

quartz est très faiblement couplé à l'étage suivant, les tensions de chauffage et d'anode de la 6J6 sont bien régulées de sorte que les signaux télégraphiques sont exempts de « piaulements » et facilement lisibles. La lampe finale peut également être modulée par l'anode.

Aériens :

Les aériens sont des cornets en grillage de cuivre. Initialement les cornets utilisés aux deux extrémités de la liaison avaient une surface d'embouchure d'environ un quart de mètre carré et un gain de 16 db. Ultérieurement, 8OL utilisa un cornet ayant environ un mètre carré d'embouchure et donnant 20 db de gain. La puissance rayonnée est de l'ordre de 4 watts.

Profil de la liaison :

Le trajet de 80 kilomètres ne permet pas la vue directe. Un obstacle important existe à 15 km de chez 8GH, constitué par une ligne continue de hauteur cotant 240 mètres. Les altitudes des aériens sont respectivement de 110 et 200 mètres chez 8OL et 8GH.

Réception :

Un adaptateur transforme le signal

incident 1260 en signal 145 Mc/s au moyen d'un mélangeur coaxial avec cristal détecteur 1N21B. Le récepteur 145 débute par une cascode 6AK5/6AN4. Le facteur de bruit de l'ensemble est de l'ordre de 11 db.

Intensité de réception :

Au cours d'une période d'un an où deux émissions furent effectuées chaque jour à 8 h 30 et à 17 h 30, l'intensité de réception de la télégraphie fut généralement évaluée de S5 à S7 quelquefois S8, rarement S4.

La téléphonie était reçue en général convenablement ; mais, le dixième du temps, elle se confondait avec le bruit de fond.

A noter que le QSB profond s'est seulement manifesté les jours de très bonne propagation troposphérique VHF.

Remerciements :

Le matériel décrit a été mis au point grâce aux travaux de Messieurs Reyssat, Meillaud et Levadoux. Les essais réguliers d'exploitation n'ont pu avoir lieu que grâce à l'inlassable dévouement de 8GH à la cause des VHF et à l'aide patiente de F9CH. Tous ont droit à mes sincères remerciements.

L'aérien Yagi

par S. Canivenc FQ8AP/F8SH

Deuxième Partie

Groupements d'aériens Yagi

Nous appellerons, au cours de cette seconde partie :

— *aérien élémentaire* : l'aérien de base du groupement. Dans le cas qui nous préoccupe, l'aérien élémentaire sera toujours un aérien Yagi.

— *centre électrique* : le point de jonction de la ligne de transmission réunissant les divers aériens du groupement ou les divers sous-groupements entre eux et de la ligne de transmission qui

réunit le groupement complet à l'émetteur ou au récepteur. Ce point sert de point de référence des phases des courants HF alimentant les divers aériens élémentaires ou les divers sous-groupements.

Dans le cas où le groupement est scindé, comme cela arrive souvent, en plusieurs sous-groupements, on peut distinguer alors :

— *un centre électrique principal*, qui



est celui que nous venons de définir ;

— *deux ou plusieurs centres électriques secondaires* qui sont ceux des divers sous-groupements et qui amènent à définir :

- *un point de référence principal ;*
- *deux ou plusieurs points de référence secondaires.*

Il est à noter que le centre électrique d'un groupement quelconque coïncide très souvent avec son centre mécanique.

Le centre électrique d'un groupement ne peut, d'autre part, être défini véritablement qu'à l'émission. Ce centre étant l'origine des phases des courants d'alimentation des divers aériens élémentaires, l'application pure et simple du théorème de réciprocité devrait permettre à la réception et pour un aérien identique à celui employé à l'émission, de définir un ou plusieurs centres électriques identiques. Or, nous avons vu plus haut dans quelles conditions et avec quelles restrictions ce théorème peut être appliqué. Les conditions indiquées n'étant jamais réalisées en pratique, la définition du centre électrique d'un groupement se heurte à certaines difficultés à la réception (difficultés d'autant plus grandes que le groupement est plus important), du fait que le point de référence des phases ne peut être établi avec certitude. On ne peut donc définir un centre électrique que dans le cas bien spécial où le groupement est perpendiculaire à la direction de propagation et lorsque le front de l'onde est homogène.

