

RECOMMANDATION UIT-R BS.80-3*

Antennes d'émission en radiodiffusion (B.dam)

(1951-1978-1986-1990)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il convient d'utiliser des antennes directives chaque fois que les conditions s'y prêtent pour obtenir la couverture adéquate de la zone de service recherchée et pour réduire au minimum le rayonnement indésirable et les possibilités de brouillage en dehors de cette zone;
- b) qu'il est possible, en utilisant les techniques actuelles, de concevoir et d'installer une grande variété de types d'antennes directives en ondes décimétriques présentant des caractéristiques améliorées;
- c) que les antennes d'émission directives peuvent parfois rayonner des puissances importantes dans des directions non désirées;
- d) que l'on trouve, dans la Partie 1 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R BS.705, des renseignements complets et détaillés sur les caractéristiques de rayonnement théoriques des antennes en ondes décimétriques;
- e) que la Partie 2 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R BS.705 contient des informations concernant les différences entre les caractéristiques théoriques et les caractéristiques pratiques des antennes en ondes décimétriques,

recommande

- 1 d'utiliser les Annexes 1 et 2 pour orienter le choix d'une antenne d'émission en ondes décimétriques adaptée aux besoins;
- 2 de faire en sorte que le rayonnement des lobes latéraux soit le plus faible possible;
- 3 de ne pas supposer, dans les conditions d'exploitation rencontrées en pratique et pour la détermination des brouillages, que le champ, dans d'autres azimuts et à des angles de site correspondant à ceux du lobe principal, est inférieur à 222 mV/m à une distance de 1 km, pour une puissance d'alimentation de l'antenne de 1 kW dans le cas d'antennes à gain élevé. On peut envisager une valeur plus faible du champ brouilleur dans le cas des antennes à gain peu élevé;
- 4 d'utiliser l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R BS.705 comme source d'informations plus détaillées.

NOTE – La Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la planification des bandes d'ondes décimétriques attribuées au service de radiodiffusion (CAMR HFBC (1)), Genève, 1987, a adopté des valeurs calculées du champ minimal plus basses, dans certains cas, que celle indiquée ci-dessus (voir l'Annexe 2).

* La Commission d'études 6 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2002 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

ANNEXE 1*

1 Utilisation d'antennes directives et non directives

En radiodiffusion à ondes décamétriques, l'antenne constitue le moyen par lequel l'énergie radioélectrique est dirigée vers la zone de service requise. Le choix d'une antenne appropriée renforce le signal dans cette zone, tout en réduisant le rayonnement dans les directions non désirées. On protège ainsi les autres utilisateurs du spectre radioélectrique qui émettent dans le même canal ou dans les canaux adjacents dans une zone de service différente. On recommande donc, dans la mesure du possible, d'utiliser des antennes directives ayant un diagramme de rayonnement bien défini.

Les antennes non directives peuvent être utilisées lorsque l'émetteur est situé à l'intérieur de la zone de service requise. Dans ce cas, la zone de service requise vue de l'émetteur s'étend en azimut sur plus de 180°.

Les antennes directives jouent un double rôle. Le premier est d'éviter des brouillages aux autres utilisateurs du spectre, grâce à leur directivité. Le second est d'assurer un champ suffisant pour permettre, grâce à leurs gains en puissance, une réception satisfaisante.

Le diagramme de la Fig. 1 donne quelques directives générales pour le choix de l'antenne optimale, selon le type de service à assurer en fonction de la distance. On a considéré deux catégories de service, un service à courte distance et un service à moyenne ou grande distance.

Un service à courte distance, dans le présent contexte, est considéré comme ayant une portée pouvant atteindre environ 2 000 km. La zone correspondante peut être desservie soit au moyen d'une antenne non directive, soit en utilisant une antenne directive dont l'ouverture du faisceau sera choisie en fonction du secteur à couvrir. Dans le second cas, on peut utiliser soit un rideau de doublets horizontaux, soit des antennes log-périodiques.

Un service à moyenne ou à grande distance peut être considéré comme correspondant à des distances supérieures à 2 000 km environ. Ce service peut être assuré à l'aide d'antennes dont l'angle de site du lobe principal est faible (6° à 13°) et dont l'angle d'ouverture dans le plan horizontal α , selon la zone à couvrir, soit une valeur élevée comprise entre 65° et 95° (généralement 70°), soit une valeur faible comprise entre 30° et 45° (généralement 35°).

La valeur du champ dans la zone de réception est influencée par les caractéristiques de rayonnement de l'antenne qui dépendent du type de réseau. Il ne faut pas utiliser d'antennes à faisceau horizontal ou vertical très étroit, car les variations des conditions ionosphériques pourraient déplacer la zone couverte.

Bien que l'on utilise des antennes losanges en radiodiffusion, leur emploi est à déconseiller du fait de l'importance et du nombre de leurs lobes latéraux, qui peuvent causer des brouillages techniquement évitables.

* La nomenclature utilisée est expliquée dans l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R BS.705 et dans l'Annexe 2 à la présente Recommandation.

