

RECOMMANDATION UIT-R SF.1649

Directives concernant la détermination des brouillages causés à des stations du service fixe par les stations terriennes de navire situées en deçà de la distance minimale^{*,}**

(Questions UIT-R 226/9 et UIT-R 254/4)

(2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que, conformément à la Résolution 82 (CMR-2000), l'UIT-R a été invité à achever d'urgence ses recherches en rapport avec les stations terriennes de navire (ESV, *earth stations on board vessels*), notamment afin d'éliminer les possibilités de brouillage inacceptable aux stations d'autres services liés à d'autres administrations;
- b) que les navires peuvent être équipés pour l'exploitation des stations ESV du SFS, qui émettent dans la bande 5 925-6 425 MHz des réseaux de ce service (Terre vers espace), en application du numéro 4.4 du Règlement des radiocommunications (RR);
- c) que les navires peuvent être équipés pour fonctionner en tant que stations ESV dans la bande 14-14,5 GHz, en application du numéro 4.4 du RR, ou en tant que service secondaire faisant partie du SMS;
- d) que certaines des bandes mentionnées aux points b) et c) du *considérant* sont partagées à titre coprimaire avec le service fixe;
- e) que si les stations ESV étaient autorisées à être exploitées dans les couloirs de navigation et dans les chenaux proches des côtes, il serait nécessaire de définir des zones composites pour ces exploitations;
- f) que la Recommandation UIT-R SF.1585 permet de définir de telles zones;
- g) que les stations du service fixe dans ces zones doivent être examinées afin qu'il soit déterminé si elles subiront des brouillages dépassant la limite admissible;
- h) que de nombreux systèmes numériques du service fixe sont exploités au moyen de la commande automatique de la puissance d'émission (CAPE, *automatic transmit power control*);

* En ce qui concerne la définition de la «distance minimale», voir la Recommandation UIT-R SF.1650.

** Les Administrations de l'Arabie saoudite, de Djibouti, d'Égypte, des Emirats arabes unis, de Jordanie, du Koweït, du Maroc, de la Mauritanie, de la République arabe syrienne, de la Tunisie et du Yémen se sont opposées à l'approbation de la présente Recommandation pour les raisons données dans le Rapport de l'AR-03 et à la CMR-03.

Les Administrations de l'Allemagne, de l'Australie, du Canada, des États-Unis et d'Israël émettent une réserve quant au contenu de la présente Recommandation pour les raisons données dans le Rapport de l'AR-03 et à la CMR-03.

Les Administrations du Gabon et du Sénégal émettent une réserve quant au contenu de la présente Recommandation.

- j) que les brouillages de plus de quelques secondes peuvent entraîner des interruptions importantes de longue durée des systèmes numériques du service fixe;
- k) que les Recommandations UIT-R SF.1006 et/ou UIT-R SM.1448 présentent des méthodes qui peuvent être utilisées pour la détermination des possibilités de brouillage entre les stations du SFS et les stations du service fixe lorsque les stations ESV sont stationnaires (voir la Note 1);
- l) que la méthode de détermination du niveau des brouillages causés par les stations ESV aux stations du service fixe relève d'un accord entre les administrations concernées;
- m) que les directives à l'intention des administrations sur la détermination détaillée de ces niveaux en vue de réaliser une analyse préliminaire peuvent néanmoins contribuer à certaines activités d'évaluation détaillée des brouillages;
- n) que les Recommandations UIT-R F.696 et UIT-R F.1565 définissent des critères de brouillage admissible pour les stations du service fixe;
- o) que les différentes méthodes et les différents critères de brouillage sont nécessaires pour la détermination des possibilités de brouillage causé par les ESV lorsque celles-ci ne sont pas fixes,

recommande

- 1 d'utiliser les directives décrites à l'Annexe 1 comme cadre pour l'évaluation globale des brouillages causés aux stations du service fixe par les stations ESV exploitées à une distance en deçà de la «distance minimale»;
- 2 d'utiliser les directives données à l'Annexe 2 comme fondement pour le calcul des brouillages causés par les stations ESV (voir les Notes 2 et 3);
- 3 d'utiliser les résultats de l'application de la méthode décrite à l'Annexe 2 pour déterminer si des parties des bandes de fréquences du point b) du *considérant* pourraient entrer en ligne de compte en vue d'être employées par les stations ESV lorsque celles-ci sont exploitées en deçà de la «distance minimale» (voir la Note 3).

NOTE 1 – Les méthodes données dans la présente Recommandation font appel à des critères de protection du service fixe contre le brouillage. On peut en trouver des exemples dans la Recommandation UIT-R SF.1006, où les critères qui portent sur les courtes durées ne peuvent toutefois qu'être conformes à la Recommandation UIT-T G.821. La Recommandation UIT-R SF.1650 fournit aussi des critères de protection du service fixe concernant les courtes durées, mais ceux-ci sont destinés aux liaisons récentes, conçues pour satisfaire aux Recommandations UIT-T G.826 et UIT-T G.828.

NOTE 2 – Lors de la détermination des fréquences pour les stations ESV, il peut être nécessaire de faire appel à des techniques d'atténuation. Par exemple, dans le cas où les dispositions en matière de fréquences du service fixe sont fondées sur la Recommandation UIT-R F.383, l'emploi par les émetteurs des stations ESV de la bande centrale des 6 GHz (proche de 6,175 GHz) du service fixe peut réduire sensiblement les possibilités de brouillage causé aux récepteurs du service fixe, puisque du point de vue des brouillages causés aux canaux du service fixe, le filtrage au niveau du récepteur ne peut présenter que des avantages.

NOTE 3 – La méthode décrite à l'Annexe 2 peut être complétée par l'utilisation de la méthode donnée à l'Annexe 3.

Annexe 1

Directives concernant la définition et l'emploi de points sur le contour de navigation* en vue de déterminer les brouillages causés à des stations du service fixe par les émissions des stations ESV en mouvement (méthode des points de contour critiques)

La méthode suivante peut être employée comme cadre pour l'évaluation globale des brouillages causés aux stations du service fixe par les stations ESV exploitées à une distance en deçà de la distance minimale.

1 Introduction

La méthode d'évaluation des possibilités de brouillage entre une station du SFS et une station du service fixe est donnée dans la Recommandation UIT-R SF.1006, où il est supposé que la relation spatiale entre les stations du service SFS et les stations du service fixe est fixe. La relation entre les stations du service fixe et les stations ESV qui se déplacent dans un port vers un bassin ou vers un lieu d'ancrage est variable au cours du mouvement.

La Recommandation UIT-R SF.1585 décrit une méthode où le contour de navigation des navires équipés de stations ESV sert à définir une zone destinée au recensement des stations du service fixe qui pourraient subir des brouillages inacceptables causés par une station ESV au cours de son déplacement le long de ce contour. Au moyen des méthodes existantes, les possibilités d'un tel brouillage devraient être évaluées comme si, en chacun des points du trajet d'un navire, s'il est situé dans cette zone, ces stations étaient stationnaires.

La présente Annexe fournit une méthode appelée méthode des points de contour critiques qui permet de simplifier la détermination des possibilités de brouillage causé aux stations du service fixe en ne tenant compte que d'un petit nombre de points sur le contour de navigation. Ces points sont nommés points de contour critiques (CCP, *critical contour point*). Certains d'entre eux sont propres au contour de navigation, tandis que d'autres sont propres aux différentes stations du service fixe.

2 Eléments à prendre en compte au cours de la définition des points CCP

2.1 Exploitation stationnaire

Dans le cas de l'exploitation stationnaire d'une station ESV, les possibilités de brouillage peuvent être évaluées au moyen de la Recommandation UIT-R SF.1006 ou UIT-R SM.1448, ou au moyen de toute autre méthode dont sont convenues les administrations impliquées, comme celle qui pourrait être appliquée à une nouvelle station du SFS.

2.2 Exploitation en mouvement

Toute station du service fixe dans une zone (par exemple, comme décrite dans la Recommandation UIT-R SF.1585) doit être examinée afin qu'il soit déterminé si elle subira des brouillages dépassant la limite admissible. Cela nécessite normalement l'évaluation, en chacun des points le long du trajet d'un navire équipé d'une station ESV en mouvement, situé à l'intérieur du contour de navigation,

* Le contour de navigation est défini dans la Recommandation UIT-R SF.1585.

