

RECOMMANDATION UIT-R F.162-3*

**EMPLOI D'ANTENNES À EFFET DIRECTIF DANS LE SERVICE FIXE
FONCTIONNANT DANS LES BANDES DE FRÉQUENCES
INFÉRIEURES À 30 MHz ENVIRON**

(Question 150/9)

(1953-1956-1966-1970-1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il existe un sérieux encombrement dans les bandes de fréquences attribuées au service fixe entre 4 et 28 MHz;
- b) que l'occupation du spectre est représentée, non seulement par l'occupation en largeur de bande et en temps, mais encore par la distribution spatiale de la puissance rayonnée;
- c) que le rayonnement extérieur aux directions nécessaires peut être efficacement réduit au moyen de l'utilisation d'antennes à effet directif;
- d) qu'il semble justifié, compte tenu des Articles S3 et S15 du Règlement des radiocommunications, d'établir de nouvelles dispositions relatives à l'emploi d'antennes à effet directif dans ces bandes;
- e) que le Groupe d'experts, dans la Recommandation N° 13 de son Rapport final, Genève, 1963, préconise l'utilisation d'antennes à effet directif pour l'émission et la réception dans le service fixe;
- f) que la demande formulée par le Groupe d'experts dans la Recommandation N° 38 de son Rapport final dans la Question 150/9 visent la spécification de normes appropriées de directivité pour les antennes utilisées dans les divers services de radiocommunication dans les bandes de fréquences comprises entre 4 et 28 MHz, compte dûment tenu de l'aspect économique de ce problème;
- g) que l'adoption de normes minimales pour les antennes à effet directif contribuerait à résoudre les problèmes de partage des fréquences;
- h) que la mise en œuvre de méthodes modernes permet d'obtenir pour les antennes des caractéristiques de fonctionnement nettement meilleures que ces normes minimales, avec une dépense raisonnable,

recommande

1. que les définitions suivantes soient utilisées lorsqu'on spécifie les caractéristiques de fonctionnement des antennes directives:

1.1 Directivité, G_0^{}**

Dans une direction donnée, produit par 4π du rapport: intensité de rayonnement (puissance par unité d'angle solide (stéradian)) dans cette direction/puissance totale rayonnée par l'antenne.

1.2 Secteur de service, S

Secteur horizontal contenant le faisceau principal de l'antenne et comprenant la direction requise pour l'exploitation. Sa valeur est très voisine du double de l'ouverture angulaire du faisceau principal, mesurée aux points à mi-puissance (-3 dB).

* 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.

** Le gain d'une antenne est défini au numéro S1.160 du Règlement des radiocommunications.

1.3 Secteur de brouillage, I

Secteur horizontal extérieur au faisceau principal:

$$I^\circ = 360^\circ - S^\circ$$

1.4 Antenne normale minimale

Antenne ayant les caractéristiques minimales spécifiées (directivité et secteur de service) pour sa ou ses fréquences d'exploitation.

1.5 Antenne normale économique

Antenne ayant, pour sa ou ses fréquences d'exploitation, des caractéristiques spécifiées (directivité et secteur de service) qui peuvent se justifier du point de vue économique (c'est-à-dire des caractéristiques telles que des économies peuvent être réalisées dans l'obtention d'une puissance d'émission donnée).

1.6 Coefficient de directivité de l'antenne, M^*

Rapport de la densité de flux de puissance dans la direction désirée à la valeur moyenne de la densité de flux de puissance correspondant aux crêtes du diagramme de directivité de l'antenne dans le secteur de brouillage. Cette grandeur est équivalente à l'amélioration moyenne du rapport signal/brouillage que l'on obtient lorsqu'on emploie l'antenne réelle au lieu d'un radiateur isotrope en espace libre;

2. que l'antenne normale minimale ait un coefficient de directivité s'exprimant par:

$$M = 0,1 f^2$$

f étant la fréquence d'exploitation en MHz;

3. que l'antenne normale économique ait un coefficient de directivité s'exprimant par:

$$M = 0,25 f^2$$

4. que, pour une puissance rayonnée au moins égale à 5 kW, le coefficient de directivité M de l'antenne utilisée soit au moins égal à celui de l'antenne normale minimale;
5. que, pour une puissance rayonnée au moins égale à 10 kW, on utilise, autant que faire se peut, des antennes dont les caractéristiques de fonctionnement ne sont pas plus défavorables que celles de l'antenne normale économique;
6. que, pour les puissances d'émission inférieures à 5 kW, la densité de flux de puissance dans le secteur de brouillage ne dépasse pas, dans ce secteur, la valeur provoquée par une antenne normale minimale rayonnant une puissance totale de 5 kW;
7. que, pour réduire les effets du brouillage, le coefficient de directivité, M , de l'antenne de réception soit au moins égal à celui de l'antenne normale minimale et que, dans toute la mesure possible, ces caractéristiques soient équivalentes à celles de l'antenne normale économique.

