous la forme des signaux de porteuse des  $(n - 1)$  autres utilisateurs. Les rapports CND relatifs aux liaisons entrantes (terminal utilisateur vers satellite et satellite vers station terrienne passerelle) sont calculés, ainsi que le rapport porteuse sur autobrouillage ( $CND_s$ ). Ces deux valeurs doivent être combinées pour constituer une valeur du rapport CND utilisable comme base de comparaison des valeurs déterminées en présence d'un brouillage d'origine extérieure au réseau.

TABLEAU 1

## Paramètres types de réseaux du SMS non OSG fonctionnant au-dessous de 1 GHz

Réseau	Réseau à étalement du spectre (SS – spread spectrum)	Réseau à bande étroite (NB – narrow-band)
<i>Paramètres orbitaux</i>		
– Altitude (km)	1 000	775
– Nombre de satellites	24	32
– Nombre d'orbites (satellites/orbite)	6 (4 satellites)	4 (8 satellites)
– Espacement angulaire entre satellites (degrés)	90	45
<i>Paramètres d'exploitation</i>		
Liaison entrante (utilisateur-satellite):		
– Désignation de l'émission	905KG1D	Sans objet (les deux réseaux choisis à titre d'exemple utilisent des fréquences différentes pour les liaisons montantes)
– Fréquence (MHz)	148,4245	
– Débit d'éléments d'information (kHz)	614,4	
– p.i.r.e. maximum (dBW)	3,5	
– Nombre d'utilisateurs	12	
– Rapport $G/T$ du récepteur ( $\text{dB}(\text{K}^{-1})$ )	-30	
– Affaiblissement de propagation pour liaison suivant l'angle minimal (dB)	144,7 (angle d'élévation minimal de $10^\circ$ )	
– Affaiblissement de propagation pour liaison suivant l'angle moyen (dB)	141,1 (angle d'élévation moyen de $25^\circ$ )	
Liaison entrante (satellite–passerelle):		
– Désignation de l'émission	905KG1D	5K00G1D
– Fréquence (MHz)	137,5	137-138
– p.i.r.e. maximum (dBW)	-14	7
– Affaiblissement de propagation pour liaison suivant l'angle minimal (dB)	145,3 (angle d'élévation de $5^\circ$ )	143,9 (angle d'élévation de $5^\circ$ )
– Affaiblissement de propagation pour liaison suivant l'angle moyen (dB)	140,7 (angle d'élévation de $25^\circ$ )	140,4 (angle d'élévation de $19^\circ$ )
– Affaiblissement de propagation pour puissance surfacique maximum (dB)	139,5 (angle d'élévation de $32^\circ$ )	136 (angle d'élévation de $42^\circ$ )
– Espacement des canaux (kHz)	–	10
– Gain d'antenne (dB)	16	–
– Gain lobe latéral (dB)	1	–
– Polarisation	Circulaire lévogyre	Circulaire dextrogyre
– Rapport $G/T$ du récepteur ( $\text{dB}(\text{K}^{-1})$ )	-19,2	–

OSG: orbite des satellites géostationnaires.

Les variables figurant dans les équations ci-dessous sont définies comme suit:

- $n$ : nombre d'utilisateurs simultanés
- $C$ : puissance de la porteuse (dBW)
- $N$ : puissance de bruit (dBW)
- $N_0$ : densité de bruit ( $\text{dB}(\text{W}/\text{Hz})$ )
- $I$ : puissance de brouillage (dBW)
- $I_0$ : densité de brouillage ( $\text{dB}(\text{W}/\text{Hz})$ )
- $BW$ : largeur de bande
- $X$ : découplage de polarisation (dB)
- $p.i.r.e.$ : puissance isotrope rayonnée équivalente (dBW)
- $G$ : gain (dB)
- $G_{diff}$ : différence de gain entre les antennes utile et brouilleuse (dB)
- $T$ : température de bruit (dBK)

