

RECOMMANDATION UIT-R M.1654*

Méthode d'évaluation des brouillages occasionnés par le service de radiodiffusion par satellite (sonore) aux systèmes de la composante de Terre des IMT-2000 devant utiliser la bande 2 630-2 655 MHz

(Question UIT-R 229/8)

(2003)

Résumé

Cette Recommandation décrit un exemple de méthode d'évaluation des brouillages occasionnés par le SRS (sonore) aux systèmes de la composante de Terre des IMT-2000 devant utiliser la bande 2 630-2 655 MHz. Cette méthode pourrait servir à déterminer l'incidence du SRS (sonore) sur la composante de Terre des IMT-2000 dans le cadre d'un partage de fréquences et au moyen, éventuellement, de gabarits de puissance surfacique. La méthode définit un algorithme que l'on peut utiliser pour calculer un gabarit de puissance surfacique à source unique applicable aux satellites du SRS (sonore) dans un scénario donné (il s'agit de respecter un critère *Isat/Nth* donné, avec une tolérance de 1 dB, en tout point de la Terre). La Pièce jointe 1 à l'Annexe 1 donne un exemple d'application d'une méthode d'évaluation de l'incidence possible, par référence à la réduction de couverture ou à la réduction du diamètre unitaire des cellules. On sait que les brouillages causés à un réseau cellulaire peuvent être évalués par référence à la réduction de la couverture (plus particulièrement dans les réseaux limités en bruit utilisés par exemple dans les zones rurales) ou par référence à la réduction de la disponibilité (plus particulièrement dans les réseaux limités en capacité utilisés par exemple dans les zones urbaines). Les deux approches peuvent d'ailleurs se compléter, et des études additionnelles sont requises à cet égard. Il faudra par ailleurs étudier d'autres méthodes et exemples d'évaluation de l'incidence des brouillages en question. Dans l'application de la présente Recommandation au calcul de valeurs de puissance surfacique pour le partage de fréquences, il y aura lieu de tenir soigneusement compte de tous les paramètres qui interviennent, notamment des contraintes d'exploitation imposées aux systèmes du SRS (sonore) ainsi que des différents scénarios de partage probables avec les IMT-2000. Il convient de noter tout particulièrement qu'au cas où la présente Recommandation serait utilisée pour calculer des limites strictes de puissance surfacique, il ne faudrait pas considérer les cas les plus défavorables. Enfin, du fait que la présente Recommandation porte sur l'évaluation de sources de brouillages satellitaires multiples, il n'est pas conseillé de l'utiliser dans le cadre de la coordination.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que l'on a besoin d'une méthode d'évaluation des brouillages cumulatifs pouvant être occasionnés par le SRS (sonore) à des systèmes de la composante de Terre des IMT-2000 devant utiliser la bande 2 630-2 655 MHz et, s'il y a lieu, de calcul de gabarits de puissance surfacique, et ce, afin de parvenir aux objectifs définis dans les Résolutions 223 (CMR-2000) et 539 (CMR-2000),

* NOTE – Les pays suivants s'opposent à l'approbation de la présente Recommandation et ne sont pas liés par son contenu: Arabie saoudite, Djibouti, Egypte, Emirats arabes unis, Jordanie, Koweït, Maroc, Mauritanie, République arabe syrienne, Tunisie, Yémen.

reconnaisant

- a) que la Résolution 539 (CMR-2000) contient notamment des valeurs seuils provisoires de puissance surfacique applicables aux systèmes du SRS (sonore) utilisant des satellites non OSG dans la bande 2 630-2 655 MHz;
- b) que la Résolution 539 (CMR-2000) invite l'UIT-R à effectuer à temps pour la CMR-03 les études techniques nécessaires relatives au partage de fréquences entre les systèmes du SRS (sonore) et ceux des services de Terre dans la bande 2 535-2 655 MHz en vue de ne pas imposer de contraintes indues à ces services,

recommande

1 d'envisager d'utiliser la méthode décrite à titre d'exemple dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation pour évaluer d'une part les brouillages pouvant être occasionnés par le SRS (sonore) aux systèmes de la composante de Terre des IMT-2000 devant utiliser la bande 2 630-2 655 MHz dans le cadre d'un partage de fréquences, en établissant à cet effet des gabarits de puissance surfacique, et d'autre part l'incidence éventuelle de ces brouillages.

NOTE 1 – La méthode décrite à titre d'exemple dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation pourrait également servir à évaluer les brouillages observés dans un partage de fréquences faisant intervenir un système quelconque du service par satellite dans diverses configurations orbitales, notamment avec l'orbite des satellites géostationnaires ou des orbites fortement inclinées.

Annexe 1

Méthode d'évaluation des brouillages occasionnés par le SRS (sonore) à des systèmes de la composante de Terre des IMT-2000 devant utiliser la bande 2 630-2 655 MHz

1 Hypothèses et scénarios

1.1 Caractéristiques des systèmes

Tous les scénarios considérés comprendront des réseaux à satellite du SRS (sonore) faisant intervenir des stations spatiales sur orbite non OSG, placées sur orbite elliptique fortement inclinée (HEO) et/ou des stations spatiales placées sur l'orbite des satellites OSG, occasionnant des brouillages à des systèmes (stations de base et/ou stations mobiles) de la composante de Terre des IMT-2000. Les § 1.1.1¹ et 1.1.2 spécifient les paramètres requis respectivement concernant les stations des systèmes IMT-2000 de Terre et les systèmes du SRS (sonore) pour évaluer les brouillages cumulatifs occasionnés par le SRS (sonore) à des stations de Terre IMT-2000.

1.1.1 Stations des systèmes de la composante de Terre des IMT-2000

- Caractéristiques du récepteur:
 - niveau de bruit thermique;
 - caractéristique de bruit.

¹ Pour appliquer les Méthodes 2a et 2b visées au § 3.1.2, il serait nécessaire de disposer, concernant les stations des systèmes IMT-2000 de Terre, d'un certain nombre de données spécifiques additionnelles, dont la liste figure dans la Pièce jointe 1.

- Caractéristiques de l'antenne:
 - gain maximal;
 - polarisation;
 - affaiblissement dans la ligne d'alimentation;
 - ouverture du faisceau à 3 dB²;
 - diagrammes de rayonnement vertical et azimutal pour divers angles d'élévation²;
 - inclinaison verticale de l'antenne²;
 - nombre de secteurs².
- Définition du site du récepteur (par exemple, superficie délimitée en latitude et en longitude).