Si, pour déterminer le coefficient de directivité M de l'antenne, on utilise des valeurs de gain calculées d'après les formules établies dans l'hypothèse où l'intensité du courant est constante, il convient d'appliquer une correction appropriée pour tenir compte de la diminution de l'intensité du courant le long de l'antenne réelle. Les méthodes à employer pour appliquer ces corrections sont indiquées dans l'Annexe 1.

Il n'est pas fixé de polarisation préférée, ni de type d'antenne préféré. La polarisation horizontale permet d'obtenir des caractéristiques de réflexion au sol plus favorables et, pour la réception, une certaine réduction du brouillage dû au bruit artificiel. Si la réflexion se produit sur une étendue de mer ou sur un sol de très grande conductivité, l'utilisation de la polarisation verticale peut améliorer le fonctionnement sous les petits angles nécessités pour les trajets à grande distance. Il est tenu compte de ce point important dans le calcul de M , où l'on introduit un facteur de pondération $10/\Delta$, le terme Δ désignant l'angle vertical correspondant au rayonnement optimal. Il n'est pas nécessaire que les antennes d'émission aient les mêmes caractéristiques de polarisation que les antennes de réception, étant donné que la polarisation prend un caractère aléatoire dans le processus de propagation ionosphérique.

* L'Annexe 1 explique la détermination de la valeur du coefficient de directivité pour une antenne donnée.

Les valeurs choisies pour le coefficient M sont fondées, dans une large mesure, sur les caractéristiques de fonctionnement mesurées d'antennes en losange et de systèmes typiques d'antennes. En règle générale, les caractéristiques de rayonnement des antennes en losange simples dans la zone de brouillage sont un peu inférieures à celles des autres types d'antennes (par exemple, les systèmes d'antennes demi-onde); il est tenu compte de ce fait dans le calcul de M . A condition de choisir correctement les paramètres, les caractéristiques de fonctionnement d'antennes de types différents, mais ayant le même coefficient M , sont comparables;

8. de se reporter à l'Annexe 1 pour les valeurs de directivité et du secteur de service;
9. de se reporter à l'Annexe 2 pour une explication détaillée des antennes directives;
10. de se reporter à l'Annexe 3 pour une description des réseaux directifs avec réflecteur aperiodique.

ANNEXE 1

Valeurs de la directivité et du secteur de service

On trouvera dans le Tableau 1 ci-après les valeurs de la directivité et du secteur de service correspondant à certaines valeurs de M , respectivement pour l'antenne normale minimale et pour l'antenne normale économique:

TABLEAU 1

Fréquence d'exploitation f (MHz)	Antenne normale minimale			Antenne normale économique		
	M	G_0 (dB)	S°	M	G_0 (dB)	S°
5	2,5	13,8	54	6,25	17,5	35
10	10	16,6	39	25	20,4	25
15	22,5	18,3	32	57	22,1	21
20	40	19,4	28	100	23,3	18

On peut obtenir le gain de l'antenne par rapport à un doublet demi-onde placé au-dessus du sol en retranchant 8 dB de la valeur de G_0 . Il est à noter que la valeur S représente la limite minimale pour la valeur spécifiée de directivité; cette valeur de S a été établie dans l'hypothèse où 40% au moins de la puissance totale est rayonnée dans le faisceau principal (ce pourcentage est obtenu avec un grand nombre d'antennes en losange). Si, comme c'est généralement le cas, on connaît le gain (en puissance) de l'antenne (voir le numéro S1.160 du Règlement des radiocommunications), il convient, dans le calcul de la directivité, d'appliquer une correction appropriée pour tenir compte du rendement de l'antenne.

Emploi d'antennes directives dans les bandes de fréquences comprises entre 4 et 28 MHz

1. Introduction

La présente Annexe étudie le problème suivant: quelles sont les normes que l'on peut raisonnablement imposer à l'effet directif des antennes dans les divers services, utilisant pour diverses distances les bandes comprises entre 4 et 28 MHz, compte tenu de la nécessité d'abaisser les prix de revient? La proposition contenue dans la présente Annexe s'applique principalement aux liaisons entre points fixes de longueur supérieure à 4 000 km mais, moyennant des modifications appropriées, elle pourrait s'appliquer également à des circuits plus courts. La méthode exposée exige que l'on connaisse le gain de l'antenne ainsi que les angles d'ouverture de son faisceau principal dans le plan horizontal et dans le plan vertical. Connaissant ces éléments, on en déduit un coefficient de directivité qui, utilisé conjointement avec d'autres facteurs tels que la puissance d'émission et le prix de revient, permet d'évaluer dans quelle mesure une antenne donnée est appropriée à telle ou telle application.

2. Proposition

Considérons une antenne ayant une certaine directivité et qui rayonne toute la puissance dans un lobe unique; on peut admettre qu'une telle antenne possède les caractéristiques de fonctionnement optimales dans sa catégorie. Les systèmes de télécommunication ayant de telles antennes à l'émission et à la réception pourraient fonctionner sur une même fréquence, dans une répartition spatiale donnée, sans risque de brouillages mutuels, la seule condition à remplir étant que chaque antenne de réception ne devrait «voir» que l'antenne d'émission désirée. Dans cette disposition idéale, le nombre de tels systèmes capables de fonctionner sur une même fréquence augmenterait en fonction du gain des antennes, par suite de l'ouverture plus petite des faisceaux.

