

## RECOMMANDATION UIT-R F.1334\*,\*\*

**Critères de protection des systèmes du service fixe utilisant en partage avec le service terrestre mobile les mêmes bandes de fréquences dans la gamme des 1 à 3 GHz**

(Question UIT-R 133/9)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que des systèmes du service fixe et du service terrestre mobile utilisent en partage de nombreuses bandes de fréquences entre 1 et 3 GHz;
- b) que de nombreux systèmes analogiques ou numériques du service fixe fonctionnent ou sont prévus pour fonctionner dans ces bandes partagées dans le cadre d'applications point à point et point à multipoint;
- c) qu'il est nécessaire de spécifier les niveaux de brouillage maximal admissible induits dans le service fixe;
- d) qu'il est nécessaire de prévoir des espacements géographiques suffisants pour permettre l'utilisation en partage des assignations de fréquence avec chevauchement;
- e) qu'il est nécessaire de prévoir dans certains cas des espacements géographiques pour permettre l'utilisation en partage d'assignations en polarisation orthogonale;
- f) que le bruit thermique type du récepteur des systèmes du service fixe, donné dans la Recommandation UIT-R F.758, est de l'ordre de  $-140$  dB(W/MHz),

*recommande*

**1** de définir les critères de protection du service fixe utilisant en partage avec le service terrestre mobile les bandes de fréquences de 1 à 3 GHz comme suit (Note 1):

- il faut que le brouillage maximal composite causé par le service terrestre mobile, y compris les stations de base et les stations mobiles, n'entraîne pas de dégradation du seuil d'un récepteur du service fixe supérieure à 1 dB dans des conditions normales de propagation;

**2** de se référer à l'Annexe 1 pour toute information supplémentaire concernant la protection des systèmes du service fixe utilisant en partage avec le service terrestre mobile des bandes de fréquences entre 1 et 3 GHz.

NOTE 1 – Dans certaines conditions de propagation défavorables, il peut être nécessaire d'établir un critère supplémentaire permettant d'éviter une dégradation excessive du seuil applicable au service fixe (par exemple, une dégradation supérieure à 10 dB) pendant un faible pourcentage de temps. Le niveau de telles dégradations et le pourcentage de temps correspondant doivent être approuvés par les administrations concernées.

---

\* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 3 des radiocommunications (Groupes de travail 3K et 3M) et de la Commission d'études 8 des radiocommunications (Groupes de travail 8A et 8F).

\*\* La Commission d'études 9 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2004.

NOTE 2 – Il convient de poursuivre les études en étroite collaboration avec la Commission d'études 8 des radiocommunications (Groupe de travail 8A) pour améliorer la présente Recommandation. Les administrations et autres organismes sont priés de soumettre leurs contributions à l'UIT-R.

## Annexe 1

### Considérations relatives à la protection du service fixe utilisant en partage avec le service terrestre mobile des bandes de fréquences entre 1 et 3 GHz

#### 1 Introduction

La Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines parties du spectre (Malaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) a introduit de nombreuses modifications et de nombreux ajouts au Tableau d'attribution des bandes de fréquences. Selon le numéro 5.388 du Règlement des radiocommunications, les bandes 1 885-2 025 MHz et 2 110-2 200 MHz sont destinées à être utilisées par les futurs systèmes mobiles terrestres publics de télécommunication (FSMTPT). Ces bandes sont déjà largement utilisées par les systèmes hertziens fixes. Les décisions de la CAMR-92 étant à présent connues, il convient de poursuivre les études sur le partage pour les services concernés.

La Résolution 113 (CAMR-92) a traité de manière spécifique du partage de fréquences et des aménagements apportés au service fixe du fait des modifications des attributions de fréquences entre 1 et 3 GHz.

Les systèmes hertziens fixes du service fixe fonctionnant entre 1 et 3 GHz constituent une composante vitale du service de télécommunication de nombreuses administrations. Il faut donc dans l'étude du partage du spectre de fréquences avec d'autres services tenir compte du maintien du haut niveau de disponibilité et de qualité exigé pour les services de télécommunication.

La présente Annexe examine, pour exemple, la faisabilité du partage de fréquences entre les systèmes hertziens fixes point à point du service fixe et les systèmes du service terrestre mobile.