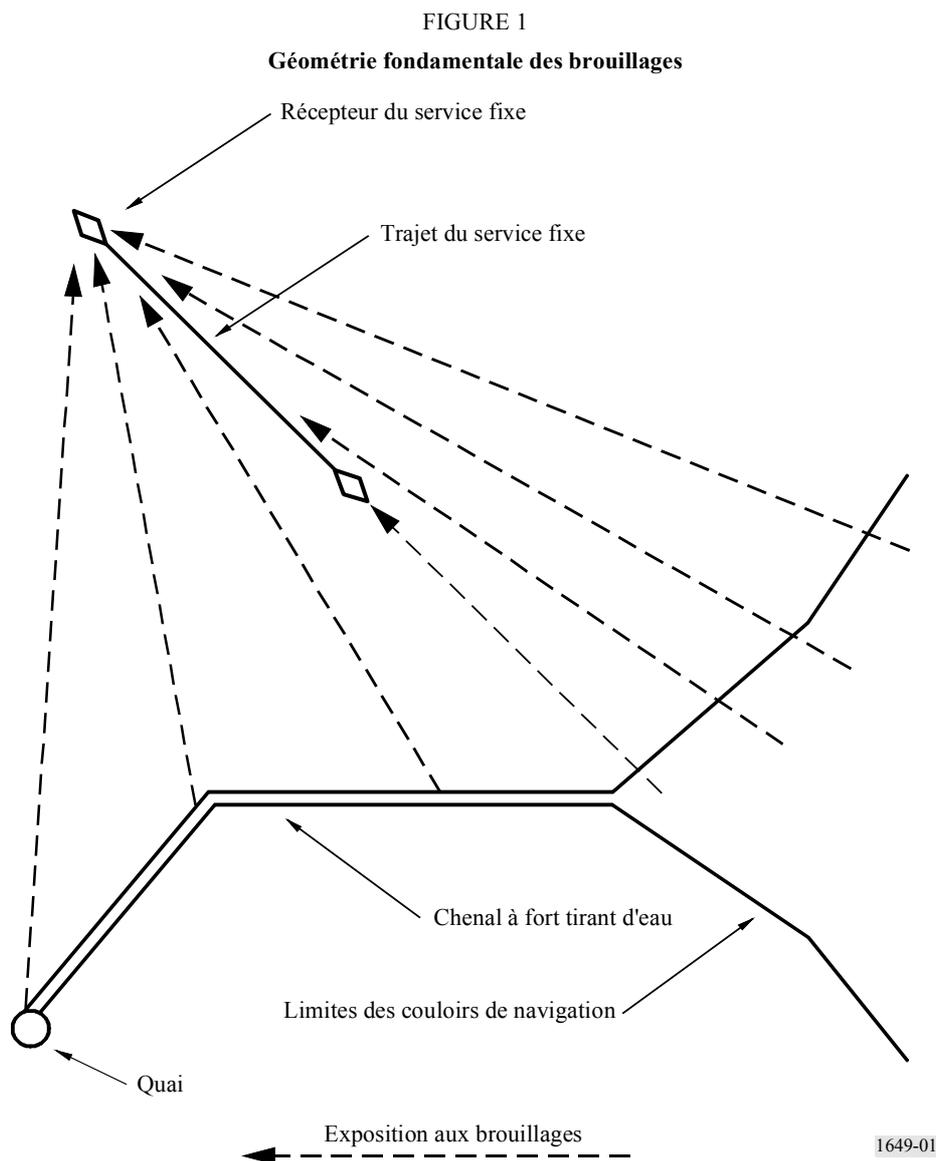
des possibilités de brouillage causé à chacune des stations du service fixe. La méthode des points CCP vise en revanche à réduire les contraintes de calcul par la définition d'un petit nombre de points pour chaque récepteur du service fixe dans une certaine zone.

2.2.1 Définition des points CCP pour chaque récepteur du service fixe susceptible de subir des brouillages

Pour toute exposition aux brouillages d'un récepteur donné du service fixe, causés par un terminal de station ESV sur un bateau en mouvement, les calculs font intervenir trois variables liées à la position:

- affaiblissement de propagation dépassé à tout moment sauf pendant un pourcentage du temps. Cet affaiblissement dépend de la longueur du trajet des brouillages et des zones radioclimatiques et peut comprendre les effets des bloquages qui peuvent se produire sur le trajet des brouillages;
- gain d'une antenne de récepteur du service fixe; et
- gain d'une antenne de station ESV en direction de l'horizon.

Ces trois facteurs peuvent aisément être déterminés pour chaque point dans le contour de navigation, tel que défini par le chenal à fort tirant d'eau (voir la Fig. 1).



Aux fins de l'évaluation des possibilités de brouillage, on fait l'approximation qui consiste à remplacer le contour de navigation par des segments de ligne droite. La définition des CCP dépend de la position et de l'alignement par rapport au contour de navigation du trajet du service fixe, et il convient de distinguer plusieurs cas. Dans les cas où il n'y a pas d'intersection entre l'azimut de l'axe du lobe principal de l'antenne du service fixe et une partie quelconque de la zone d'exploitation de la station ESV, les points de contour critiques sont des points situés sur ce contour à l'endroit où celui-ci change de direction ou atteint la distance à partir de la côte au-delà de laquelle une coordination n'est pas requise. Dans les cas où il y a intersection entre l'azimut de l'axe du lobe principal de l'antenne du service fixe et le contour de navigation, il faut augmenter et/ou modifier le nombre de points CCP. Dans tous les cas, il convient d'employer les mêmes CCP pour analyser les brouillages tant de longue durée que de courte durée causés à une station quelconque du service fixe faisant l'objet d'un examen. On évalue les brouillages causés par l'exploitation des stations ESV en mouvement à un récepteur quelconque du service fixe dans la zone où les possibilités de brouillage causé par la station ESV doivent être évaluées en analysant, au moyen des modèles d'affaiblissement de propagation tels que ceux qui sont donnés dans la Recommandation UIT-R P.452, le fonctionnement en chacun des points CCP de chaque récepteur. Cette évaluation a pour objet la détermination des fréquences qui peuvent être utilisées pour l'exploitation des stations ESV en mouvement, sans causer des brouillages de niveaux inacceptables aux stations du service fixe.

En vue de définir les points de contour critiques par rapport à un récepteur donné du service fixe, il convient de distinguer les trois cas suivants.

Cas 1: Il n'y a pas d'intersection entre l'axe du lobe principal de l'antenne de réception du service fixe et une partie quelconque du contour de navigation. Les seuls CCP dans ce cas sont les points où le contour de navigation de la station ESV change de direction.

Cas 2: Le lobe principal de l'antenne du service fixe (avec une tolérance de 10 dB par rapport au gain maximal de l'antenne) est entièrement situé dans un segment du contour de navigation. Les points situés sur ce contour, pour lesquels le gain de l'antenne est inférieur de 10 dB à sa valeur maximale, définissent deux CCP supplémentaires. Le segment du contour de navigation entre ces deux points CCP contient le point d'intersection naturel (NIP), à savoir le point d'intersection de l'axe du lobe principal de l'antenne du service fixe avec le contour de navigation. Ce point NIP est toujours pris comme point CCP.

Cas 3: Le point NIP est suffisamment proche de l'un des points où le contour de navigation change de direction pour que le lobe principal de l'antenne du service fixe s'étende sur plus d'un segment du contour de navigation. Ce cas a le plus de chance de se produire, lorsque le point NIP est proche de l'un des points où le contour de navigation de la station ESV change de direction. L'intersection du contour de navigation avec les points à 10 dB de l'antenne définit deux points de contour critiques supplémentaires, comme dans le Cas 2; toutefois, dans le cas présent, le point initial dans le lobe principal ne doit pas être considéré comme un CCP.

Autre possibilité: S'il existe un point sur le contour de navigation d'une station ESV dont l'antenne a un gain maximal en direction de l'horizon qui est orienté vers un récepteur du service fixe, ce point sur le contour peut être défini comme étant un point CCP supplémentaire pour ce récepteur du service fixe, indépendamment du cas parmi les trois cas, qui s'applique.

2.2.2 Analyse des brouillages de longue durée

Les brouillages de longue durée sont définis par une accumulation de la puissance de brouillage causé par chacun des segments du contour de navigation, du quai jusqu'à l'extrémité du contour de navigation au-delà de laquelle la coordination n'est plus nécessaire, à savoir une somme des contributions provenant de l'exploitation entre les points CCP successifs, par rapport à une station

de réception du service fixe. La méthode décrite à l'Annexe 2 emploie le principe de la dégradation relative de la qualité (FDP, *fractional degradation of performance*) définie dans la Recommandation UIT-R F.1108. La seule différence est que l'affaiblissement de propagation dont on a besoin pour le calcul est celui qui en chacun des points CCP est dépassé à tout moment sauf pendant 20% du temps. La contribution à la dégradation FDP de chaque segment peut être calculée sous une forme analytique à partir de la puissance moyenne des brouillages reçus, causés par l'exploitation de la station ESV dans le segment, y compris l'effet du temps passé dans le segment au cours des passages multiples des stations ESV. Pour un segment qui ne contient pas de point NIP, cette moyenne est calculée en supposant que la somme du gain (dB) des antennes du service fixe et des stations ESV varie linéairement le long du segment. La moyenne sur un segment qui contient un point NIP est déterminée au moyen d'un lobe principal de forme gaussienne de l'antenne du service fixe, comme indiqué dans la Recommandation UIT-R F.1245.

Le critère qui est appliqué à ces brouillages est le niveau de puissance des brouillages de longue durée défini dans la Recommandation UIT-R SF.1006 ou UIT-R F.758.

2.2.3 Analyse des brouillages de courte durée

On peut déterminer l'acceptabilité des brouillages de courte durée en analysant si la puissance des brouillages causés par les exploitations à proximité d'un point de contour critique dépasse la valeur spécifiée par le critère relatif aux courtes durées pendant un pourcentage de temps supérieur au pourcentage admissible p_{ST} . Les critères de brouillage de courte durée employés dans la Recommandation UIT-R SF.1650 pour les bandes des 6 et 14 GHz peuvent être employés à ces fins.