1.1.2 Systèmes du SRS (sonore)

Les diverses caractéristiques de la constellation des systèmes SRS (sonore) susceptibles d'être exploités dans la bande 2630-2655 MHz devront être compatibles avec le nombre estimatif de satellites utilisant les mêmes fréquences et visibles à partir du point considéré de la surface de la Terre. La combinaison pourra comporter des satellites non OSG et/ou des satellites OSG.

- Satellites OSG, par hypothèse également espacés sur l'arc OSG:
 - longitude géographique nominale sur l'orbite des satellites géostationnaires.
- Dans le cas de satellites non OSG HEO, les paramètres suivants doivent être connus:
 - nombre de plans orbitaux, nombre de stations spatiales par plan orbital et nombre de stations spatiales émettant simultanément sur l'arc actif, période de révolution d'une station spatiale;
 - altitude et longitude de l'apogée et du périégée, pour chaque station spatiale;
 - angle d'inclinaison de chaque plan orbital par rapport au plan équatorial de la Terre;
 - extrémités de l'arc actif, pour chaque station spatiale.

Les brouillages occasionnés par les satellites du SRS (sonore) sont modélisés par des gabarits de puissance surfacique en fonction de l'angle d'élévation ($\text{dB}(W/(\text{m}^2 \cdot \text{MHz}))$)³. Au besoin, pour évaluer la discrimination de polarisation, des données devront être fournies sur la polarisation des émetteurs des satellites (dans les équations (1) et (2) du § 3.1.1, paramètre P_i).

Deux types d'analyse sont envisageables, à savoir:

- méthode statique – le satellite est considéré comme fixe (point unique);
- simulation orbitale – on tient compte ici de la variation de position du satellite dans le temps⁴.

² Ne s'applique qu'aux récepteurs de station de base.

³ La modélisation obtenue avec cette méthode peut donner des configurations de brouillage correspondant au cas le plus défavorable pour ce qui est des satellites OSG du SRS (sonore).

⁴ On considère que cette approche, qui certes impose le recours à des outils de simulation plus complexes, donne des résultats plus précis.

2 Présentation des résultats

Les résultats sont exprimés en valeurs du rapport $Isat/Nth$, relevées au niveau de chaque récepteur (dans le cas de récepteurs de stations de base équipées d'antennes sectorielles, on considérera un récepteur par secteur). Il faut tenir compte de ce que, s'agissant des brouillages occasionnés par un système à satellites à un réseau IMT-2000, les effets sont répartis sur d'importantes superficies, et c'est précisément pour cette raison que l'on évalue les brouillages par référence au rapport $Isat/Nth$ ⁵.

On peut également calculer les valeurs du rapport $Isat/Nth$ en fonction de l'incidence combinée sur chaque zone couverte par les secteurs de l'antenne de réception.

Les résultats doivent être exprimés de façon transparente, simple et exhaustive.

3 Méthode de calcul et établissement des résultats

3.1 Evaluation des brouillages occasionnés à une station de base IMT-2000

3.1.1 Calcul des brouillages cumulatifs occasionnés par plusieurs satellites à un récepteur de station de base IMT-2000

Les différentes opérations de calcul du brouillage cumulatif occasionné par plusieurs satellites sont les suivantes:

- on considère un ensemble de satellites non OSG et/ou OSG en orbite circumterrestre;
- on utilise des gabarits de puissance surfacique permettant de modéliser, à la surface de la Terre, les rayonnements émanant de chaque satellite non OSG et/ou OSG;
- on considère une station de base IMT-2000 dotée d'une antenne sectorielle, les caractéristiques suivantes étant connues: latitude, longitude, orientation et angle d'inclinaison;
- on calcule les angles d'azimut, d'élévation et hors axe entre la station de base IMT-2000 et chaque satellite de la constellation considérée;
- on calcule les brouillages cumulatifs, à l'entrée du récepteur, occasionnés par l'ensemble des satellites visibles (c'est-à-dire, dont l'angle d'élévation est positif) et observés dans la bande de fréquences utilisée par le système IMT-2000 de Terre considéré, puis la valeur du rapport $Isat/Nth$ au niveau du récepteur de la station de base IMT-2000 (secteur), pour des valeurs de latitude et de longitude (*lat*, *long*) et d'orientation (*orientation*, *angle d'inclinaison*) données. Le rapport $Isat/Nth$ s'exprime comme suit:

$$\frac{Isat}{Nth} \left(\begin{matrix} lat, long, orientation, \\ angle \text{ d'inclinaison} \end{matrix} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{Nth} \sum_{i=1}^n 10^{(pf d_i(\text{élévation}_i) + G(r_azimut_i, r_élévation_i) + 10 \log(\lambda^2/4\pi) - FL - P_i)/10} \right) \quad (1)$$

⁵ Dans le cas de l'évaluation des brouillages occasionnés à un système IMT-2000, on n'utilise le rapport $C/(N + I)$ que lorsque les brouillages n'affectent qu'un nombre de cellules limité. Cette approche ne convient pas lorsque le système à satellites considéré occasionne des brouillages à un grand nombre de stations relevant de réseaux différents, puisque dans ce cas le niveau de puissance de la porteuse du signal utile varie, selon l'utilisateur, en fonction de divers éléments: heure, charge de trafic, lieu de l'utilisateur, commande de puissance.

avec:

