

RECOMMANDATION UIT-R BO.793^{*,**}**Répartition de bruit entre les liaisons de connexion
du service de radiodiffusion par satellite (SRS)
et les liaisons descendantes du SRS^{***}**

(Question UIT-R 86/11)

(1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que le service de radiodiffusion par satellite (SRS) est, en principe, censé desservir des zones géographiques relativement étendues où se trouvent un grand nombre de récepteurs;
- b) que, si l'on réduit la contribution du bruit de la liaison de connexion au bruit de l'ensemble de la liaison, il en résulte une diminution du prix et de la complexité des récepteurs du SRS;
- c) que, durant les affaiblissements de la liaison de connexion, la p.i.r.e. de sortie du satellite est maintenue à son niveau nominal de sortie au moyen de techniques comme la commande automatique de gain (CAG);
- d) que seules quelques stations de connexion auront besoin d'une puissance plus forte sur la liaison montante;
- e) que, en ce qui concerne la disponibilité, les affaiblissements dus à la pluie sur la liaison descendante n'ont qu'un effet local alors que sur la liaison de connexion, ils affectent toute la zone de service;
- f) que le bruit thermique inflige à l'ensemble de la liaison une dégradation supplémentaire en raison de la non-linéarité de l'amplificateur de puissance du satellite combinée à la conversion MA/MP (voir l'Annexe 1),

recommande

que lors de la conception d'un système, en vue d'une disponibilité de service donnée et pour des émissions du SRS en modulation analogique, on répartisse la contribution au bruit de la liaison descendante et celle de la liaison de connexion selon un rapport de l'ordre 10 : 1 (voir l'Annexe 1).

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 4 des radiocommunications.

** La Commission d'études 6 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

*** *Note* – Le Rapport UIT-R BO.952-2 (§ 3.2 et 3.3) a servi à l'élaboration de l'Annexe 1 à cette Recommandation.

ANNEXE 1

Répartition du bruit entre les liaisons de connexion et les liaisons descendantes

Aux fins de la planification, la CAMR-RS-77 a adopté une réduction maximale de 0,5 dB du rapport total porteuse/bruit C/N pour représenter la contribution de la liaison de connexion à ce C/N pendant 99% du mois le plus défavorable. Cela correspond à une différence d'environ 10 dB entre les rapports porteuse/bruit des liaisons descendantes et de connexion.

Selon une étude de l'UER, la contribution du bruit dû à la liaison de connexion peut être rendue négligeable en adoptant une marge relativement faible sur le rapport porteuse/bruit de la liaison descendante. Cette étude a été faite dans l'hypothèse de l'emploi d'une commande automatique de gain (CAG) à bord du satellite et a été basée sur une analyse statistique des affaiblissements sur les liaisons de connexion et descendante.

