RECOMMANDATION UIT-R SM.1138*

DÉTERMINATION DES LARGEURS DE BANDE NÉCESSAIRES, EXEMPLES DE CALCUL DE LA LARGEUR DE BANDE NÉCESSAIRE ET EXEMPLES CONNEXES DE DÉSIGNATION DES ÉMISSIONS

(1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) le Rapport final et les recommandations du Groupe volontaire d'experts (GVE) chargé d'étudier l'attribution et l'utilisation améliorée du spectre des fréquences radioélectriques et la simplification du Règlement des radiocommunications (RR), qui a été créé conformément à la Résolution N° 8 de la Conférence de plénipotentiaires (Nice, 1989) et a poursuivi ses travaux conformément à la Résolution N° 8 de la Conférence de plénipotentiaires additionnelle (Genève, 1992);

b) que la Conférence mondiale des radiocommunications de 1995 (CMR-95) examinera et adoptera au besoin des propositions pour le RR simplifié,

recommande

1 d'utiliser les formules qui figurent à l'Annexe 1 pour calculer la largeur de bande nécessaire, lorsque celle-ci est reprise par le RR.

ANNEXE 1

Détermination des largeurs de bande nécessaires, exemples de calcul de la largeur de bande nécessaire et exemples connexes de désignation des émissions

1 La largeur de bande nécessaire ainsi déterminée n'est pas la seule caractéristique d'une émission qu'il convient de prendre en considération lorsqu'il s'agit d'évaluer le brouillage que cette émission est susceptible de causer.

2 Dans la rédaction du tableau, les notations suivantes ont été utilisées:

B_n: largeur de bande nécessaire (Hz)

B: rapidité de modulation (Bd)

N: nombre maximal possible des éléments «noirs plus blancs» à transmettre par seconde dans le cas du fac-similé

M: fréquence maximale de modulation (Hz)

C: fréquence de la sous-porteuse (Hz)

D: excursion de crête, c'est-à-dire la moitié de la différence entre les valeurs maximale et minimale de la fréquence instantanée. La fréquence instantanée (Hz) s'obtient en divisant la vitesse de variation de la phase, (rad) par 2 π

t: durée de l'impulsion à mi-amplitude (s)

t_r: temps de montée de l'impulsion entre 10% et 90% d'amplitude (s)

K: facteur numérique général, qui varie suivant l'émission et qui dépend de la distorsion admissible du signal

N_c: nombre de voies dans la bande de base dans les systèmes radioélectriques multiplex à plusieurs voies

f_p: fréquence de la sous-porteuse pilote de continuité (Hz) (signal continu utilisé pour contrôler la qualité de fonctionnement des systèmes à multiplexage par répartition en fréquence).

---

* Des références renvoient à la présente Recommandation dans le Règlement des radiocommunications révisé par la Conférence mondiale des radiocommunications de 1995 (CMR-95) qui entrera en vigueur le 1er juin 1998.

