

## RECOMMANDATION UIT-R S.353-8

**PUISSANCE DE BRUIT ADMISSIBLE DANS LE CIRCUIT FICTIF DE RÉFÉRENCE  
POUR LA TÉLÉPHONIE À MULTIPLEXAGE PAR RÉPARTITION EN FRÉQUENCE  
DANS LE SERVICE FIXE PAR SATELLITE**

(Question UIT-R 27/4)

(1963-1966-1970-1978-1982-1986-1990-1992-1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que le circuit fictif de référence est destiné à servir de guide à ceux qui conçoivent et réalisent les systèmes utilisés dans la pratique;
- b) que les frais d'établissement et de maintenance de systèmes du service fixe par satellite dépendent étroitement de la qualité de fonctionnement requise au point de vue du rapport signal/bruit global;
- c) que la puissance totale du bruit sur le circuit fictif de référence ne doit pas gêner sensiblement la conversation dans la plupart des communications téléphoniques, ni la transmission de la signalisation téléphonique;
- d) qu'il peut être nécessaire de prendre en compte l'évanouissement dû aux phénomènes météorologiques, la pluie notamment;
- e) que les spécifications de la disponibilité des circuits se trouvent dans la Recommandation UIT-R S.579;
- f) qu'il peut exister d'autres sources de bruit de courte durée;
- g) les informations contenues dans les Annexes 1 et 2,

*recommande*

**1.** que la puissance du bruit en un point de niveau relatif zéro dans n'importe quelle voie téléphonique du circuit fictif de référence défini dans la Recommandation UIT-R S.352 ne dépasse pas les valeurs provisoires ci-après:

**1.1** 10 000 pW<sub>0p</sub>, puissance psophométrique moyenne, pendant une minute, pendant plus de 20% d'un mois quelconque;

**1.2** 50 000 pW<sub>0p</sub>, puissance psophométrique moyenne, pendant une minute, pendant plus de 0,3% d'un mois quelconque;

**1.3** 1 000 000 pW<sub>0</sub>, puissance non pondérée (avec un temps d'intégration de 5 ms) pendant plus de 0,01% d'une année quelconque;

**2.** que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la Recommandation.

*Note 1* – Les bruits intérieurs à l'équipement de multiplexage par répartition en fréquence sont exclus de ce qui précède. Pour la téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence, l'équipement nécessaire au transfert de la bande de base du satellite, à partir du niveau de multiplexage requis pour l'interconnexion à une liaison de Terre ou pour aboutir à ce niveau, introduit un bruit dont la valeur s'ajoute aux valeurs ci-dessus. Lorsque l'on considère la qualité d'une communication globale, le bruit introduit par cet équipement doit être ajouté aux valeurs indiquées au § 1. La contribution de bruit autorisée par l'UIT-T pour l'équipement de multiplexage est spécifiée au § 4 de la Recommandation UIT-T G.222.

*Note 2* – On admet que les pointes de bruit et les clics dus aux dispositifs d'alimentation et aux appareils de commutation (y compris la commutation de satellite à satellite) sont réduits à des proportions négligeables et que l'on n'en tiendra pas compte dans les calculs de bruit.

*Note 3* – Lorsqu'on applique la notion de circuit fictif de référence et la notion de bruit admissible de circuit dans la conception de l'équipement des satellites et des stations terriennes pour une certaine valeur du rapport signal/bruit global, il convient d'utiliser, le cas échéant, les caractéristiques préférées par l'UIT-R, telles qu'elles sont exposées dans ses Recommandations; dans les cas où plusieurs valeurs sont recommandées, l'ingénieur qui conçoit le système indique la valeur qu'il a choisie; en l'absence de valeurs préférées, il indique les hypothèses qu'il a faites.