Dans l'approche adoptée dans la présente Annexe on admet:

- que les directives de partage des fréquences, pour les systèmes fixes et les systèmes terrestres mobiles, doivent refléter les caractéristiques et les objectifs de qualité de fonctionnement des systèmes concernés;
- qu'une étude fondée sur plusieurs exemples de partage de fréquences peut permettre de mieux comprendre les problèmes techniques posés, et
- que les brouillages mutuels entre systèmes du service fixe et systèmes terrestres mobiles peuvent être convenablement décrits de manière statistique et qu'en conséquence une approche statistique du partage permettra de formuler des directives et ainsi de refléter de manière appropriée les objectifs de qualité de service en cas d'utilisation des fréquences en partage. Il pourrait également être nécessaire de prendre en compte pour chaque situation les niveaux réels de brouillage de manière déterministe.

Les systèmes du service mobile sont exploités dans un certain nombre d'environnements différents. Ces systèmes assurent, par exemple, des communications personnelles, mobiles et par satellite. Dans la présente Annexe, le segment mobile (interface R1) couvre les services de communication entre véhicules et stations de base. Le segment personnel (interface R2) considère l'utilisation des services de communication personnelle dans un environnement piétonnier, tant à l'intérieur qu'à

l'extérieur de bâtiments. Le segment satellite peut inclure des services tels que la radiorecherche, les liaisons avec des stations de base distantes ou la fourniture d'extensions temporaires. La présente étude du partage de fréquences est limitée aux interfaces R1 et R2 des systèmes du service mobile terrestre.

## 2 Caractéristiques du service fixe et du service mobile

### 2.1 Systèmes du service fixe

Le Tableau 1 donne des exemples de caractéristiques techniques de certains systèmes hertziens fixes.

TABLEAU 1a

Exemples de systèmes hertziens fixes numériques dans la gamme des 1 à 3 GHz

Modulation	MDP-4 D	MAQ-64
Gain d'antenne, $G_{FS}$ (dBi)	33	33
Puissance d'émission, $P_{FS}$ (dBW)	7	1
p.i.e. (dBW)	40	34
Bruit de fond (dBW)	-125	-130
Bande passante, $B_f$ (MHz)	29	10
Brouillage maximal ( $I/N = -6$ ) (dBW)	-131	-136

MDP-4 D: modulation par déplacement de phase à 4 états avec décalage

MAQ-64: modulation d'amplitude.

TABLEAU 1b

Exemple: système point à multipoint entre 1 et 3 GHz

Paramètre	Station centrale	Station d'extrémité
Type d'antenne	Equidirective/ multicellulaire	A réflecteur parabolique/ à cornet
Gain d'antenne (dBi)	10/13	20 (analogique) 27 (numérique)
p.i.e. (maximale) (dBW):		
– analogique	12	21
– numérique	24	34
Facteur de bruit (dB)	3,5	3,5
Affaiblissement dû à la ligne d'alimentation de l'antenne (dB)	2	2
Bande passante à la FI (MHz)	3,5	3,5
Puissance maximale du brouillage admissible à long terme (20% en temps):		
– totale (dBW)	-142	-142
– (dB(W/4 kHz))	-170	-170
– (dB(W/MHz))	-147	-147

Les autres caractéristiques liées à l'exploitation des systèmes hertziens fixes sont:

- la nature de la propagation qui est généralement caractérisée par des périodes distinctes de non-évanouissement et d'évanouissement au cours desquelles l'évanouissement résulte de conditions anormales de propagation (souvent tard la nuit et/ou pendant les premières heures de la matinée) présentant d'éventuels effets d'obstacle;
- la marge brute de protection contre les évanouissements qui est en général de 30 à 40 dB;
- les principaux mécanismes d'erreur. Pour des systèmes à faible débit (inférieur à 10 Mbit/s), ce sont les évanouissements du niveau de signal (et non pas les effets dispersifs), et
- les spécifications de qualité de fonctionnement décrites dans les Recommandations UIT-R F.594, UIT-R F.634, UIT-R F.696, UIT-R F.697, UIT-R F.1168 et UIT-R F.1703.