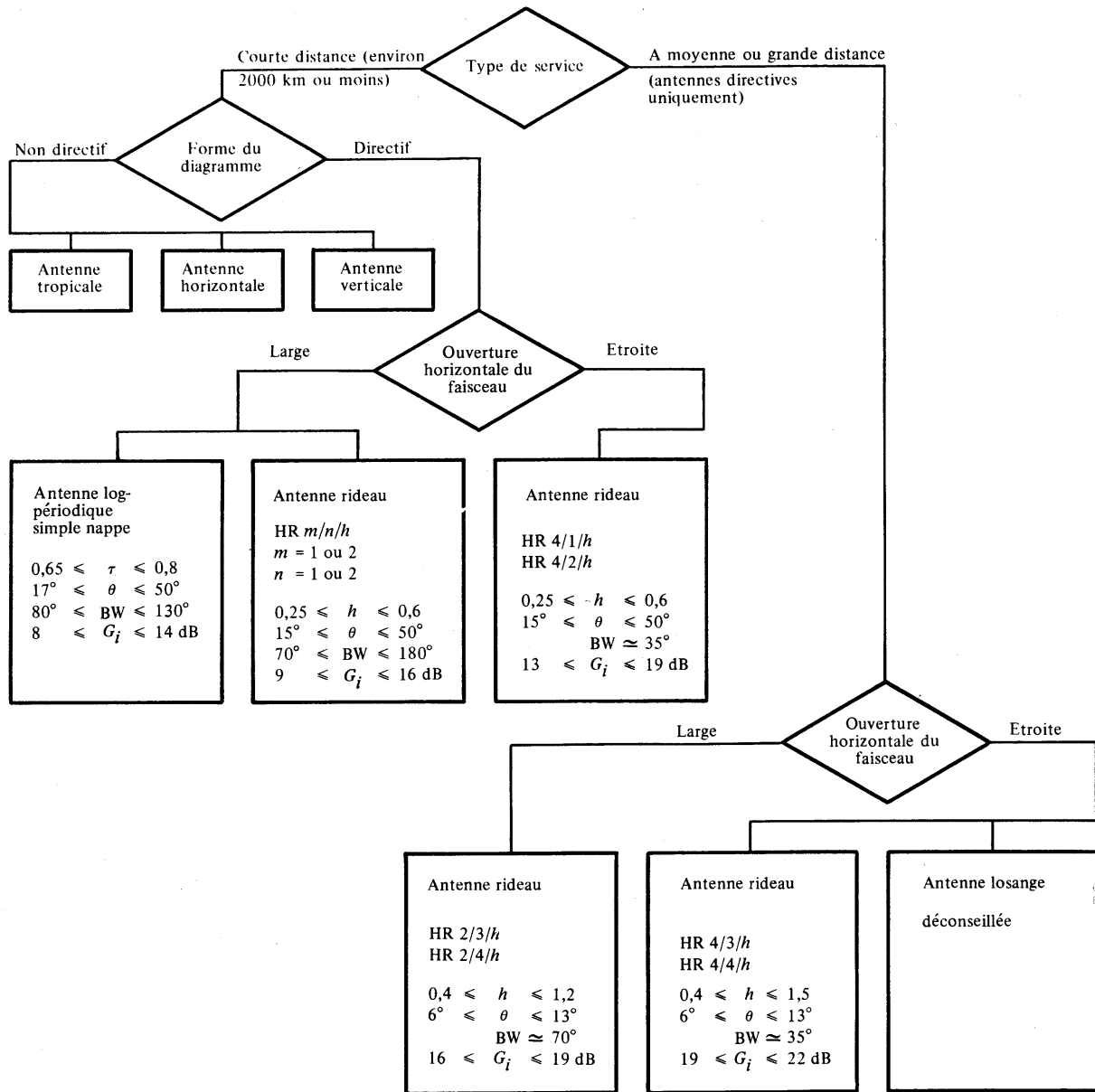


FIGURE 1 - Diagramme de sélection d'antenne

- θ : angle de site
- G_i : gain par rapport à une antenne isotrope isolée dans l'espace (dB)
- G_d : gain par rapport à un doublet demi-onde isolé dans l'espace ($G_i = G_d + 2,2$ dB) (dB) } du rayonnement maximal dans le faisceau principal
- BW: ouverture totale du faisceau dans le plan horizontal (-6 dB par rapport au maximum)
- HR: antenne rideau à doublets horizontaux avec réflecteur
- m : nombre d'éléments demi-onde par rangée horizontale
- n : nombre d'éléments demi-onde par rangée verticale
- h : hauteur au-dessus du sol de la rangée d'éléments la plus basse (longueurs d'onde)
- τ : facteur de diminution du gain d'une antenne log-périodique

2 Réduction des lobes secondaires

La réduction des lobes secondaires dans les antennes directives pour la radiodiffusion en ondes décimétriques est de la plus haute importance pour éviter les brouillages en cas de partage des fréquences. Ces brouillages sont généralement dus soit au fait que l'antenne d'émission possède des lobes secondaires dans des directions non désirées soit à la dispersion de l'énergie du lobe principal, en cas d'anomalies de propagation. On peut réduire l'amplitude des lobes secondaires si l'antenne est conçue de façon appropriée, tandis que la dispersion du signal, en cours de propagation dans des directions non désirées, constitue un problème complexe, et les effets de ce phénomène doivent être étudiés par des méthodes statistiques.

Les antennes-rideaux (B.dam) constituées de doublets horizontaux sont rendues unidirectives par addition d'un écran réflecteur. Cet écran peut être constitué:

- soit par un réseau identique constitué de dix doublets accordés pour obtenir un rapport avant-arrière optimal pour la gamme des fréquences de fonctionnement. En général, ce type de réflecteur n'est pas alimenté et est connu sous le nom de «doublet accordé» ou de «réflecteur parasite»;
- soit d'un écran constitué de fils horizontaux qui jouent le rôle d'un réflecteur non accordé. Ce type de réflecteur est connu sous le nom de réflecteur «apériodique».

Les déviations maximales obtenues en pratique pour différents types d'antennes sont données au Tableau 1 de l'Annexe 2.

La déviation du tir n'affecte pas de façon appréciable l'ouverture horizontale du lobe principal, mais elle augmente son asymétrie et donne lieu en même temps à un premier lobe secondaire très important. Lorsque l'angle de déviation augmente, le gain du lobe principal baisse et le rayonnement des lobes latéraux augmente. Le champ créé par les lobes latéraux augmentera donc de façon substantielle.

En République populaire de Chine, l'expérience a confirmé qu'il était possible d'obtenir une déviation satisfaisante en utilisant des déphasages en courant calculés par approximations successives.