- $G/T = 10 \log (g/t)$   
avec  $g$  et  $t$  respectivement égaux à  $10^{0,1G}$  et  $10^{0,1T}$  (dB(K<sup>-1</sup>))
- $CND_u$ : rapport porteuse sur densité de bruit relatif à la liaison montante à l'ouverture d'antenne (dB(Hz))
- $CND_d$ : rapport porteuse sur densité de bruit relatif à la liaison descendante à l'ouverture d'antenne (dB(Hz))
- $CND_s$ : rapport porteuse sur densité de bruit relatif à l'autobrouillage du réseau à l'ouverture d'antenne (dB(Hz))
- $CND_o$ : rapport porteuse sur densité de bruit global (dB(Hz))
- $L(\text{angle})$ : affaiblissement ( $L(\text{angle}) = 10 \log[4\pi d(\text{angle})^2]$ )  
 $d(\text{angle})$ : champ d'essais sur trajet oblique d'un satellite suivant un angle d'élévation spécifié (km).

A des fins d'illustration, supposons que l'analyse concerne l'incidence de  $(n - 1)$  utilisateurs moyens, suivant un angle d'élévation de 25°, sur un utilisateur «utile» suivant un angle minimum d'élévation de la liaison égal à 5°.

Pour la liaison montante (utilisateur «utile»):

$$\begin{aligned}CND_u &= p.i.r.e. - L(10^\circ) + G/T - (-228,6) \\ &= 3,5 - 144,7 + (-30) - (-228,6) \\ &= 57,4 \text{ dB(Hz)}\end{aligned}\quad (1)$$

Pour la liaison descendante:

$$\begin{aligned}CND_d &= p.i.r.e. - L(5^\circ) + G/T - (-228,6) \\ &= -14 - 145,3 + (-19,2) - (-228,6) \\ &= 50,1 \text{ dB(Hz)}\end{aligned}\quad (2)$$

Pour l'autobrouillage sur la liaison montante:

$$\begin{aligned}CND_s &= p.i.r.e. - L(10^\circ) - (p.i.r.e. + 10 \log(n - 1) - L(25^\circ) - 10 \log BW) \\ &= 3,5 - 144,7 - (3,5 + 10,4 - 141,1 - 59,6) \\ &= 45,6 \text{ dB(Hz)}\end{aligned}\quad (3)$$

Le rapport  $CND$  global relatif à un réseau fonctionnant avec  $n$  utilisateurs et sans brouillage extérieur est égal à l'inverse de la somme des inverses de ces trois valeurs:

$$\begin{aligned}CND_o &= -10 \log(10^{-0,1CND_u} + 10^{-0,1CND_d} + 10^{-0,1CND_s}) \\ &= -10 \log(1,82 \times 10^{-6} + 9,77 \times 10^{-6} + 2,78 \times 10^{-5}) \\ &= 44,1 \text{ dB(Hz)}\end{aligned}$$

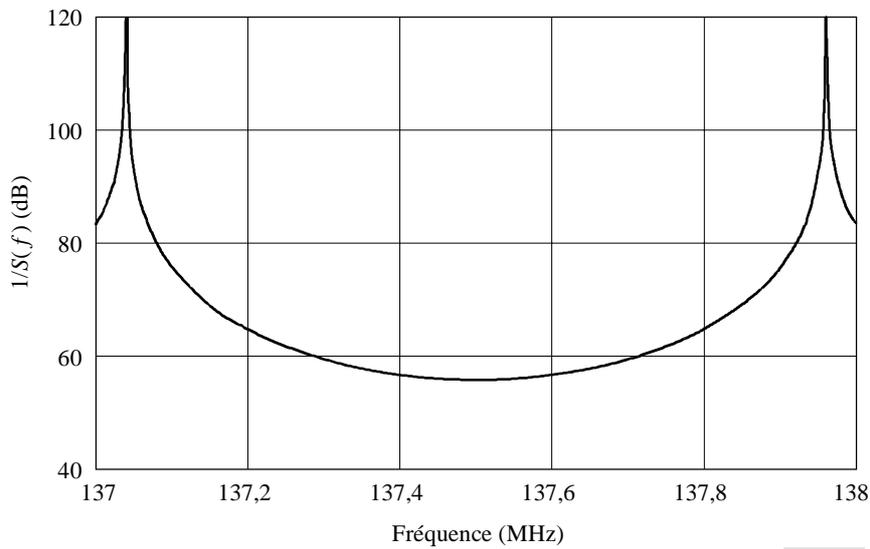
Lorsque ce réseau type de communication à étalement de spectre fonctionne, il présente donc un rapport  $CND$  égal à 44 dB(Hz). Si à ce niveau de bruit, il y a une marge de fonctionnement de 5 dB, tout brouillage supplémentaire ayant pour effet de réduire le rapport  $CND$  global au-dessous de 39 dB(Hz), provoquera une dégradation du fonctionnement du réseau.