- $I_{sat/Nth}$ (*lat, long, orientation, angle d'inclinaison*): $I_{sat/Nth}$ étant alors la valeur cumulative résultante du rapport pour l'ensemble des rayonnements émanant des stations spatiales visibles relevés dans la largeur de bande du récepteur IMT-2000 considéré (dB)
- $pdf_i(\text{élévation}_i)$: puissance surfacique relevée au niveau de la station IMT-2000 de Terre et rayonnée par une station spatiale visible i du SRS (sonore) (dB(W/(m²· MHz)))
- élévation_i : élévation de la station spatiale i vue de la station de base IMT-2000 (soit l'angle d'arrivée de l'onde incidente de la station spatiale i par rapport à la station de base IMT-2000, au-dessus du plan horizontal) (degrés)
- $G(r_azimut_i, r_élévation_i)$: gain hors axe d'un secteur d'antenne de station de base IMT-2000 en direction de la station spatiale i (dBi)
- r_azimut_i : azimut relatif de la station spatiale i vue du secteur de la station de base IMT-2000 considéré (soit la différence entre l'azimut de la station spatiale i vue de la station de base et l'azimut de l'orientation du secteur de l'antenne de la station de base IMT-2000) (degrés)
- $r_élévation_i$: élévation relative de la station spatiale i (angle d'arrivée de l'onde incidente de la station spatiale i par rapport à la station de base IMT-2000, au-dessus du plan horizontal, plus angle d'inclinaison de la station de base IMT-2000 (une valeur positive indiquant une inclinaison vers le bas)) (degrés)
- λ : longueur d'onde (m)
- FL : affaiblissement d'alimentation du récepteur du système IMT-2000 de Terre (dB)
- P_i : discrimination de polarisation moyenne estimative entre l'antenne d'émission de la station spatiale i et l'antenne de réception de la station de base IMT-2000 (dB)
- n_sat : nombre de satellites
- Nth : bruit thermique du récepteur de la station IMT-2000 de Terre (W/MHz).

Dans l'approche statique, un satellite non OSG de type HEO émet, par hypothèse, lorsqu'il est à son apogée.

Dans l'approche de simulation orbitale, le satellite HEO dont on simule le déplacement sur l'arc actif émet successivement à chaque incrémentation de temps et l'on calcule l'équation (1) pour chaque instant (t), ce qui donne l'équation (2):

$$\frac{Isat}{Nth} \left(\begin{array}{l} lat, long, orientation, \\ angle \text{ d'inclinaison} \end{array} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{Nth} \sum_{i=1}^{n_{sat}} 10^{(pfd_i(élévation_i(t)) + G(r_azimut_i(t), r_élévation_i(t)) + 10 \log(\lambda^2/4\pi) - FL - P_i(t))/10} \right) \quad (2)$$

La notation utilisée dans l'équation (2) est celle de l'équation (1).

La méthode statique permet de représenter sous forme tabulaire ou graphique les valeurs du rapport $Isat/Nth$ relevées au niveau du récepteur du système IMT-2000 de Terre en fonction des différentes valeurs de longitude, de latitude, d'angle d'inclinaison et d'orientation de la station IMT-2000 de Terre dans une distribution donnée de satellites SRS (sonore) dont le rayonnement est conforme au gabarit de puissance surfacique considéré.

La simulation orbitale, quant à elle, donne d'autres informations combinées sur les brouillages reçus en fonction de la durée correspondante, c'est-à-dire du pourcentage de temps pendant lequel on observe une valeur donnée du rapport $Isat/Nth$.

3.1.2 Evaluation des brouillages reçus au niveau d'un site IMT-2000 donné

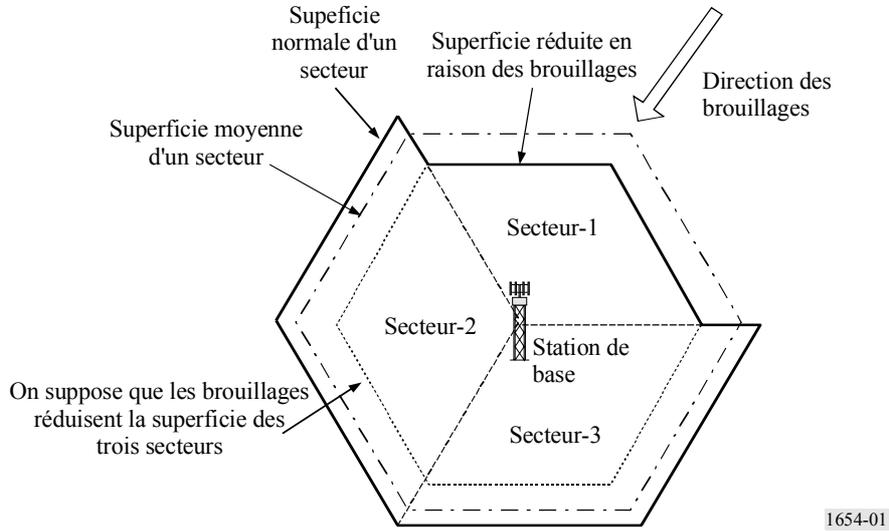
Lorsque l'on a évalué les brouillages reçus au niveau d'un secteur donné d'antenne de système IMT-2000, il peut être intéressant de considérer aussi l'incidence des brouillages observés au niveau de l'ensemble du site du système IMT-2000 considéré, c'est-à-dire compte tenu de l'effet combiné sur chaque zone sectorielle.

L'incidence combinée des brouillages occasionnés par un système à satellites au niveau d'un site donné doit être évaluée compte tenu des contraintes associées au scénario considéré. Par exemple, lorsque l'on s'intéresse particulièrement aux zones rurales, c'est l'effet de réduction de couverture qui est le plus important puisqu'il faudrait, pour compenser les conséquences des brouillages, ajouter des stations de base supplémentaires. Dans ce cas, le seuil de brouillage peut être établi, par référence au rapport $Isat/Nth$, à partir d'une analyse de réduction de couverture. En d'autres termes, il s'agit aussi de déterminer le pourcentage du nombre de stations de base nécessaires pour compenser les effets des brouillages sur un site IMT-2000.

A l'échelle d'une cellule unique, et lorsque l'on utilise des antennes ne dépendant pas de l'azimut, le rapport $Isat/Nth$ ainsi obtenu peut être directement comparé à la valeur donnée par la simulation. Toutefois, si l'on a trois secteurs par cellule et si chaque secteur est doté de son propre récepteur, il faut calculer trois valeurs du rapport $Isat/Nth$.

La Fig. 1 représente graphiquement les principaux éléments qui doivent être pris en compte:

FIGURE 1
Incidence sur une cellule à trois secteurs de brouillages dépendant de la direction



Dans le scénario de la Fig. 1, les brouillages réduisent la superficie couverte par le Secteur 1, mais non pas la superficie couverte par les Secteurs 2 et 3. L'effet réel des brouillages sur une zone étendue dépendrait de la structure cellulaire.