## 2.2 Systèmes du service mobile terrestre

On suppose que les caractéristiques techniques des interfaces R1 et R2 du service mobile terrestre sont celles indiquées dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Caractéristiques des interfaces des systèmes du service mobile terrestre utilisées pour le partage en fréquence

	Exemple 1	Exemple 2	Exemple 3	Exemple 4
Interface	R2 base/personnel	R1	R2	R2
Méthode d'accès	AMRT			AMRF-AMRT
Type de duplex	DRT			DRT
Puissance d'émission (W)	0,02	1	0,12	0,01
Gain d'antenne, $G_m$ (dBi)	0	0	0	0
p.i.r.e. (dBW)	-17	0	-9	-20
Bruit de fond (dBW)	-152	-152,5	-146,2	
Bande passante du canal, $B_m$ (kHz)	50	135	576	100
Brouillage maximal (10% du brouillage extérieur) (dBW)	-149			
Structure de réutilisation de la fréquence	16			10-15
Mobiles brouilleurs par canal <sup>(1)</sup> , $m$	1/16	1	5	1/4

AMRF: accès multiple par répartition en fréquence

AMRT: accès multiple par répartition dans le temps

DRT: duplex par répartition dans le temps

<sup>(1)</sup> Le nombre total de stations mobiles,  $n$ , qui brouillent une station du service fixe est  $n = m B_f/B_m$ . Les valeurs de  $m$  sont celles retenues dans les hypothèses de calcul développées dans le texte.

La principale particularité des FSMPT est la mobilité des stations personnelles. Il est probable que les stations personnelles du FSMPT seront utilisées presque en tout lieu. Il convient de coordonner soigneusement le partage de fréquences entre le service fixe et les FSMPT. Des caractéristiques possibles des FSMPT facilitant le partage sont l'agilité en fréquence, ce qui permettrait d'éviter de manière dynamique l'utilisation de canaux susceptibles de causer des brouillages au service fixe, et l'utilisation d'une commande dynamique du niveau de puissance.

Les autres caractéristiques de fonctionnement du service mobile et notamment des FSMTPT sont entre autres, les suivantes:

- la nature de la propagation et notamment le fait que les évanouissements résultent de la propagation par trajets multiples due aux réflexions/réfractions des bâtiments, etc., et moins d'une propagation anormale;
- la nature statistique de la marge de protection opérationnelle contre les évanouissements;
- la nature aléatoire des positions des systèmes du service mobile dans la zone de service des FSMTPT qui se traduit par un environnement de brouillage à variation statistique;
- la variation horaire (prévisible) de l'intensité du trafic du service mobile. On notera en particulier que les pointes de trafic sont généralement observées pendant la journée (et notamment pendant les heures de travail) et que le trafic est très faible tard dans la nuit ainsi qu'aux premières heures de la matinée, et
- les spécifications de qualité de fonctionnement, qui pourraient imposer une qualité de fonctionnement satisfaisante sur 90% de la zone de service pour l'interface R1 et sur 99% de la zone de service pour l'interface R2.

### 3 Scénarios de brouillage

L'analyse du brouillage tient compte de quatre principaux trajets de brouillage, à savoir:

*Liaison aller:*

- a) le service fixe brouille les stations mobiles extérieures;
- b) la station de base brouille le service fixe.

*Liaison retour:*

- c) les stations personnelles extérieures brouillent le service fixe;
- d) le service fixe brouille la station de base.

On considère généralement que l'exploitation en partage du même canal par le service fixe et le service mobile dans la même zone géographique entraînera un brouillage inacceptable du service fixe. L'analyse suivante implique la mise au point d'«objectifs de partage» pour les cas b) et c) des trajets de brouillage ci-dessus. Un espacement géographique et/ou un espacement des fréquences utilisées par les systèmes des services mobile et fixe permettraient alors d'atteindre ces objectifs de partage.

### 4 Objectifs de partage

Les objectifs de partage définissent les conditions de faisabilité du partage. Pour une utilisation efficace et optimale du spectre, il est nécessaire de prendre en compte certaines caractéristiques des systèmes concernés, et donc de définir les rapports des puissances signal utile/brouillage et/ou des puissances brouillage/bruit à respecter; la puissance du signal utile et la puissance du brouillage, considérées ensemble ou séparément, peuvent faire intervenir une distribution statistique.