#### *Etape C – Calcul du rapport $CND$ résultant du brouillage, compte tenu des effets du décalage de fréquence*

Lorsque les satellites utile et brouilleur s'élèvent, traversent l'ionosphère et se stabilisent sur orbite, ils se trouvent parfois orientés dans la même direction, vus depuis l'antenne de la station terrienne de la liaison de connexion (c'est-à-dire l'un et l'autre dans le faisceau principal). Plus fréquemment, le satellite brouilleur émettra son signal dans un lobe latéral de l'antenne de station terrienne de la liaison de connexion. Le rapport  $CND_i$ , exprimant la contribution du signal brouilleur au rapport  $CND$  global, est calculé dans les deux cas. Dans le cas de réseaux brouilleur et utile en polarisation croisée, on suppose des marges de 13 dB pour le découplage de polarisation dans la direction du faisceau principal de l'antenne de la station terrienne de la liaison de connexion brouillée et de 8 dB dans les autres directions. Le Tableau 1 fait apparaître une différence de gain de 15 dB entre lobe principal et lobes latéraux de l'antenne brouillée.

Il faut en outre effectuer le calcul complet pour au moins deux fréquences porteuses du réseau à bande étroite, puisque la contribution en termes de CND d'un signal à spectre étroit dans un réseau à étalement du spectre en séquence directe est liée au décalage de la porteuse à bande étroite par rapport à la fréquence centrale du spectre étalé. Ce décalage est exprimé par l'inverse du «facteur de forme» du signal à spectre étalé; le diagramme de la Fig. 1 illustre cette relation correspondant au signal à spectre étalé considéré à titre d'exemple.

FIGURE 1  
**Facteur de forme inverse applicable à la modulation par déplacement de phase minimal à étalement du spectre**



1315-01

La contribution en termes de rapport CND d'un signal brouilleur à spectre étroit affectant une voie à étalement du spectre en séquence directe est proportionnelle au rapport des puissances totales des signaux utile et brouilleur, et inversement proportionnelle au «facteur de forme» du signal à spectre étalé. Aussi pour un code d'étalement de modulation par déplacement de phase minimal comportant un débit  $R_c$  d'éléments d'information, le rapport  $CND_i$  d'un signal brouilleur caractérisé par un décalage de fréquence  $(f - f_0)$ , est donné par l'équation (4):

$$CND_i = 10 \log \left[ \frac{P_s}{P_j} \times \frac{1}{S(f - f_0)} \right] \quad (4)$$

avec:

- $CND_i$ : rapport porteuse sur densité de brouillage à l'ouverture d'antenne (dB(Hz))
- $P_s$ : puissance du signal utile à l'ouverture d'antenne
- $P_j$ : puissance du signal brouilleur, compte tenu des effets de polarisation, à l'ouverture d'antenne
- $S(f - f_0)$ : facteur de forme relatif au signal à spectre étalé comportant un débit d'éléments d'information  $R_c$ :

$$S(f - f_0) = \frac{16}{\pi^2 R_c} \times \frac{(\cos(2\pi(f - f_0) / R_c))^2}{(1 - 16 \times ((f - f_0) / R_c)^2)^2} \quad (5)$$

où:

- $f$ : fréquence (Hz)
- $f_0$ : fréquence centrale (Hz)
- $R_c$ : débit d'éléments d'information du signal à spectre étalé (Hz).