*Note 4* – Pour la téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence, on admettra que le signal dans la bande de base, au cours de l'heure chargée, peut être représenté par un signal à spectre uniforme, dont le niveau absolu de puissance, en un point de niveau relatif zéro, est  $-15 + 10 \log N$  (dBm) pour 240 voies ou plus, et  $-1 + 4 \log N$  (dBm)\* quand le nombre de voies est compris entre 12 et 240,  $N$  étant le nombre de voies. Ces formules s'appliquent uniquement aux signaux dans la bande de base, sans préaccentuation, et avec utilisation d'amplificateurs ou de répéteurs indépendants pour les deux sens de transmission. Pour plus de renseignements sur la charge conventionnelle, en particulier dans le cas d'un répéteur commun aux deux sens de transmission, voir la Recommandation UIT-T G.223.

\* On estime que ces formules fournissent une bonne approximation pour le calcul du bruit d'intermodulation quand  $N \geq 60$ . Toutefois, pour des systèmes à petit nombre de voies, les résultats de mesures effectuées avec un bruit erratique à spectre uniforme sont plus éloignés de la réalité, en raison de la grande différence qui existe entre la nature du signal réel et celle du signal de mesure.

*Note 5* – Des compresseurs-extenseurs sont parfois utilisés pour obtenir une qualité de transmission considérée comme équivalant à celle décrite au § 1.1 ci-dessus en raison de valeurs de gain caractéristiques de l'ordre de 10 dB pour des signaux à fréquences vocales.

*Note 6* – La puissance de bruit indiquée au § 1 ci-dessus devrait inclure les bruits dus aux brouillages (voir les Recommandations UIT-R SF.356 et UIT-R S.466) et les bruits qui résultent de l'absorption atmosphérique et de l'augmentation de la température de bruit due à la pluie. Dans certains cas, par exemple, sur des liaisons de très grande longueur et à des angles d'élévation faibles, où on a besoin de marges plus grandes, des bruits supplémentaires pourront entraîner un léger dépassement des objectifs généraux. On ne doit pas s'en inquiéter outre mesure, pourvu que les dispositions de la Recommandation UIT-T G.222, § 2.6, soient respectées.

*Note 7* – La valeur donnée au § 1.3 peut être parfois dépassée en raison de brouillages causés par la présence du Soleil dans le faisceau de l'antenne, mais on suppose que ce bruit entraîne l'indisponibilité du circuit. Des renseignements détaillés à ce sujet figurent à l'Appendice 2 de la Recommandation UIT-R S.733.

*Note 8* – Les objectifs fixés dans la présente Recommandation sont des objectifs de qualité distincts des objectifs de disponibilité.

*Note 9* – Il peut être nécessaire de prendre des mesures spéciales concernant la qualité des liaisons intersatellites. L'ampleur de ces mesures reste à étudier.

*Note 10* – Les courtes interruptions (de moins de 10 s) seront considérées comme équivalant au cas où la puissance de bruit d'un circuit dépasse  $10^6$  pW0 (valeur non pondérée).

*Note 11* – Il est souhaitable que les projets de systèmes soient établis d'après des données de propagation portant sur une période d'au moins quatre ans. Il convient que la qualité qu'il est recommandé d'obtenir «pendant une année quelconque» soit fondée sur des statistiques de propagation cumulées établies pour toutes les années complètes pour lesquelles on dispose de données fiables. La qualité qu'il est recommandé d'obtenir «pendant un mois quelconque» doit être fondée sur les données de propagation correspondant au «mois le plus mauvais de l'année», valeur extraite des statistiques mensuelles pour toutes les années pour lesquelles on dispose de données fiables. Le «mois le plus mauvais» doit être calculé conformément à la Recommandation UIT-R PN.581.

*Note 12* – La présente Recommandation s'applique seulement quand le système est considéré comme disponible au sens de la Recommandation UIT-R S.579.

*Note 13* – Afin de respecter les valeurs données au § 1 pour les systèmes fonctionnant à des fréquences supérieures à 10 GHz, il peut être utile de mettre en œuvre des dispositions et des techniques de compensation des évanouissements; les principes de base régissant les mesures de ce type sont décrits dans la Recommandation UIT-R S.1061.

