

RECOMMANDATION UIT-R F.754^{*,**}**FAISCEAUX HERTZIENS FONCTIONNANT DANS LES BANDES 8 ET 9, DESTINÉS
À ASSURER DES COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES INTERURBAINES
DANS LES ZONES RURALES**

(1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il existe un besoin urgent de doter de liaisons téléphoniques interurbaines les zones rurales, notamment dans les réseaux nationaux des pays en développement;
- b) que, dans la planification de tels circuits, il convient d'accorder une attention particulière à la réduction des coûts d'établissement;
- c) que les équipements prévus pour ces circuits doivent, dans la mesure du possible, être simples et fiables pour la commodité de leur maintenance et de leur fonctionnement;
- d) que les faisceaux hertziens fonctionnant dans les bandes 8 et 9 sont adaptés à la mise en place de ces circuits et qu'il est nécessaire de fournir aux concepteurs de systèmes des renseignements techniques sur ces systèmes,

recommande

1. que les caractéristiques de base spécifiées dans le Tableau 1 soient retenues de préférence pour les faisceaux hertziens analogiques et numériques fonctionnant dans les bandes 8 et 9;
2. que les caractéristiques d'interconnexion et de la bande de base spécifiées dans le Tableau 2 soient retenues de préférence;
3. que les espacements de fréquences indiqués dans le Tableau 3 fournissent des directives types pour les plans de fréquences (Note 10);
4. que, en règle générale, la qualité de transmission doit être conforme aux Recommandations UIT-T. En l'état actuel des choses, les considérations énoncées au § 1 de l'Annexe 1 sont utiles pour la conception de faisceaux hertziens fonctionnant dans les bandes 8 et 9;
5. que, pour les autres facteurs – caractéristiques des équipements radioélectriques, systèmes d'alimentation en énergie, antennes, pylônes et abris, par exemple – les renseignements donnés au § 2 de l'Annexe 1 doivent servir de guide pour les administrations et les planificateurs de système.

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission du Plan de l'UIT-T.

** La Commission d'études 9 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

TABLEAU 1

Caractéristiques de base

	Faisceaux hertziens analogiques	Faisceaux hertziens numériques
Bandes de fréquences	Bande des 400 MHz Bande des 800 MHz Bande des 1 500 MHz Bande des 2 000 MHz Bande des 2 400 MHz Bande des 2 600 MHz (Note 1)	
Capacités	12 voies 24 voies 60 voies (Notes 2, 3)	Jusqu'à 120 voies y compris 24 voies (1 544 kbit/s) 30 voies (2 048 kbit/s) 2 × 24 voies (3 088 kbit/s) 2 × 30 voies (4 096 kbit/s) (Note 3)
Modulation	Modulation de fréquence avec les excursions suivantes: 12 voies: 35 kHz (valeur efficace, par voie) 24 voies: 35 kHz (valeur efficace, par voie) 60 voies: 35, 50, 100, 200 kHz (valeur efficace, par voie) (Notes 4, 5)	Modulation quadrivalente (Note 6)

Note 1 – L'emploi d'autres bandes de fréquences n'est pas exclu.

Note 2 – Des équipements radioélectriques pour des systèmes de faible capacité (par exemple 5 ou 6 voies) sont aussi disponibles. Ils peuvent, pour un faible coût global, incorporer un équipement de multiplexage spécial non conforme aux normes de l'UIT-T et permettant de transmettre des voies téléphoniques.

Note 3 – L'emploi d'équipements à 60 voies ou plus dans la bande des 400 MHz ne doit être envisagé que dans les régions où il est peu probable qu'il se pose un problème d'encombrement du spectre.

Note 4 – Une plus grande excursion de fréquence peut être utilisée pour améliorer le rapport signal/bruit thermique en l'absence d'évanouissements. A l'inverse, une plus faible excursion de fréquence accroîtra la marge d'évanouissement au détriment du rapport signal/bruit thermique.