La détermination de la puissance des brouillages de courte durée causés par l'exploitation d'une station ESV à proximité d'un point CCP dépend de l'affaiblissement de propagation sur le trajet en provenance de ce point CCP. Elle dépend en particulier de l'affaiblissement de propagation dépassé à tout moment sauf pendant un petit pourcentage du temps, pourcentage qui est inversement proportionnel au pourcentage du temps, p_{ESVi} , associé à l'exploitation de la station ESV à proximité de ce CCP. Cette démarche qui est décrite en détail à l'Annexe 2 est semblable à celle qui est employée dans la Recommandation UIT-R SF.1485 ou au § 2.2.2 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R SM.1448. Le pourcentage du temps associé à l'exploitation de la station ESV à proximité d'un CCP dépend de la situation qui prévaut parmi celles qui peuvent exister en vertu des trois cas décrits dans le § 2.2.1.

Dans les cas où l'axe du lobe principal du service fixe a un point d'intersection naturel avec le contour de navigation de la station ESV, le pourcentage du temps, p_{ESVi} , associé à l'exploitation de la station ESV à proximité de ce point NIP est directement lié au temps nécessaire au déplacement de la station ESV le long du contour de navigation entre les deux points à 10 dB pour l'antenne du service fixe.

Sauf pour les points CCP adjacents à un point NIP, qui sont traités comme des extrémités du contour de navigation, le pourcentage du temps p_{ESVi} dépend du temps nécessaire au déplacement de la station ESV le long du contour de navigation, du milieu du segment précédent au milieu du segment suivant. Lorsque le point CCP est situé à l'extrémité du contour de navigation, l'un de ces segments n'existe pas et sa contribution est fixée à zéro.

Il est aussi possible que des situations plus complexes se produisent, mais celles-ci peuvent être abordées au moyen d'une démarche semblable à celle qui est proposée ici.

3 Application de la méthode des points CCP à la détermination du spectre disponible

On peut déterminer le spectre disponible pour les terminaux des stations ESV des navires en route ou proches des ports en employant la méthode des points CCP pour évaluer si l'utilisation d'une

fréquence donnée causera des brouillages dépassant la limite admissible entre la station ESV et les stations du service fixe.

Après avoir défini les CCP pour une station de réception du service fixe, on peut employer l'Annexe 2 pour déterminer si les niveaux de brouillage tant de longue durée que de courte durée sont admissibles. Ces intervalles de fréquences, pour lesquels il peut être démontré que l'exploitation des stations ESV ne cause pas de brouillage inacceptable à un quelconque récepteur du service fixe, peuvent être assignés aux stations ESV qui sont de passage dans ce port donné.

Annexe 2

Calcul des brouillages causés par les ESV

1 Introduction

La Résolution 82 (CMR-2000) porte sur les dispositions relatives aux stations ESV exploitées dans les bandes de fréquences 3 700-4 200 MHz et 5 925-6 425 MHz. Trois nouvelles Recommandations ont été établies par le Groupe de travail 4-9S, deux d'entre elles seulement nécessitant l'examen des critères de brouillage de courte durée, à savoir la Recommandation UIT-R SF.1650 qui concerne la distance à partir de la côte au-delà de laquelle les brouillages du service fixe ne doivent plus être pris en compte, et la Recommandation UIT-R SF.1585 qui porte sur la définition d'une zone dans laquelle les possibilités de brouillage causé par les stations ESV doivent être examinées lorsqu'il est envisagé de les exploiter en deçà de la limite de la zone côtière. La présente Recommandation (la troisième) concerne la détermination des possibilités de brouillage causé par les stations ESV lorsqu'elles sont exploitées en deçà de la limite de la zone côtière.

L'Annexe 1 porte sur la définition des points permettant de déterminer les possibilités de brouillage causé par les stations ESV. Après avoir défini les points, il est nécessaire d'examiner les brouillages aux stations au-delà de l'horizon radioélectrique ainsi que les brouillages aux stations directement visibles à partir des positions d'exploitation d'une station ESV en mouvement. Dans le cas des stations terriennes d'émission fixes, les brouillages aux récepteurs du service fixe au-delà de l'horizon sont limités en application des critères de brouillage de courte durée, tandis que ceux des récepteurs en visibilité directe sont limités en application des critères de brouillage de longue durée. La Recommandation UIT-R SF.1006 fournit la méthode et les critères de brouillage pour l'évaluation des brouillages tant de longue que de courte durée et recommande que les deux types de critères soient respectés lors de la détermination des possibilités de brouillage. Tandis que les stations ESV rendent cette détermination plus complexe, les principes restent les mêmes: les stations distantes sont protégées des brouillages à grande puissance et de courte durée par les critères relatifs à la courte durée, alors que les stations proches sont protégées par les critères relatifs à la longue durée, assurant la protection de la marge contre l'évanouissement du récepteur. La présente Annexe établit les fondements pour la détermination des possibilités de brouillage dans tous les cas présentant un intérêt.

Dans le § 2 ci-après sont décrites les statistiques de l'affaiblissement de propagation entre deux stations à la surface de la Terre, et est montrée, pour des trajets de longueurs différentes, la relation entre l'affaiblissement dépassé à tout moment sauf pendant un pourcentage du temps et les critères de brouillage de longue et de courte durée qui sont appliqués lorsque la position de la station terrienne d'émission est fixe. Dans le § 3 est examinée la méthode de détermination des possibilités de brouillage lorsque la situation est plus complexe en raison du mouvement de la station causant le brouillage, et est établie une démarche déduite à partir de celle qui concerne l'utilisation conjointe

de la FDP définie dans la Recommandation UIT-R F.1108 et de la méthode des CCP décrite à l'Annexe 1 de la présente Recommandation. Il est montré dans le § 4 que cette démarche conduit à une méthode de détermination de l'acceptabilité des possibilités de brouillage, fondée sur les critères de brouillage de longue durée. Une démarche relative à l'analyse des brouillages de courte durée, fondée sur le même ensemble de points CCP, est établie dans le § 5.

2 Affaiblissement minimal de propagation requis pendant un pourcentage du temps fixe avec des stations stationnaires

L'affaiblissement minimal de propagation requis exigé pour respecter un niveau admissible de puissance de brouillage au niveau des terminaux d'antenne d'une station fixe de réception pendant un pourcentage du temps, p , peut être obtenu à l'aide de la Recommandation UIT-R SM.1448, où l'affaiblissement minimal requis est l'affaiblissement qui doit être égal ou être dépassé par l'affaiblissement prévu le long du trajet pendant $p\%$ du temps¹. Donc, on a l'équation suivante:

$$L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (1)$$

où:

- p : pourcentage maximal du temps pendant lequel la puissance de brouillage admissible peut être dépassée
- $L_b(p)$: affaiblissement minimal requis (dB) en mode de propagation (1) pendant $p\%$ du temps; cette valeur doit être dépassée par l'affaiblissement prévu le long du trajet en mode de propagation (1) à tout moment sauf pendant $p\%$ du temps
- P_t : niveau maximal de puissance d'émission disponible (dBW) dans la largeur de bande de référence au niveau des terminaux de l'antenne d'une station de Terre ou d'une station terrienne d'émission
- $P_r(p)$: puissance de brouillage admissible d'une émission causant des brouillages (dBW) dans la largeur de bande de référence, dépassée pendant au plus de $p\%$ du temps au niveau des terminaux de l'antenne d'une station de Terre de réception qui peut être soumise aux brouillages, lorsque les émissions causant les brouillages proviennent d'une source unique
- G_t : gain (dB par rapport au gain isotrope) de l'antenne d'une station de Terre ou d'une station terrienne d'émission. Pour une station terrienne d'émission, il s'agit du gain de l'antenne en direction de l'horizon physique sous un azimut donné
- G_r : gain (dB par rapport au gain isotrope) de l'antenne de réception d'une station de Terre ou d'une station terrienne qui peut être soumise aux brouillages. Pour une station de Terre de réception, il faut employer le gain maximal de l'antenne dans la direction de l'axe du lobe principal.

Pour les brouillages de longue durée, le pourcentage du temps est habituellement de 20% et la puissance de brouillage admissible est donnée, conformément à la Recommandation UIT-R SF.1006, par la formule suivante:

$$P_r(20) = 10 \log(k T_e B) + J \quad \text{dBW} \quad (2)$$

où:

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

¹ Lorsque p représente un faible pourcentage du temps, de l'ordre de 0,001% à 1,0%, le brouillage est considéré comme étant de courte durée; si $p \geq 20\%$, il est considéré comme étant de longue durée.

- T_e : température du bruit thermique du système de réception (K), au niveau du terminal de l'antenne de réception
- B : largeur de bande de référence (Hz), à savoir la largeur de bande au niveau de la station de réception qui est soumise au brouillage, pour laquelle on peut faire la moyenne de la puissance de l'émission causant les brouillages
- J : rapport (dB) de la puissance de brouillage de longue durée admissible provenant d'une quelconque source de brouillage au bruit thermique du système de réception.

Pour les brouillages de courte durée, le pourcentage du temps est une fraction appropriée du pourcentage total du temps de brouillage autorisé. Aux fins du présent exposé, nous supposons que ce pourcentage a pour valeur 0,001%. Nous pouvons alors écrire que:

$$P_r(0,001) = 10 \log(k T_e B) + 10 \log(10^{M_s/10} - 1) \quad \text{dBW} \quad (3)$$

où M_s est la marge de qualité de la liaison (dB).