## ANNEXE 1

**Constitution du circuit fictif de référence et normes concernant  
le niveau admissible de bruit pour la transmission de téléphonie  
à multiplexage par répartition en fréquence**

**1. Constitution de circuit fictif de référence**

L'UIT-T a utilisé le concept de circuit fictif de référence (CFR) pour mettre au point les exigences qui s'imposent à l'établissement des liaisons internationales de téléphonie et de télévision; ce concept est surtout associé aux systèmes de Terre. La Recommandation UIT-T G.222 étudie cette question ainsi que les normes associées relatives au bruit. La Recommandation UIT-R S.352 décrit le CFR valable pour le service fixe par satellite (SFS) et envisage la possibilité de recourir à la diversité aux bandes de fréquences élevées où l'affaiblissement dû à la pluie influence la qualité.

Le CFR s'applique à toutes les sortes de transmissions analogiques et n'inclut généralement qu'une seule liaison par satellite géostationnaire, bien qu'il puisse aussi comprendre une liaison intersatellites.

En ce qui concerne la télévision, la définition et les caractéristiques des chaînes de référence comportant un ou plusieurs circuits fictifs de référence et correspondant à divers types de service ont été étudiées par l'ex-CMTT; elles sont spécifiées dans les Recommandations UIT-R S.354 et UIT-R CMTT.567.

**2. Normes de niveau de bruit admissible****2.1 Généralités**

L'UIT-T établit les normes de bruit pour les communications internationales des services de téléphonie analogiques sans perdre de vue la nécessité d'assurer une qualité minimale sur les plus longues liaisons que l'on peut considérer comme raisonnables. En fonction de cette qualité minimale imposée à la liaison totale, on peut déterminer les contributions de chaque portion du circuit au bruit total admissible.

A l'heure actuelle, les spécifications qui ont été rédigées pour le CFR de base s'appliquent aux systèmes de Terre d'une longueur de 2 500 km où on accepte un bruit total de 10 000 pW0p, multiplexage inclus. Cette spécification a été établie en 1963 et il avait paru logique alors de considérer que la liaison par satellite était équivalente à un CFR unique d'où on excluait le bruit de multiplexage, car sur une liaison par satellite il n'y a normalement qu'une seule opération de multiplexage.

On a estimé que la plus longue des liaisons comprendrait quatre communications internationales de ce type et il était entendu que le bruit total de cette partie de la liaison serait égal à 40 000 pW0p. En outre, on admettait que la portion locale du circuit contribuerait pour 10 000 pW0p au total de bout en bout, soit 50 000 pW0p ou -43 dBm0p. On a généralement admis que c'est pour ce niveau de bruit que l'utilisateur commencerait à rencontrer des difficultés notables bien qu'au moins la moitié d'entre eux soient disposés à accepter un niveau de bruit deux fois plus élevé.

**2.2 Bruit admissible dans le circuit fictif de référence: téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence****2.2.1 Facteurs qui influencent le bruit admissible**

Une fois que l'on a réservé 2 500 pW0p de bruit pour le multiplexage, il reste 3 pW0p/km pour la liaison de 2 500 km d'un CFR type où le bruit total est égal à 10 000 pW0p. En 1963, il était raisonnable de considérer qu'une communication internationale consistait en 4 CFR et atteignait 10 000 km, mais cette distance ne correspond plus à ce qui se fait à présent. Par exemple, la communication fictive de référence du RNIS a 27 500 km de long et la qualité du RNIS est définie dans ces conditions. Depuis longtemps aussi, ceux qui conçoivent les systèmes de Terre se sont fixé comme objectif 1 pW0p/km au lieu de 3. Une communication peut alors comprendre deux fois plus de CFR sans dépasser les 40 000 pW0p autorisés sur la portion à longue distance de la communication. Cela suppose que le multiplexage n'apporte pas plus de 2 500 pW0p sur chaque CFR. Ainsi, jusqu'à 20 000 km, une communication répond aux exigences globales, ce qui correspond mieux à ce que sont les télécommunications modernes.

Grâce aux satellites qui assurent une certaine qualité indépendamment de la distance et permettent de franchir 17 000 km d'un seul bond, le niveau de bruit est celui d'un seul CFR, ce qui souvent améliore la qualité globale.