Pour chacun des deux scénarios b) et c) du § 3, les objectifs de partage statistiques proposés pour établir des directives concernant le partage, où les valeurs des paramètres  $A1$ ,  $A2$ ,  $X1$  et  $X2$  doivent refléter les objectifs de qualité de fonctionnement des différents systèmes sont les suivants:

- la station de base brouille le service fixe: permettre le partage du spectre pour des positions des stations du service fixe et des stations de base telles:

$$\text{Prob}[\text{puissance du brouillage}^* \geq A1 \text{ (dBm)}] < X1 \quad (1)$$

- la station mobile brouille le service fixe: permettre le partage du spectre dans une région où, en chaque point dans la région:

$$\text{Prob}[\text{puissance du brouillage}^{**} \geq A2 \text{ (dBm)}] < X2 \quad (2)$$

\* La puissance reçue dans des conditions nominales de propagation ne varie pas en fonction du temps et elle est désignée par l'expression «puissance reçue à long terme». Cependant, en cas de conditions anormales de propagation, la puissance peut varier de manière aléatoire en fonction du temps.

\*\* Puissance moyenne de brouillage pour des variations du niveau des signaux dues à la propagation par trajets multiples et le cas échéant prenant en compte la somme des brouillages induits par des sources multiples.

## 5 Critères de partage

Les critères de partage définissent l'espacement géographique exigé entre les systèmes du service mobile et ceux du service fixe afin de spécifier les objectifs de partage respectifs.

Pour le calcul des critères de partage, les paramètres suivants sont définis pour les systèmes:

$B_f$ : largeur de bande de Nyquist du système fixe (MHz)

$L_{ff}$ : affaiblissement dû à l'antenne et à la ligne d'alimentation de la station du service fixe (dB).

Les mêmes paramètres s'appliquent aux segments R1 (portables pour véhicules et portables de forte puissance) et R2 (portables personnels):

$P_{tm}$ : puissance d'émission de la station mobile du service mobile (à l'entrée de la ligne d'alimentation de l'antenne) (dBm)

$L_{fm}$ : affaiblissement dû à l'antenne et à la ligne d'alimentation de la station mobile du service mobile

$P_{tb}$ : puissance d'émission de la station de base du service mobile (à l'entrée de la ligne d'alimentation de l'antenne) (dBm)

$L_{fb}$ : affaiblissement dû à l'antenne et à la ligne d'alimentation de la station de base du service mobile (dB).

(Dans la présente analyse, le terme station mobile est utilisé à la fois pour les stations mobiles du segment R1 et pour les stations personnelles du segment R2.)

Une analyse statistique du canal radioélectrique reliant les stations mobiles du FSMTPT (interfaces R1 et R2) et les stations du système fixe met en évidence:

- des évanouissements rapides qui, pour des signaux en bande étroite, se traduisent par une distribution de Rayleigh de l'enveloppe du signal instantané reçu dans un secteur (ou dans une zone locale);
- des évanouissements, par effet de masque, qui se traduisent par une loi log-normale de distribution du signal médian reçu sur un secteur, caractérisé par l'«étalement (dB) de l'évanouissement par effet de masque» (c'est-à-dire l'écart type) et noté par  $\sigma$ ;

- le signal médian reçu, défini comme la médiane du signal médian reçu dans un secteur.

On pourra définir pour chaque point du système considéré:

$U_s$ : puissance médiane reçue sur le secteur (dBm)

$U_m$ : puissance médiane reçue (valeur médiane de  $U_s$ ) (dBm).

La valeur médiane de l'affaiblissement de transmission (entre les bornes des antennes d'émission et de réception, non compris les affaiblissements dus à l'antenne et à la ligne d'alimentation) désignée par  $L_t$ , donnée par de nombreux modèles de propagation, comme par exemple, Okumura, Lee, Elgi etc., a pour expression:

$$\text{Valeur médiane de l'affaiblissement de transmission} = L_t = P_t - U_m \quad (3)$$

où  $P_t$  (dBm) est la puissance d'émission et  $U_m$  (dBm) est telle que définie ci-dessus.