Il convient de noter que la puissance admissible pour les brouillages de courte durée est considérablement plus grande que celle des brouillages de longue durée. Nous avons en effet la formule suivante:

$$P_r(0,001) - P_r(20) = 10 \log(10^{M_s/10} - 1) - J \quad \text{dB} \quad (4)$$

Dans la Recommandation UIT-R SF.1650, on avait employé dans le calcul de la puissance de brouillage admissible de courte durée une valeur de 19 dB pour la marge M_s . Si une valeur de -10 dB était une valeur représentative du rapport J , l'équation (4) donnerait la différence suivante:

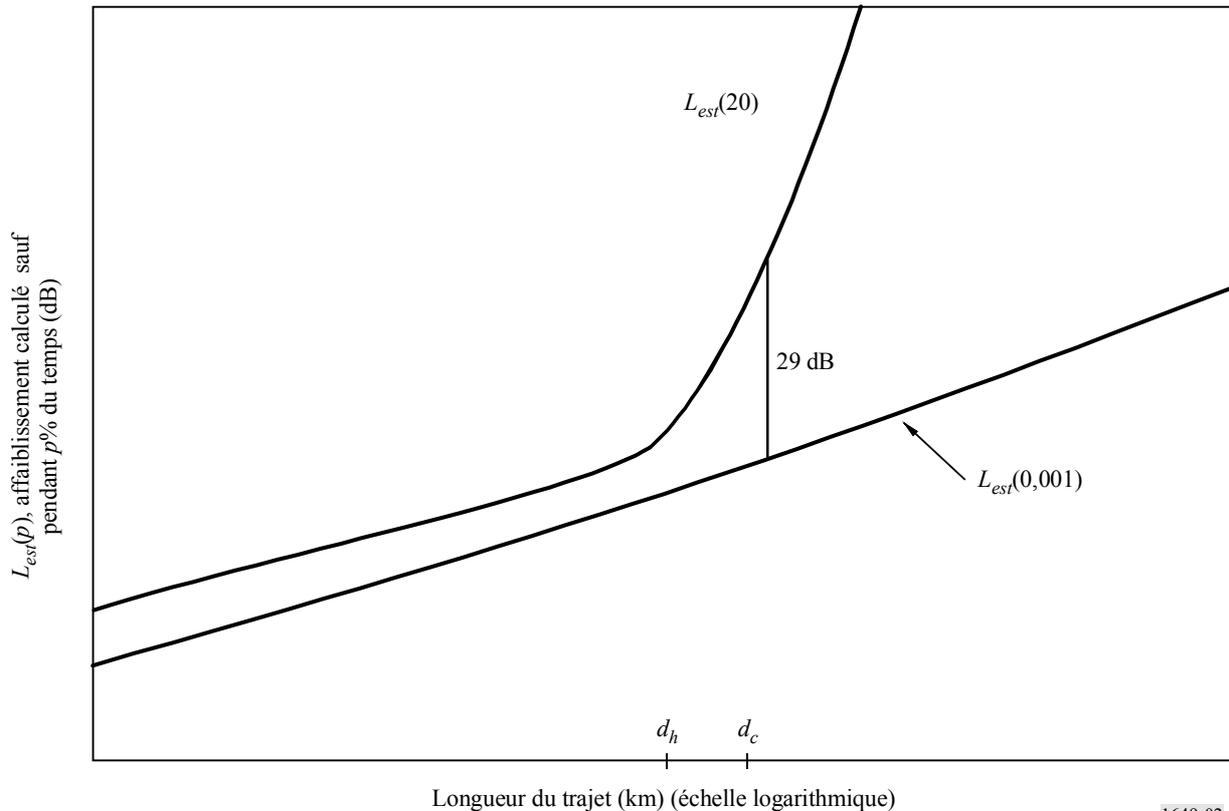
$$P_r(0,001) - P_r(20) \approx 29 \text{ P} \quad \text{dB} \quad (5)$$

On peut employer ces puissances de brouillage admissible dans l'équation (1) pour déterminer l'affaiblissement minimal de propagation requis qui doit être dépassé par l'affaiblissement prévu le long du trajet à tout moment sauf pendant un même pourcentage du temps. L'affaiblissement prévu le long du trajet qui est dépassé à tout moment sauf pendant un pourcentage du temps p peut être calculé à l'aide de la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R P.452 et peut être désigné par $L_{452}(p)$. Dans la Fig. 2, on a représenté la variation en fonction de la distance de l'affaiblissement prévu le long du trajet qui est dépassé à tout moment sauf pendant 20% du temps et de celui qui est dépassé à tout moment sauf pendant 0,001% du temps.

Pour les hauteurs choisies des antennes, le trajet de propagation provenant de la source de brouillage jusqu'au récepteur du service fixe est juste rasant à la distance le long du trajet d_h . A des distances supérieures, le récepteur est au-delà de l'horizon radioélectrique et l'affaiblissement prévu qui est dépassé à tout moment sauf pendant 20% du temps, $L_{452}(20)$, augmente rapidement avec la distance. A la distance critique d_c , la différence entre l'affaiblissement prévu qui est dépassé à tout moment sauf pendant 20% du temps et celui qui est dépassé à tout moment sauf pendant 0,001% du temps est de 29 dB. Donc, à cette distance, les critères de brouillage de longue et de courte durées pour ces pourcentages du temps sont soit satisfaits tous les deux, soit non satisfaits tous les deux. A des distances plus grandes, le critère de brouillage de longue durée est toujours satisfait si celui qui concerne les courtes durées est satisfait. A des distances plus petites, le critère de brouillage de courte durée est toujours satisfait si celui qui concerne les longues durées est satisfait. C'est la raison pour laquelle seuls les critères de brouillage de courte durée sont employés pour définir la zone de coordination.

FIGURE 2

Variation en fonction de la distance de l'affaiblissement prévu le long du trajet
sauf pendant 20% et 0,001% du temps (estimation)



1649-02

3 Conséquences de la variation en fonction du temps des paramètres autres que l'affaiblissement de propagation

Dans le cas des stations ESV, la puissance des brouillages au niveau de l'antenne de réception est soumise aux changements de la puissance de réception, dus au mouvement des stations terriennes d'émission, ainsi qu'aux changements dus à un affaiblissement de propagation qui varie en fonction du temps. On peut aborder les questions des brouillages de longue et de courte durées en adaptant les techniques employées dans d'autres scénarios de partage. Les traitements distincts nécessaires pour analyser les brouillages de courte et de longue durée pour les stations ESV en mouvement sont donnés dans les sous-sections suivantes.

3.1 Analyse des brouillages de courte durée

Les analyses des brouillages de courte durée causés par les stations ESV, bien que plus complexes, ne diffèrent pas de celles qui sont utilisées pour définir la zone de coordination pour une station fixe de réception par rapport aux stations terriennes émettant vers les stations spatiales non OSG. Dans le cas non OSG, seul le gain en direction de l'horizon, G_t , figurant dans l'équation (1), varie avec le temps. La méthode du gain qui varie en fonction du temps (TVG, *time-varying gain*), décrite au § 2.2.1 de la Recommandation UIT-R SM.1448, est proposée comme méthode permettant de compléter ces scénarios (voir aussi la Recommandation UIT-R SF.1485). L'application de cette méthode du gain TVG nécessite la détermination de la distribution cumulée du gain en direction de l'horizon et en direction de la station fixe, qui est dépassé pendant un pourcentage du temps, p_n . Pour chaque pourcentage p_n , le gain associé en direction de l'horizon et la puissance de brouillage admissible, $P_t(p)$, sont employés dans l'équation (1) pour déterminer un affaiblissement minimal

requis qui devrait être dépassé à tout moment sauf pendant un pourcentage p_v du temps, avec la contrainte suivante:

$$p_v = \begin{cases} 100 p/p_n & \text{pour } p_n \geq 2 p \\ 50 & \text{pour } p_n < 2 p \end{cases} \quad \% \quad (6)$$

L'affaiblissement prévu le long du trajet pour un pourcentage p_v du temps doit dépasser cet affaiblissement pour chaque pourcentage p_n à la distance de coordination, lors de la définition de la zone de coordination.

Le cas des stations ESV est plus complexe, en ce sens que le trajet des brouillages causés par la station ESV vers la station fixe varie aussi lorsque le navire se déplace. L'association avec les pourcentages p_n et les gains, G_n , n'est donc pas unique. Pour déterminer les possibilités de brouillage, il est nécessaire de considérer un certain nombre de points le long du contour de navigation de la station ESV comme étant des CCP et d'associer à chacun de ces points un gain en direction de l'horizon de l'antenne d'émission et un pourcentage du temps.

3.2 Analyse des brouillages de longue durée

L'analyse des brouillages de longue durée causés par les stations ESV n'est nécessaire que pour déterminer les possibilités de brouillage. Ce scénario ne diffère pas des scénarios de brouillage espace vers Terre causé par des satellites non OSG aux récepteurs du service fixe, pour lesquels la notion de FDP a été définie. La Recommandation UIT-R F.1108 définit la FDP au moyen de la formule suivante:

$$FDP = \frac{\sum_i f_i I_i}{N_T} = \frac{\text{Puissance moyenne de brouillage}}{N_T} \quad (7)$$

où:

N_T : puissance de bruit équivalente à l'entrée du récepteur (dB(W/B))

B : largeur de bande de référence.