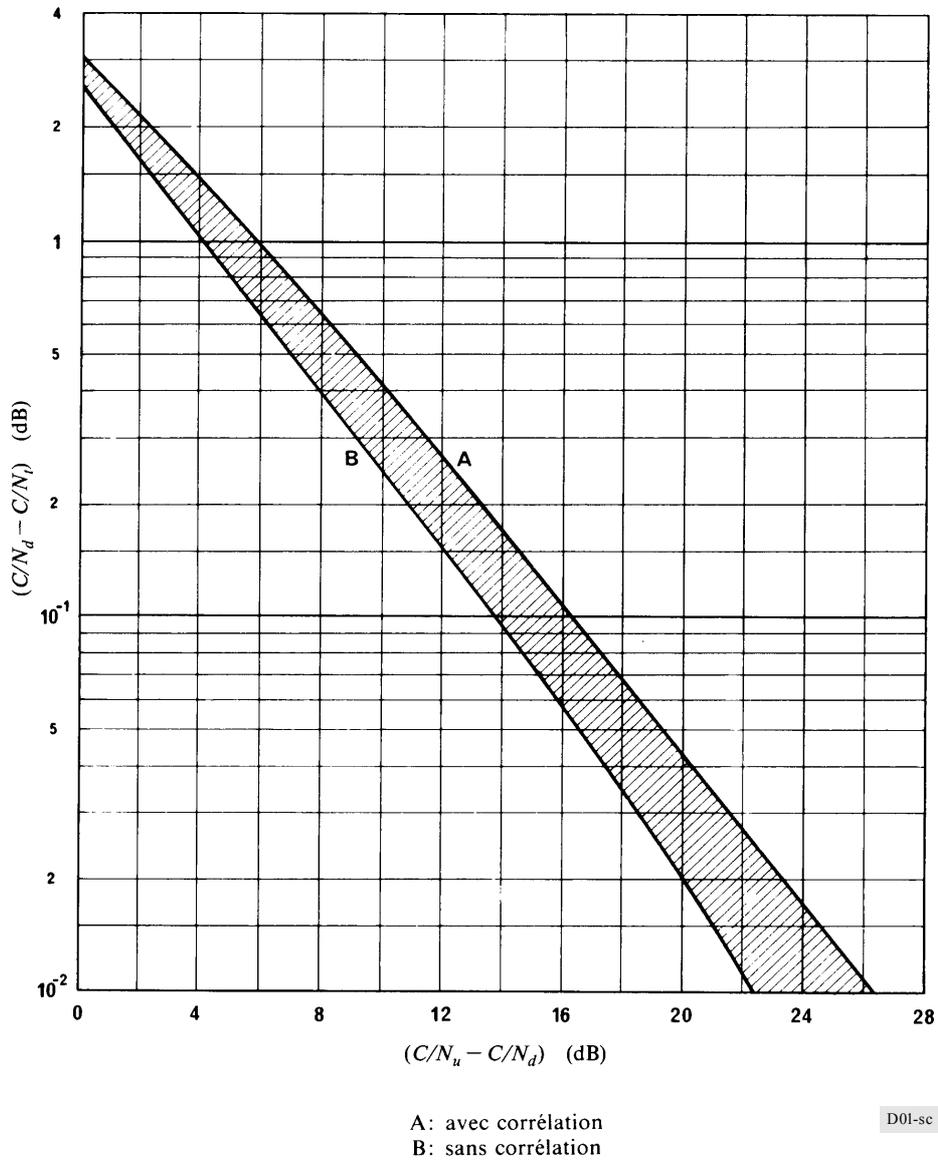
Des applications numériques représentatives des mesures faites en Europe ont été effectuées en supposant que les affaiblissements (dB) suivent une loi log-normale. On constate tout d'abord que les résultats obtenus avec les hypothèses de corrélation totale ou d'indépendance entre les affaiblissements sur les liaisons de connexion et descendante sont à peu près identiques. Par contre, l'influence d'une marge de 0,5 dB sur la liaison descendante est déterminante. L'amélioration due à cette marge est meilleure que celle qui est obtenue en dimensionnant le C/N de la liaison de connexion pendant 99,9% du mois le plus défavorable au lieu de 99%. C'est ainsi que, si l'on se fixe un C/N pour la liaison descendante de 14 dB pendant 99% du mois le plus défavorable, la contribution de bruit de la liaison de connexion a pour effet de faire tomber le C/N de la liaison totale au-dessous de 14 dB dans 50% ou dans 10% de cas de plus (selon que la liaison de connexion est dimensionnée pour obtenir un rapport C/N de 24 dB pendant 99% ou 99,9% du mois le plus défavorable). Si l'on tient compte d'une marge de 0,5 dB sur la liaison descendante, le pourcentage de temps pendant lequel le C/N total tombe en dessous de 14 dB, y compris la contribution de bruit de la liaison de connexion, reste inférieur à la valeur spécifiée de 1% du mois le plus défavorable dans les deux cas.

Ce résultat confirme le bien-fondé du choix de la CAMR-RS-77 de tenir compte de l'effet de la liaison de connexion au moyen d'une telle marge, même à des fréquences de 18 GHz.

Des études semblables ont été faites au Canada sur les effets de l'affaiblissement dû à la pluie et les caractéristiques de répéteurs de satellite du point de vue de la répartition des contributions de bruit sur les liaisons de connexion et descendante de radiodiffusion par satellite.

Quelques résultats sont illustrés à la Fig. 1, pour les mêmes hypothèses que l'étude susmentionnée. Les courbes de la figure donnent la dégradation du C/N de la liaison descendante due au bruit apporté par la liaison de connexion, $(C/N_d - C/N_t)$ en fonction de la différence entre les rapports C/N sur les liaisons de connexion et descendante, $(C/N_u - C/N_d)$. On y illustre les cas de corrélation ou d'indépendance totale entre les affaiblissements sur les deux liaisons. Toutes les valeurs C/N sont relatives à 99% du mois le plus défavorable.

FIGURE 1
Contribution de bruit de la liaison de connexion



La répartition du bruit n'a pas besoin d'être spécifiée comme élément de planification pour la Région 2, étant donné que la valeur globale du rapport porteuse/bruit est le critère applicable lorsqu'on planifie simultanément des liaisons de connexion et des liaisons descendantes. Cependant, il est nécessaire de faire certaines hypothèses quant à la répartition du bruit pour déterminer les caractéristiques de la liaison de connexion, par exemple la p.i.r.e. nécessaire pour répondre aux spécifications du service de radiodiffusion par satellite.