Le CFR par satellite a une limitation du bruit à court terme qu'il faudra choisir pour que les marges restent raisonnables. C'est très faisable dans les bandes des 6/4 GHz où les marges nécessaires sont faibles, de l'ordre de 3 dB ou moins. En ce cas, la limite de 50 000 pW0p fixée pour 0,3% du mois est facile à tenir, comme le serait la limite pour 0,1% du mois que spécifie la Recommandation UIT-T G.222.

Il n'en est pas de même pour les bandes des 14/11 GHz et la valeur à court terme dépendra de la marge choisie. Par exemple, sur une liaison avec une valeur à long terme de 10 000 pW0p et une marge de 10 dB, le bruit à court terme pourrait atteindre 100 000 pW0p, ce qui dépasse les limitations actuelles bien que le circuit soit encore convenable pour l'utilisateur. L'UIT-T aurait préféré cette valeur, mais estimant qu'elle serait trop difficile à mesurer, a adopté 50 000 pW0p.

L'Annexe 2 aborde d'un point de vue un peu différent la question de l'augmentation du bruit mais aboutit cependant aux mêmes conclusions.

Enfin, toujours dans le contexte des bandes des 14/11 GHz, les résultats d'une étude sont donnés ci-après et montrent l'incidence de l'utilisation du concept de disponibilité dans la mesure où il s'agit de compatibilité avec les spécifications de la Recommandation UIT-T G.222.

Lors de l'examen d'une liaison, on recourt au concept normalisé habituel pour les autres systèmes de Terre: la conception suppose une contribution de 1 pW0p/km ou une liaison de 10 000 km. Ces liaisons sont supposées être exploitées à 40° de latitude et avec un angle d'élévation de 25°. A ces latitudes, les intensités de précipitation sont comprises entre 30 et 60 mm/h pendant 0,01% du temps. Dans le cadre de l'étude, on retient 50 mm/h. Le calcul de l'affaiblissement dû à la pluie est ensuite effectué conformément aux méthodes décrites par la Commission d'études 3 des radiocommunications (ex-CE 5).

On suppose que la condition 10 000 pW0p pour 20% d'un mois quelconque s'applique au mois le plus défavorable (la définition du mois le plus défavorable est donnée dans la Recommandation UIT-R PN.581), c'est-à-dire au mois où les conditions de propagation sont les plus mauvaises. On interprète de même la clause des 50 000 pW0p.

On prend pour facteur de disponibilité de propagation, comme défini dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R S.579, 10% de la durée d'évanouissement qui fait atteindre le seuil du système. La Fig. 1 présente deux cas: l'un à 50 000 pW0p et l'autre à 100 000 pW0p. Il y a 7 dB de marge dans le premier cas et 10 dans le second.

En ce qui concerne le temps de disponibilité, la qualité du circuit répond aux objectifs de qualité de la Recommandation UIT-T G.222 pour le climat et les latitudes retenues comme hypothèse dans cette étude. Pour de petits angles d'élévation d'antenne et de plus fortes intensités de précipitation, il peut être plus difficile de répondre aux objectifs de la Recommandation UIT-T G.222.