Moyennant certaines hypothèses simplificatrices mais justifiées, on peut montrer qu'il existe, avec une excellente approximation, une relation déterminée entre la directivité (par rapport à un radiateur isotrope) et les ouvertures angulaires de ce faisceau unique (jusqu'au minimum); cette relation est la suivante:

$$G = \frac{P_0}{P} = \frac{32 \pi^2}{(\pi^2 - 4) \theta_0 \varphi_0} = \frac{K}{\theta_0 \varphi_0} \quad (1)$$

(θ_0 et φ_0 désignent respectivement les ouvertures angulaires dans le plan horizontal et dans le plan vertical; P et P_0 désignent les puissances totales rayonnées respectivement par l'antenne idéale et par le radiateur isotrope pour donner le même champ dans la direction désirée).

Les antennes réelles s'écartent de ces conditions idéales, car un certain pourcentage de la puissance est rayonné (ou reçu) dans des directions autres que celle du faisceau principal.

Soit G' la directivité d'une telle antenne, et soit θ_0' et φ_0' les ouvertures angulaires de son faisceau principal; compte tenu de l'équation (1), la puissance rayonnée dans le faisceau principal s'écrit:

$$P' = \frac{P_0 \theta_0' \varphi_0'}{K} \quad (2)$$

Si cette puissance représente une fraction q de la puissance totale rayonnée, on a:

$$G' = \frac{P_0 q}{P'} = \frac{Kq}{\theta_0' \varphi_0'} \quad (3)$$

soit

$$q = \frac{G' \theta_0' \varphi_0'}{K} \quad (4)$$

En d'autres termes, connaissant les caractéristiques d'une antenne (mesurées ou calculées), on peut en déduire l'efficacité de rayonnement de cette antenne, c'est-à-dire le pourcentage de la puissance totale rayonnée qui est contenu dans le faisceau principal.

La puissance rayonnée à l'extérieur du faisceau principal d'une antenne d'émission susceptible de produire des signaux brouilleurs s'écrit:

$$\frac{P_0(1-q)}{G'}$$

Si cette puissance était uniformément répartie dans le reste de l'hémisphère, à l'extérieur de l'arc lunaire θ_0' , le flux de puissance moyen aurait pour expression:

$$\frac{P_0(1-q)}{(2\pi - \theta_0') G'}$$

Etant donné que le flux maximal dans le faisceau a pour expression $P_0/4\pi$, on peut écrire:

$$\frac{\text{Flux de puissance maximal du signal utile}}{\text{Flux de puissance moyen du signal brouilleur}} = \frac{G' (2\pi - \theta_0')}{(1-q) 4\pi} \quad (5)$$

Il est bien connu que la répartition spatiale du flux à l'extérieur du faisceau principal accuse d'importantes variations et prend en certains points des valeurs très supérieures à la moyenne. Il semble commode d'exprimer ce phénomène sous la forme d'une distribution de probabilité, de telle manière que son influence sur la diminution du rapport signal/brouillage apparaisse comme un des éléments du coefficient de directivité de l'antenne. Pour ce faire, il faudrait connaître la répartition du flux dans les lobes secondaires d'un grand nombre d'antennes réelles; comme on ne possède pas suffisamment de renseignements sur ce point, il faut adopter une méthode différente. La méthode utilisée consiste à définir un coefficient de directivité d'antenne en admettant que toute la puissance rayonnée dans des directions non désirées apparaît sous la forme d'un certain nombre de lobes secondaires contenant des amplitudes égales; une correction est appliquée dans les cas où les amplitudes contenues dans tels ou tels lobes secondaires sont susceptibles de présenter de l'importance dans un problème particulier, par exemple, dans les études relatives au partage des fréquences.

Si l'on admet que la loi de répartition de la puissance est la même que pour le faisceau principal (loi en \cos^2), on a pour les lobes secondaires:

$$\left(\frac{F_{max}}{F_{moy}}\right)^2 = \frac{2\pi^2}{\pi^2 - 4} = 3,36 \text{ (5,3 dB)}$$

moyennant quoi l'on peut écrire:

$$\frac{\text{Flux de puissance maximal du signal utile}}{\text{Flux de puissance maximal du signal brouilleur}} = \frac{G' (2\pi - \theta_0')}{(1-q) 4\pi \times 3,36} \quad (6)$$

Il faut encore apporter une autre modification à la formule pour tenir compte de l'effet d'«adaptation de propagation» de l'antenne: certaines études ont montré que, pour les grandes distances (supérieures à 4 000 km), la qualité de transmission du circuit s'améliore lorsqu'on réduit l'angle vertical correspondant au maximum dans le faisceau principal.