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
I. PAS DE SIGNAL MODULANT			
Onde entretenue pure	–	–	Aucune
II. MODULATION D'AMPLITUDE			
1. Signal contenant de l'information quantifiée ou numérique			
Télégraphie à ondes entretenues, code Morse	$B_n = BK$ $K = 5$ pour les liaisons affectées d'évanouissements $K = 3$ pour les liaisons sans évanouissements	25 mots par minute $B = 20$, $K = 5$ Largeur de bande: 100 Hz	100HA1AAN
Télégraphie à manipulation par tout ou rien d'une porteuse modulée par une fréquence audible, code Morse	$B_n = BK + 2M$ $K = 5$ pour les liaisons affectées d'évanouissements $K = 3$ pour les liaisons sans évanouissements	25 mots par minute $B = 20$, $M = 1\,000$, $K = 5$ Largeur de bande: 2 100 Hz = 2,1 kHz	2K10A2AAN
Signal d'appel sélectif avec emploi d'un code séquentiel à une seule fréquence, bande latérale unique, onde porteuse complète	$B_n = M$	Fréquence maximale du code = 2 110 Hz, $M = 2\,110$ Largeur de bande: 2 110 Hz = 2,11 kHz	2K11H2BFN
Télégraphie à impression directe, avec emploi d'une sous-porteuse modulante à déplacement de fréquence, correction des erreurs, bande latérale unique, onde porteuse supprimée (une seule voie)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$	$B = 50$ $D = 35$ Hz (déplacement 70 Hz) $K = 1{,}2$ Largeur de bande: 134 Hz	134HJ2BCN
Télégraphie harmonique multivoie avec correction des erreurs, quelques voies sont multiplexées par répartition dans le temps, bande latérale unique, onde porteuse réduite	B_n = fréquence centrale la plus élevée + $M + DK$ $M = \frac{B}{2}$	15 voies Fréquence centrale la plus élevée = 2 805 Hz $B = 100$ $D = 42{,}5$ Hz (déplacement 85 Hz) $K = 0{,}7$ Largeur de bande: 2 885 Hz = 2,885 kHz	2K89R7BCW
2. Téléphonie (qualité commerciale)			
Téléphonie, double bande latérale (une seule voie)	$B_n = 2M$	$M = 3\,000$ Largeur de bande: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00A3EJN
Téléphonie, bande latérale unique, onde porteuse complète (une seule voie)	$B_n = M$	$M = 3\,000$ Largeur de bande: 3 000 Hz = 3 kHz	3K00H3EJN
Téléphonie, bande latérale unique, onde porteuse supprimée (une seule voie)	$B_n = M$ – fréquence de modulation la plus basse	$M = 3\,000$ Fréquence de modulation la plus basse = 300 Hz Largeur de bande: 2 700 Hz = 2,7 kHz	2K70J3EJN
Téléphonie avec signaux distincts modulés en fréquence pour régler le niveau du signal vocal démodulé, bande latérale unique, onde porteuse réduite (Lincompex) (une seule voie)	$B_n = M$	Fréquence maximale de réglage = 2 990 Hz $M = 2\,990$ Largeur de bande: 2 990 Hz = 2,99 kHz	2K99R3ELN

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
2. Téléphonie (qualité commerciale) *(suite)*			
Téléphonie avec dispositif de secret, bande latérale unique, onde porteuse supprimée (deux voies ou plus)	$B_n = N_c M$ – fréquence de modulation la plus basse dans la voie la plus basse	$N_c = 2$ $M = 3\,000$ Fréquence de modulation la plus basse = 250 Hz Largeur de bande: 5 750 Hz = 5,75 kHz	5K75J8EKF
Téléphonie, bande latérale indépendante (deux voies ou plus)	B_n = somme de M pour chaque bande latérale	2 voies $M = 3\,000$ Largeur de bande: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00B8EJN
3. Radiodiffusion sonore			
Radiodiffusion sonore, double bande latérale	$B_n = 2M$ M peut varier entre 4 000 et 10 000 selon la qualité désirée	Parole et musique, $M = 4\,000$ Largeur de bande: 8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3EGN
Radiodiffusion sonore, bande latérale unique, onde porteuse réduite (une seule voie)	$B_n = M$ M peut varier entre 4 000 et 10 000 selon la qualité désirée	Parole et musique, $M = 4\,000$ Largeur de bande: 4 000 Hz = 4 kHz	4K00R3EGN
Radiodiffusion sonore, bande latérale unique, onde porteuse supprimée	$B_n = M$ – fréquence de modulation la plus basse	Parole et musique, $M = 4\,500$ Fréquence de modulation la plus basse = 50 Hz Largeur de bande: 4 450 Hz = 4,45 kHz	4K45J3EGN
4. Télévision			
Télévision, image et son	Pour les largeurs de bande communément utilisées pour les systèmes de télévision, voir les documents correspondants de l'UIT-R	Nombre de lignes: 625 Largeur de bande vidéo nominale = 5 MHz Porteuse sonore par rapport à la porteuse image: 5,5 MHz Largeur de bande totale pour l'image: 6,25 MHz Largeur de la voie de transmission sonore modulée en fréquence, y compris les bandes de garde: 750 kHz Largeur de bande de la voie aux fréquences radioélectriques: 7 MHz	6M25C3F -- 750KF3EGN
5. Fac-similé			
Fac-similé analogique par modulation en fréquence de la sous-porteuse d'une émission à bande latérale unique, onde porteuse réduite, noir et blanc	$B_n = C + \frac{N}{2} + DK$ $K = 1{,}1$ (valeur type)	$N = 1\,100$ correspondant à un module de coopération de 352 et à une vitesse de rotation du cylindre de 60 tours par minute. Le module de coopération est le produit du diamètre du cylindre et du nombre de lignes par unité de longueur. $C = 1\,900$ $D = 400$ Hz Largeur de bande: 2 890 Hz = 2,89 kHz	2K89R3CMN
Fac-similé analogique; modulation en fréquence d'une sous-porteuse audiofréquence modulant la porteuse principale, bande latérale unique, onde porteuse supprimée	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1{,}1$ (valeur type)	$N = 1\,100$ $D = 400$ Hz Largeur de bande: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98J3C --