Pour faciliter l'élaboration de tous les Plans, il a été admis que la contribution de bruit de la liaison de connexion au bilan de bruit de la liaison totale n'excéderait pas 0,5 dB pendant 99% du mois le plus défavorable.

Rapport porteuse/bruit des liaisons de connexion

En admettant qu'il n'y ait pas de réduction de puissance à la sortie du répéteur, une contribution de bruit de 0,5 dB pour la liaison de connexion à l'ensemble de la liaison exige que:

$$(C/N)_u = (C/N)_d + 10 \quad \text{dB} \quad (1)$$

soit dépassé pendant 99% du mois le plus défavorable. Par atmosphère claire, on aura alors:

$$(C/N)_u = (C/N)_d + 10 + L_{Att} \quad \text{dB} \quad (2)$$

où:

$(C/N)_u$: rapport porteuse/bruit de la liaison de connexion

$(C/N)_d$: rapport porteuse/bruit de la liaison descendante

L_{Att} : affaiblissement par la pluie sur la liaison de connexion, dépassé pendant 1% du mois le plus défavorable.

Par ailleurs, une marge de 1 dB est nécessaire aux fins de planification pour tenir compte d'éventuelles erreurs de pointage de l'antenne d'émission de la station terrienne.

En outre, l'amplificateur non linéaire de puissance du répéteur introduit, compte tenu de son facteur de conversion MA/MP, une dégradation par le bruit thermique dans le signal démodulé. La dégradation causée par le phénomène MA/MP au signal démodulé en fréquence est donnée par l'expression:

$$D = \frac{\alpha + I}{1 + I} \quad (3)$$

où:

D : diminution du rapport signal/bruit après démodulation dû à l'accroissement du bruit après démodulation en présence de conversion MA/MP (voir la Fig. 2)

$$I = (C/N)_u / (C/N)_d$$

$$\alpha = 1 + \left(\frac{K}{6,6} \right)^2 \quad (\text{pour la modulation de fréquence})$$

K : facteur de conversion MA/MP.

K est de l'ordre de 5 à 6 degrés/dB en l'état actuel de la technologie des amplificateurs. Cela donne pour α une valeur de l'ordre de 2,0 à 2,6 dB qui a été démontrée théoriquement et expérimentalement.

La dégradation causée par la conversion MA/MP ne peut pas être observée au moyen de mesures directes du C/N radiofréquence. Toutefois, cette dégradation peut être mesurée par d'autres moyens. Elle doit être prise en compte lors du calcul des bilans des liaisons de connexion et peut être compensée par une augmentation du C/N_u de $10 \log \alpha$ (dB). La conversion MA/MP n'a pas été prise en compte dans l'établissement du Plan de la Région 2.

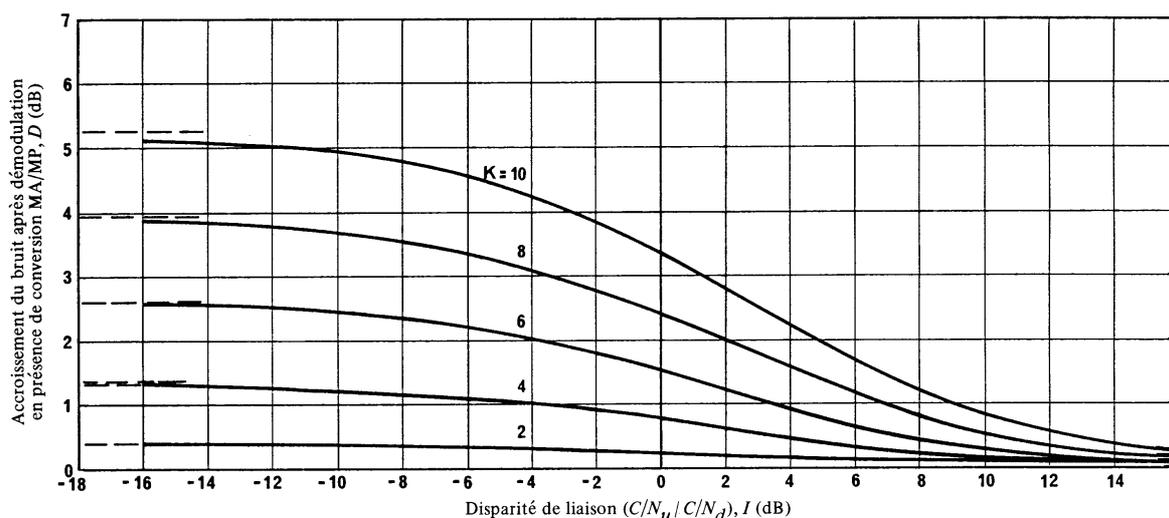
Dans un plan fondé sur des caractéristiques homogènes de stations de liaisons de connexion qui, par voie de conséquence, donnent des puissances surfaciques nominales (atmosphère claire) homogènes