Les valeurs des facteurs de forme cités à titre d'exemple dans le Tableau 2 sont calculées au moyen de l'équation (5) et représentées à la Fig. 1. La fréquence centrale est de 137,5 MHz et le débit d'éléments d'information est de 614,4 kHz.

TABLEAU 2

Décalage (kHz)	Facteur de forme inverse (dB)
0	55,79
50	56,00
100	56,66
150	57,78
200	59,43
250	61,71
300	64,80
350	69,10
400	75,72
450	92,54

Dans cet exemple, les valeurs suivantes du rapport CND relatives à un signal brouilleur unique de la liaison descendante sont calculées pour des décalages de fréquence de 0 et 250 kHz (soit 1/4 de la largeur de bande d'étalement).

Le rapport CND relatif au brouillage dans le faisceau principal de l'antenne de réception à étalement du spectre est égal à:

pour  $(f - f_0) = 0$ :

$$\begin{aligned}
 CND_{global_{dB}} &= SS_{puissance_{dB}} - NB_{puissance_{dB}} - 10 \log S(0) \\
 &= (p.i.r.e.S - L(5^\circ)) - (p.i.r.e.I - L(5^\circ) - X) - 10 \log S(0) \\
 &= (-14 - 145,3) - (7 - 143,9 - 13) + 55,8 \\
 &= 46,4 \text{ dB(Hz)}
 \end{aligned} \tag{6}$$

pour  $(f - f_0) = BW/4$ :

$$\begin{aligned}
 CND_{global_{dB}} &= SS_{puissance_{dB}} - NB_{puissance_{dB}} - 10 \log S(BW/4) \\
 &= (p.i.r.e.S - L(5^\circ)) - (p.i.r.e.I - L(5^\circ) - X) - 10 \log S(250000) \\
 &= (-14 - 145,3) - (7 - 143,9 - 13) + 61,7 \\
 &= 52,3 \text{ dB(Hz)}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Le rapport CND relatif au brouillage dû à un signal brouilleur affectant le lobe latéral d'une antenne de réception à étalement de spectre (en supposant une source brouilleuse produisant sa puissance surfacique maximale):

pour  $(f - f_0) = 0$ :

$$\begin{aligned}
 CND_{latéral_{dB}} &= SS_{puissance_{dB}} - NB_{puissance_{dB}} - 10 \log S(0) \\
 &= (p.i.r.e.S - L(5^\circ)) - (p.i.r.e.I - L(42^\circ) - X) - G_{diff} - 10 \log S(0) \\
 &= (-14 - 145,3) - (7 - 136 - 8 - 15) + 55,8 \\
 &= 48,5 \text{ dB(Hz)}
 \end{aligned} \tag{8}$$

pour  $(f - f_0) = BW/4$ :

$$\begin{aligned}
 CND_{latéral_{dB}} &= SS_{puissance_{dB}} - NB_{puissance_{dB}} - 10 \log S(BW/4) \\
 &= (p.i.r.e.S - L(5^\circ)) - (p.i.r.e.I - L(42^\circ) - X) - G_{diff} - 10 \log S(250000) \\
 &= (-14 - 145,3) - (7 - 136 - 8 - 15) + 61,7 \\
 &= 54,4 \text{ dB(Hz)}
 \end{aligned} \tag{9}$$

*Etape D – Calcul du rapport CND global ( $C/(N_0 + I_0)$ ) relatif à chaque signal brouilleur et du taux de dégradation du rapport CND*