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
6. Emissions composites			
Double bande latérale, faisceau hertzien de télévision	$B_n = 2C + 2M + 2D$	Fréquences vidéo limitées à 5 MHz, son sur sous-porteuse 6,5 MHz modulée en fréquence avec excursion de 50 kHz: $C = 6{,}5 \times 10^6$ $D = 50 \times 10^3$ Hz $M = 15\,000$ Largeur de bande: $13{,}13 \times 10^6$ Hz = 13,13 MHz	13M1A8W --
Double bande latérale, faisceau hertzien, multiplexage par répartition en fréquence	$B_n = 2M$	10 voies téléphoniques occupant la bande de base 1-164 kHz $M = 164\,000$ Largeur de bande: 328 000 Hz = 328 kHz	328KA8E --
Double bande latérale de VOR avec téléphonie (VOR: radiophare d'alignement équidirectif VHF)	$B_n = 2C_{max} + 2M + 2DK$ $K = 1$ (valeur type)	La porteuse principale est modulée par: – une sous-porteuse de 30 Hz – une porteuse résultant d'une tonalité de 9 960 Hz modulée en fréquence par une tonalité de 30 Hz – une voie téléphonique – une tonalité de 1 020 Hz manipulée pour identification continue en Morse $C_{max} = 9\,960$ $M = 30$ $D = 480$ Hz Largeur de bande: 20 940 Hz = 20,94 kHz	20K9A9WWF
Bandes latérales indépendantes; plusieurs voies télégraphiques avec correction d'erreurs, ainsi que plusieurs voies téléphoniques avec dispositif de secret; multiplexage par répartition en fréquence	B_n = somme de M pour chaque bande latérale	Normalement, les systèmes composites sont exploités conformément aux dispositions normalisées des voies (par exemple Rec. UIT-R F.348). Pour 3 voies téléphoniques et 15 voies télégraphiques, la largeur de bande nécessaire est de: 12 000 Hz = 12 kHz	12K0B9WWF
III-A. MODULATION DE FRÉQUENCE			
1. Signal contenant de l'information quantifiée ou numérique			
Télégraphie sans correction d'erreurs (une seule voie)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1{,}2$ (valeur type)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (déplacement 170 Hz) Largeur de bande: 304 Hz	304HF1BBN
Télégraphie à impression directe à bande étroite, avec correction d'erreurs (une seule voie)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1{,}2$ (valeur type)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (déplacement 170 Hz) Largeur de bande: 304 Hz	304HF1BCN
Signal d'appel sélectif	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1{,}2$ (valeur type)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (déplacement 170 Hz) Largeur de bande: 304 Hz	304HF1BCN