On peut tenir compte de cet effet en appliquant un facteur de pondération (utilisable pour des angles de départ compris entre 5° et 25° dans le plan vertical) et l'expression du coefficient de directivité de l'antenne devient alors:

$$M = \frac{G' (2\pi - \theta_0')}{(1 - q) 4\pi \times 3,36} \cdot \frac{10}{\Delta_m}$$

ou, en exprimant θ_0' et φ_0' en degrés:

$$M = \frac{G' (360 - \theta_0')}{241,9 \Delta_m (1 - q)} \quad (7)$$

$$q = \frac{G' \theta_0' \varphi_0'}{176\,600}$$

où:

- G' : directivité de l'antenne par rapport à un radiateur isotrope (exprimé comme un rapport, sauf indications contraires)
- θ_0' : ouverture angulaire du faisceau principal dans le plan horizontal (degrés) (jusqu'aux points du premier minimum)
- φ_0' : ouverture angulaire du faisceau principal dans le plan vertical (degrés) (jusqu'aux points du premier minimum)
- Δ_m : angle vertical du maximum dans le faisceau principal (degrés).

Pour les distances inférieures à 4 000 km, on peut négliger ce facteur; à sa place on peut utiliser la hauteur de l'antenne, choisie pour s'adapter aux conditions de propagation reconstruites sur le trajet.

3. Détermination de la directivité

Lorsqu'on connaît les caractéristiques mesurées des antennes, notamment le gain (en puissance) et les ouvertures angulaires des faisceaux, il est facile de calculer le coefficient de directivité M , à condition de connaître le rendement en puissance de l'antenne. Cependant, on est souvent appelé à faire une estimation à partir des spécifications d'un projet et une attention particulière est nécessaire dans le cas d'une antenne en losange. Bien que l'on puisse prévoir avec une précision suffisante les dimensions du lobe principal et l'angle de site de son maximum par un calcul où l'on suppose un courant constant dans les fils d'antenne, le gain ainsi calculé dépasse généralement la valeur réelle, de sorte qu'il faut l'ajuster avant de pouvoir l'utiliser dans la formule qui donne M . Cet ajustement peut être considéré sous deux aspects.

3.1 Ajustement pour tenir compte de la puissance dissipée dans la charge terminale de l'antenne, C_t

Il s'agit en fait d'une transposition qui fait passer du gain (en puissance) mesuré à la directivité. Cet ajustement est spécifié pour un certain nombre de configurations dans les Fig. 1a) et 3a).

3.2 Ajustement pour tenir compte de la diminution du courant le long de l'antenne, C_d

Cet ajustement doit être opéré pour convertir le gain (en puissance) fourni par les formules à courant constant en une valeur qui soit plus conforme aux valeurs mesurées sur des antennes réelles. Il est spécifié, pour les mêmes configurations, dans les Fig. 1b) et 3b). Pour plus de commodité, on a groupé ces courbes dans les Fig. 2 et 4 qui permettent de convertir directement le gain (en puissance) calculé en valeurs pour la directivité. Les portions de courbe en trait plein représentent le gain normal prévu lors de la construction.

Toutes ces courbes ont été déduites de résultats de mesure obtenus pour les rendements en puissance d'antennes en losange; dans ces mesures, on a fait l'hypothèse d'une décroissance linéaire du courant le long des antennes. Il s'agissait d'antennes à 3 fils ayant une impédance caractéristique de 600 Ω . Il existe une relation très étroite entre le rendement de rayonnement et l'impédance caractéristique, et il y a intérêt à prendre la plus petite valeur acceptable. Néanmoins, on se heurte à des difficultés de construction si l'on veut réaliser une valeur très inférieure à 600 Ω dans les bandes d'ondes décimétriques.