Des essais effectués en Italie ont montré qu'avec une antenne de type HRS 5/4/1,5, il est possible de diminuer l'amplitude des lobes secondaires lorsqu'on alimente les cinq colonnes de doublets séparément. Cette propriété se conserve lorsqu'on dévie le faisceau principal.

La particularité de certaines antennes du type HR 4/4 construites en France, est que le réflecteur est alimenté, ce qui permet de régler avec précision les amplitudes et les phases des courants dans les rideaux avant et arrière. La mesure des diagrammes par hélicoptère a montré que ceux-ci étaient très voisins des diagrammes théoriques («zéros» de l'ordre de 40 dB). Comparés aux antennes à réflecteurs passifs, les nouveaux rideaux ont une largeur de bande plus grande, et le réglage est plus facile.

En France, les calculs ont aussi montré que, pour les antennes multibande du type HR 2/n/h, si l'on porte le rapport de fréquences f_{max}/f_{min} à une valeur voisine de 3, on obtient des diagrammes de rayonnement théoriques satisfaisants sans augmentation importante des lobes secondaires.

Bien qu'il soit possible jusqu'à un certain point de supprimer les lobes latéraux pour certains des systèmes d'antennes-rideau, les méthodes employées jusqu'à présent introduisent des difficultés mécaniques et augmentent le prix de l'antenne.

3 Vérification des diagrammes de rayonnement

La RAI en Italie et l'Etat de la Cité du Vatican ont effectué une série de mesures du champ pour étudier et vérifier les diagrammes de rayonnement réels d'une variété de types d'antennes en ondes décimétriques. Les mesures ont été réalisées en utilisant un équipement aéroporté. Les résultats de ces mesures effectuées sur des antennes non occultées confirment le fait que les diagrammes de rayonnement du faisceau principal concordent assez bien avec les valeurs théoriques calculées en appliquant la méthodologie décrite dans la Recommandation UIT-R BS.705. Des études détaillées effectuées par plusieurs administrations confirment la validité de ces valeurs théoriques. En outre, on constate que, dans le cas d'une antenne dipôle horizontale réelle avec un réflecteur écran aperiodique, le rayonnement vers l'arrière et le rayonnement du lobe vers l'avant, sont environ à 20 dB en dessous du maximum du lobe principal. On peut conclure que la méthode de mesure des diagrammes d'antenne par hélicoptère décrite dans la Partie 2 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R BS.705 est un moyen intéressant permettant d'évaluer les caractéristiques des antennes d'émission.

4 Discrimination obtenue dans la pratique par les antennes directives

De nombreuses campagnes de mesure ont été organisées dans différents pays pour déterminer les champs des émetteurs situés dans la même zone d'émission ou dans des zones d'émission différentes. Ces résultats ont été utilisés pour calculer les valeurs de discrimination d'antenne, c'est-à-dire la diminution du champ, par rapport à la valeur dans le faisceau principal, à des angles d'azimut et de site différents de ceux du faisceau principal. La discrimination obtenue dans la pratique correspond à la valeur limite donnée dans la présente Recommandation. La discrimination calculée à partir d'antennes théoriques est bien supérieure à celle qui a été mesurée dans la réalité (voir la Partie 1 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R BS.705). Le Royaume-Uni et l'Inde ont présenté leur rapport sur ces campagnes de mesure.

ANNEXE 2

Diagrammes d'antennes B.dam pour la planification et la conception des systèmes

1 Ensemble de caractéristiques d'antenne de référence

La Recommandation UIT-R BS.705 donne des formules et le logiciel correspondant pour calculer le diagramme et les valeurs du gain maximum d'une large gamme de types d'antennes B.dam. La CAMR HFBC-87 a adopté un ensemble réduit de caractéristiques d'antenne B.dam de référence en se fondant sur les diagrammes des antennes à doublets horizontaux, considérant qu'il s'agit du type d'antenne le plus répandu. L'examen des différentes caractéristiques de cet ensemble d'antennes constitue une introduction utile à la gamme des caractéristiques d'antenne que l'on rencontre dans la pratique.

Les principales caractéristiques de cet ensemble d'antennes de référence sont résumées au Tableau 1, qui présente 24 types d'antennes directives ainsi qu'un diagramme simplifié d'une antenne non directive du type 25. Cet ensemble d'antennes a été choisi de manière qu'une gamme relativement étendue de caractéristiques soit représentée, avec cependant de faibles différences entre les types d'antennes. On y trouve aussi les caractéristiques de fonctionnement multibande et à tir dévié.

TABLEAU 1

Types d'antennes B.dam de référence

Principales caractéristiques à la fréquence nominale

N° d'antenne de référence	Type d'antenne HR(S) $m/n/h$	Gain max. G_i (dBi)	Angle de site du rayonnement maximum (degrés)	Ouverture angulaire en azimut (-6 dB) (degrés)	Déviations maximales (degrés)
01	HR (S) 4/4/1,0	22,3	7	36	
02	HR (S) 4/4/0,8	22,1	8	36	(A) Multibande 30
03	HR (S) 4/4/0,5	21,5	9	36	(T) Multibande 30
04	HR (S) 4/3/0,5	20,5	12	36	(T) A double bande 30
05	HR (S) 4/2/0,5	19,1	17	36	(TE) Monobande 15
06	HR (S) 4/2/0,3	18,1	20	36	
07	HR (S) 2/4/1,0	19,7	7	66	
08	HR (S) 2/4/0,8	19,4	8	68	
09	HR (S) 2/4/0,5	18,8	9	68	(A) Multibande 15
10	HR (S) 2/3/0,5	17,9	12	68	(T) Multibande 15
11	HR (S) 2/2/0,5	16,5	17	68	(T) A double bande 15
12	HR (S) 2/2/0,3	15,5	20	70	
13	HR (S) 2/1/0,5	14,5	27	72	
14	HR (S) 2/1/0,3	13,4	40	80	
15	HR 1/2/0,5	14,1	17	108	
16	HR 1/2/0,3	13,1	20	110	
17	HR 1/1/0,5	11,8	27	116	
18	HR 1/1/0,3	9,6	44	148	
19	H 2/1/0,5	10,8	28	78	
20	H 2/1/0,3	8,5	47	106	
21	H 1/2/0,5	11,2	17	114	
22	H 1/2/0,3	10,2	21	116	
23	H 1/1/0,5	8,9	28	124	
24	H 1/1/0,3	6,9	47	180	
25	ND	3,9	47	360	