### 5.1 Critères de partage dans le cas de stations mobiles causant des brouillages à des systèmes du service fixe

Dans ce cas précis, la principale difficulté réside dans la mise en relation des paramètres  $A2$  et  $X2$  avec les objectifs de qualité de fonctionnement du système du service fixe. Cette difficulté tient en partie à la forte marge de protection contre les évanouissements uniformes généralement prévue pour les systèmes du service fixe et à l'incertitude de la distribution statistique des évanouissements qui les affectent. Cependant, il est judicieux de spécifier l'objectif de partage, du fait de sa forme particulière, en des termes exigeant que la puissance du brouillage ne dégrade pas de plus de 1 dB la marge de protection contre les évanouissements du système du service fixe, pendant un pourcentage de temps donné. Il n'y a cependant pas de valeur du paramètre  $X2$  clairement et convenablement définie, si ce n'est qu'elle devrait probablement être faible si l'on s'en tient aux objectifs de qualité de fonctionnement rigoureux généralement applicables au service fixe. La distribution du brouillage total, telle que décrite ci-après, est modélisée comme une loi log-normale et, dans le cas présent, il semblerait raisonnable d'utiliser une valeur de  $X2 = Q(k)$ , où  $k = 4$  ou  $5$  et  $Q(k)$  est la «zone sous la queue gaussienne» donnée par l'expression:

$$Q(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_k^{\infty} \exp(-x^2/2) dx \quad (4)$$

En général, la puissance du brouillage reçue par le système fixe proviendra d'un certain nombre de stations mobiles. Ce nombre, représenté par la lettre  $N$ , dépendra de plusieurs facteurs. Des estimations adéquates de ce brouillage peuvent être évaluées dans les conditions suivantes:

- *brouillage R1*: brouillage induit lorsqu'une station mobile sur chaque fréquence de porteuse est exploitée dans le segment de fréquences commun.
- *brouillage R2*: brouillage induit lorsque cinq stations mobiles sur chaque fréquence de porteuse sont exploitées dans le segment de fréquence commun.

La distribution de la puissance de brouillage totale est calculée à partir de la somme des puissances des variables de loi log-normale. Si tous les brouilleurs ont une valeur de puissance médiane  $U_m$  et un écart type  $\sigma$ , on peut obtenir une approximation du brouillage total par une loi de distribution log-normale, de puissance moyenne  $U_{mN}$  et d'écart type  $\sigma_N$  où:

$$U_{mN} = U_m + H \quad (5)$$

$$\sigma_N^2 = 43,43 \log_{10} [(\exp(\lambda^2 \sigma^2) + N - 1) / N] \quad (6)$$

où:

$$H = 10 \log_{10} N + 5 \log_{10} [N \exp(\lambda^2 \sigma^2) / (N - 1 + \exp(\lambda^2 \sigma^2))] \quad (7)$$

et  $\lambda = 0,1 \log_e 10 = 0,2303$ .

Sur la base des définitions et des hypothèses de propagation ci-dessus, la moyenne  $U_{mN}$  (dBm) suit une loi de probabilité gaussienne dont la médiane est donnée par l'expression:

$$U_{mN} = P_{tm} - L_{fm} - L_{ff} - L_t + H \quad (8)$$

et l'écart type  $\sigma_N$ . Le seuil pour  $U_{mN}$  est alors donné par la formule:

$$U_{mN} = A2 - k \sigma_N \quad (9)$$

qui donne, pour les critères de partage, la fonction suivante:

$$L_t > P_{tm} - A2 - L_{fm} - L_{ff} + H + k \sigma_N \quad (10)$$

## 5.2 Exemple à 2 GHz

Les paramètres utilisés dans les exemples ci-après sont extraits des Tableaux 1 et 2 (exemples 2 et 3).

Pour des mobiles fonctionnant soit sur l'interface R1, soit sur l'interface R2, on prend une valeur d'étalement de l'évanouissement par effet de masque  $\sigma$  égale à 6,0 dB (valeur typique des environnements urbains et suburbains).

### 5.2.1 Brouillage du service fixe induit par des FSMTPT

On suppose que le seuil de puissance du brouillage est de 6 dB inférieur au bruit de fond.