L'impact global de la porteuse à accès multiple par répartition en fréquence (AMRF) dans les quatre cas considérés ci-dessus est donné:

- Brouillage dans le faisceau principal, décalage de fréquence nul:

$$\begin{aligned} CND &= -10 \log (10^{-0,1(44,0)} + 10^{-0,1(46,4)}) \\ &= 42,0 \text{ dB(Hz)} \quad (\text{dégradation } 44,0 - 42,0 = 2,0 \text{ dB}) \end{aligned}$$

- Brouillage dans le lobe latéral, décalage de fréquence nul:

$$\begin{aligned} CND &= -10 \log (10^{-0,1(44,0)} + 10^{-0,1(48,5)}) \\ &= 42,7 \text{ dB(Hz)} \quad (\text{dégradation } 1,3 \text{ dB}) \end{aligned}$$

- Brouillage dans le faisceau principal, décalage de fréquence 250 kHz:

$$\begin{aligned} CND &= -10 \log (10^{-0,1(44,0)} + 10^{-0,1(52,3)}) \\ &= 43,4 \text{ dB(Hz)} \quad (\text{dégradation } 0,6 \text{ dB}) \end{aligned}$$

- Brouillage dans le lobe latéral, décalage de fréquence 250 kHz:

$$\begin{aligned} CND &= -10 \log (10^{-0,1(44,0)} + 10^{-0,1(54,4)}) \\ &= 43,7 \text{ dB(Hz)} \quad (\text{dégradation } 0,3 \text{ dB}) \end{aligned}$$

Dans cet exemple, pour lequel il faut supposer une marge de fonctionnement de 5 dB du réseau à étalement du spectre, ce dernier continuera à fonctionner même avec un signal brouilleur sans décalage de fréquence, et dans le faisceau principal de l'antenne de réception à étalement du spectre.

*Etape E: Calcul du taux de la dégradation du rapport CND global due au brouillage multivoies et simultanée*

Les constellations de satellites du SMS LEO doivent souvent utiliser plusieurs voies descendantes fonctionnant simultanément sur des fréquences différentes. Il faut donc calculer l'effet cumulatif de ces signaux brouilleurs pour pouvoir déterminer la dégradation totale du signal de liaison descendante à étalement du spectre. Le même principe s'applique aux liaisons montantes des réseaux à bande étroite. Le rapport CND total imputable à  $j$  systèmes brouilleurs est exprimé par l'équation (10):

$$CND_{tot} (j \text{ brouilleurs}) = -10 \log (10^{-0,1CND_o} + \sum_j (10^{-0,1CND_j})) \quad (10)$$

L'exemple considéré de réseau à bande étroite comporte une constellation de 32 satellites, de telle sorte qu'il y a toujours au moins un satellite au-dessus de l'horizon, et qu'il peut y en avoir quatre. Dans le cas de quatre satellites brouilleurs au-dessus de l'horizon, un se trouvant dans le faisceau principal et les trois autres dans les lobes latéraux du réseau affecté, le rapport CND global serait calculé comme suit.

Supposons les décalages de fréquence suivants: +250 kHz, -250 kHz, +100 kHz et -100 kHz, par rapport à la fréquence porteuse du signal à étalement du spectre; supposons en outre que le décalage de fréquence du satellite brouilleur situé dans le faisceau principal soit égal à +100 kHz:

$$\begin{aligned} CND_{tot} (4 \text{ brouilleurs}) &= -10 \log (10^{-0,1(44,0)} + \quad (\text{auto-brouillage}) \\ &\quad + 10^{-0,1(47,3)} + \quad (\text{brouilleur dans le lobe principal décalé de } 100 \text{ kHz}) \\ &\quad + 10^{-0,1(49,4)} + \quad (\text{brouilleur dans le lobe latéral décalé de } 100 \text{ kHz}) \\ &\quad + 2 \times 10^{-0,1(54,4)} \quad (2 \text{ brouilleurs dans le lobe principal décalés de } 250 \text{ kHz}) \\ &= 41,1 \text{ dB(Hz)} \quad (\text{soit une dégradation de } 2,9 \text{ dB}) \end{aligned}$$