H: antenne-rideau à doublets horizontaux

R: avec réflecteur

S: antenne à tir dévié

m : nombre d'éléments colinéaires dans chaque rangée horizontale

n : nombre d'éléments parallèles dans chaque pile verticale

h : hauteur au-dessus du sol de la rangée inférieure d'élément(s) en longueur d'onde à la fréquence nominale

(A): écran-réflecteur apériodique avec éléments à alimentation centrale

(T): réflecteur à doublets accordés avec éléments à alimentation centrale

(TE): réflecteur à doublets accordés avec éléments alimentés en extrémité

ND: antenne non directive.

Les caractéristiques données au Tableau 1 s'appliquent à une fréquence nominale de 10 MHz et à un sol de conductivité moyenne. Les caractéristiques des antennes à double bande et des antennes multibande dépendent de la fréquence; les renseignements concernant les variations de caractéristique en fonction de la fréquence sont fournis au § 3.

Des renseignements sont fournis en ce qui concerne:

- le gain de directivité maximum du lobe principal de rayonnement, en dB par rapport à une antenne isotrope (dBi);
- l'angle de site qui donne lieu au rayonnement maximum;
- l'ouverture angulaire en azimut par rapport aux points à -6 dB, en degrés;
- les possibilités pratiques de déviation dans les cas où le radiateur/réflecteur appartient à l'une des catégories suivantes:
 - (A): écran réflecteur aperiodique avec éléments à alimentation centrale,
 - (T): réflecteur à doublets accordés avec éléments à alimentation centrale,
 - (TE): réflecteur à doublets accordés avec éléments alimentés en extrémité.

Les types 1 à 6 sont des antennes ayant quatre doublets colinéaires dans chaque rangée, deux à quatre rangées parallèles de doublets étant empilées les unes sur les autres et dotées d'un réflecteur d'un des types susmentionnés. On y trouve de plus des caractéristiques de fonctionnement multibande et à tir dévié.

Si l'on diminue le nombre d'éléments empilés ou la hauteur de la rangée inférieure de doublets, on constate:

- que le gain maximum diminue;
- que l'angle de site du maximum du lobe principal augmente;
- que l'ouverture angulaire en azimut ne varie pas.

Le faisceau principal des antennes multibande et à double bande avec éléments à alimentation centrale peut être dévié au maximum de $\pm 30^\circ$ avant que les lobes secondaires aient des valeurs de gain maximum proches de -6 dB par rapport au maximum du faisceau principal.

NOTE – Les caractéristiques de site et d'azimut varient en fonction de la fréquence de fonctionnement en ce qui concerne les antennes multibande et à double bande (voir le § 3).

Les types 7 à 14 ont deux doublets colinéaires dans chaque rangée avec une à quatre rangées de doublets empilés les uns sur les autres. On observe les mêmes tendances que pour le groupe précédent, si ce n'est que l'ouverture angulaire en azimut augmente beaucoup quand les antennes ont très peu d'éléments.

La déviation du faisceau principal doit normalement être limitée au maximum à $\pm 15^\circ$ pour éviter que les lobes secondaires n'aient des valeurs de gain maximum approchant -6 dB par rapport au maximum du faisceau principal.

Les types 15 à 18 sont des antennes composées d'un seul doublet dans chaque rangée, doté d'un réflecteur; ces antennes unidirectionnelles présentent un diagramme de rayonnement dans le plan vertical maximum aux angles supérieurs et une ouverture angulaire en azimut comparativement large entre points à -6 dB.

Les types 19 à 24 comprennent les antennes avec un ou deux éléments empilés l'un sur l'autre, sans réflecteurs. Leurs caractéristiques sont en général semblables à celles du groupe précédent, si ce n'est que le diagramme de rayonnement est bidirectionnel parce qu'il n'est pas utilisé de réflecteur. L'antenne non directive du type 25 a un diagramme de rayonnement dans le plan vertical analogue à celui de l'antenne du type 24.

2 Comparaison entre les données de l'UIT-R et les caractéristiques de fonctionnement réelles

Des comparaisons entre les données obtenues au moyen du programme d'ordinateur de l'UIT-R, les valeurs obtenues à partir des données de référence et celles de la présente Recommandation sont illustrées à la Fig. 2 qui montre les diagrammes en azimuth (HR 2 et HR 4) et à la Fig. 3 qui montre les diagrammes dans le plan vertical (HR $m/2/0,5$) et (HR $m/4/0,5$).

L'Annexe 1 fait état des mesures qui montrent que le rayonnement minimum à l'arrière de l'antenne pourrait ne pas atteindre 20 dB en dessous du rayonnement maximum d'une antenne courante de type HR 4/4/h.

Il est nécessaire de poursuivre les études afin de vérifier les caractéristiques concrètes des antennes à faible gain, notamment en ce qui concerne l'affaiblissement obtenu dans la pratique pour les directions autres que celle du lobe principal.

3 Antennes multibande et à double bande

Les antennes multibande peuvent fonctionner dans une gamme de fréquences d'environ 2:1, c'est-à-dire d'environ 0,6 à 1,4 fois le rapport (Fr) de la fréquence de fonctionnement à la fréquence nominale. Les antennes à double bande peuvent seulement fonctionner dans une gamme de fréquences de 0,9 à 1,1 fois Fr.