FIGURE 1
Ajustements du gain pour antenne en losange de 122 m/40 m

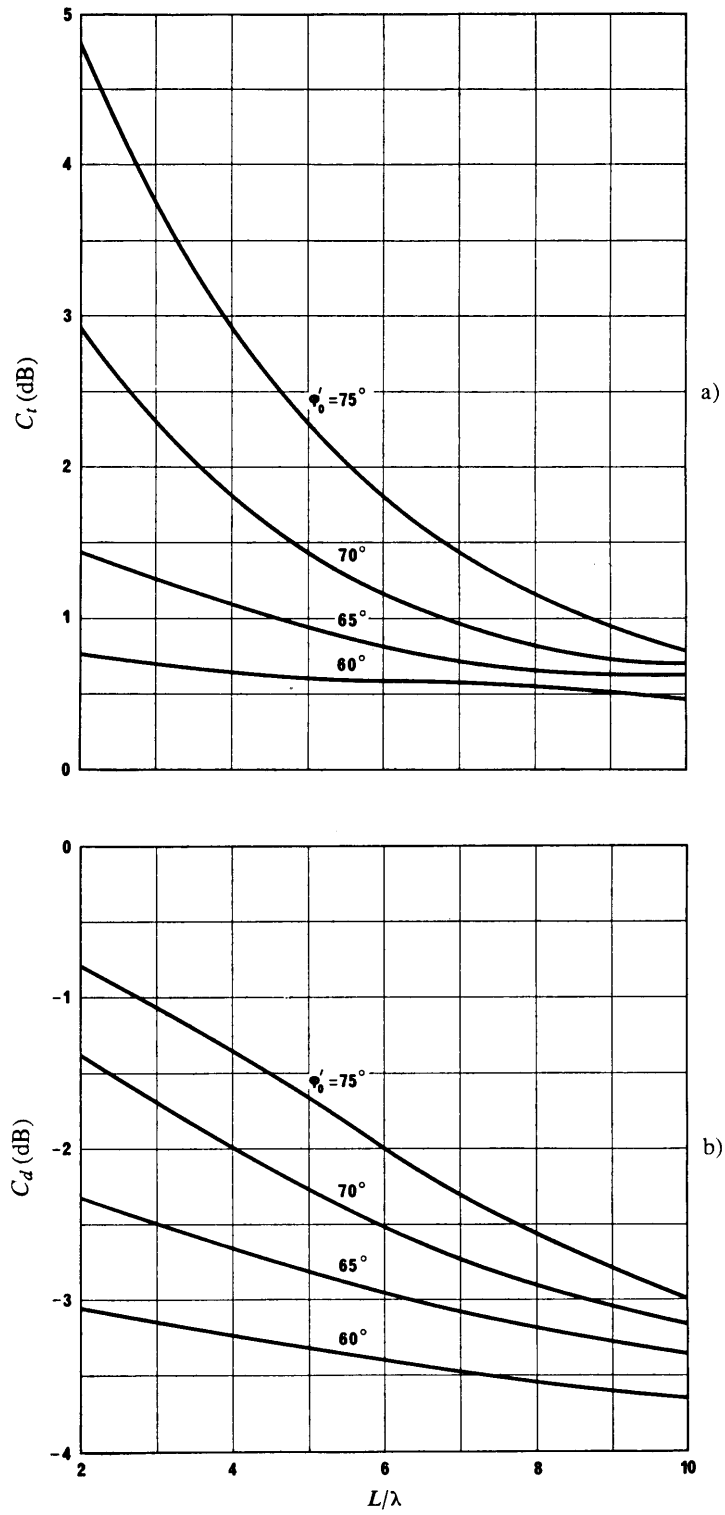
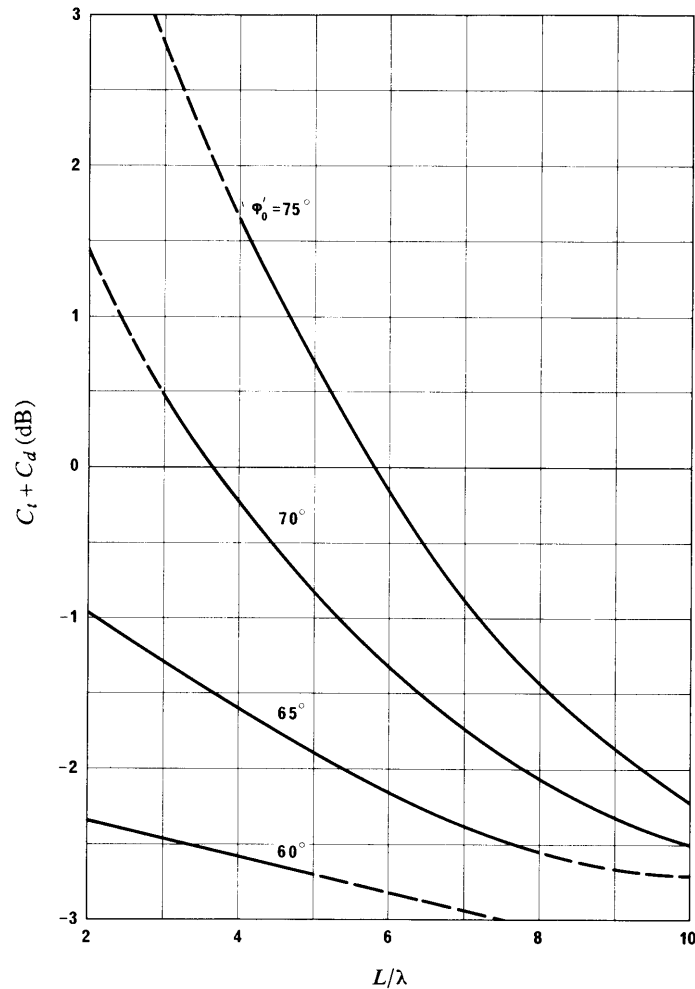