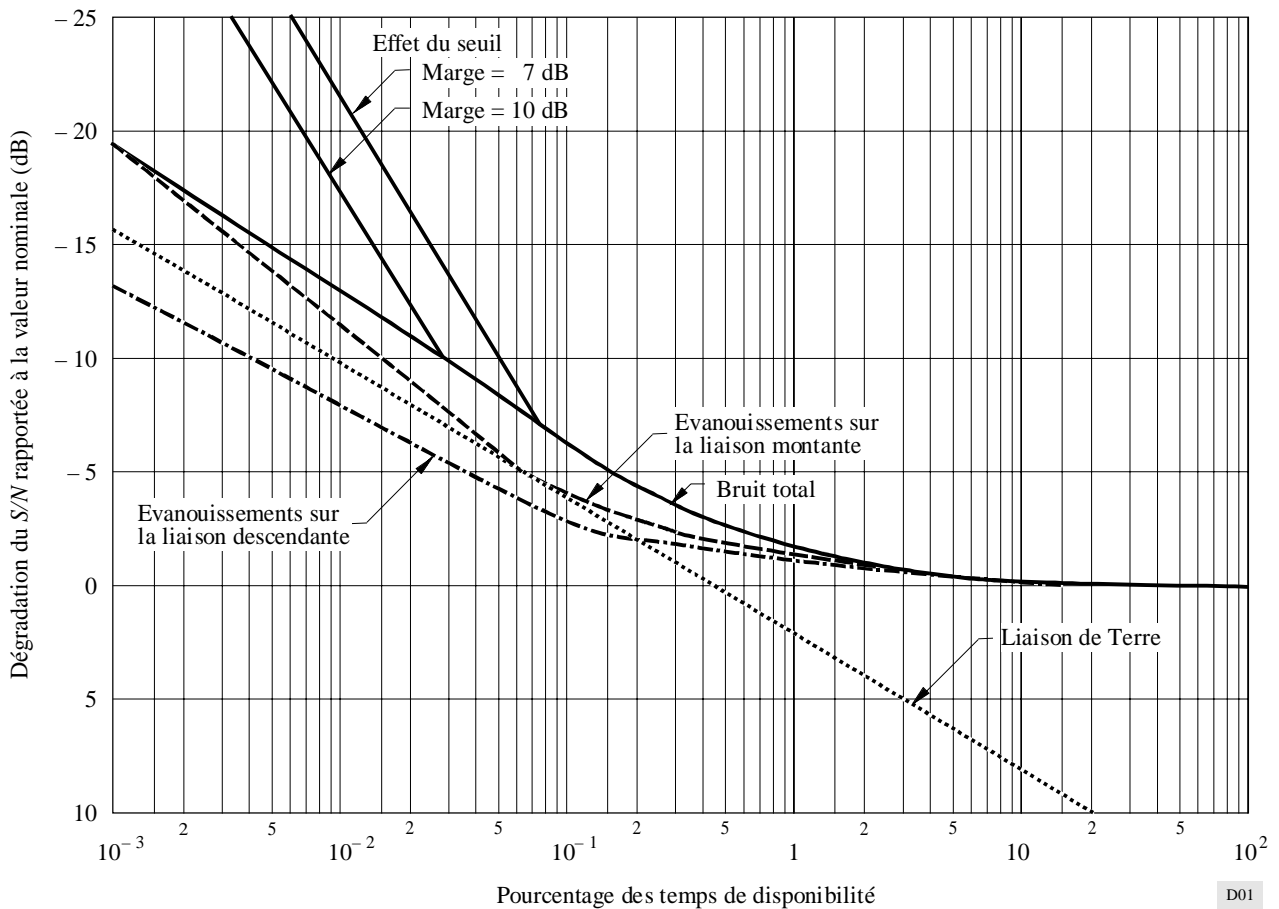
### 2.2.2 *Notion de distance équivalente au satellite*

Lorsqu'il s'agit du RNIS, on a tenu compte du fait que les liaisons par satellite étaient indépendantes de la distance, en utilisant une distance équivalente au satellite qui permette d'appliquer la même dégradation de la qualité par kilomètre que pour les autres systèmes de transmission. Sur la portion à longue distance et de haute qualité de la communication fictive de référence du RNIS, la moitié du bruit admissible est attribuée aux CNFR par satellite, ce qui équivaut à une distance de 12 500 km. Bien qu'en appliquant ce principe au cas analogique on augmente le bruit admissible dû au CFR du satellite sans que la qualité globale des communications qui comprennent un satellite soit indûment détériorée, il arrive souvent qu'on souhaite une meilleure qualité quand on recourt au satellite.

### 2.2.3 *Disponibilité en fonction de la propagation*

La Recommandation UIT-R S.579 traite de la disponibilité du CFR et prend en compte toutes les interruptions qui durent plus de 10 s. On a notamment étudié les évanouissements de propagation, qui sont la principale cause de dégradation des circuits par satellite, pour établir une relation entre leur profondeur et leur durée. On a estimé qu'il convenait que le rapport durée de disponibilité/durée d'indisponibilité en raison des affaiblissements de propagation soit égal à 0,1 pour les niveaux d'évanouissements qu'on a coutume de prendre lors de la conception des systèmes à satellites. Ce facteur est surtout important pour les fréquences élevées.