Le Tableau 2 indique le gain maximum, l'angle de site correspondant et l'affaiblissement vertical à intervalles de 3° de l'angle de site pour des rapports de Fr compris entre 0,6 et 1,4 pour des antennes multibande des types HR(S) 4/4/0,5 ($m = 4$) et HR(S) 2/4/0,5 ($m = 2$). Les caractéristiques verticales données montrent que l'angle de site du rayonnement maximum décroît et que le faisceau principal de l'antenne devient plus étroit à mesure que Fr augmente.

Le Tableau 3 donne les valeurs d'affaiblissement en azimuth à intervalles de 5° en azimuth pour ces deux types d'antennes et pour des valeurs de Fr comprises entre 0,6 et 1,4.

Le Tableau 4 donne les valeurs d'affaiblissement en azimuth pour une antenne multibande HR(S) 4/4/0,5 dotée d'un réflecteur à écran aperiodique à la fréquence nominale, sans déviation et pour des déviations au pas de 5° jusqu'à un maximum de 30°.

4 Diagrammes en site d'antenne équivalente

Les caractéristiques du diagramme en site des antennes en ondes décimétriques dépendent de la hauteur h de la rangée inférieure d'éléments, du nombre n d'éléments parallèles empilés les uns sur les autres et de la conductivité du sol. Les diagrammes en site sont calculés au moyen d'une fonction de réflexion sur le sol qui dépend de l'espacement des éléments rayonnants et de leur image sur le sol. Cette fonction peut être simplifiée en utilisant la moitié de cette distance, c'est-à-dire la hauteur moyenne h_m des éléments rayonnants, illustrée pour les antennes à 2 piles et à 4 piles sur la Fig. 4a.

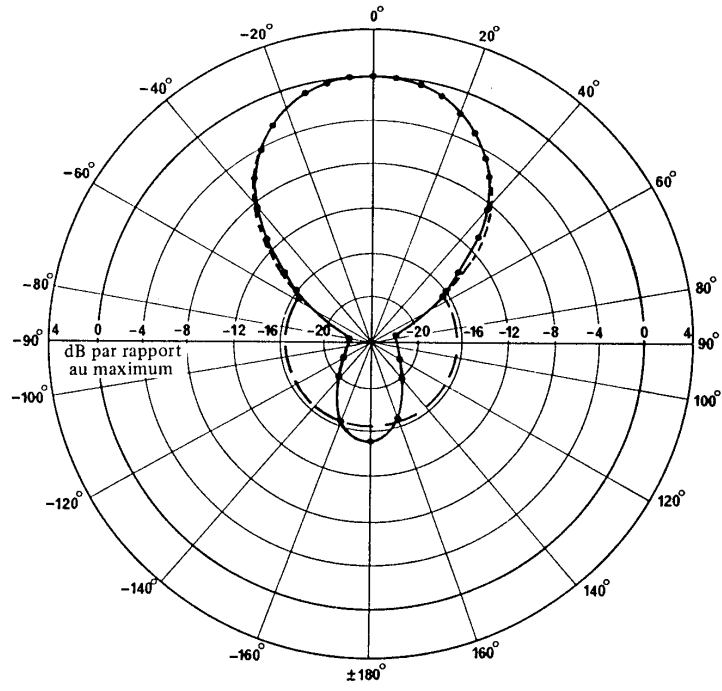
L'angle de site qui donne lieu au maximum du premier lobe principal est alors donné approximativement par:

$$\theta_{max} = \arcsin (1/4,5 \times h_m)$$

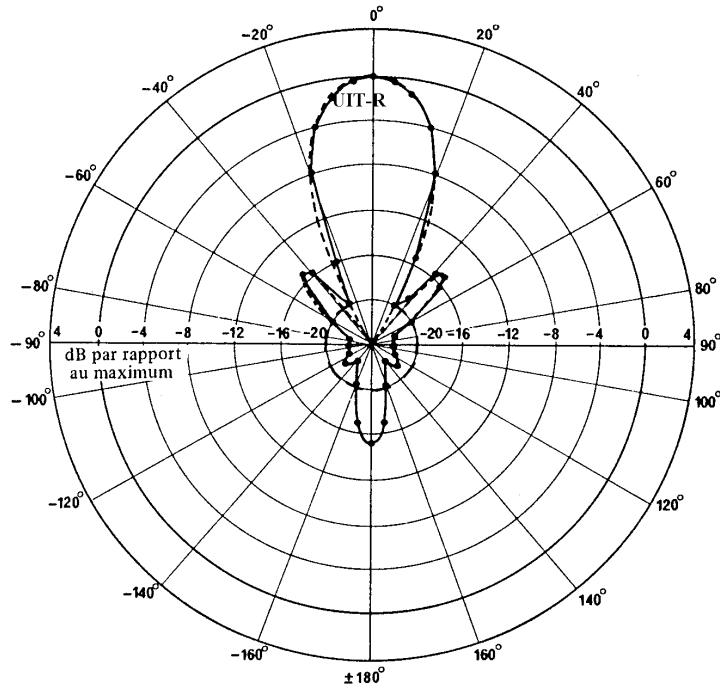
où:

$$h_m = h + 0,25 (n - 1),$$

h et n étant définis au Tableau 1.