FIGURE 2

Ajustement combiné du gain pour antenne en losange de 122 m/40 m



D02-sc

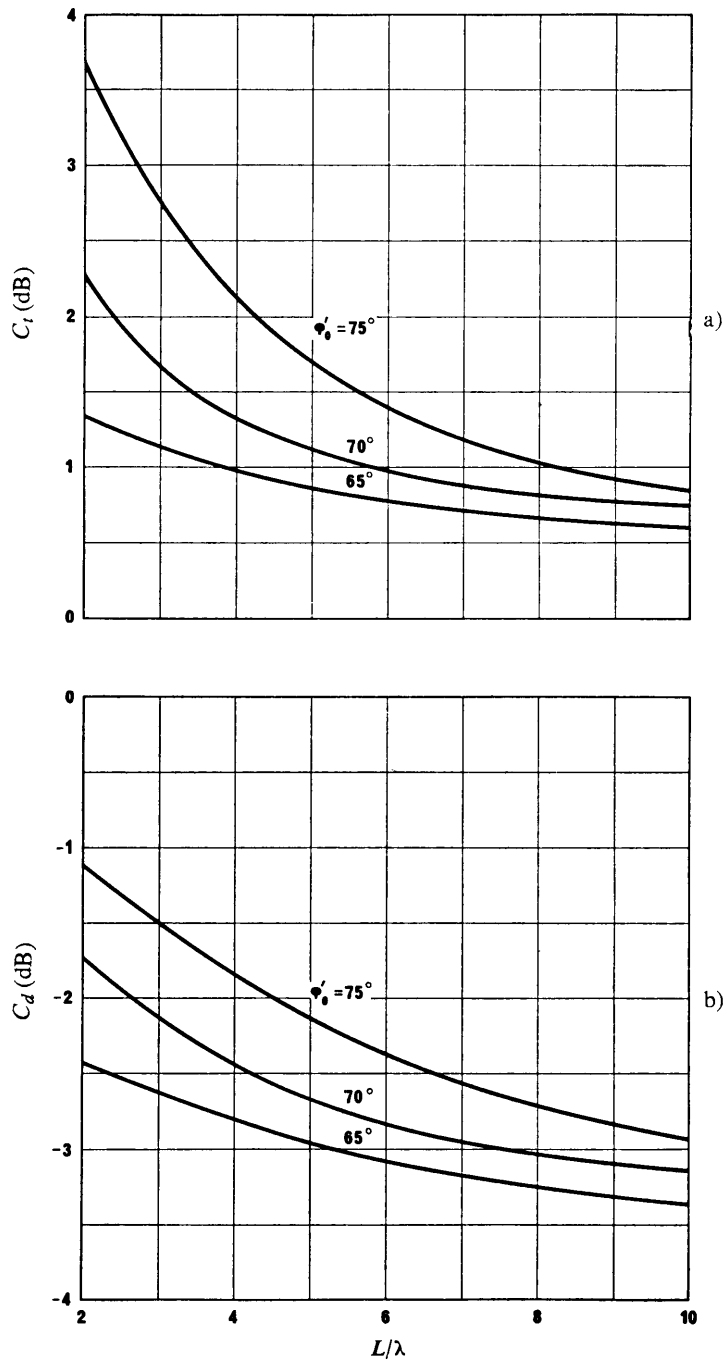
4. Application

La Fig. 5 donne les valeurs de M pour un certain nombre d'antennes de divers types. Ce graphique fournit une indication sur la variation, en fonction de la fréquence, des caractéristiques d'une antenne simple et d'un système d'antenne, évaluées d'après les valeurs mesurées du gain (en puissance) et les valeurs calculées de la directivité, par application des méthodes décrites au § 3. On a tracé sur le graphique des courbes que l'on peut considérer comme représentatives d'une qualité de fonctionnement satisfaisante pour ces deux catégories d'antennes. On peut considérer que la courbe inférieure («antenne normale minimale») s'adapte mieux aux données expérimentales disponibles, et peut s'exprimer sous la forme: $M = 0,1 f^2$. Ceci peut être considéré comme une représentation convenable des caractéristiques de fonctionnement que l'on peut attendre d'antennes en losange simples, bien réalisées et fonctionnant dans une bande de fréquences où le rapport de la fréquence la plus élevée à la fréquence la plus basse ne dépasse pas 2.

La courbe supérieure de la Fig. 5 («antenne normale économique»), qui peut être exprimée de façon similaire: $M = 0,25 f^2$ représente une qualité de fonctionnement qui, normalement, ne peut être obtenue qu'avec des systèmes d'antenne. L'obtention de cette qualité plus élevée implique obligatoirement une dépense proportionnellement plus grande pour l'installation d'antenne, mais une certaine augmentation par rapport aux dépenses normales peut se révéler rentable.