Les lignes qui suivent résument les trois approches proposées pour le calcul des valeurs du rapport $Isat/Nth$:

Méthode 1 (cas le plus défavorable): on part de l'hypothèse d'une structure cellulaire déterminée sur la base d'un espacement minimal des stations de base dans tous les azimuts:

$$\frac{Isat}{Nth} = \max \left\{ \frac{Isat_{secteur1}}{Nth}, \frac{Isat_{secteur2}}{Nth}, \frac{Isat_{secteur3}}{Nth} \right\} \quad (3)$$

avec:

$Isat_{secteur i}/Nth$: valeur du rapport $Isat/Nth$ pour le secteur i .

Méthode 2a (moyenne): on calcule la réduction moyenne de couverture pour les trois secteurs, et on détermine sur cette base la valeur du rapport $Isat/Nth$, ce qui revient à supposer que la structure cellulaire optimise le réseau de telle sorte que la distance entre stations de base varie en azimut de façon à compenser exactement l'effet des brouillages:

$$\Delta A_{cellule} \left(\frac{Isat}{Nth} \right) = \frac{1}{3} \left(\Delta A_{secteur1} \left(\frac{Isat_{secteur1}}{Nth} \right) + \Delta A_{secteur2} \left(\frac{Isat_{secteur2}}{Nth} \right) + \Delta A_{secteur3} \left(\frac{Isat_{secteur3}}{Nth} \right) \right) \quad (4)$$

où $\Delta A_{cellule}$ est la superficie moyenne d'une cellule sur le site en présence de brouillages, c'est-à-dire la combinaison des trois superficies sectorielles $\Delta A_{secteur1}$, $\Delta A_{secteur2}$ et $\Delta A_{secteur3}$, correspondant respectivement aux superficies sectorielles des cellules 1, 2 et 3 en présence des composantes de brouillage $Isat_{secteur1}$, $Isat_{secteur2}$ et $Isat_{secteur3}$. La méthode de calcul détaillée est exposée dans l'Appendice 1.

Méthode 2b (moyenne pondérée): La structure cellulaire prise pour hypothèse est une structure intermédiaire entre les valeurs les moins favorables et les meilleures valeurs, et l'on calcule la réduction moyenne pondérée de couverture sur les trois secteurs pour obtenir un rapport $Isat/Nth$ ajusté (voir également la Pièce jointe 1):

$$\Delta A_{cellule} \left(\frac{Isat}{Nth} \right) = \frac{h}{3} \left(\Delta A_{secteur1} \left(\frac{Isat_{secteur1}}{Nth} \right) + \Delta A_{secteur2} \left(\frac{Isat_{secteur2}}{Nth} \right) + \Delta A_{secteur3} \left(\frac{Isat_{secteur3}}{Nth} \right) \right) \quad (5)$$

où h , réduction moyenne pondérée, est obtenue par comparaison des valeurs minimales et des valeurs maximales calculées par application de la Méthode 1 et de la Méthode 2a. On obtient en général pour h une valeur d'environ 1,7.

3.1.3 Discrimination de polarisation

Lorsque les antennes des stations de base IMT-2000 présentent une polarisation (par exemple, linéaire) différente de celle des systèmes SRS (sonore) (par exemple, circulaire), il peut y avoir discrimination de polarisation dans les cas de couplage de faisceau principal à faisceau principal entre l'antenne de la station de base IMT-2000 et l'antenne de la station spatiale du SRS (sonore) (jusqu'à 3 dB). Dans les configurations de couplage entre lobe latéral et lobe principal, on peut également observer une certaine discrimination de polarisation mais cette question n'a pas encore été étudiée de façon détaillée par l'UIT-R (on peut, par hypothèse, adopter une valeur moyenne inférieure à 1,5 dB).

3.1.4 Affaiblissement additionnel

Lorsqu'on applique la méthode à l'évaluation des brouillages occasionnés à des systèmes IMT-2000 de Terre faisant intervenir des récepteurs ou des stations de base situées à l'intérieur de bâtiments, les signaux rayonnés par les satellites peuvent être occultés dans certains cas et l'on peut alors tenir compte d'un affaiblissement additionnel dans les conditions du § 3.1.1 (par exemple, affaiblissement de pénétration dans les bâtiments).

3.2 Evaluation des brouillages occasionnés à une station mobile IMT-2000

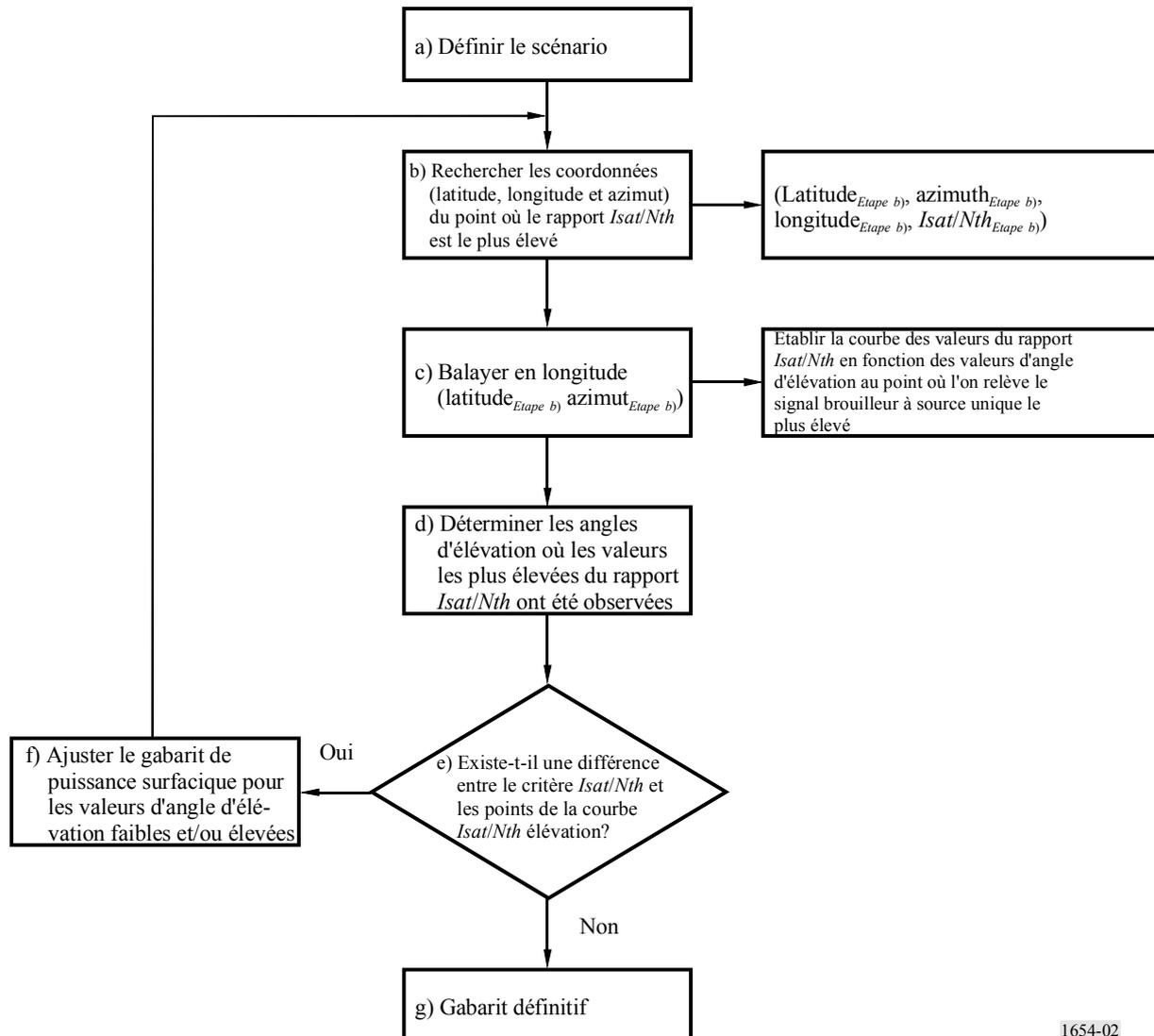
On peut utiliser la méthode décrite précédemment aux § 3.1.1, 3.1.3 et 3.1.4 pour évaluer les brouillages occasionnés à des stations mobiles IMT-2000, en tenant compte du caractère omnidirectionnel des antennes et du fait que les valeurs de niveau de bruit des récepteurs sont différentes.