Objectif de partage:

$$\text{Prob}[U_{mN} > -113,9 - 6,0 + 3,0 \text{ (dBm)}] < X2 \quad X2 = Q(4) \text{ (voir l'équation (4))} \quad (11)$$

### 5.2.2 Segment R1 des FSMTPT

Sur la base de l'estimation ci-dessus, si l'on suppose que  $N = 5,0$ , on a  $H = 9,48$  dB et  $\sigma_N = 3,80$  dB. Le critère de partage devient donc:

$$L_t > 30,0 - (-116,9) - 3,0 + 9,48 + (4,0 \times 3,80) = 168 \text{ dB} \quad (12)$$

### 5.2.3 Segment R2 des FSMTPT

Sur la base de l'estimation ci-dessus, si l'on suppose que  $N = 10,0$ , on a  $H = 13,2$  dB et  $\sigma_N = 2,93$  dB. Le critère de partage devient donc:

$$L_t > 20,8 - (-116,9) - 3,0 + 13,2 + (4,0 \times 2,93) = 159 \text{ dB} \quad (13)$$

Ces exemples illustrent une approche possible de l'attribution de valeurs aux paramètres  $A_i$  et  $X_i$  ainsi qu'une méthode de calcul des critères de partage. En se fondant sur les caractéristiques d'antenne des services fixes et mobiles et sur des modèles de propagation appropriés, les critères de partage calculés ci-dessus peuvent être traduits en termes de distances d'exclusion exigées.



D'autres études sont nécessaires pour déterminer des valeurs généralisées des paramètres  $A_i$  et  $X_i$  ainsi que les exigences d'isolation qui en résultent. Il est nécessaire de tenir compte des objectifs de qualité de service à long terme et à court terme et de déterminer les modèles de propagation les plus représentatifs pour les divers trajets de brouillage.

Ces études de propagation auront une importance primordiale pour le partage et il est demandé à la Commission d'études 3 des radiocommunications d'étudier de toute urgence les modèles correspondants.

## 6 Analyse du brouillage

Le présent paragraphe constitue une première estimation de l'espacement requis entre les services fixes et les zones de service du segment personnel du service mobile (interface R2); à cet effet, elle tient compte des valeurs médianes des puissances du brouillage lorsque l'affaiblissement de trajet entre ces différents services est d'environ 130 dB. Il est à noter que cette analyse ne tient pas compte de la nature statistique des puissances du brouillage autour du niveau médian (qui a été traitée au § 5) dont la répartition aura des effets sur les distances d'exclusion exigées.

Pour un affaiblissement de trajet de 130 dB, on a:

$$L_t = FSL - G_{FS} - G_M = 130$$

où:

$FSL$ : affaiblissement en espace libre

$G_{FS}$ : gain de l'antenne du service fixe

$G_M$ : gain de l'antenne du service mobile.

Il convient que le service mobile et autres sources de brouillage n'entraînent pas de dégradation de la qualité de plus de 25% pour les systèmes du service fixe. Ceci correspond à un rapport  $I/N = -6$  dB et à un niveau de brouillage total de  $I_T = -136$  dBW pour un récepteur du service fixe ayant une bande passante de 10 MHz. Si l'on prend pour hypothèse l'attribution dynamique de canaux définie dans l'exemple 4 du Tableau 2, jusqu'à 25 utilisateurs du service mobile peuvent maintenir une liaison autour du point le plus défavorable de  $-3$  dBr et il est alors admis d'appliquer la formulation la plus prudente du brouillage par une source unique:  $I_1 = I_T - 10 \log 25 \approx -150$  dBW. Si une unité mobile a une p.i.r.e. de  $-20$  dBW (une puissance de sortie de 10 mW et un gain d'antenne de 0 dBi), une isolation de  $-20 - (-150) = 130$  dB peut dans ce cas être nécessaire. L'affaiblissement de transmission sur le trajet  $L_t$  à proximité du point le plus défavorable (c'est-à-dire 3,3 km en face d'une antenne du service fixe et à  $-3$  dBr de l'axe des références) étant de 78,5 dB, il est nécessaire d'appliquer une isolation supplémentaire de  $130 - 78,5 = 51,5$  dB. Ceci peut être obtenu en utilisant un canal adjacent. Dans certains cas, lorsque, par exemple, un émetteur du service mobile fonctionne en limite de canal radioélectrique du service fixe, il est possible d'utiliser le mode cocanal.