à l'emplacement des satellites, le C/N_u varie en fonction du gain de l'antenne de réception du satellite. Dans la Région 2, les valeurs intéressantes du gain de l'antenne de réception du satellite, à la limite de la zone de couverture à -3 dB, varient d'environ 28 dB pour un faisceau de liaisons de connexion de $3^\circ \times 8^\circ$ couvrant tout un pays à 46 dB pour un petit faisceau étroit de $0,6^\circ$. Avec une température de bruit du système ramenée à l'entrée du satellite de 1 500 K, qu'il est facile d'obtenir pour des récepteurs de satellite fonctionnant dans la bande des 18 GHz, les valeurs intéressantes du rapport G/T varient de -4 dB(K $^{-1}$) à 14 dB(K $^{-1}$) à la limite de la zone de couverture. La puissance de l'émetteur de la liaison de connexion peut être choisie dans une gamme allant de 500 à 1 000 W. Le Plan de liaison de connexion de la Région 2 est basé sur une puissance radiofréquence maximale de 1000 W fournie à l'entrée de l'antenne de la liaison de connexion. Le Tableau 1 donne une gamme des valeurs du rapport C/N_u à 17,5 GHz, en supposant un rendement d'antenne de 65%, une largeur de bande de filtre de 24 MHz et une perte de gain de 1 dB due à l'erreur de pointage de l'antenne de la station terrienne pour une puissance émise de 500 et 1000 W. Dans la Région 2, le Plan est basé sur un diamètre d'antenne de 5 m, mais des antennes plus grandes et/ou plus petites peuvent être utilisées.

Par exemple, pour un rapport C/N_d de 14,5 dB sur la liaison descendante et une erreur éventuelle de pointage de 1 dB de l'antenne de l'émetteur de la station terrienne, la contribution de bruit de la liaison de connexion au bruit total des canaux de communications serait supérieure à 0,5 dB dans un très petit nombre de cas qui sont en italique dans le Tableau 1. Dans les Régions 1 et 3, le Plan est basé sur l'emploi d'antennes ayant respectivement des diamètres de 5 m pour la bande de 17 GHz et de 6 m pour celles de 14 GHz avec dans les deux cas, des émetteurs d'une puissance de 500 W. Ces valeurs correspondent, respectivement, à des p.i.r.e. de 84 et de 82 dBW, avec pour objectif de dépasser un rapport C/N de 24 dB pendant 99% du mois le plus défavorable.

FIGURE 2

Dégradation du signal après démodulation causée par la conversion MA/MP



K : facteur de conversion MA/MP (degrés/dB)

---: I → ∞ dB

TABLEAU 1

Valeurs du rapport porteuse/bruit calculées pour une antenne de station terrienne présentant une erreur de pointage de 1 dB et émettant une puissance de 500 ou 1 000 W (Région 2)*

Diamètre de l'antenne de la station terrienne (m)	Rapport G/T minimal de l'antenne de réception du satellite (limite de la zone de couverture) (dB(K ⁻¹))	Rapport porteuse/bruit, C/N_u (dB)					
		Atmosphère claire		Affaiblissement par la pluie de 5 dB		Affaiblissement par la pluie de 10 dB	
		Puissance émise (W)					
		500	1 000	500	1 000	500	1 000
2,5	- 4	19,2	22,2	14,2	17,2	9,2	12,2
	+ 2	25,2	28,2	20,2	23,2	15,2	18,2
	+ 8	31,2	34,2	26,2	29,2	21,2	24,2
	+ 14	37,2	40,2	32,2	35,2	27,2	30,2
5	- 4	25,2	28,2	20,2	23,2	15,2	18,2
	+ 2	31,2	34,2	26,2	29,2	21,2	24,2
	+ 8	37,2	40,2	32,2	35,2	27,2	30,2
	+ 14	43,2	46,2	38,2	41,2	33,2	36,2
8	- 4	29,3	32,3	24,3	27,3	19,3	22,3
	+ 2	35,3	38,3	30,3	33,3	25,3	28,3
	+ 8	41,3	44,3	36,3	39,3	31,3	34,3
	+ 14	47,3	50,3	42,3	45,3	37,3	40,3
11	- 4	32,1	35,1	27,1	30,1	22,1	25,1
	+ 2	38,1	41,1	33,1	36,1	28,1	31,1
	+ 8	44,1	47,1	39,1	42,1	34,1	37,1
	+ 14	50,1	53,1	45,1	48,1	40,1	43,1

* Dans le cas du Plan des liaisons de connexion pour les Régions 1 et 3, les valeurs de ce Tableau sont à réduire de 0,5 dB avec une bande passante de référence de 27 MHz.