On dit qu'un groupement d'aériens comprend N éléments lorsqu'on a :

$$(8) N = n \cdot a$$

avec :

N : nombre d'éléments du groupement ;

n : nombre d'éléments de chaque aérien élémentaire ;

a : nombre d'aériens élémentaires.

Les paramètres principaux intervenant dans la détermination de la directivité et par suite du gain d'un groupement quelconque d'aériens sont les suivants :

- *le déphasage* (espacement + réaction) entre aériens élémentaires ;
- *le nombre* d'aériens élémentaires ;
- *le gain* de l'aérien élémentaire.

On pourra jouer sur ces trois paramètres de façon à donner au groupement la directivité désirée ou obtenir un diagramme de forme désirée.

L'amélioration de la directivité d'un groupement peut s'effectuer dans l'un des deux plans, horizontal ou vertical, selon la forme du groupement. On distingue alors deux types principaux de groupements :

a) — *groupement horizontal* : qui améliore la directivité dans le plan horizontal ;

b) — *groupement vertical* : qui améliore la directivité dans le plan vertical.

A noter que chaque type de groupement laisse la directivité dans l'autre plan inchangée. Pour améliorer la directivité dans les deux plans, on est amené à utiliser un *groupement mixte*, à la fois horizontal et vertical.

On peut se demander alors, comment se comportent de tels groupements vis à vis des discontinuités du milieu de propagation. On peut distinguer deux cas :

a) — *groupement à forte directivité horizontale* :

Ce type de groupement est peu sensible aux discontinuités du milieu de propagation pour les directions voisines de l'horizontale, c'est à dire obstacles

naturels ou non, situés près de l'horizon. Par contre, il reste sensible aux discontinuités provoquées par des phénomènes ayant lieu dans le plan vertical : obstacles proches ou perturbations météorologiques conduisant à des cas de propagation anormale. La hauteur de l'aérien devient alors, comme nous le verrons plus loin, un paramètre très important et à ne pas négliger.

b) — *groupement à forte directivité verticale :*

Ce type de groupement est peu sensible aux discontinuités du milieu de propagation provoquant des réflexions en des points situés à des angles d'élévation importants par rapport à l'un des deux aériens. Par contre, il reste sensible à de telles discontinuités lorsqu'elles apparaissent à des distances voisines de l'horizon radioélectrique et même au delà. Il est sensible également à l'influence des obstacles, naturels ou non, du fait de sa faible directivité horizontale. Dans ce cas également, la hauteur de l'aérien est une quantité à ne pas négliger.

On a très souvent intérêt, lorsque le nombre d'aériens élémentaires est important, à scinder le groupement en un certain nombre de *sous-groupements*, qui comportent alors un nombre égal d'aériens élémentaires. Le nombre des sous-groupements pourra varier suivant les facilités de construction et d'adaptation. Le but principal de cette scission est de faciliter l'alimentation des divers aériens élémentaires et d'éviter au maximum les inégalités de distribution sur la surface du groupement. L'apparition de telles inégalités provoquerait, comme nous le verrons plus loin, sauf dans quelques cas d'alimentation spéciaux, des modifications importantes tant au point de vue gain qu'au point de vue diagramme de rayonnement. On trouverait de plus, dans ce cas, que l'impédance totale que présente le groupement à la ligne de transmission varie de manière très critique avec la fréquence.

Cette scission peut s'effectuer dans les trois cas de groupements : horizontal, vertical ou mixte. On évitera lors du « planning » de tels groupements de choisir un nombre premier d'aériens élémentaires, c'est à dire un nombre qui

ne soit divisible que par lui-même ou l'unité, par exemple un groupement constitué de cinq aériens élémentaires. Par contre, le nombre de sous-groupements pourra être pair ou impair, l'alimentation s'effectuant alors soit entre deux sous-groupements (nombre pair), soit sur le sous-groupement central (nombre impair).

Le nombre d'éléments peut, dans ce cas, être calculé de la façon suivante :

$$(9) N = (n.a')B$$

avec :

B : nombre de sous-groupements ;

a' : nombre d'aériens élémentaires de chaque sous-groupement ;

n : nombre d'éléments de chaque aérien élémentaire.