a) Diagramme en azimut HR 2/4/0,5, gain maximal: 19 dBi



b) Diagramme en azimut HR 4/4/1, gain maximal: 22 dBi

FIGURE 2 — Diagrammes de rayonnement en azimut

- Données types
- - - - - Données UIT-R
- — — — — Recommandation UIT-R BS.80

TABLEAU 3a

Affaiblissement en azimut de l'antenne sans déviation du type HR(S) 4/4/0,5

Rapport de fréquence	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Azimut	Affaiblissement en azimut (dB)								
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8
10	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
15	1,8	2,3	2,9	3,5	4,3	5,3	6,3	7,6	9,1
20	3,2	4,1	5,3	6,6	8,3	10,5	13,3	17,6	25,3
25	5,1	6,6	8,7	11,3	15,2	21,8	30,0	21,5	16,4
30	7,5	9,9	13,5	19,4	30,0	22,6	16,9	14,1	12,7
35	10,4	14,4	21,6	30,0	20,4	16,0	14,1	13,4	13,7
40	14,0	20,7	30,0	21,3	16,8	15,0	14,8	15,8	18,6
45	18,5	30,0	24,4	18,6	16,5	16,3	17,7	21,7	30,0
50	24,5	30,0	21,6	18,5	17,9	19,2	23,3	30,0	25,1
55	30,0	27,5	21,4	19,8	20,5	24,0	30,0	28,3	20,9
60	30,0	26,5	22,7	22,2	24,4	30,0	30,0	24,7	20,9
65	30,0	27,5	25,0	25,6	29,4	30,0	30,0	25,0	22,9
70	30,0	29,8	28,3	29,8	30,0	30,0	30,0	27,4	26,6
75	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
80	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
85	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
90	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
95	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
100	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
105	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
110	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
115	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
120	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
125	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
130	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
135	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
140	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
145	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
150	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,4
155	28,3	29,4	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
160	26,7	27,1	27,7	28,4	29,3	30,0	30,0	30,0	30,0
165	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,5	25,7
170	24,6	24,2	23,9	23,4	22,9	22,3	21,6	20,8	19,9
175	24,0	23,5	22,9	22,3	21,5	20,6	19,6	18,4	17,1
180	23,9	23,3	22,7	21,9	21,0	20,1	19,0	17,7	16,2

TABLEAU 3b

Affaiblissement en azimut de l'antenne sans déviation du type HR(S) 2/4/0,5

Rapport de fréquence	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Azimut	Affaiblissement en azimut (dB)								
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
10	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
15	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7
20	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1
25	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,1	4,6	5,1
30	3,2	3,5	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	6,9	7,9
35	4,4	4,9	5,4	6,0	6,8	7,7	8,8	10,1	11,8
40	5,8	6,4	7,1	8,0	9,1	10,4	12,1	14,5	18,1
45	7,5	8,2	9,2	10,3	11,8	13,8	16,5	21,3	30,0
50	9,4	10,3	11,5	13,0	15,0	18,0	22,9	30,0	24,9
55	11,6	12,7	14,2	16,1	18,9	23,5	30,0	28,2	20,1
60	14,1	15,5	17,3	19,7	23,4	30,0	30,0	24,1	19,0
65	17,1	18,7	20,8	23,8	28,9	30,0	30,0	23,7	19,7
70	20,5	22,5	25,0	28,6	30,0	30,0	30,0	25,3	21,8
75	24,8	27,0	29,9	30,0	30,0	30,0	30,0	28,6	25,5
80	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
85	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
90	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
95	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
100	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
105	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
110	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
115	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
120	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
125	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
130	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
135	29,0	29,4	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
140	27,9	28,1	28,5	28,9	29,5	30,0	30,0	30,0	30,0
145	27,0	27,0	27,1	27,3	27,4	27,7	28,1	28,7	29,5
150	26,2	26,1	25,9	25,8	25,7	25,6	25,5	25,4	25,3
155	25,5	25,2	24,9	24,6	24,3	23,9	23,4	22,9	22,2
160	24,9	24,5	24,1	23,7	23,1	22,5	21,8	20,9	19,9
165	24,4	24,0	23,5	22,9	22,2	21,4	20,5	19,5	18,3
170	24,1	23,6	23,0	22,3	21,6	20,7	19,7	18,5	17,1
175	23,9	23,4	22,7	22,0	21,2	20,2	19,1	17,9	16,4
180	23,9	23,3	22,7	21,9	21,0	20,1	19,0	17,7	16,2

TABLEAU 4
Affaiblissement en azimut d'une antenne à tir dévié du type HR(S) 4/4/0,5