FIGURE 3

Ajustements du gain pour antenne en losange de 122 m/23 m

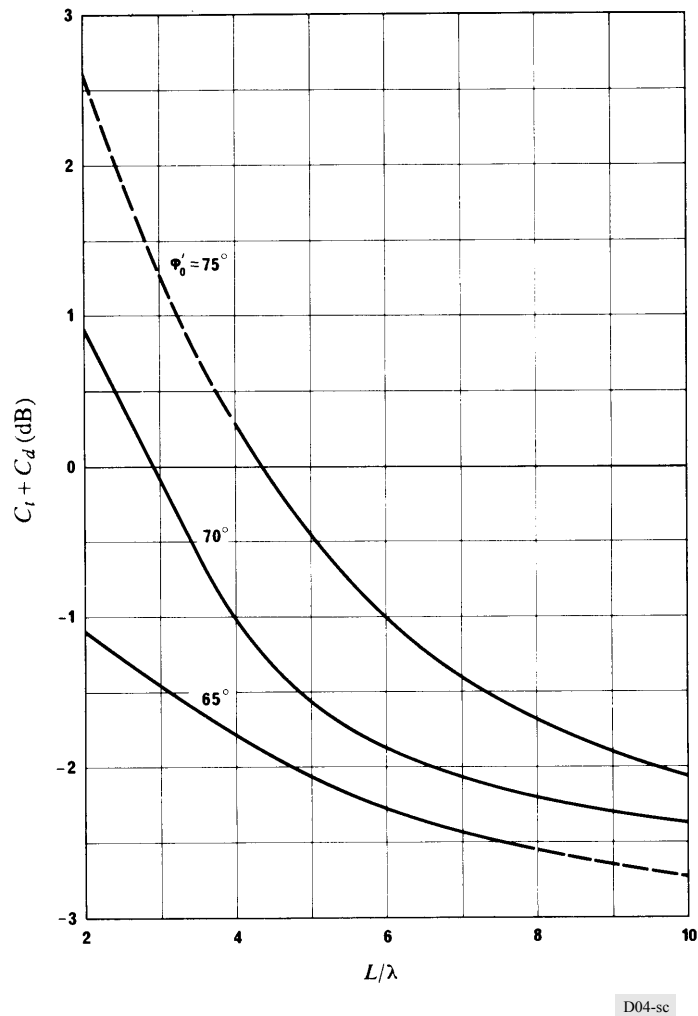


D03-sc

Dans les travaux de planification de fréquences et dans d'autres études connexes, les fréquences d'apparition de lobes secondaires ayant des amplitudes supérieures à la valeur de crête uniforme considérée plus haut peuvent présenter de l'importance. Dans la gamme de valeurs de M considérée dans notre étude, les résultats de mesure obtenus avec des antennes réelles montrent que 10% au maximum des lobes secondaires contiennent une amplitude supérieure de 6 dB à la valeur de crête uniforme. Ainsi, pour une antenne dont le coefficient M sera égal à 40, le rapport des niveaux entre le faisceau principal et le lobe secondaire d'ordre le plus élevé serait de 10 dB. Ces lobes secondaires se trouveront généralement à côté du lobe principal.

FIGURE 4

Ajustement combiné du gain pour antenne en losange de 122 m/23 m



5. Effets de la neige, de la glace et des marées sur les diagrammes de rayonnement des antennes

Le présent paragraphe expose les résultats d'études théoriques effectuées pour déterminer l'effet de diverses épaisseurs de neige et de glace sur les diagrammes de rayonnement de deux antennes: un doublet horizontal demi-onde et une antenne verticale quart d'onde. On a de plus calculé les effets de la marée sur les diagrammes de rayonnement de ces mêmes antennes placées au-dessus de la mer.

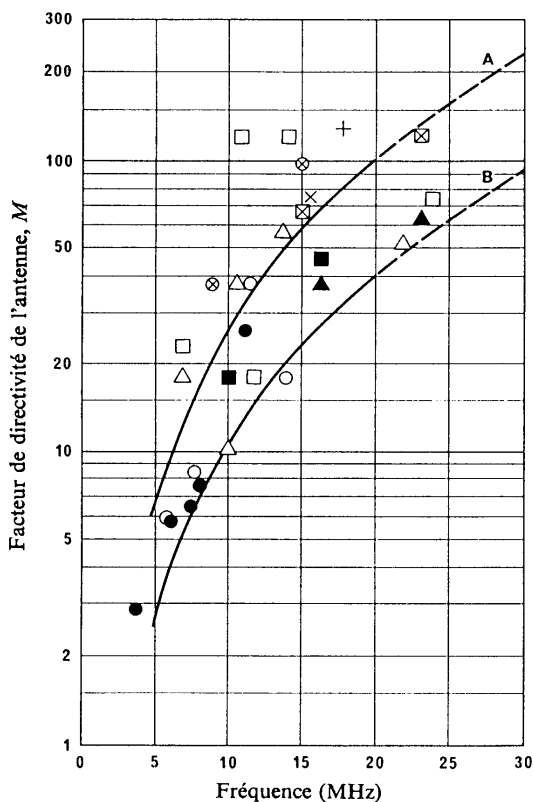
On a toujours admis, dans ces études, que les couches de neige, de glace et de terrain étaient planes, homogènes et d'une épaisseur uniforme.

Sur un doublet horizontal, l'effet de 1 m de neige ou de glace est négligeable. En revanche, l'effet d'une marée de 3 m peut donner lieu à une variation d'environ 5° de l'angle de rayonnement maximal dans le plan vertical.

Une antenne quart d'onde verticale est influencée par la neige ou la glace de façon bien plus sensible, notamment dans les directions voisines de l'horizontale, pour lesquelles il se produit une réduction significative du signal. Le Tableau 2 fait connaître, pour trois valeurs de la distance zénithale, et à la fréquence 10 MHz, les modifications correspondantes de la puissance émise ou reçue.