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
1. Signal contenant de l'information quantifiée ou numérique *(suite)*			
Télégraphie duplex à 4 fréquences	$B_n = 2M + 2DK$ B: rapidité de modulation (Bd) de la voie la plus rapide. Si les voies sont synchronisées: $M = \frac{B}{2}$ (autrement, $M = 2B$) $K = 1{,}1$ (valeur type)	Espacement entre fréquences adjacentes = 400 Hz Voies synchronisées $B = 100$ $M = 50$ $D = 600$ Hz Largeur de bande: 1 420 Hz = 1,42 kHz	1K42F7BDX
2. Téléphonie (qualité commerciale)			
Téléphonie commerciale	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valeur type mais, dans certaines conditions, des valeurs plus grandes de K peuvent être nécessaires)	Cas moyen de téléphonie commerciale $D = 5\,000$ Hz $M = 3\,000$ Largeur de bande: 16 000 Hz = 16 kHz	16K0F3EJN
3. Radiodiffusion sonore			
Radiodiffusion sonore	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valeur type)	Monophonique $D = 75\,000$ Hz $M = 15\,000$ Largeur de bande: 180 000 Hz = 180 kHz	180KF3EGN
4. Fac-similé			
Fac-similé par modulation directe en fréquence de la porteuse; noir et blanc	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1{,}1$ (valeur type)	$N = 1\,100$ éléments par seconde $D = 400$ Hz Largeur de bande: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F1C --
Fac-similé analogique	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1{,}1$ (valeur type)	$N = 1\,100$ éléments par seconde $D = 400$ Hz Largeur de bande: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F3C --
5. Emissions composites (voir le Tableau III-B)			
Faisceau hertzien, multiplexage par répartition en fréquence	$B_n = 2f_p + 2DK$ $K = 1$ (valeur type)	60 voies téléphoniques occupant la bande de base 60-300 kHz; excursion efficace par voie = 200 kHz; la fréquence pilote de continuité (331 kHz) donne lieu à une excursion efficace de la porteuse principale de 100 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 2{,}02$ $= 1{,}52 \times 10^6$ Hz $f_p = 0{,}331 \times 10^6$ Hz Largeur de bande: $3{,}702 \times 10^6$ Hz = 3,702 MHz	3M70F8EJF

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
5. Emissions composites *(suite)*			
Faisceau hertzien, multiplexage par répartition en fréquence	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valeur type)	960 voies téléphoniques occupant la bande de base 60-4 028 kHz; excursion efficace par voie = 200 kHz; la fréquence pilote de continuité (4 715 kHz) donne lieu à une excursion efficace de la porteuse principale de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 5{,}5$ $= 4{,}13 \times 10^6$ Hz $M = 4{,}028 \times 10^6$ $f_p = 4{,}715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2\ f_p$ Largeur de bande: $16{,}32 \times 10^6$ Hz = 16,32 MHz	16M3F8EJF
Faisceau hertzien, multiplexage par répartition en fréquence	$B_n = 2f_p$	600 voies téléphoniques occupant la bande de base 60-2 540 kHz; excursion efficace par voie = 200 kHz; la fréquence pilote de continuité (8 500 kHz) donne lieu à une excursion efficace de la porteuse principale de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 4{,}36$ $= 3{,}28 \times 10^6$ Hz $M = 2{,}54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8{,}5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2\ f_p$ Largeur de bande: 17×10^6 Hz = 17 MHz	17M0F8EJF
Radiodiffusion sonore stéréophonique avec sous-porteuse subsidiaire de téléphonie multiplexée	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valeur type)	Système à fréquence pilote $M = 75\,000$ $D = 75\,000$ Hz Largeur de bande: 300 000 Hz = 300 kHz	300KF8EHF

III-B. FACTEURS DE MULTIPLICATION À UTILISER POUR CALCULER *D*, EXCURSION DE FRÉQUENCE DE CRÊTE, DANS LES ÉMISSIONS MULTIVOIES À MODULATION DE FRÉQUENCE ET MULTIPLEXAGE PAR RÉPARTITION EN FRÉQUENCE (MF-MRF)

Pour les systèmes MF-MRF, la largeur de bande nécessaire est:

$$B_n = 2M + 2DK$$

On calcule la valeur de *D*, ou excursion de fréquence de crête dans les formules pour B_n en multipliant la valeur efficace d'excursion par voie par le «facteur multiplicatif» approprié indiqué ci-dessous.