Rapport de fréquence: 1,0								
Déviaton	=	0	5	10	15	20	25	30
Az max.	=	0	4	9	13	17	22	26
-6 dB	=	18	23	27	32	37	42	46
-6 dB	=	-18	-13	-9	-4	0	5	9
Largeur	=	36	36	36	36	37	37	37
s_{eff}	=	0	5	9	14	18	23	27
Angle	Affaiblissement en azimut (dB)							
0	0,0	0,4	1,5	3,5	6,8	12,7	30,0	
5	0,5	0,0	0,3	1,3	3,1	6,1	11,2	
10	1,8	0,5	0,0	0,2	1,0	2,6	5,3	
15	4,3	2,0	0,7	0,1	0,1	0,8	2,1	
20	8,3	4,5	2,2	0,8	0,1	0,0	0,5	
25	15,2	8,4	4,7	2,4	0,9	0,2	0,0	
30	30,0	14,7	8,5	4,9	2,6	1,1	0,3	
35	20,4	29,7	14,2	8,5	5,1	2,9	1,4	
40	16,8	23,8	24,9	13,6	8,5	5,4	3,2	
45	16,5	19,0	29,7	21,8	13,2	8,7	5,7	
50	17,9	18,4	22,2	30,0	19,7	12,9	9,0	
55	20,5	19,5	21,0	27,2	30,0	18,4	13,0	
60	24,4	22,0	22,0	24,9	30,0	25,9	17,8	
65	29,4	25,4	24,3	25,7	30,0	30,0	23,7	
70	30,0	29,9	27,9	28,2	30,0	30,0	30,0	
75	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
80	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
85	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
90	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
95	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
100	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
105	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
110	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
115	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
120	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
125	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
130	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	28,5	
135	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	28,7	25,8	
140	30,0	30,0	30,0	30,0	28,9	25,8	23,7	
145	30,0	30,0	30,0	29,1	25,7	23,5	22,1	
150	30,0	30,0	29,3	25,7	23,4	22,0	21,2	
155	30,0	29,4	25,6	23,3	21,9	21,1	20,9	
160	29,3	25,5	23,2	21,8	21,1	21,0	21,5	
165	25,4	23,0	21,7	21,1	21,1	21,9	23,2	
170	22,9	21,6	21,1	21,2	22,1	23,7	26,3	
175	21,5	21,1	21,3	22,3	24,1	27,1	30,0	
180	21,0	21,4	22,5	24,5	27,9	30,0	30,0	
185	21,5	22,7	24,9	28,4	30,0	30,0	30,0	
190	22,9	25,1	28,9	30,0	30,0	30,0	30,0	
195	25,4	29,1	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
200	29,3	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
205	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
210	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
215	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
220	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
225	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
230	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
235	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
240	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
245	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
250	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
255	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
260	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
265	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
270	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
275	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
280	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
285	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
290	30,0	30,0	30,0	28,7	27,2	27,9	30,0	
295	29,4	30,0	30,0	26,4	24,0	23,7	25,7	
300	24,4	30,0	30,0	25,8	22,0	20,7	21,3	
305	20,5	24,4	30,0	27,9	21,3	18,7	18,1	
310	17,9	19,8	25,5	30,0	22,7	18,1	16,2	
315	16,5	16,7	19,4	27,5	19,2	19,3	15,6	
320	16,8	15,0	15,8	19,2	30,0	24,5	16,8	
325	20,4	15,1	13,9	15,0	18,9	30,0	21,8	
330	30,0	18,3	13,9	12,9	14,2	18,3	30,0	
335	15,2	30,0	16,7	12,8	12,0	13,2	17,2	
340	8,3	15,4	30,0	15,7	12,0	11,1	12,1	
345	4,3	8,2	15,3	30,0	15,0	11,2	10,2	
350	1,8	4,1	7,8	14,8	30,0	14,7	10,6	
355	0,5	1,7	3,8	7,4	13,9	30,0	14,8	

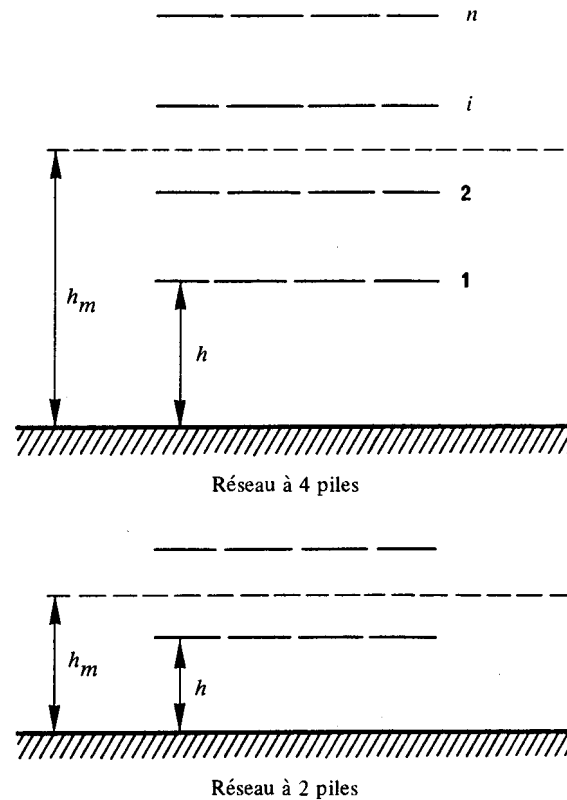


FIGURE 4a

D04-sc

La Fig. 4b montre les angles de site de rayonnement maximum obtenus d'après les calculs d'antenne de l'UIT-R et tracés en fonction de la hauteur moyenne h_m et la courbe obtenue par la formule ci-dessus. La Fig. 4c montre h_m à la fréquence nominale et la variation de la valeur de h_m pour les antennes multibande mentionnées au Tableau 1.

Une antenne HR 4/6/0,5 a une hauteur moyenne de 1,75 longueur d'onde à la fréquence nominale et elle aura, comme le montre la Fig. 4c, la même hauteur moyenne que celle d'une antenne HR 4/4/1,0. En conséquence, le rayonnement maximum se produira à un angle de site analogue.

5 Antennes à tir dévié horizontalement

L'angle de déviation est la différence entre l'azimut de la perpendiculaire aux doublets, c'est-à-dire la direction du maximum du faisceau non dévié, et l'azimut du rayonnement dévié. L'angle de déviation réel du maximum du faisceau dévié peut varier en fonction de la fréquence d'exploitation.

La déviation est généralement obtenue par déphasage de l'alimentation des éléments rayonnants déplacés horizontalement. Par conséquent, si la déviation est telle que l'azimut du faisceau principal se trouve accru, les azimuts des lobes latéraux dirigés vers l'arrière diminueront.