On doit donc jouer sur a' et B de façon à avoir toujours le même nombre d'aériens élémentaires dans chaque sous-groupement. On doit veiller également à ce que leur nombre soit égal et symétrique par rapport au centre électrique principal, et qu'à l'intérieur de chacun d'eux la symétrie soit respectée.

Alimentation des groupements d'aériens :

Avant de nous attaquer à l'étude détaillée de chaque type de groupement, nous aborderons le sujet de l'alimentation des groupements d'aériens. Nous traiterons par la suite des diverses méthodes d'alimentation séparément.

L'alimentation d'un groupement quelconque d'aériens ou d'éléments et en particulier, dans le cas qui nous intéresse l'alimentation d'un groupement d'aériens Yagi peut s'effectuer de deux façons différentes :

a) — *alimentation à amplitude égale et à phase variable* (cas des distributions uniforme et régulière), avec laquelle la variation de la phase le long du groupement est progressive. C'est le type d'alimentation le plus couramment utilisé.

b) — *alimentation à amplitude variable et à phase variable*, avec laquelle la variation de la phase est analogue à celle du cas précédent mais où la variation de l'amplitude suit une loi donnée.

L'un et l'autre cas d'alimentation cités plus haut peuvent encore se subdiviser en :

- alimentation en courant ;
- alimentation en tension,

qui conduisent, suivant leur utilisation, à des configurations différentes de groupements.

Avec l'alimentation en courant, l'attaque de l'élément (élément principal d'un aérien Yagi par exemple) s'effectue toujours en son centre, donc au point où le courant est maximum et la tension minimum. C'est le type qui convient le mieux aux groupements d'aériens Yagi. Il a cependant l'inconvénient d'amener une réduction de l'impédance au point d'attaque, d'autant plus importante que le nombre d'éléments ou d'aériens élémentaires est élevé.

Avec l'alimentation en tension, l'attaque de l'élément s'effectue en extrémité, au point où le courant est faible et la tension élevée. Ce type d'alimentation ne convient pas aux groupements d'aériens Yagi multiéléments tels qu'on les utilise habituellement, sauf dans le cas spécial d'aériens multibandes, susceptibles de travailler sur des bandes de fréquences en relation harmonique, ainsi que nous l'avons vu au cours de la première partie. Chaque élément a alors une longueur voisine de $\lambda/2$. Ce type d'alimentation a l'avantage de présenter à la ligne de transmission une impédance de valeur beaucoup plus importante que dans le cas précédent, ce qui tend à faciliter la solution des problèmes d'adaptation.

Le deuxième cas d'alimentation (phase variable et amplitude variable) est utilisé lorsque l'on recherche particulièrement, pour un groupement à nombre d'éléments donné, certaines caractéristiques telles que diminution de l'angle d'ouverture du lobe principal ou affaiblissement maximum des lobes latéraux. On ne peut obtenir ces deux résultats simultanément, car toute diminution de l'angle d'ouverture amène l'apparition de lobes latéraux et vice versa, et ceci dans quelque cas de distribution que ce soit. On est obligé alors de favoriser l'une des caractéristiques ci-dessus ou bien d'adopter une solution de compromis. De toutes façons, la distribution du courant ne peut plus alors être considérée comme uniforme, les

amplitudes n'étant plus égales entre elles.

a) — *diminution de l'angle d'ouverture du lobe principal :*

Cette diminution de l'angle d'ouverture ne peut être effectuée, nous l'avons vu, qu'au prix d'une augmentation de l'amplitude des lobes latéraux. La méthode utilisée (alimentation en extrémité), consiste à alimenter seulement les éléments ou les aériens situés aux extrémités du groupement. Les lobes latéraux ont alors des maxima égaux à celui du lobe principal (Fig. 3).