3.3 Algorithme de calcul des gabarits de puissance surfacique pour des sources uniques

On peut utiliser l'algorithme de la Fig. 2 pour calculer un gabarit de puissance surfacique pour une source unique correspondant à un système à satellites du SRS (sonore) dans un scénario donné et en fonction d'un critère $Isat/Nth$ donné, avec une tolérance de 1 dB, en tout point de la Terre. On suppose alors que tous les signaux rayonnés par les satellites sont modélisés avec le même gabarit de puissance surfacique, mais, en principe, l'algorithme pourrait être adapté à différents points de rupture et à différents gabarits de puissance surfacique, pour satellite non OSG ou pour satellite OSG.

FIGURE 2

Suite des opérations de l'algorithme de calcul d'un gabarit de puissance surfacique pour une source unique



1654-02

Les étapes de calcul sont les suivantes:

Etape a): Définir le scénario – Constellation SRS (sonore), gabarit de puissance surfacique utilisé pour le premier essai, caractéristiques du système de la composante de Terre IMT-2000 – diagramme de gain, gain maximal, affaiblissement d'alimentation, caractéristique de bruit, angle d'inclinaison de l'antenne, etc. Il faut par ailleurs définir le critère *Isat/Nth* qui, pour l'Etape e, servira à localiser la partie du gabarit de puissance surfacique pouvant être ajustée.

Etape b): Rechercher les coordonnées (latitude, longitude et azimuth) du point où le rapport *Isat/Nth* est le plus élevé – On considère ici toutes les combinaisons possibles de latitude, longitude et azimuth. Les points de mesure sont également répartis en latitude et en longitude, et l'on fait ensuite varier l'azimut de l'antenne de la station de base entre 0 et 360°. On calcule ensuite le brouillage rayonné en direction de l'antenne avec l'équation (1).

Lorsque l'antenne n'est pas indépendante de l'azimut, la station est dotée de deux antennes additionnelles, pointant à respectivement $\pm 120^\circ$ par rapport à la première antenne. On calcule le rapport $Isat/Nth$ ajusté pour tous les secteurs de la station de base avec la Méthode 2b.

La simulation donne la valeur calculée la plus élevée du rapport $Isat/Nth$, la latitude et la longitude du lieu correspondant et l'azimut de l'antenne qui a rayonné cette valeur maximale du rapport $Isat/Nth$ (latitude_{Etape b}, azimut_{Etape b}, longitude_{Etape b}, $Isat/Nth_{Etape b}$).

Notons que dans le cas d'antennes indépendantes de l'azimut (et dans le cas d'une station mobile), il n'est pas nécessaire de balayer en azimut.

Etape c): Balayer en longitude (latitude_{Etape b}, azimut_{Etape b}). On configure une station située à la latitude_{Etape b} avec une antenne pointant en direction de l'azimut_{Etape b}. Lorsque la station de base est dotée d'antennes dépendant de l'azimut, il faut ajouter deux antennes secteur additionnelles pointées respectivement à $\pm 120^\circ$ par rapport à l'antenne qui subit le brouillage le plus élevé.

On calcule de nouveau les brouillages reçus par chaque secteur avec l'équation (1) puis, au besoin, en appliquant la Méthode 2b, l'incidence sur la station de base pour les trois secteurs ensemble.

On obtient la courbe représentative des valeurs ajustées cumulatives du rapport $Isat/Nth$ en fonction de l'angle d'élévation du satellite qui est à l'origine du brouillage à source unique le plus élevé reçu dans le secteur qui subit les niveaux de brouillage les plus importants⁶.

Etape d): On considère le graphe $Isat/Nth$ /angle d'élévation pour repérer une différence éventuelle⁷ entre les niveaux calculés du rapport $Isat/Nth$ et la valeur retenue comme critère.

Etape e): Lorsqu'il apparaît que la valeur maximale du rapport $Isat/Nth$ dans l'arc $0^\circ-5^\circ$ et/ou l'arc $25^\circ-90^\circ$ est inférieure ou supérieure au critère d'au moins 1 dB, on passe à l'Etape f. Lorsque les valeurs maximales du rapport $Isat/Nth$ dans l'arc $0^\circ-5^\circ$ et dans l'arc $25^\circ-90^\circ$ ne diffèrent pas du critère de plus de 1 dB, on passe directement à l'étape suivante.