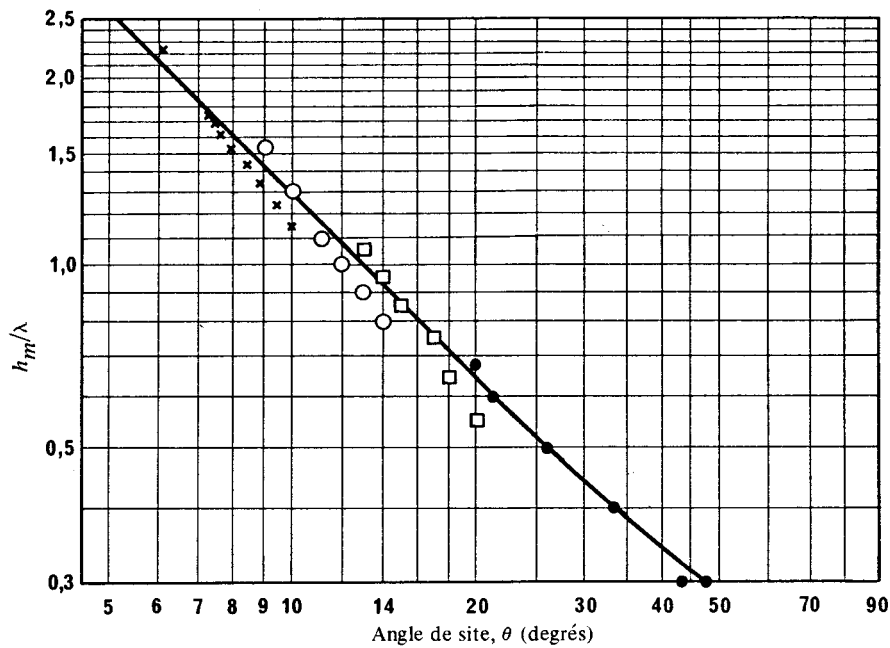


FIGURE 4b — Angle de rayonnement en fonction de la hauteur moyenne (h_m)

- × 4 éléments par pile
- 3 éléments par pile
- 2 éléments par pile
- 1 élément par pile

D05-sc

Par exemple, si le maximum du faisceau non dévié a une orientation en azimut de 90° , pour une déviation du faisceau de 110° en azimut, les azimuts correspondants d'un lobe de rayonnement vers l'arrière seront respectivement de 270° et 250° . Cela est illustré à la Fig. 5.

Quand une antenne est déviée dans le plan horizontal, le diagramme de rayonnement horizontal n'est pas symétrique par rapport à l'azimut de rayonnement maximum. Le degré d'asymétrie augmente à mesure que l'ampleur de la déviation augmente.

Il convient aussi de noter que l'angle de déviation, s , ne définit pas toujours précisément le centre du diagramme horizontal donné par la moyenne des angles auxquels le gain maximum dans le diagramme de rayonnement vers l'avant est réduit de 6 dB. Cette valeur moyenne est appelée «déviation efficace» s_{eff} . Ce paramètre représente de façon plus précise les caractéristiques de fonctionnement des antennes à tir dévié, notamment des antennes multibande. L'adoption du terme «déviation efficace», tel qu'il est défini ci-dessus, permet de réduire les ambiguïtés que soulève souvent la description des diagrammes de rayonnement d'antennes à tir dévié.

En raison de la forte probabilité d'erreurs dans l'étude des antennes à tir dévié, en particulier lorsqu'il est fait mention d'un angle de déviation, il est recommandé de spécifier dans tous les documents les azimuts de rayonnement maximum pour les antennes à tir dévié ou non.

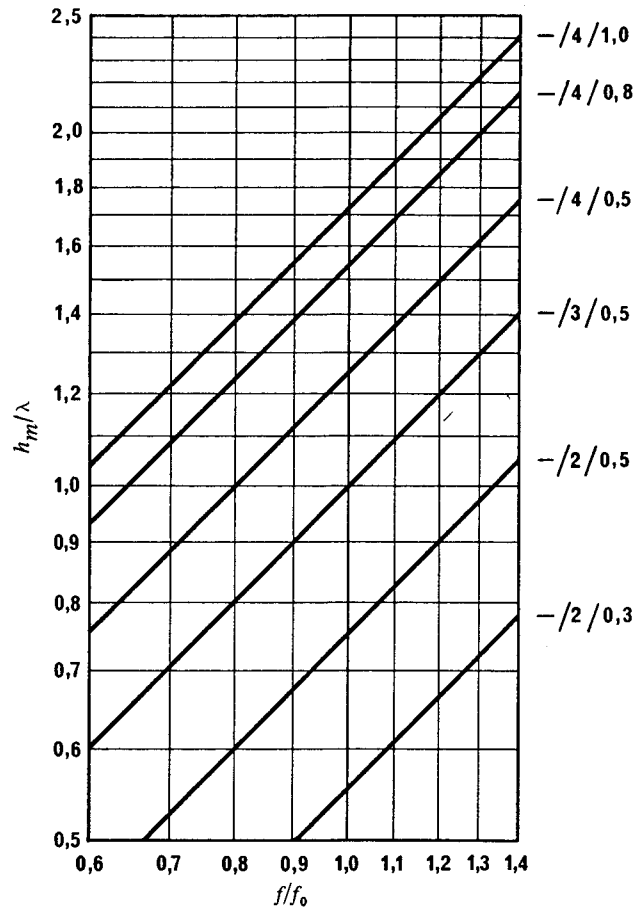


FIGURE 4c — Variation de la hauteur moyenne (h_m) des antennes multibande types

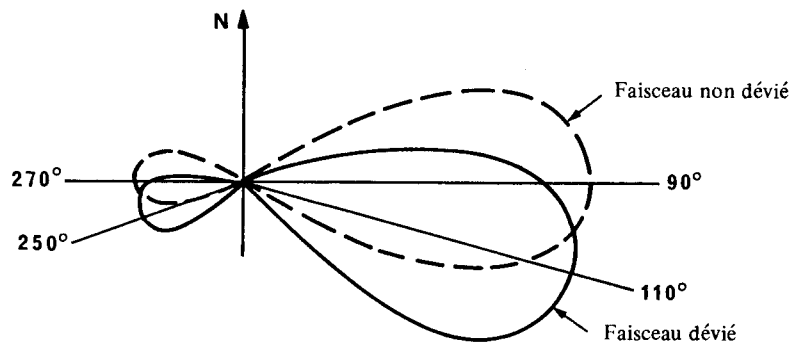


FIGURE 5 — Diagramme pour une antenne à tir dévié ou non dévié