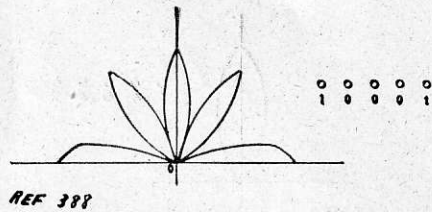


FIGURE 3

Alimentation en extrémité — diagramme de rayonnement — Les chiffres indiquent l'amplitude du courant circulant dans les éléments.

b) — *Affaiblissement maximum des lobes latéraux :*

On adopte alors une distribution du courant presque contraire à la précédente, c'est à dire que les éléments ou aériens centraux sont ceux pour lesquels l'amplitude du courant est la plus élevée. Cette distribution appelée *distribution binomiale* tire son nom du fait que les amplitudes des courants sont réparties le long du groupement comme les coefficients d'un binôme de puissance $n - 1$, où n est le nombre d'éléments ou d'aériens élémentaires. Pour un aérien à quatre éléments, par exemple, la distribution des amplitudes prendrait alors la forme :

$$(a + b)^n - 1 = (a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

et les coefficients seraient :

$$1, 3, 3, 1$$

c'est à dire que les amplitudes des courants circulant dans les deux éléments centraux seraient trois fois plus impor-

tantes que celles des courants circulant dans les deux éléments d'extrémité.

Les lobes latéraux disparaissent alors complètement, mais au prix d'une augmentation de l'angle d'ouverture du lobe principal (Fig. 4). On peut donc dire que pour produire un angle d'ouverture donné, la distribution binomiale nécessite un groupement de dimensions supérieures à celles du même groupement lorsqu'on utilise une distribution uniforme. Ceci provient du fait que les dipôles ou aériens élémentaires les plus éloignés du centre électrique du groupement, ceux pour qui, par conséquent

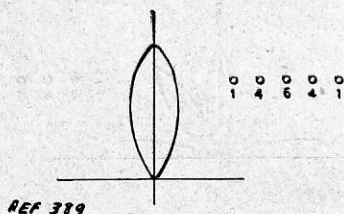


FIGURE 4

Distribution binomiale — diagramme de rayonnement — Les chiffres indiquent l'amplitude du courant circulant dans les éléments.

l'espacement électrique est le plus important, sont ceux qui contribuent le plus à réduire l'angle d'ouverture. La réduction de l'amplitude du courant qui les alimente amène une réduction de leur efficacité du point de vue gain et tend donc à augmenter l'angle d'ouverture.

A noter que la distribution binomiale peut être utilisée avec des groupements aussi bien horizontaux que verticaux. Dans ce dernier cas, elle est surtout utilisée lorsqu'on désire éliminer complètement les lobes secondaires existant aux angles d'élévation importants.

Lorsque les lobes latéraux fournis par un groupement quelconque sont plus importants que ceux trouvés sur le diagramme théorique, cela provient, en général, du fait que les aériens élémentaires situés au centre du groupement ne sont pas alimentés avec l'amplitude correcte. Des considérations de phase peuvent aussi intervenir, mais sont secondaires dans ce cas. La distribution

correcte de l'amplitude le long du groupement suivant la loi assignée préalablement sera d'autant plus difficile à tenir que la fréquence sera élevée.

Il est à noter, dans tous les cas, que l'alimentation symétrique du groupement est indispensable lorsqu'on envisage de travailler dans une large bande de fréquences, surtout si l'on désire que le maximum du lobe principal reste bien dans l'axe de rayonnement principal du groupement. Nous avons vu, au cours de la première partie, les effets apportés par l'alimentation dissymétrique de l'élément principal d'un aérien Yagi. Dans le cas présent, l'alimentation dissymétrique des éléments produirait les mêmes effets, qui se résumeraient surtout par un décalage de l'axe du lobe principal par rapport à l'axe principal de rayonnement. L'angle α que fait alors l'axe du lobe principal est fonction du déphasage existant entre éléments ou aériens élémentaires.

Dans le cas d'une alimentation symétrique, toute variation de la fréquence de travail autour de sa valeur centrale n'a que des conséquences mineures sur la forme du diagramme de rayonnement (tant que l'on ne sort pas de la bande de fréquence de l'aérien), puisque les déphasages augmentent tous de la même quantité.

On devra donc s'appliquer à avoir, non seulement une alimentation symétrique du groupement, mais aussi à veiller à ce que la réactance présentée par chaque élément principal, dans le cas d'un groupement d'aériens Yagi, ait une valeur aussi faible que possible, ce qui n'offre pas de difficultés si l'élément principal est un dipôle replié, comme c'est souvent le cas. La figure 5 donne la courbe de variation de l'angle α en fonction de la réactance présentée à la ligne par l'aérien élémentaire ou l'élément utilisés.