FIGURE 5

Facteur de directivité, M , de l'antenne, fondé sur les gains calculés



Courbe A: antenne normale économique

Courbe B: antenne normale minimale

- * Antenne en losange
125 m/65°/45 m
- * Antenne en losange
122 m/72,5°/23 m
- ⊗ Antenne en losange
158 m/71°/55 m
- ⊠ Antenne en losange
158 m/75°/37 m

Antennes
complémentaires

Antennes
complémentaires

- Antenne en losange
98 m/63°/45 m
- Antenne en losange
95 m/67°/32 m
- ▲ Antenne en losange
90 m/69°/29 m
- △* Antenne en losange
96 m/70°/23 m

Antennes
complémentaires

×* Système de doublets HR 4/4/1,0
+* Système de doublets HR 8/4/0,5

* Valeurs de gain en puissance, mesurées avec un équipement installé à bord d'un avion.

D05-sc

TABLEAU 2

Variation relative (dB) de la puissance émise ou reçue, due à la neige, à la glace ou aux effets de la marée, pour trois valeurs de la distance zénithale (Fréquence: 10 MHz)

	Distance zénithale		
	45°	75°	85°
Antenne quart d'onde verticale située sur un sol plan recouvert d'une couche de neige de 1 m (constante diélectrique = 1,2, conductivité: 10^{-5} S/m)	-0,5	-0,6	-1,3
Antenne quart d'onde verticale au-dessus de la mer recouverte d'une couche de glace salée de 1 m (constante diélectrique = 6,0, conductivité: 10^{-3} S/m)	-1,7	-3,4	-8,7
Antenne quart d'onde verticale au-dessus de la mer, dont le niveau s'est abaissé de 3 m	-2,9	-0,4	-0,1

Réseaux directifs avec réflecteur aperiodique

1. Introduction

Le partage des fréquences entre le service fixe et le service de radiodiffusion fonctionnant sur des fréquences inférieures à 30 MHz est difficile à réaliser en raison des différences dans les méthodes d'exploitation et les champs utilisables par les deux services. L'emploi d'antennes directives pour limiter le rayonnement dans les directions qui ne sont pas nécessaires à l'exploitation du service considéré pourrait, dans certains cas, constituer une solution à ce problème.

2. Antennes directives

Les antennes directives utilisées dans le service de radiodiffusion pour les communications à grande distance sont encore le plus souvent de deux types: les antennes rhombiques et les antennes doublets. Dans le service fixe, on utilise plutôt des antennes log-périodiques.

Les réseaux de doublets monobande et bi-bandes équipés de réflecteurs accordés ont généralement été préférés parce qu'ils ont une directivité élevée avec un rapport avant/arrière de 10 à 15 dB. Ces antennes présentent l'avantage de permettre une inversion assez facile de la direction du lobe principal, mais elles produisent une série de lobes secondaires d'intensité assez forte, causant des interférences non nécessaires aux autres utilisateurs.

Récemment, on a construit des réseaux de doublets dont le système réfléchissant est constitué par un écran aperiodique. Leur directivité est analogue à celle des réseaux à réflecteurs accordés et ils présentent des avantages supplémentaires: largeur de bande d'exploitation supérieure, niveau des lobes secondaires moins important et simplicité de réalisation. A condition que l'écran réfléchissant soit bien conçu, les diagrammes de rayonnement obtenus présentent des rapports avant/arrière pouvant atteindre 20 dB, ce qui réduit la puissance rayonnée par les lobes secondaires et, par conséquent, les risques de brouillages dans des directions autres que celle du lobe principal.

L'inconvénient de ce type de réseau est que la directivité peut être sensiblement réduite aux fréquences très inférieures à la fréquence centrale de la bande d'exploitation. Les avantages les plus importants sont de type:

- électrique: en effet, la régulation des phases de courant n'est pas nécessaire dans les réflecteurs en doublets;
- radioélectrique (large bande): ces antennes n'ont pas besoin d'être réaccordées si la fréquence de travail est déplacée par rapport à la fréquence centrale;
- planification des fréquences: la réduction des lobes secondaires permet une meilleure utilisation du spectre;
- mécanique: la construction et le réglage sont simplifiés, de sorte que la maintenance est plus facile.

3. Conclusions

La comparaison des diagrammes de rayonnement théoriques et des résultats de mesures effectuées par hélicoptère montre que les réseaux de doublets équipés d'écrans aperiodiques ont un rapport avant/arrière plus favorable de 6 dB qu'un réseau de doublets équivalent équipé de réflecteurs accordés.

En conséquence, il se peut que l'utilisation des réseaux de doublets munis d'écrans aperiodiques, particulièrement dans le service de radiodiffusion, facilite le partage des fréquences avec le service fixe.

Une étude plus détaillée des caractéristiques électriques des réseaux de doublets équipés d'écrans aperiodiques doit être entreprise afin de réunir assez d'éléments pour prouver aux administrations l'intérêt de leur utilisation.