I_i : i -ème niveau de la puissance de brouillage présente à l'entrée du récepteur (dB(W/B))

f_i : fraction du temps pendant laquelle le i -ème niveau de brouillage est présent.

Dans le cas des brouillages causés par des satellites non OSG, il est habituellement supposé que les émissions des satellites se propagent dans des conditions d'espace libre, même si dans certains cas il a été tenu compte d'affaiblissements atmosphériques. Donc, on détermine la dégradation FDP au moyen de l'équation (7) en employant une simulation pour obtenir les valeurs de la puissance de brouillage et la fraction du temps pendant laquelle ces brouillages ont lieu. En analysant les brouillages entre les stations fixes de Terre et les stations terriennes fixes, on emploie habituellement un modèle de propagation tel que celui de la Recommandation UIT-R P.452 qui permet de déterminer l'affaiblissement de propagation. Une démarche composite peut être mise au point au moyen de la Recommandation UIT-R P.452 pour déterminer l'affaiblissement de propagation pour un CCP, qui est dépassé à tout moment sauf pendant 20% du temps. En effectuant un changement d'échelle qui tient compte du fait que l'affaiblissement en espace libre dépend du carré de la distance, on peut déterminer par intégration directe sous une forme analytique la contribution à la dégradation FDP due à l'exploitation le long des parties du trajet d'une station ESV. Afin que la méthode soit plus proche de celle qui est utilisée dans le cas des stations terriennes pour déterminer les possibilités de brouillage, celles-ci seront déterminées à partir de la puissance moyenne de brouillage, le numérateur dans l'équation (7). Cette puissance moyenne peut

être comparée directement avec la valeur admissible des brouillages de longue durée. La démarche est décrite plus complètement au § 4.

4 Analyse détaillée des brouillages de longue durée

Pour analyser les brouillages de longue durée causés par les stations ESV exploitées sur un contour proposé en deçà de la limite de la zone côtière, il faut d'abord diviser le contour de navigation en segments de ligne droite. Les extrémités de ces segments de ligne droite permettent de définir, au moyen de la méthode décrite à l'Annexe 1, l'ensemble des CCP qui sont nécessaires pour déterminer la puissance moyenne de brouillage. Dans les cas où l'axe du lobe principal de l'antenne du service fixe coupe l'un des segments, le point d'intersection est aussi un CCP pour cette station du service fixe. La puissance moyenne de brouillage est obtenue à partir de la somme des contributions de chaque segment du contour de navigation. Selon l'usage et les notations employées dans la Recommandation UIT-R SF.1650, il est supposé qu'un nombre f_{ESV} de navires traversent le contour de navigation par an, chacun à une vitesse constante de v_{ESV} km/h.

Lorsqu'un segment contient une intersection avec un axe du lobe principal de l'antenne du service fixe, la contribution due au passage de la station ESV à travers le lobe principal est susceptible d'être plus importante que la contribution de ce segment à la puissance moyenne de brouillage. Les contributions dues à un passage à travers le lobe principal et au passage à travers un segment sans intersection avec l'axe du lobe principal sont examinées dans les deux sous-sections suivantes, respectivement. La méthode globale permettant de tenir compte de toutes les contributions à la puissance moyenne de brouillage est présentée dans une troisième sous-section.

4.1 Contribution à la puissance moyenne de brouillage due au passage à travers le lobe principal

La Recommandation UIT-R F.699 ou UIT-R F.1245 peut être utilisée pour déduire la forme fonctionnelle du gain d'antenne (dBi) du service fixe sous un angle de φ_d (degrés) par rapport à l'axe de visée:

$$G_r(\varphi_d) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2 \varphi_d^2 \quad \text{pour } \varphi_d < \varphi_{dm}$$

où:

$$\frac{D}{\lambda} = 10^{(G_{max}-7,7)/20} \quad (\text{rapport du diamètre de l'antenne à la longueur d'onde})$$

$$\varphi_{dm} = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{max} - G_1} \quad (\text{angle par rapport à l'axe de visée du premier lobe latéral (degrés)})$$

$$G_1 = 2 + 15 \log(D/\lambda) \quad (\text{gain d'antenne au niveau du premier lobe latéral (dBi)}).$$

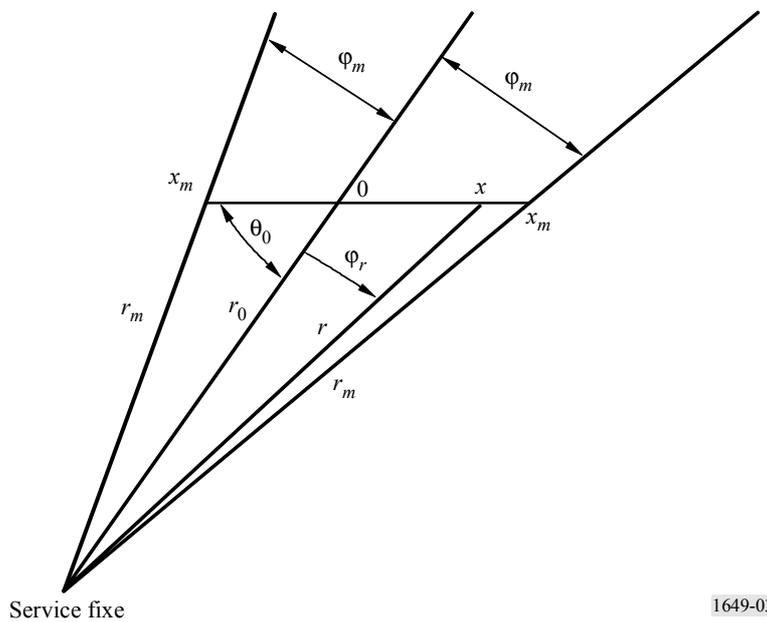
Le taux de gain dans le lobe principal sous un angle de φ_d (degrés) par rapport à l'axe de visée est alors donné par la formule suivante²:

$$g_r(\varphi_r) = g_{max} e^{-\alpha^2 \varphi_r^2} \quad \text{pour } \varphi_r < \varphi_{dm} \quad (8)$$

où:

$$\alpha^2 = \frac{\ln(10)}{10} (2,5 \times 10^{-3}) \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2$$

FIGURE 3
Géométrie du passage d'une station ESV à travers le lobe principal



La géométrie du passage à travers le lobe principal est représentée dans la Fig. 3. Le trajet de navigation de la station ESV suit l'axe x et croise l'axe du lobe principal en $x = 0$ sous un angle θ_0 . Le faisceau principal de l'antenne a une ouverture ($2 \varphi_m$) à -10 dB de moins de 2° pour une antenne dont le gain maximal est de 45 dBi, valeur représentative pour la bande des 6 GHz. L'intersection du lobe principal et du trajet de la station ESV correspond à un intervalle sur l'axe x compris entre x_{-m} et x_m . La puissance de réception (Watt dans la largeur de bande de référence) lorsque la station ESV est déplacée de x km à partir du point où l'axe du lobe principal coupe le trajet de la station ESV, et de r km à partir du récepteur du service fixe, peut s'écrire comme suit:

$$P_{r,x} = \frac{P_t g_{t0} g_{r max}}{\ell_{452} (20) \ell_F} \frac{r_0^2}{r^2} e^{-\alpha^2 \varphi_r^2} \quad (9)$$

² Tout au long du présent exposé, les quantités exprimées en dB, en dBi ou en dBW sont indiquées au moyen de caractères latins majuscules italiques, tandis que ces mêmes quantités, lorsqu'elles sont exprimées en fonction de taux de puissance ou d'unités de puissance, sont représentées par les minuscules de ces mêmes caractères latins italiques avec le même indice. On a donc l'égalité suivante $g_{max} = 10^{G_{max}/10} = e^{G_{max} \ln(10)/10}$.

où:

- p_t : puissance d'émission (W) dans la largeur de bande de référence
- g_{t0} : gain (sous la forme d'un taux) de l'antenne d'émission en direction du récepteur du service fixe lorsque la station ESV traverse le lobe
- $g_{r\ max}$: gain maximal (sous la forme d'un taux) de l'antenne de réception
- ℓ_F : taux d'affaiblissement dans la ligne d'alimentation du système de réception du service fixe
- $\ell_{452}(20)$: taux d'affaiblissement de propagation à l'intersection avec le lobe, tel que calculé dans la Recommandation UIT-R P.452, qui sera dépassé à tout moment sauf pendant 20% du temps
- φ_r : angle par rapport à l'axe du lobe principal (degrés)
- φ_m : angle par rapport à l'axe du lobe principal (degrés), pour lequel le gain de l'antenne de réception est inférieur de 10 dB à sa valeur maximale.

Il convient de noter que l'on suppose que le gain de l'antenne d'émission est constant dans un angle d'ouverture étroit (moins de 2°), et que l'affaiblissement de propagation a été ramené à la distance r .