Etape f): On ajuste le gabarit de puissance surfacique soit dans l'arc des faibles angles d'élévation ($0^\circ-5^\circ$) soit dans l'arc des angles d'élévation élevés ($25^\circ-90^\circ$), ou dans ces deux fourchettes, et l'on revient à l'Etape b. On suppose que les valeurs de puissance surfacique sont exprimées en nombres entiers (dB).

Etape g): On obtient ainsi le gabarit de puissance surfacique qui répond au critère $Isat/Nth$ à ± 1 dB près.

⁶ Lorsque la procédure désigne plus d'une station spatiale (par exemple, lorsque deux stations spatiales sont visibles de l'antenne de la station de base du système IMT-2000, et que ces deux stations spatiales rayonnent en direction de l'antenne de cette station de base des signaux brouilleurs de même valeur élevée), il suffit de ne considérer que l'une de ces deux stations spatiales pour la suite des opérations de l'algorithme.

⁷ La différence (dB) peut être positive (rapport $Isat/Nth$ calculé inférieur à la valeur retenue comme critère) ou négative (valeur calculée supérieure au critère).

Appendice 1 à l'Annexe 1

Calcul des effets des brouillages sur la couverture cellulaire d'un système de la composante de Terre des IMT-2000 par application des Méthodes 2a et 2b du § 3.1.2 dans le cas d'un système AMRC large bande

1 Description générale

Les lignes qui suivent exposent l'algorithme de calcul des niveaux du rapport I_{sat}/N_{th} propres à assurer la protection des systèmes de la composante de Terre des IMT-2000 contre les brouillages des systèmes du SRS (sonore) en fonction d'une valeur du rapport I_{sat}/N_{th} retenue comme critère. On considère ici des systèmes IMT-2000 de Terre fonctionnant en AMRC. L'utilisation d'autres technologies appellera éventuellement un complément d'étude.

Le calcul est fondé sur les hypothèses suivantes:

- les brouillages sont particulièrement gênants dans les environnements limités en couverture;
- on considère comme exemple d'environnement particulièrement sensible en la matière le cas d'une liaison en zone rurale, avec faible charge de trafic;
- en zone rurale, la hauteur d'installation type d'une station de base est de 30 m;
- on utilise un modèle de propagation adapté aux régions rurales;
- on définit une perte de couverture acceptable ($\Delta A_{cellule}$) ou un seuil d'accroissement imposé du nombre de stations de base ($BS_{augmentation}$).

L'algorithme repose par ailleurs sur les deux hypothèses suivantes:

- 1) Pour les niveaux de trafic correspondant à une cellule type de configuration à faible charge en zone rurale, on calcule un facteur de charge en liaison montante et l'augmentation consécutive du bruit (dB);
- 2) Compte tenu de ce facteur de charge, et avec le modèle de propagation adapté aux zones rurales, on calcule la perte de couverture que donneraient diverses valeurs du rapport I_{sat}/N_{th} , ce qui permet d'établir un tableau de conversion des valeurs de perte de couverture de cellule $\Delta A_{cellule}$ calculées avec la Méthode 2a ou la Méthode 2b en valeurs ajustées du rapport I_{sat}/N_{th} .

Les paragraphes suivants décrivent la suite d'opérations.

2 Liaison montante

Opération 1: Calcul de l'augmentation du bruit sur la liaison montante AMRC

On décrit ci-après l'algorithme de calcul de l'augmentation du bruit sur la liaison montante (du bruit thermique au bruit du système) qui servira de référence dans le cas d'une cellule à faible charge en zone rurale. L'équation de calcul de l'augmentation du bruit sur la liaison montante (UL, *uplink*) s'écrit:

$$\text{Augmentation du bruit } (n_i) = \frac{I_{total}}{P_N} = \frac{1}{1 - \eta_{UL}} \quad \text{dB} \quad (6)$$

avec:

I_{total} : puissance totale du brouillage large bande entre cellules ou dans une cellule (dB(W/MHz))

I_{total} : puissance de bruit (dB(W/MHz))

η_{UL} : facteur de charge de la liaison montante, donné par:

$$\eta_{UL} = (E_b/N_0) \frac{RN}{W} v (1 + i) \quad (7)$$

avec:

E_b/N_0 : énergie par bit, divisée par la densité spectrale de bruit requise pour obtenir la qualité de service demandée

R : débit binaire moyen (Mbit/s)

N : nombre d'utilisateurs par cellule

W : débit d'élément AMRC (Mélément/s)

v : facteur d'activité (pourcentage de temps moyen pendant lequel l'émetteur est actif)

i : rapport de brouillage relatif cellule extérieure/cellule considérée.

Pour un rapport E_b/N_0 , un facteur d'activité et un rapport brouillage externe/brouillage interne donné, on peut faire varier le débit de cellule, RN , en fonction du facteur de charge calculé pour la liaison montante et donc de l'augmentation du bruit.

Les valeurs des paramètres sont par hypothèse les suivantes:

TABLEAU 1

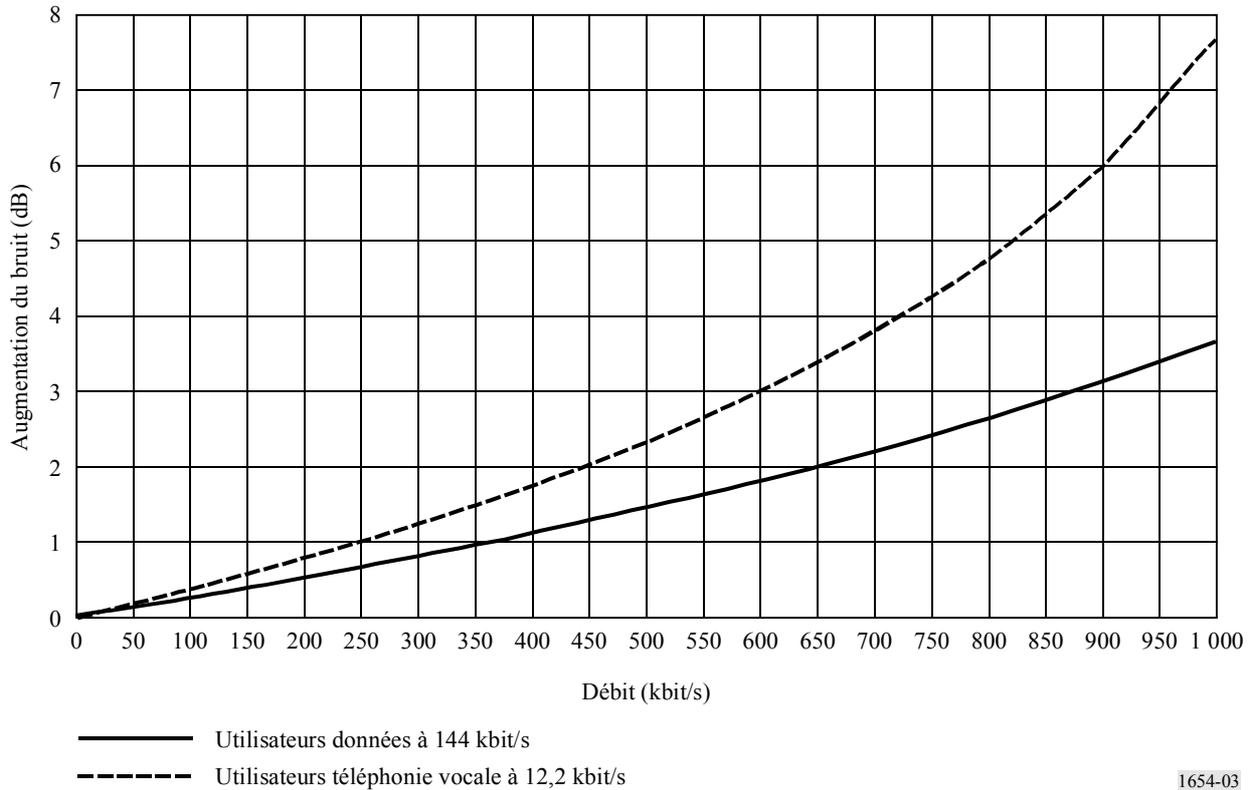
**Exemple de valeurs de paramètres pour la liaison montante
d'un système IMT-2000 AMRC large bande de Terre**

Données		
Type de trafic	Voix	Données
Débit binaire moyen R (Mbit/s)	0,0122	0,144
E_b/N_0 requis (dB)	5,0	1,5
Facteur d'activité, v	0,67	1
Rapport entre le brouillage dans la cellule considérée et le brouillage dans une autre cellule, i , dans le cas d'une antenne omnidirectionnelle de macro cellule (%)	55	55
Débit d'éléments, AMRC W (Mélément/s)	3,84	3,84

Diverses représentations graphiques du bruit en fonction du débit d'une cellule ont été établies à partir de ces paramètres.

FIGURE 3

Augmentation du bruit sur la liaison montante d'un système AMRC en fonction du débit de données



1654-03

Des augmentations du bruit de respectivement 0,5, 1,0 ou 2,0 dB correspondent au nombre d'utilisateurs suivants:

TABLEAU 2

Augmentation du bruit en fonction du nombre d'utilisateurs

Augmentation du bruit, n_i (dB)	0,5	1,0	2,0
Utilisateurs téléphonie vocale	10,7	20,5	36,5
Utilisateurs données, 144 kbit/s	1,3	2,5	4,5
Facteur de charge, liaison montante	0,1	0,2	0,4

Dans le cas de cellules faiblement chargées – par exemple dans une zone rurale – le trafic peut consister simplement en quelques communications de téléphonie vocale et une seule communication de données. Dans ce cas, l'augmentation du bruit serait très faible – comprise entre 0,5 et 1,0 dB. On peut aussi envisager une valeur de 2 dB – mais on s'écarterait alors sensiblement de l'hypothèse d'une cellule faiblement chargée en zone rurale.

Opération 2: Calcul de la perte de couverture

Dans le cas de cellules limitées en couverture, par exemple dans un contexte rural, le brouillage a pour effet de réduire la portée de la cellule. Il y a dégradation de l'affaiblissement de propagation, ΔL dans le bilan de la liaison:

$$\Delta L = 10 \log_{10} \left(1 + 10^{(I_{sat}/N_{th})/10} \right) \quad (8)$$

ici, le bruit total N est dépendant du bruit thermique, N_{th} , tandis que le bruit découlant du brouillage (dans une cellule et entre cellules) dans le système AMRC, N_{sys} , s'écrit:

$$N = N_{th} + N_{sys} \quad (9)$$

Nous avons calculé l'augmentation du bruit, n_i , (du bruit thermique au bruit total) de sorte que l'équation (8) peut s'écrire:

$$\Delta L = 10 \log_{10} \left(1 + 10^{((I_{sat}/N_{th}) - n_i)/10} \right) \quad (10)$$

La réduction de marge de propagation, L , peut être convertie en une réduction de portée utile, D , à l'aide d'un modèle de propagation approprié, par exemple du modèle de Hata pour des environnements en espace libre avec une hauteur de station de base de 30 m:

$$L = 106,2 + 35,2 \log_{10} D \quad (11)$$

Ainsi, la variation de portée, ΔD , pour une dégradation donnée de l'affaiblissement de propagation s'exprime comme suit:

$$\Delta D = 10^{-\Delta L/35,2} \quad (12)$$

Puisque la variation de superficie couverte, ΔA , est proportionnelle au carré de la variation de la distance utile, on a:

$$\Delta A = \left(10^{-\Delta L/35,2} \right)^2 \quad (13)$$

Par combinaison des équations (8) et (13), on obtient:

$$\Delta A \left(\frac{I_{sat}}{N_{th}} \right) = \left\{ 1 + 10^{((I_{sat}/N_{th}) - n_i)/10} \right\}^{-20/35,2} \quad (14)$$

Dans la Méthode 2a et la Méthode 2b, on appliquera l'équation (14) pour évaluer la réduction de portée dans chaque secteur d'une cellule ou d'un site de base IMT-2000. Dans le cas d'un site de station de base IMT-2000 à trois secteurs, la réduction globale de couverture de la cellule/du site s'obtient en faisant la moyenne des résultats obtenus pour chaque secteur distinct de la cellule (voir équations (4) et (5) au § 3.1.2 de l'Annexe 1).