Dans le cas où une onde pilote de continuité de fréquence f_p est présente au-dessus de la fréquence maximale de modulation *M*, la formule générale prend la forme suivante:

$$B_n = 2f_p + 2DK$$

Dans le cas où l'indice de modulation de la porteuse principale produit par l'onde pilote est inférieur à 0,25 et où la valeur efficace de l'excursion de fréquence de la porteuse principale produite par l'onde pilote est inférieure ou égale à 70% de la valeur efficace de l'excursion par voie, la formule générale prend celle des deux formes ci-après qui donne la valeur la plus grande:

$$B_n = 2f_p \qquad \text{ou} \qquad B_n = 2M + 2DK$$

Nombre de voies téléphoniques N_c	Facteur multiplicatif (1)
	(Facteur de crête) × antilog $\left[\dfrac{\text{Valeur en dB au-dessus du niveau de modulation de référence}}{20}\right]$
$3 < N_c < 12$	4,47 × antilog $\left[\dfrac{\text{Une valeur en dB spécifiée par le constructeur de l'équipement ou par l'exploitant de la station, sous réserve de l'approbation de l'administration}}{20}\right]$
$12 \le N_c < 60$	3,76 × antilog $\left[\dfrac{2{,}6 + 2 \log N_c}{20}\right]$
	Facteur multiplicatif (2)
Nombre de voies téléphoniques N_c	(Facteur de crête) × antilog $\left[\dfrac{\text{Valeur en dB au-dessus du niveau de modulation de référence}}{20}\right]$
$60 \le N_c < 240$	3,76 × antilog $\left[\dfrac{-1 + 4 \log N_c}{20}\right]$
$N_c \ge 240$	3,76 × antilog $\left[\dfrac{-15 + 10 \log N_c}{20}\right]$

(1) Dans ce tableau, les facteurs multiplicatifs 3,76 et 4,47 correspondent respectivement à des facteurs de crête de 11,5 et 13,0 dB.

(2) Dans ce tableau, le facteur multiplicatif 3,76 correspond à un facteur de crête de 11,5 dB.

Description de l'émission	Largeur de bande nécessaire		Désignation de l'émission
	Formule	Exemple de calcul	
IV. MODULATION PAR IMPULSIONS			
1. Radar			
Emission d'impulsions non modulées	$B_n = \frac{2K}{t}$ K dépend du rapport entre la durée de l'impulsion et le temps de montée de l'impulsion. Sa valeur se situe généralement entre 1 et 10 et, dans de nombreux cas, sa valeur n'a pas besoin de dépasser 6.	Radar primaire Pouvoir séparateur en distance = 150 m $K = 1{,}5$ (impulsion triangulaire où $t \simeq t_r$, seules les composantes les plus fortes jusqu'à 27 dB étant prises en considération) D'où: $t = \frac{2 \times \text{(pouvoir séparateur en distance)}}{\text{vitesse de la lumière}}$ $= \frac{2 \times 150}{3 \times 10^8}$ $= 1 \times 10^{-6}$ s Largeur de bande: 3×10^6 Hz = 3 MHz	3M00P0NAN
2. Emissions composites			
Faisceau hertzien	$B_n = \frac{2K}{t}$ $K = 1{,}6$	Impulsions modulées en position par une bande de base de 36 voies téléphoniques; durée de l'impulsion à mi-amplitude = 0,4 µs Largeur de bande: 8×10^6 Hz = 8 MHz (Largeur de bande indépendante du nombre de voies téléphoniques)	8M00M7EJT