Puisque la demi-ouverture du faisceau principal est inférieure à 1°, on peut faire l'approximation suivante:

$$r = r_0 + x \cos \theta_0$$

$$\varphi_r = (180/\pi) x \sin \theta_0 / (r_0 + x \cos \theta_0)$$

La valeur moyenne de la puissance de brouillage d'un émetteur, uniformément répartie sur le trajet de x_{-m} à x_m s'écrit comme suit:

$$\overline{p_{r,0}} = \frac{1}{x_m - x_{-m}} \int_{x_{-m}}^{x_m} p_{r,x} \quad dx$$

où $p_{r,x}$ est donné par l'équation (9). En remplaçant la variable d'intégration par φ_r , on obtient:

$$\overline{p_{r,0}} = \frac{p_t g_{t0} g_{r\ max}}{\ell_{452}(20) \ell_F} \frac{2\varphi_m r_0 (\pi/180)}{(x_m - x_{-m}) \sin \theta_0} \left[\frac{1}{2\varphi_m} \int_{-\varphi_m}^{\varphi_m} e^{-\alpha^2 \varphi_r^2} d\varphi_r \right] \quad (10)$$

Le terme entre crochets est le gain moyen relatif à $g_{r\ max}$ (sous la forme d'un taux) du lobe principal mesuré entre des valeurs d'angle pour lesquelles le gain est inférieur de 10 dB à sa valeur maximale. Pour le diagramme de référence d'une antenne conforme à la Recommandation UIT-R F.699 ou UIT-R F.1245, la valeur de cette quantité est 0,565.

On peut convertir la moyenne obtenue à l'aide de l'équation (10) en une puissance moyenne totale sur un an en la multipliant par la fraction de l'année pendant laquelle cette puissance moyenne de brouillage est présente. Le temps en heures nécessaire à un navire pour traverser le lobe principal est $(x_m - x_{-m})/v_{ESV}$. Si le nombre de navires par an qui traversent le lobe principal est f_{ESV} , la

moyenne sur un an de la puissance moyenne totale de brouillage est donnée par la formule suivante³:

$$\tilde{I}_{0,av} = \frac{P_t G_{t0} G_r \max}{\ell_{452}(20) \ell_F} \frac{2\pi\phi_m r_0}{180 v_{ESV} \sin \theta_0} \frac{f_{ESV}}{8\,760} (0,565) \quad (11)$$

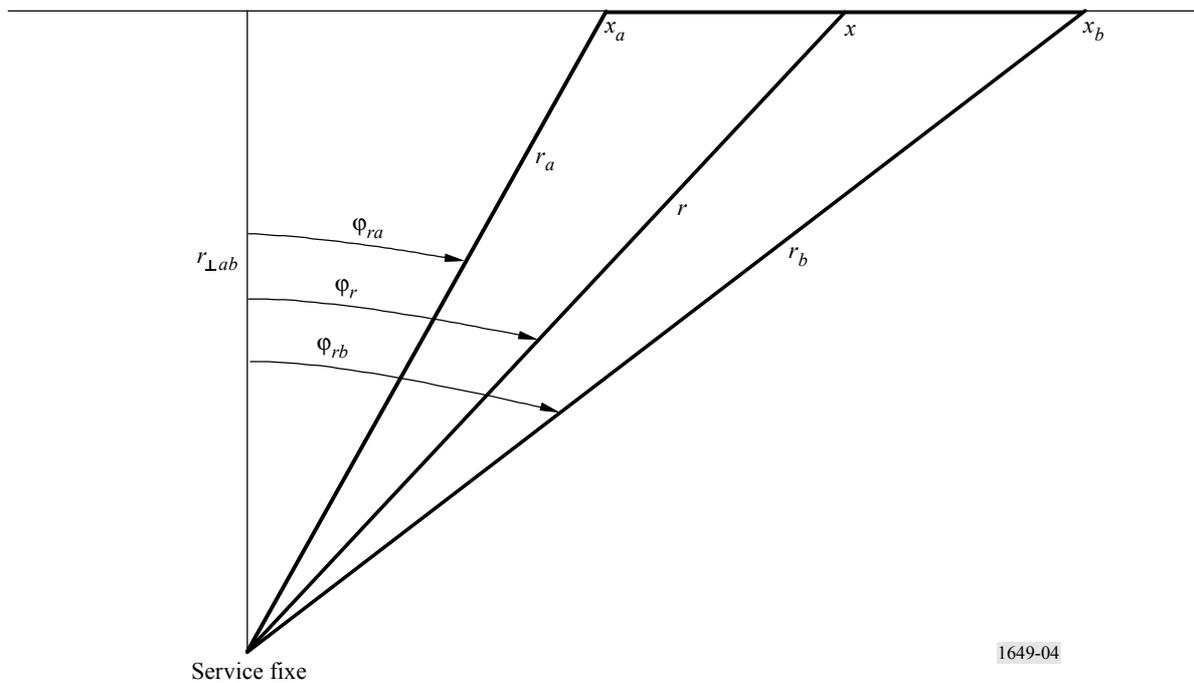
où 8 760 est le nombre d'heures dans une année.

Il convient de noter que la puissance de brouillage de longue durée est sensiblement inférieure à celle qu'aurait une station terrienne ayant les mêmes caractéristiques, qui serait située de façon permanente au point où l'axe du lobe principal de l'antenne du service fixe coupe le trajet de navigation de la station ESV. Par exemple, pour l'angle d'intersection de 90°, qui produit le moins de brouillage, et pour 1 000 passages d'un navire à une vitesse de 5 noeuds (9,261 km/h) à une distance de 20 km, la puissance moyenne de brouillage donnée par l'équation (11) diminuerait de 23,8 dB. Dans la même situation, mais pour un angle d'intersection de 20°, la moyenne ne diminuerait que de 19,1 dB. Evidemment, il serait nécessaire de tenir compte des contributions provenant de l'exploitation des stations ESV sur d'autres parties du trajet parce qu'elles réduiraient encore cette différence (dB). Même si l'on pouvait négliger ces autres contributions, il n'apparaît pas clairement quels critères, parmi ceux qui portent sur les longues durées et ceux qui portent sur les courtes durées, interviendraient dans ce cas, puisque les critères portant sur les courtes durées s'appliqueraient à la puissance de brouillage à l'intersection de l'axe du lobe principal avec le contour de navigation. C'est pour cette raison qu'aussi bien les critères de brouillage de courte durée que ceux de longue durée doivent être appliqués pour les stations ESV en mouvement.

4.2 Contribution à la puissance moyenne de brouillage due au passage à travers un segment sans intersection avec le lobe principal

FIGURE 4

Géométrie du passage d'une station ESV à travers un segment d'un contour de navigation en dehors du lobe principal de l'antenne du service fixe



1649-04

³ Le signe tilde (~) au-dessus du symbole de la puissance moyenne de brouillage sert à rappeler que cette quantité est une puissance, les unités de Watt étant dans la largeur de bande de référence.

La géométrie et les coordonnées qui s'appliquent dans ce cas sont représentées dans la Fig. 4. Le navire traverse un segment du contour de navigation compris entre x_a et x_b . La formulation est semblable à celle de l'équation (9), sauf que la longueur du segment peut être beaucoup plus grande que l'ouverture du faisceau traversée. En conséquence, dans ce cas, le gain en direction de l'horizon de la station ESV est remplacé par sa valeur maximale sous l'azimut pour le récepteur du service fixe, lorsqu'il passe à travers le segment. Alors que le diagramme réel de gain de l'antenne du service fixe a pu être inclus dans une intégration, une démarche plus simple est de supposer que le gain du service fixe (dBi) varie linéairement avec l'azimut entre les valeurs φ_a et φ_b . Il convient de noter que les azimuts dans cette formulation sont mesurés en abaissant une perpendiculaire par la position de la station du service fixe sur la ligne contenant le segment de x_a à x_b . L'approximation linéaire est une méthode prudente en ce sens que les diagrammes de référence du gain d'antenne en dehors du lobe principal sont soit plats soit concaves vers le haut; elle n'affectera pas la précision des résultats parce que la différence entre les gains de l'une des extrémités du segment à l'autre n'est habituellement pas grande. Dès lors, la puissance de réception (en Watt dans la largeur de bande de référence) lorsque la station ESV est sur un tel segment à une distance x de l'intersection entre la perpendiculaire abaissée par la position de la station du service fixe et la ligne contenant le segment est donnée par la formule suivante:

$$p_{r,x} = \frac{p_t g_{t,ab}}{\ell_{452,a}(20) \ell_F} \frac{r_a^2 g_{r\varphi_r}}{r_{\perp ab}^2 + x^2} \quad (12)$$

où:

- p_t : puissance d'émission (W) dans la largeur de bande de référence
- $g_{t,ab}$: taux de gain maximal de l'antenne d'émission en direction du récepteur du service fixe lorsque la station ESV est située entre les points x_a et x_b
- ℓ_F : taux d'affaiblissement dans la ligne d'alimentation du système de réception du service fixe
- $\ell_{452,a}(20)$: taux d'affaiblissement de propagation au point x_a , tel que calculé dans la Recommandation UIT-R P.452, qui sera dépassé à tout moment sauf pendant 20% du temps
- $g_{r\varphi_r}$: gain (sous la forme d'un taux) de l'antenne de réception sous l'azimut φ_r par le point x
- $r_{\perp ab}$: distance entre la station du service fixe et la ligne contenant le segment de x_a à x_b .