L'augmentation du nombre de stations de base requis varie en fonction de la diminution de superficie résultant du brouillage. On a:

$$BS_{augmentation} = \frac{NombreBS_{AvecBrouillage}}{NombreBS_{SansBrouillage}} \quad (15)$$

Nombre de stations de base requis:

$$NombreBS_{SansBrouillage} = \frac{SuperficieTotale}{ZoneSBMoyenne_{SansBrouillage}} \tag{16-1}$$

$$NombreSB_{AvecBrouillage} = \frac{SuperficieTotale}{ZoneSBMoyenne_{AvecBrouillage}} \tag{16-2}$$

Lorsque la zone de couverture d'une station de base diminue de ΔA , le nombre de stations de base augmente proportionnellement à l'inverse de ce facteur.

On peut calculer pour diverses valeurs de $Isat/Nth$ et de n_i , la réduction de zone de couverture induite et donc le nombre de stations de base additionnelles requis (voir la Fig. 4 et le Tableau 3). Le Tableau peut servir, la réduction de couverture globale d'une cellule/d'un site IMT-2000 étant connue, à obtenir les valeurs du rapport $Isat/Nth$ ajustées selon les Méthodes 2a et 2b.

FIGURE 4
Effet, sur la zone de couverture d'une station de base et pour un rapport $Isat/Nth$ donné, d'une augmentation du bruit de 0, 5, 1 et 2 dB

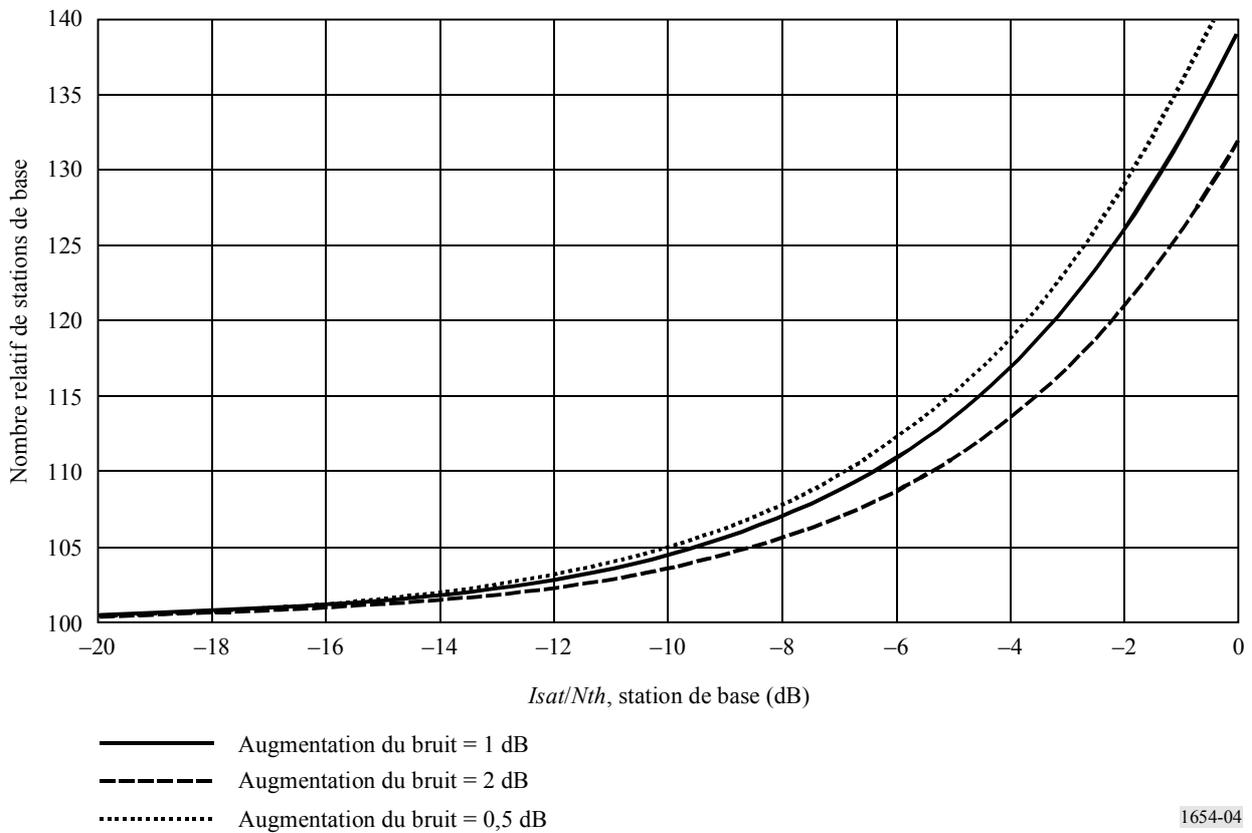


TABLEAU 3

Relation entre le rapport I_{sat}/N_{th} et la réduction de couverture d'une station de base

I_{sat}/N_{th} (dB)	Augmentation du bruit = 0,5 dB		Augmentation du bruit = 1,0 dB		Augmentation du bruit = 2,0 dB	
	Nombre de stations de base requis	Perte de couverture (%)	Nombre de stations de base requis	Perte de couverture (%)	Nombre de stations de base requis	Perte de couverture (%)
-100	100		100		100	
-20	100,5	0,5	100,5	0,5	100,4	0,4
-19	100,6	0,6	100,6	0,6	100,5	0,5
-18	100,8	0,8	100,7	0,7	100,6	0,6
-17	101,0	1,0	100,9	0,9	100,7	0,7
-16	101,3	1,3	101,1	1,1	100,9	0,9
-15	101,6	1,6	101,4	1,4	101,1	1,1
-14	102,0	2,0	101,8	1,8	101,4	1,4
-13	102,5	2,5	102,2	2,2	101,8	1,8
-12	103,2	3,2	102,8	2,8	102,2	2,2
-11	104,0	4,0	103,5	3,5	102,8	2,8
-10	105,0	5,0	104,4	4,4	103,5	3,5
-9	106,2	6,2	105,6	5,6	104,4	4,4
-8	107,8	7,8	107,0	7,0	105,6	5,6
-7	109,7	9,7	108,7	8,7	107,0	7,0
-6	112,2	12,2	110,9	10,9	108,7	8,7
-5	115,2	15,2	113,6	13,6	110,9	10,9
-4	118,8	18,8	116,9	16,9	113,6	13,6
-3	123,3	23,3	121,0	21,0	116,9	16,9
-2	128,9	28,9	126,0	26,0	121,0	21,0
-1	135,5	35,5	132,0	32,0	126,0	26,0
0	143,6	43,6	139,4	39,4	132,0	32,0