A une distance de 3,3 km derrière l'antenne de radiocommunication du service fixe, l'affaiblissement  $L_t = 78,5 - 3,0 + 60,0 \approx 135,5$  dB (l'affaiblissement de transmission sur le trajet à  $-3$  dBr de l'axe de visée plus le rapport avant/arrière de l'antenne); on prend ici pour hypothèse un rapport avant/arrière de 60 dB qui suppose l'utilisation d'une antenne d'excellente qualité. Sachant que  $135,5 > 130$ , les émetteurs mobiles évoluant à une distance de 3,3 km derrière l'antenne du service fixe, peuvent utiliser la même fréquence que le récepteur du service fixe correspondant. Il est cependant nécessaire d'étendre l'analyse à l'ensemble du réseau du service fixe dans la zone

concernée. Le point situé à 3,3 km derrière un récepteur du service fixe pourrait se trouver à proximité du faisceau principal du bond adjacent, dans un système à deux fréquences, fonctionnant sur le même canal de réception. Ceci signifie qu'il pourrait y avoir une zone d'exclusion annulaire autour de chaque station du service fixe, avec des stations d'ordre impair dont les récepteurs fonctionnent sur un ensemble de canaux donné (par exemple, les canaux aller) et des stations d'ordre pair dont les récepteurs fonctionnent sur l'ensemble de canaux retour correspondant. Si une zone d'exclusion (par exemple, le contour à 130 dB) en forme de huit peut être appliquée, l'enveloppe de toutes les zones d'exclusion du mode cofréquence pourrait, dans le cas le plus défavorable, former un couloir longeant l'itinéraire du service fixe. Il est néanmoins très probable que d'autres bandes de fréquences soient disponibles dans cette zone.

### 6.1 Analyse de la liaison aller

Les paramètres utilisés dans les exemples ci-après sont repris des Tableaux 1 et 2 (exemple 1).

#### *Brouillage du service fixe par la station de base personnelle*

Une structure de réutilisation de fréquences à 16 valeurs peut être retenue comme hypothèse pour l'interface personnelle.

∴ Le nombre d'utilisateurs simultanés par bande passante de canal du service fixe est égal à:

#### *Station de base*

$$\frac{29\,000}{50 \times 16} = 36,2 \text{ (15,6 dB)}$$

$$\frac{10\,000}{50 \times 16} = 12,5 \text{ (11 dB)}$$

$$\frac{3\,500}{50 \times 16} = 4,4 \text{ (6,4 dB)}$$

L'affaiblissement nécessaire de transmission sur le trajet entre la station de base personnelle et le récepteur du service fixe est donné par l'expression:

$$\begin{aligned} L_t(\text{Station de base personnelle} \rightarrow \text{service fixe}) &\geq -17 + (6,4 \text{ à } 15,6) - (-131 \text{ à } -140,5) \\ &\geq 129,6 \text{ dB (29 MHz)} \\ &\geq 130,0 \text{ dB (10 MHz)} \\ &\geq 129,9 \text{ dB (3,5 MHz)} \end{aligned} \quad (14)$$

Cette valeur est approximativement équivalente aux 130 dB exigés d'affaiblissement de transmission sur le trajet. Aucune isolation supplémentaire n'est nécessaire entre la station de base personnelle et le service fixe.

### 6.2 Analyse de la liaison retour

Brouillage du service fixe causé par les stations personnelles extérieures.

L'affaiblissement nécessaire de transmission sur le trajet entre la station personnelle et le récepteur du service fixe est donné par l'expression:

$$\begin{aligned} L_t(\text{Station personnelle} \rightarrow \text{service fixe}) &\geq -17 + (6,4 \text{ à } 15,6) - (-131 \text{ à } -140,5) \\ &\geq 129,6 \text{ dB (29 MHz)} \\ &\geq 130,0 \text{ dB (10 MHz)} \\ &\geq 129,9 \text{ dB (3,5 MHz)} \end{aligned} \quad (15)$$

Aucune isolation supplémentaire n'est nécessaire entre les stations personnelles et le service fixe, au-delà de l'affaiblissement de 130 dB exigé.