Avec l'hypothèse que le gain de l'antenne de réception (dB), varie linéairement de G_a pour φ_{ra} à G_b pour φ_{rb} , le taux de gain $g_{r\varphi_r}$ peut s'écrire comme suit:

$$g_{r\varphi_r} = g_{ra} e^{\frac{\ln(10)}{10} \left(\frac{G_{rb} - G_{ra}}{\varphi_{rb} - \varphi_{ra}} \right) (\varphi_r - \varphi_{ra})} \quad (13)$$

La valeur moyenne sur le segment de la puissance de brouillage $\overline{p_{r,ab}}$ peut être obtenue comme dans l'équation (10) par l'intégration de l'équation (12) sur l'intervalle de x_a à x_b et la division par la

longueur de l'intervalle. En remplaçant la variable d'intégration par φ_r où $x = r_{\perp ab} \operatorname{tg}(\pi\varphi_r/180)$, on obtient:

$$\overline{p_{r,ab}} = \frac{P_t g_{t,ab}}{\ell_{452.a}(20) \ell_F} \frac{\pi r_a^2 (\varphi_{rb} - \varphi_{ra}) \sqrt{g_{ra} g_{rb}}}{180 r_{\perp ab} (x_b - x_a)} \operatorname{sinh}((G_b - G_a) \ln(10)/20) \quad (14)$$

où les angles φ_{ra} et φ_{rb} sont exprimés en degrés:

$$\operatorname{sinh}(x) = \frac{\sinh(x)}{x}$$

Le temps en heures nécessaire à un navire pour traverser ce segment du trajet de navigation d'une station ESV est $(x_b - x_a)/v_{ESV}$. Si le nombre de navires par an qui traversent le lobe principal est f_{ESV} , la moyenne sur un an de la puissance moyenne totale de brouillage pour le segment est donnée par la formule suivante:

$$\tilde{I}_{ab,av} = \frac{P_t g_{t,ab} \sqrt{g_{ra} g_{rb}}}{\ell_{452.a}(20) \ell_F} \frac{\pi r_a^2 (\varphi_{rb} - \varphi_{ra}) f_{ESV}}{180 r_{\perp ab} 8760 v_{ESV}} \operatorname{sinh}((G_{rb} - G_{ra}) \ln(10)/20) \quad (15)$$

La présence dans l'équation (15) du facteur $r_a^2 / \ell_{452.a}(20)$ prouve que ce calcul a débuté par un développement du facteur d'affaiblissement de propagation au point x_a . Si la puissance moyenne de brouillage avait été déterminée à partir du facteur d'affaiblissement de propagation au point x_b , la puissance moyenne de brouillage aurait été la même, sauf en ce qui concerne le remplacement de $r_a^2 / \ell_{452.a}(20)$ par $r_b^2 / \ell_{452.b}(20)$. Si le facteur d'affaiblissement de propagation, dépassé à tout moment sauf pendant 20% du temps, variait inversement avec le carré de la distance, ces deux termes seraient identiques. Une méthode simple permettant de compenser le fait que la variation inverse avec le carré de la distance n'est pas rigoureuse consiste à prendre la moyenne des deux calculs, ce qui donne notamment:

$$\tilde{I}_{ab,av} = \frac{P_t g_{t,ab} \sqrt{g_{ra} g_{rb}}}{2 \ell_F} \frac{\pi (\varphi_{rb} - \varphi_{ra}) f_{ESV}}{180 r_{\perp ab} 8760 v_{ESV}} \left(\frac{r_a^2}{\ell_{452.a}(20)} + \frac{r_b^2}{\ell_{452.b}(20)} \right) \times \operatorname{sinh}((G_{rb} - G_{ra}) \ln(10)/20) \quad (16)$$

4.3 Puissance moyenne totale de brouillage causé par un contour de navigation

Les CCP sont définis au moyen de la division du contour de navigation de la station ESV en segments de ligne droite et de la localisation des positions géographiques des points où les extrémités des segments se rejoignent. Après avoir déterminé les azimuts par chacun de ces points critiques pour un récepteur de service fixe donné, on peut facilement établir si l'axe du lobe principal de l'antenne du service fixe coupe un segment.

S'il n'y a pas d'intersection avec le lobe principal, la valeur moyenne des brouillages possibles peut être déterminée en additionnant les contributions de tous les segments du contour de navigation au moyen de l'équation (16).

S'il y a une intersection entre le lobe principal et l'un des segments, il y aura une, deux ou trois contributions à la valeur moyenne totale des brouillages possibles causés par des exploitations sur le segment concerné. Ces contributions sont ajoutées à la somme partielle obtenue à partir des contributions de chacun des autres segments, comme indiqué dans l'équation (16).

Les trois contributions possibles du segment concerné sont calculées comme suit:

- une contribution correspondant au passage à travers le lobe principal est déterminée au moyen de l'équation (11). Si ce segment est situé entièrement dans le lobe principal de l'antenne du service fixe, il ne contribuera qu'une fois;
- la contribution de la ou des parties de ce segment en dehors du lobe principal de l'antenne du service fixe peut être déterminée au moyen de l'équation (16) après définition du ou des CCP supplémentaires aux bords du lobe principal.

Tout au long du présent exposé, il a été supposé que le gain en direction de l'horizon de l'antenne d'émission de la station ESV ne varie pas beaucoup avec l'azimut. La méthode peut facilement être modifiée de manière à prendre en compte la variation avec l'azimut du gain en direction de l'horizon. Si les gains d'antenne ne présentent pas de maximum pour une position de la station ESV dans un segment, la moyenne qui a été faite au § 4.2 pour le gain de réception peut être appliquée au produit des taux de gain d'émission et de réception. Dans ce cas, l'équation (16) devient l'équation suivante:

$$\tilde{I}_{ab,av} = \frac{P_t \sqrt{g_{ta}g_{ra}g_{tb}g_{rb}}}{2 \ell_F} \frac{\pi(\varphi_{rb} - \varphi_{ra})f_{ESV}}{180 r_{\perp ab} 8760 v_{ESV}} \left(\frac{r_a^2}{\ell_{452.a}(20)} + \frac{r_b^2}{\ell_{452.b}(20)} \right) \times \text{sinch}((G_{tb} + G_{rb} - G_{ta} - G_{ra}) \ln(10)/20) \quad (17)$$

où:

- g_{ta} : taux de gain de l'antenne d'émission en direction du récepteur du service fixe lorsque la station ESV est au point CCP en x_a
- g_{tb} : taux de gain de l'antenne d'émission en direction du récepteur du service fixe lorsque la station ESV est au point CCP en x_b .

Sinon, lorsque le gain de l'antenne d'émission possède un maximum par rapport au récepteur du service fixe lorsque la station ESV passe à travers un segment, tandis que le gain de réception n'en présente pas, on peut obtenir un résultat plus précis en définissant le point sur le segment à l'endroit où un maximum est observé au niveau d'un récepteur donné du service fixe, comme étant un point de contour critique supplémentaire qui peut être utilisé pour déterminer les possibilités de brouillage causé à ce récepteur.

5 Analyse détaillée des brouillages de courte durée

L'analyse détaillée des possibilités de brouillage de courte durée, causé par des stations ESV, diffère sur deux points importants de l'analyse des brouillages de courte durée, employée pour déterminer la distance à partir de la côte au-delà de laquelle les brouillages causés par les stations ESV ne doivent plus être pris en compte. Lors de la détermination de cette distance, l'analyse s'est limitée aux cas où la station ESV croisait l'axe du lobe principal de l'antenne de réception du service fixe. L'analyse s'est encore limitée aux cas où le trajet croisait perpendiculairement l'axe du lobe principal. L'analyse relative aux courtes durées qui est faite dans la présente section tient compte de toutes les possibilités et suivra donc la méthode qui a été décrite à la précédente section.

Pour analyser les possibilités de brouillage de courte durée, causé à un récepteur du service fixe par une station ESV sur son contour de navigation, il est nécessaire de calculer la puissance des brouillages possibles de courte durée provenant des points critiques sur ce contour afin de déterminer le point qui influe sur ces brouillages de courte durée. Dans l'exposé suivant, il sera supposé qu'un seul point critique intervient en ce qui concerne la puissance de brouillage, qui est dépassée pendant un pourcentage donné du temps et peut être comparée à ce que prévoit le critère de brouillage de courte durée. En raison des relations entre les paramètres, une définition du point

influant et de la puissance associée ne peut habituellement pas être donnée directement. Bien que plusieurs démarches soient possibles, celle qui est proposée dans la présente section s'avère être la plus directe.

Dans ce qui suit, par souci de commodité, le point de contour critique défini par l'intersection avec le lobe principal, lorsqu'une telle intersection existe, sera désigné par le numéro 0. Les CCP restants qui sont les points où le contour de navigation change de direction, seront numérotés de 1 à N_{ccp} , selon leur ordre d'apparition le long du contour, N_{ccp} étant le nombre de ces CCP sur le trajet de navigation de la station ESV. En accord avec l'analyse du § 3.1 et conformément à ce qui a été présenté au § 4, la puissance au niveau du récepteur du service fixe (dBW), qui est dépassée pendant p_{ST} % du temps lorsque la station ESV est exploitée à proximité du i -ème CCP est donnée par la formule suivante:

$$I_{ST,i}(p_{ST}) = P_t + G_{t,i} + G_{r,i} - L_F - L_{452,i}(p_{Li}) \quad (18)$$

où:

- p_{ST} : pourcentage du temps pendant lequel le niveau admissible de la puissance des brouillages de courte durée (voir l'équation (3)) peut être dépassé
- P_t : puissance d'émission (dBW) dans la bande de référence
- $G_{t,i}$: gain de l'antenne d'émission en direction du récepteur de service fixe lorsque la station ESV est située au i -ème CCP, $i = 1$ à N_{ccp} (dBi)
- $G_{r,i}$: gain de l'antenne de réception en direction de la station ESV lorsque celle-ci est située au i -ème CCP, $i = 1$ à N_{ccp} (dBi)
- L_F : affaiblissement de la ligne d'alimentation du système de réception du service fixe (dB)
- $L_{452,i}(p_{Li})$: affaiblissement de propagation au i -ème CCP, tel que calculé dans la Recommandation UIT-R P.452, qui sera dépassé à tout moment sauf pendant p_{Li} % du temps, $i = 1$ à N_{ccp} (dB).