Note 5 – S'il est nécessaire de resserrer les canaux, pour économiser le spectre des fréquences, on devra choisir les excursions de fréquence les plus petites. Cependant, pour des systèmes à faible capacité, on peut utiliser la modulation de phase. Un indice de modulation compris entre 0,2 et 0,8 est proposé.

Note 6 – Pour les systèmes à 24/30 voies, la modulation bivalente peut aussi être utilisée.

TABLEAU 2

	Faisceaux hertziens analogiques	Faisceaux hertziens numériques
Caractéristiques de la bande de base	Gamme de fréquences de la bande de base (kHz): 12 voies: 12-60 6-54 24 voies: 12-108 6-102 60 voies: 12-252 60-300 (Notes 7, 9)	Interconnexion Jusqu'aux interfaces aux débits primaires définis par l'UIT-T (Recommandation G.703) (1 544/2 048 kbit/s) (Notes 8, 9)

Note 7 – Il est préférable de choisir des valeurs d'impédance nominale de 150 Ω (ou de 600 Ω équilibrée en dessous de 24 voies) ou de 75 Ω (dissymétrique). Pour les niveaux d'entrée et de sortie en bande de base, il est proposé respectivement -45 dBr et -15 dBr.

Note 8 – Pour des systèmes nationaux, les unités de régénération et de terminaison de ligne des systèmes sur câble correspondants peuvent être utilisées pour faciliter l'interconnexion de faisceaux hertziens et d'équipements de multiplexage ou de faisceaux hertziens et d'équipements de systèmes sur câble.

Note 9 – Une voie téléphonique de service pouvant servir à des fins de surveillance en cas de besoin, est souhaitable. Le fonctionnement de la voie de service doit de préférence être indépendant du signal provenant de l'équipement de multiplexage.

TABLEAU 3

	Faisceaux hertziens analogiques	Faisceaux hertziens numériques
Ecart de fréquences entre l'émetteur et le récepteur	10 à 120 MHz	20 à 120 MHz (Note 11)
Ecart entre canaux adjacents copolaires	12 voies: 0,5 ou 1 MHz 24 voies: 1 ou 2 MHz 60 voies: 2 ou 4 MHz	24/30 voies (modulation bivalente): 2; 3,5 ou 4 MHz 24 voies (modulation quadrivalente): 1,5 ou 3,5 MHz 30 voies (modulation quadrivalente): 1,75, 2 ou 3,5 MHz 2 × 24 voies (modulation quadrivalente): 3 ou 7 MHz 2 × 30 voies (modulation quadrivalente): 3,5, 4 ou 7 MHz 4 × 30 voies (modulation quadrivalente): 7, 8 ou 14 MHz

Note 10 – Voir la Recommandation UIT-R F.283.

Note 11 – Pour les systèmes à 24/30 voies utilisant la modulation bivalente, un espacement de 10 à 60 MHz peut aussi être utilisé.

Renseignements supplémentaires sur les faisceaux hertziens à utiliser pour l'établissement de communications interurbaines dans les zones rurales

1. Qualité de transmission

1.1 Faisceaux hertziens analogiques

Pour les circuits d'une longueur au plus égale à 250 km environ, dans la section B, le § a), 3^e alinéa, de la Recommandation UIT-T G.123 (Genève, 1972) «Bruit des circuits dans les réseaux nationaux» stipulait que la valeur moyenne (pour l'ensemble des voies d'un système) de la puissance psophométrique (moyenne pendant une minute en un point de niveau relatif zéro), ne devrait pas dépasser 1 000 pW0p pendant plus de 20% d'un mois quelconque. En aucun cas, la valeur maximale de cette puissance de bruit ne devrait dépasser 2 000 pW0p pour une voie quelconque du système.

Les circuits de plus grande longueur (d'environ 250 à 2 500 km) doivent satisfaire aux dispositions de la Recommandation UIT-T G.152.

D'après les informations présentées par plusieurs administrations, il est évident que les systèmes à 24 voies fonctionnant dans la bande des 400 MHz peuvent satisfaire aux dispositions des Recommandations UIT-T sur un ou deux bords seulement. Toutefois, on pourrait autoriser, à titre temporaire dans les pays en voie de développement, un certain assouplissement (3 dB) des conditions requises pour le bruit, s'il devait en résulter une réduction importante du prix du système.