FIGURE 1  
Bruit à 14/11 GHz en fonction du temps de disponibilité



#### 2.2.4 Emploi de compresseurs-extenseurs syllabiques

L'emploi de compresseurs-extenseurs syllabiques a été dans une grande mesure limité à l'amélioration de circuits de médiocre qualité sur des systèmes anciens sur câble lorsque des raisons économiques empêchaient de remplacer ces systèmes. Ces compresseurs-extenseurs assuraient alors une amélioration subjective pouvant atteindre 18 dB pour une voie de téléphonie, mais ils étaient à l'origine de divers problèmes de stabilité qui en interdisaient la généralisation. Ces problèmes ont été résolus par une mise en œuvre numérique et, depuis quelques années, ils sont de plus en plus utilisés sur les circuits par satellite où, pour des raisons économiques, il ne serait guère possible d'utiliser des circuits ne comportant pas ces dispositifs.

L'emploi de compresseurs-extenseurs syllabiques sur des circuits par satellite peut améliorer l'efficacité d'utilisation de la puissance ou de la largeur de bande ou celle des deux à la fois. Il est prouvé que cet emploi peut entraîner une amélioration de 10 à 12 dB de la qualité des voies téléphoniques pour les signaux semblables aux signaux vocaux. Toutefois, leur emploi sur des circuits où le niveau du signal est constant (comme les circuits pour données) n'entraîne aucune amélioration, il faut veiller à s'assurer que la valeur du rapport signal/bruit disponible sur la liaison par satellite est appropriée pour la transmission de signaux de données.

Les compresseurs-extenseurs syllabiques sont de plus en plus utilisés depuis quelques années sans que l'on observe aucune des difficultés des premiers temps et, dans de nombreux cas, ils apportent une solution intéressante à la fourniture de circuits conformes aux spécifications de la Recommandation UIT-T G.222.

### 3. Résumé

L'examen des facteurs qui ont une influence sur le bruit admissible sur les CFR du SFS conduit à la conclusion que les dispositions actuelles sont raisonnables sauf mise à jour des dispositions de la présente Recommandation pour tenir compte du concept de disponibilité en fonction de la propagation, de l'utilisation de compresseurs-extenseurs syllabiques et de l'affaiblissement dû à la pluie aux fréquences élevées.

## ANNEXE 2

### Objectifs de bruit pour les circuits téléphoniques à satellite, compte tenu des préférences des usagers

#### 1. Introduction

Sur les circuits et les voies téléphoniques de Terre, le bruit dépend essentiellement de la longueur du circuit, aussi a-t-on été amené à spécifier le bruit affectant les circuits de Terre en fonction de la distance franchie par le circuit, augmentée d'un apport de bruit constant dû à celles des caractéristiques du matériel et du brouillage qui ne dépendent pas de la distance.

Cependant, si l'on analyse les principes de la méthode suivie pour déterminer les normes de bruit sur les circuits de Terre, on s'aperçoit que l'élément le plus important est la qualité du service assuré aux usagers du téléphone dans des conditions normales ainsi que dans les plus mauvaises rencontrées dans le réseau.

Alors que la qualité de transmission sur les circuits de Terre est étroitement subordonnée à la distance, le bruit et l'affaiblissement des circuits à satellite en sont plus ou moins indépendants. Il semblerait donc plus rationnel de fixer dans ce cas une valeur ou une gamme de valeurs qui assureront des communications satisfaisantes quelles que soient les distances franchies par les circuits à satellite. Ceci étant, il peut être souhaitable d'étudier la possibilité de s'écarter des niveaux de bruit admissibles spécifiés par la présente Recommandation et l'influence de cet écart sur la qualité des liaisons téléphoniques empruntant un réseau à satellite utilisé pour un service national.