Le pourcentage du temps p_{Li} est donné par la formule suivante:

$$p_{Li} = 100 p_{ST} / p_{ESVi} \quad (19)$$

où:

- p_{ESVi} : pourcentage du temps associé à l'exploitation d'une station ESV à proximité du i -ème CCP.

Dans le cas de la traversée du lobe principal, une évaluation directe des valeurs nécessaires est possible. Le pourcentage de temps associé à l'exploitation de la station ESV à proximité de la traversée du lobe principal est le temps nécessaire pour traverser le lobe principal de l'antenne du service fixe à un niveau de gain donné par rapport au gain maximal. Dans la présente Recommandation et dans le § 4, une ouverture à 10 dB a été employée. En toute rigueur, il conviendrait d'utiliser la même ouverture pour la détermination des possibilités de brouillage de courte durée. Avec une ouverture du faisceau à 10 dB, les pourcentages p_{ESV0} se calculent comme suit:

$$p_{ESV0} = 4 \times 10^{-4} \frac{f_{ESV} \Phi_m r_0}{v_{ESV} \sin \theta_0} \quad (20)$$

les symboles ayant été définis lors de l'obtention de l'équation (11).

En employant les équations (18) à (20), on peut déterminer $I_{ST,0}$, la valeur de la puissance au niveau du récepteur du service fixe, qui est dépassée pendant p_{ST} % du temps en raison de l'exploitation de la station ESV dans le lobe principal de l'antenne du service fixe. Bien que certaines zones pouvant

être proches d'un autre point critique sur le trajet de navigation de la station ESV pourraient conduire à une puissance relative aux courtes durées qui serait presque aussi grande pour le même pourcentage du temps, on n'examinera qu'une seule puissance maximale dans le cas le plus défavorable. Une autre solution pourrait consister à répartir le pourcentage admissible de temps, p_{ST} , entre ces CCP.

Afin de déterminer la puissance des brouillages possibles causés par un CCP qui n'est pas situé à l'intersection du lobe principal avec un segment du contour de navigation, on doit d'abord déterminer le pourcentage associé du temps pendant lequel la station ESV fonctionne à proximité de ce point CCP. La méthode la plus directe et la plus prudente consiste à associer à un point CCP donné, la moitié des deux segments d'exploitation adjacents. Donc, si $x_{i,i+1}$ désigne la longueur du segment entre le point CCP numéroté i et un point CCP adjacent numéroté $(i+1)$, le pourcentage du temps associé au point CCP est donné par la formule suivante:

$$p_{ESVi} = \text{La plus petite des valeurs } \frac{f_{ESV}}{87,6v_{ESV}} \frac{(x_{i,i-1} + x_{i,i+1})}{2} \text{ et } 100\% \quad (21)$$

Les valeurs de chacune des puissances de brouillage possibles de courte durée aux points critiques peuvent être déterminées ($i \neq 0$) au moyen des équations (21) et (19) ainsi que (18). La plus grande de ces puissances relatives aux courtes durées est la puissance considérée comme étant influante, qui est à employer en vue de la comparaison avec la puissance admissible de brouillage de courte durée.

6 Résumé

La présente Annexe décrit un ensemble de méthodes permettant de déterminer les possibilités de brouillage des émissions par une station ESV exploitée sur un contour prescrit proche de la terre.

Bien que ces méthodes concernent principalement la bande des 6 GHz, la même démarche peut aussi s'appliquer à la bande des 14 GHz, sur laquelle porte aussi la Résolution 82 (CMR-2000). La qualité des liaisons fixes de service dans la bande des 14 GHz est affectée par les évanouissements dus aux trajets multiples et aux précipitations, et l'importance relative de chacun de ces deux mécanismes dépend du climat radiométéorologique. Les autres facteurs restant inchangés, les conditions de partage sont plus restrictives lorsque l'évanouissement dû aux trajets multiples influe sur la qualité d'une liaison fixe de service. Donc, les méthodes devraient aussi convenir à la bande des 14 GHz.

On trouvera dans la Recommandation UIT-R SF.1650 le tableau des paramètres servant d'indication lors de l'application de la méthode. Les paramètres des stations ESV devraient correspondre aux paramètres en vigueur des systèmes, qui devraient être conformes à ceux de la Recommandation UIT-R S.1428. Les paramètres des liaisons fixes devraient aussi correspondre aux paramètres en vigueur des systèmes. En ce qui concerne les critères de brouillage, on peut aussi se reporter aux Recommandations UIT-R SF.1006 et UIT-R SF.1650.

Annexe 3

Autre méthode de calcul des brouillages causés par des ESV

1 Introduction

La présente Annexe décrit un ensemble de méthodes à l'aide desquelles la méthode présentée à l'Annexe 2 peut être modifiée de manière à pouvoir être appliquée au moyen de techniques de

simulation. Les méthodes peuvent nécessiter un temps de calcul supplémentaire, mais les résultats obtenus sont plus précis.

2 Méthode de simulation

On commence par diviser le contour de navigation en un grand nombre R de petits segments de ligne droite $\Delta\vec{r}_i$ centrés en \vec{r}_i ($I = 1, 2, \dots, R$) et de longueur constante.

A partir de la variante discrète du théorème des probabilités totales, on obtient l'équation suivante:

$$\Pr\{p_{int} > I\} = \sum_{i=0}^R \Pr\{p_{int} > I | (\vec{r}_i - \Delta\vec{r}_i/2, \vec{r}_i + \Delta\vec{r}_i/2)\} \cdot \Pr\{(\vec{r}_i - \Delta\vec{r}_i/2, \vec{r}_i + \Delta\vec{r}_i/2)\} \quad (22)$$

Dans cette équation, $\Pr\{p_{int} > I\}$ est la probabilité de dépassement du niveau I (dBW) de la puissance des brouillages; $\Pr\{p_{int} > I | (\vec{r}_i - \Delta\vec{r}_i/2, \vec{r}_i + \Delta\vec{r}_i/2)\}$ est cette même probabilité, mais soumise à la condition que la station ESV soit située dans l'intervalle $(\vec{r}_i - \Delta\vec{r}_i/2, \vec{r}_i + \Delta\vec{r}_i/2)$; et $\Pr\{(\vec{r}_i - \Delta\vec{r}_i/2, \vec{r}_i + \Delta\vec{r}_i/2)\}$ est la probabilité de l'intervalle sur le contour de navigation. En supposant que la vitesse v_{ESV} de la station ESV reste constante le long du contour de navigation, que le nombre de navires par an passant sur le contour de navigation est f_{ESV} , et puisque tous les intervalles ont une même probabilité, on obtient l'expression suivante:

$$\Pr\{(\vec{r}_i - \Delta\vec{r}_i/2, \vec{r}_i + \Delta\vec{r}_i/2)\} = \frac{f_{ESV} \cdot \Delta t}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{f_{ESV} \cdot \Delta t}{31\,536\,000} \quad (23)$$

où $\Delta t = |\Delta\vec{r}_i|/v_{ESV}$. En combinant les équations (22) et (23), et en rappelant que les segments sont petits, on obtient l'équation fondamentale de la méthode de simulation:

$$\Pr\{p_{int} > I\} \approx \frac{f_{ESV} \cdot \Delta t}{31\,536\,000} \sum_{i=0}^R \Pr\{p_{int} > I | \vec{r} = \vec{r}_i\} \quad (24)$$

L'équation (24) indique que la probabilité $\Pr\{p_{int} > I | \vec{r} = \vec{r}_i\} = p/100$ devrait être évaluée en chaque point \vec{r}_i du contour de navigation, les valeurs partielles additionnées et les résultats multipliés par un facteur d'échelle de manière à fournir la probabilité de dépassement du niveau I (dBW) de la puissance de brouillage. Cette méthode est ensuite réitérée pour tous les niveaux I (dBW) présentant un intérêt. On peut alors écrire, au moyen d'une notation simple:

$$I = P_{iESV} + G_{ESV}(\theta_{ESV}) + G_{FS}(\theta_{FS}) - L_{FS} - L_{P.452,i}(p) \quad (25)$$

Dans l'équation (25), qui est analogue à l'équation (18) de l'Annexe 2, $L_{452,i}(p)$ est l'affaiblissement de propagation le long du trajet des brouillages propres à la station ESV située en \vec{r}_i et au récepteur du service fixe, tel que calculé dans la Recommandation UIT-R P.452. Dans la présente simulation, on inverse l'équation (25) (soit analytiquement, soit numériquement, selon le type de trajet) pour obtenir la valeur de p (%) qui est liée à une valeur donnée de I (dBW) et à une position donnée \vec{r}_i de la station ESV qui est employée dans le membre de droite de l'équation (25).