Les niveaux de bruit élevés sont dus essentiellement au bruit thermique et au bruit d'intermodulation causé par des signaux réfléchis ayant subi un long retard.

Parmi les méthodes qui permettent de respecter les limites de bruit spécifiées dans la Recommandation UIT-T G.123, il est possible d'utiliser un compresseur-extenseur (Recommandation UIT-T G.162) sur chaque circuit téléphonique, s'il doit en résulter un abaissement notable du prix du système (on tiendra dûment compte du § 2 de la Recommandation UIT-T G.143 qui limite l'emploi systématique des compresseurs-extenseurs dans les réseaux nationaux et internationaux à grande distance).

Etant donné que l'amélioration procurée par l'utilisation d'un compresseur-extenseur concerne tous les bruits affectant la transmission d'un signal, les bruits d'origine externe tels que les brouillages, les bruits industriels, etc. peuvent être réduits aussi bien que le bruit thermique et le bruit d'intermodulation.

Des équipements très sélectifs devraient présenter des avantages; ils contribuent à l'efficacité d'un plan de fréquences.

1.2 Faisceaux hertziens numériques

La qualité de transmission d'un système de transmission numérique est exprimée par le taux d'erreur binaire, pour lequel l'UIT-T n'a pas encore fixé de valeurs limites acceptables. La Recommandation UIT-R F.634 indique de quelle façon il conviendra de fixer le taux d'erreur pour un faisceau hertzien numérique et précise les objectifs de taux d'erreur pour les systèmes de grande longueur. L'élément le plus significatif de ces objectifs et des caractéristiques d'un faisceau hertzien numérique est le taux d'erreur le plus élevé (définissant l'interruption de fonctionnement du système) qui peut être dépassé pendant de petits pourcentages du temps.

Le taux d'erreur admissible pouvant être dépassé pendant de petits pourcentages de temps se détermine en fonction de la disponibilité requise du système. On peut aussi s'inspirer des valeurs données dans la Recommandation UIT-R F.634 pour les circuits de grande longueur, pour définir les valeurs admissibles du taux d'erreur binaire et du pourcentage de temps pour les circuits dont la longueur ne dépasse pas 250 km.

Etant donné que les risques d'évanouissements sont plus faibles dans les bandes 8 et 9, les faisceaux hertziens numériques peuvent, dans certaines régions, être conçus pour supporter un affaiblissement par bond plus élevé que les systèmes analogiques correspondants dans lesquels la puissance moyenne de bruit est le principal élément à prendre en considération. De plus, l'effet des réflexions latérales, qui peuvent produire un bruit d'intermodulation relativement élevé dans les faisceaux hertziens analogiques, est généralement négligeable dans un faisceau hertzien numérique.

Dans les faisceaux hertziens numériques qui régénèrent les signaux numériques à l'aide de répéteurs, la dégradation de la qualité de transmission causée par l'augmentation du nombre des bonds conduit à une accumulation des erreurs sur les bits et non à une augmentation de la puissance de bruit. Le taux d'erreur binaire d'un faisceau hertzien à régénération peut être considérablement amélioré moyennant une légère augmentation du rapport porteuse/bruit.

Avec des faisceaux hertziens numériques, on peut ainsi réaliser économiquement des circuits interurbains de 250 km ou plus, tout en atteignant les objectifs de qualité spécifiés dans la Recommandation UIT-R F.594.

2. Conditions particulières aux pays en développement

2.1 Considérations générales

Il est nécessaire de réduire au minimum les frais d'établissement de l'infrastructure requise pour les faisceaux hertziens utilisés dans les zones rurales. Cette infrastructure comprend, en particulier:

- l'établissement de routes d'accès convenables;
- la construction de locaux pour abriter l'équipement et, si besoin est, pour le logement du personnel de maintenance;
- l'installation des systèmes d'alimentation en énergie ainsi que de réservoirs de carburant, en cas de besoin;
- l'édification de supports d'antenne, etc.