## 7 **Récapitulatif: isolation de 130 dB (affaiblissement de transmission sur le trajet radioélectrique)**

### 7.1 **Liaison aller**

Brouillage du service fixe causé par la station de base personnelle:

l'isolation de la station de base personnelle suffit.

### 7.2 **Liaison retour**

Brouillage du service fixe causé par les stations personnelles extérieures:

l'isolation de la station personnelle suffit.

### 7.3 **Distance d'espacement pour un affaiblissement de transmission sur le trajet radioélectrique de 130 dB**

Pour un rapport avant/arrière ( $F/B$ ) de l'antenne d'environ 44 dB, on a:

$$L_t = 92,5 + 20 \log f + 20 \log d - 33 + 44 (F/B) = 130 \text{ dB} \quad (16)$$

$$\therefore d = 0,2 \text{ km}$$

Pour un affaiblissement en espace libre de 130 dB à 2 GHz, l'espacement,  $d$ , est égal à 37 km. Il est probable que l'espacement réel exigé pour obtenir une isolation de 130 dB dépendra des résultats de la coordination détaillée des fréquences et des caractéristiques réelles des liaisons dans le système, en tenant compte de paramètres tels que la hauteur d'antenne, le relief, la discrimination de polarisation croisée, etc. D'autres exemples de calcul de la coordination sont donnés dans l'Appendice 1.

## 8 **Conclusions**

- Des espacements d'environ 70 à 120 km (en supposant des conditions de propagation par affaiblissement d'espace libre) ou plus permettront un mode de fonctionnement cocanal du service fixe et du segment personnel du service mobile.
- Par extension, en supposant une réjection des brouillages dans le canal adjacent de 50-70 dB, le service fixe pourrait être utilisé dans la même zone géographique que le service mobile s'il n'y a pas de chevauchements des fréquences.
- Pour faciliter le partage, un complément d'étude est nécessaire pour décrire statistiquement les brouillages mutuels entre systèmes du service fixe et systèmes mobiles et établir des modèles de propagation adéquats.
- Il convient d'effectuer de toute urgence une modélisation des conditions de propagation dans l'environnement du service mobile.

## Appendice 1 à l'Annexe 1

### Exemple de distances de coordination dans le cas du brouillage du service fixe par le service mobile

Calculs effectués pour le cas d'un brouillage par le lobe principal d'antenne, en supposant une discrimination de polarisation croisée de 25 dB entre signaux du service fixe et ceux des stations de base personnelles.

$$I = -131 \text{ à } -140,5 = \text{p.i.r.e.} + 10 \log (\text{efficacité de réutilisation}) - 92,5 - 20 \log f - 20 \log d - 25 + G_{FS}$$

Pour MDP-4 D:  $-131 = -17 + 15,6 - 92,5 - 6,02 - 20 \log d - 25 + 33$  avec  $d = 90$  km

Pour MAQ-64:  $-136 = -17 + 11 - 92,5 - 6,02 - 20 \log d - 25 + 33$  avec  $d = 94$  km

Une isolation suffisante est assurée pour espacement de l'ordre de 90-95 km. Comme pour l'exemple 1, si l'on ne tient pas compte de la discrimination de polarisation croisée, pour un espacement d'environ 120 km, il faudrait prévoir une isolation supplémentaire de l'ordre de 23 dB, valeur qui pourrait être atteinte pour de petits angles de discrimination hors du lobe principal.

Dans le cas du canal adjacent qui assure une isolation de l'ordre de 50-70 dB, la même zone géographique peut être couverte en mode copolaire par le segment R2 du service mobile et par le service fixe.

Un récapitulatif des exemples de conditions d'utilisation en partage des bandes de fréquences est donné dans le Tableau 3.

TABLEAU 3

**Exemple de conditions à respecter pour le partage des bandes  
de fréquences entre service mobile et service fixe**

Cas	Canal adjacent	Canal utilisé en partage
R2 → Service fixe	<i>Polarisation croisée</i> : pas d'espacement à prévoir  <i>Copolarisation</i> : espacement de 0-5 km	<i>Polarisation croisée</i> : espacement de 90-95 km  <i>Copolarisation</i> : espacement de 120 km avec une discrimination d'antenne de 23 dB