Si les quatre satellites brouilleurs se trouvaient dans le lobe latéral, le rapport CND total serait égal à:

$$CND_{tot} (\text{les } 4 \text{ brouilleurs dans le lobe latéral}) = 41,5 \text{ dB(Hz)} \quad (\text{soit une dégradation de } 2,5 \text{ dB})$$

Dans cet exemple, la présence d'un seul réseau à bande étroite supplémentaire dans la même bande que le réseau à étalement du spectre annule la marge de fonctionnement disponible sur la liaison, et un léger brouillage supplémentaire (dû, par exemple, à d'autres réseaux fonctionnant dans la bande considérée) serait possible sans commencer à provoquer une dégradation de la qualité de fonctionnement du réseau à étalement du spectre. Cela montre clairement l'avantage que présente un important décalage de fréquence des sources à bande étroite de brouillage potentiel par rapport à la fréquence centrale d'un signal à étalement du spectre.

## Méthodologie simplifiée d'évaluation du brouillage

Il est possible de simplifier la méthodologie décrite à l'Annexe 1 en substituant l'«Etape C simplifiée», reproduite ci-dessous, à l'étape C de l'Annexe 1. Si l'application de cette méthode simplifiée fait apparaître un brouillage global important, il convient alors de reprendre les étapes C, D et E en conservant l'étape C décrite initialement à l'Annexe 1.

### *Etape C simplifiée – Technique simplifiée de calcul approché du rapport CND dû aux brouillages*

Le calcul simplifié du rapport CND décrit ci-dessous permet de procéder rapidement à la détermination et à la comparaison des effets respectifs de diverses sources brouilleuses. L'exemple d'application de cette méthodologie simplifiée (en considérant les mêmes exemples de réseaux que ci-dessus) montre qu'elle peut atteindre des résultats pratiquement identiques à ceux de la méthodologie détaillée.

En supposant que la densité spectrale du signal à spectre étalé est uniforme sur toute la largeur de la bande (c'est-à-dire en première approximation) on peut calculer comme suit le rapport CND:

Brouillage dans le faisceau principal de l'antenne:

$$\begin{aligned} CND_{global} &= p.i.r.e.S - L(5^\circ) - (p.i.r.e.I - L(5^\circ) - 10 \log BW - X) \\ &= -14 - 145,3 - (7 - 143,9 - 59,6 - 13) \\ &= 50,2 \text{ dB(Hz)} \end{aligned}$$

Brouillage dans le lobe latéral de l'antenne:

$$\begin{aligned} CND_{latéral} &= p.i.r.e.S - L(5^\circ) - (p.i.r.e.I - L(42^\circ) - 10 \log BW - X - G_{diff}) \\ &= -14 - 145,3 - (7 - 136 - 59,6 - 8 - 15) \\ &= 52,3 \text{ dB(Hz)} \end{aligned}$$

Les valeurs du CND total dans ces deux cas sont les suivantes:

Brouillage dans le faisceau principal de l'antenne:

$$\begin{aligned} CND &= -10 \log (10^{-0,1(44,0)} + 10^{-0,1(50,2)}) \\ &= 43,1 \text{ dB(Hz)} \quad (\text{contre } 42,0 \text{ à } 43,4 \text{ dB(Hz) avec la méthodologie détaillée}) \end{aligned}$$

Brouillage dans le lobe latéral de l'antenne:

$$\begin{aligned} CND &= -10 \log (10^{-0,1(44,0)} + 10^{-0,1(52,3)}) \\ &= 43,4 \text{ dB(Hz)} \quad (\text{contre } 42,7 \text{ à } 43,7 \text{ dB(Hz)}). \end{aligned}$$


---