On a souvent constaté que cette infrastructure représentait une très forte proportion des frais de construction des faisceaux hertziens existants.

Il convient de noter que, dans certains cas (traversée d'une région marécageuse, désertique, montagneuse ou d'un territoire étranger), une solution par faisceau hertzien transhorizon, fonctionnant dans une gamme de fréquences relativement basse, peut être plus avantageuse, car elle évite l'installation de stations loin des grandes agglomérations sans nécessiter cependant une infrastructure trop importante. Dans ce cas, il se peut que l'utilisation de semi-conducteurs ne puisse être envisagée pour l'amplificateur de puissance de l'émetteur.

Bien qu'il soit difficile, de manière générale, d'établir des prévisions à long terme sur l'évolution des besoins en liaisons interurbaines dans les pays en voie de développement, le choix de la capacité des systèmes doit assurer la rentabilité optimale, compte tenu de ces prévisions. Si on installe un équipement dont la capacité dépasse les besoins futurs, il ne sera pas rentable. Par ailleurs, le remplacement d'un système moins important installé initialement ne devrait s'imposer qu'après plusieurs années de croissance lorsque sa capacité sera devenue insuffisante. A ce moment-là, une plus grande capacité sera justifiée et l'équipement installé initialement pourra être récupéré et réinstallé sur une autre liaison à plus faible trafic.

2.2 Type de matériel, antennes et systèmes d'alimentation en énergie

Il y a lieu d'utiliser des composants à l'état solide pour réduire la puissance requise et simplifier la maintenance. Les circuits à l'état solide permettent de réduire les dimensions des appareils utilisés, mais cette réduction ne doit pas être opérée au détriment de la fiabilité et de la facilité de maintenance.

L'emploi d'oscillateurs locaux simples, du type à synthèse de fréquence, pourrait présenter des avantages et entraîner une diminution du nombre des sous-ensembles de rechange nécessaires, à condition d'avoir une disposition adéquate des canaux radioélectriques.

Les antennes doivent être simples, robustes et ne pas offrir une grande prise au vent. On peut utiliser une antenne Yagi à 1 500 MHz et aux fréquences inférieures, tandis qu'un réseau de dipôles, une antenne en hélice ou un réflecteur dièdre peut l'être pour les fréquences de la bande des 400 MHz et une antenne parabolique pour 1 500 MHz et au-dessus. Afin de réduire la longueur de la ligne de raccordement, l'antenne doit être située près du bâtiment abritant les appareils. Les câbles à diélectrique plein ou du type mousse ont l'avantage de ne pas nécessiter de pressurisation.

Il est généralement plus économique d'utiliser la même antenne pour l'émission et la réception, mais il faut, dans ce cas, adopter un plus grand écart de fréquence pour éviter le blocage du récepteur (3 à 5% de la fréquence moyenne, par exemple).

Lorsqu'une intermodulation due à des réflexions latérales nuisibles avec retard important est observée dans les systèmes fonctionnant dans les bandes de fréquences inférieures, par exemple la bande des 400 MHz, on peut espérer obtenir une légère amélioration en utilisant des antennes à faisceau horizontal plus étroit. Une méthode pour réduire l'ouverture du faisceau consiste à employer deux antennes ou plus couplées côte à côte.

Dans de nombreux cas les matériels fonctionneront loin de toute source d'énergie existante et, par conséquent, ils devront avoir une faible consommation afin de réduire l'importance de l'installation d'énergie à établir ainsi que son entretien et son ravitaillement.

La puissance requise étant faible, l'énergie peut être fournie par des batteries alimentées par des chargeurs connectés au secteur si celui-ci est disponible. L'obtention d'une consommation suffisamment faible peut aussi permettre l'emploi de systèmes d'alimentation à énergie solaire.

Dans les autres cas, les problèmes relatifs à l'alimentation en énergie primaire, relatifs aux systèmes de ce type, ont été étudiés par le GAS 4 de l'UIT-T qui a publié un Manuel sur ce sujet, intitulé «Sources primaires d'énergie» (1985).