#### 2. Solutions pratiques possibles pour l'établissement de circuits à satellite

Il ressort d'une analyse critique présentée par l'Australie pendant la période d'études 1974-1978 que, pour certaines classes de circuits utilisés dans les conditions nationales du trafic, on peut modifier les normes appliquées généralement aux circuits téléphoniques internationaux par satellite pour obtenir un certain avantage économique tout en assurant un service adéquat à l'intérieur d'un pays. Il ne sera pas possible de tirer avantage de ces modifications pour toutes les connexions, et il peut être indispensable de prendre des dispositions particulières pour respecter les conditions imposées à l'échelon international. Il s'agit, bien entendu, du trafic national pour lequel des normes supérieures à celles que spécifie la présente Recommandation devront peut-être être appliquées.

Cette analyse a tenu compte de trois types de liaisons:

- a) circuits conformes à la présente Recommandation (circuits à 10 000 pW0p);
- b) assouplissement de 3 dB (circuits à 20 000 pW0p);
- c) assouplissement de 6 dB (circuits à 40 000 pW0p).

On pourrait prévoir un émetteur-récepteur distinct pour chaque classe de circuit à satellite ou utiliser, quelle que soit la classe, un même émetteur-récepteur muni d'un dispositif mixte. Les changements de capacité en voies auxquels on peut s'attendre quand on utilise une valeur autre que 10 000 pW0p dépendent de la configuration du système considéré; cette augmentation peut atteindre 100% du nombre total de voies de l'émetteur-récepteur en échange de l'assouplissement de 6 dB de la règle de la présente Recommandation.

Il peut aussi être souhaitable de prévoir des sections à apport de bruit minime, qui se prêtent à une connexion permanente avec des prolongements de terre très longs. Par exemple, de telles sections pourraient satisfaire à la norme de la présente Recommandation. Elles pourraient alors être prolongées par des circuits de transit de terre de 6 500 km.

On peut encore s'arranger pour écouler par les seuls circuits de Terre, dans la mesure du possible, tout le trafic à destination ou en provenance du réseau international, ce qui permet de prévoir presque exclusivement des circuits de la classe c) et un très petit nombre de circuits des autres classes. Cette solution aurait l'avantage de simplifier les dispositifs de commutation des circuits de prolongement du réseau international qui sont nécessaires pour éviter d'établir des liaisons comprenant un nombre excessif de relais par satellite.

Enfin, s'il est acceptable d'utiliser des circuits à satellite affectés d'un bruit de 40 000 ou 20 000 pW0p au lieu de 10 000 pW0p, valeur normalisée pour les circuits, il conviendrait de réexaminer à la fois l'attribution totale de bruit non thermique (qu'on suppose fixée à 6 000 pW0p) et la composante de brouillage dans ce bruit non thermique (supposée égale à 2 000 pW0p). Il va de soi que si l'on pouvait augmenter l'apport de bruit de brouillage, donc aussi celui de bruit non thermique, aux dépens du bruit thermique, l'assouplissement des conditions imposées par la coordination au système à satellite pourrait entraîner des économies.

### 3. Conclusions

Lors de la fixation d'objectifs de bruit sur le réseau de Terre, il convient de reconnaître les conditions les plus défavorables et les conditions moyennes qui peuvent se rencontrer et dépendent généralement de la distance franchie par une liaison. Dans les limites de normes de bruit global actuellement recommandées par l'UIT-T, on peut choisir pour les circuits par satellite des normes qui devraient assurer une qualité de fonctionnement équivalente ou un peu meilleure que celle de communications de Terre à grande distance qui leur sont comparables. Essentiellement, on envisage que l'allocation de bruit pour un circuit par satellite corresponde à l'allocation de bruit des systèmes de Terre qu'il remplace théoriquement. Si des conditions particulières imposent des circuits de meilleure qualité, on peut y satisfaire par une disposition adéquate. On a démontré que cette méthode de fixation des objectifs pour les circuits à satellite, au lieu de l'application pure et simple de la norme de la présente Recommandation, conduit éventuellement à une augmentation de la capacité en voies d'un système donné et, par suite, à une réduction des frais d'exploitation par voie de ce système ou à une réduction du coût global du système pour une capacité en voies donnée.

---