Nous verrons par la suite, cependant, que dans certains cas, l'utilisation d'un déphasage supplémentaire, tel celui dont nous venons de parler, est parfois utile lorsque la structure du groupement est beaucoup trop importante pour pouvoir lui faire effectuer une rotation mécanique ou bien une inclinaison sur l'horizontale.

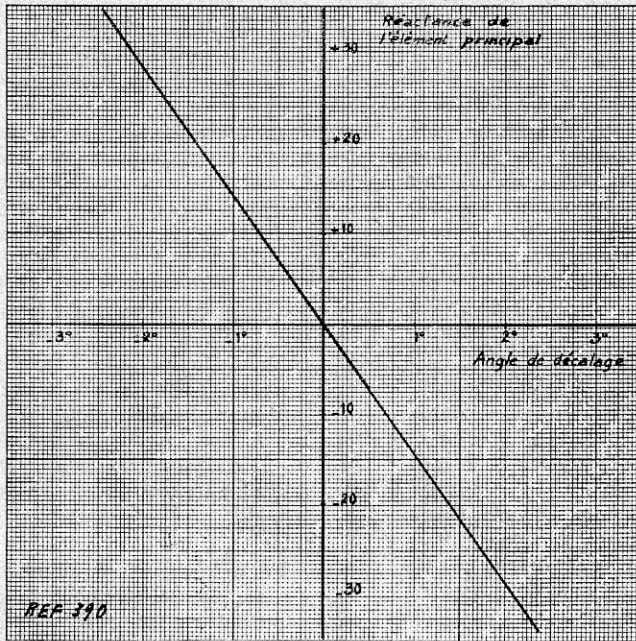


FIGURE 5

Variation de l'angle de décalage du lobe principal donné par un groupement d'éléments ou d'aériens, en fonction de la réactance présentée par chaque élément (les réactances des éléments successifs sont supposées être égales et de même signe).

Groupement horizontal :

Nous ne traiterons ici que le seul cas de groupement horizontal susceptible d'être utilisé avec des aériens Yagi, le groupement colinéaire.

On dit qu'un groupement d'éléments ou d'aériens élémentaires est *colinéaire*, lorsque ces éléments ou ces aériens ont leurs centres uniformément espacés le long d'une ligne droite, appelée *ligne de groupement*. L'axe de chaque élément ou aérien coïncide alors avec la ligne de groupement.

On appelle *longueur de groupement* la distance comprise entre les centres des aériens élémentaires situés aux extrémités du groupement. On peut écrire $(10)L = \beta (N-1)$ avec :

L : Longueur du groupement en fractions de longueur d'onde ;

$$2 Nd$$

β : $\frac{\lambda}{2 Nd}$ où d est l'espacement physique latéral ;

N : nombre d'aériens ou d'éléments.

L'alimentation en phase des divers éléments ou aériens élémentaires étant de rigueur dans la plupart des cas, le principal paramètre intervenant dans la détermination de la directivité d'un groupement colinéaire est, pour une longueur de groupement donnée, l'*espacement latéral*.

Toute augmentation de la directivité d'un tel groupement pourra être obtenue en augmentant :

- l'espacement latéral et en diminuant le nombre d'aériens élémentaires ;
- le nombre d'aériens élémentaires et en diminuant l'espacement latéral.

Dans le premier cas, l'augmentation de la directivité sera obtenue au prix de l'apparition de lobes latéraux d'importance d'autant plus grande que l'espacement latéral sera plus important.

Dans le second cas, l'augmentation de la directivité sera obtenue au prix d'une diminution de l'impédance totale présentée par le groupement à la ligne et

par une augmentation des interactions des aériens élémentaires. Les lobes latéraux seront, dans ce dernier cas, de niveau plus faible que dans le cas précédent, bien que l'angle d'ouverture du lobe principal ne change que très peu.

Ainsi, par exemple, en remplaçant un groupement horizontal de quatre aériens espacés de $\lambda/2$ par un autre groupement de huit aériens identiques espacés de $\lambda/4$, donc en conservant une longueur de groupement identique, on obtiendra un diagramme horizontal à peu près équivalent, mais dont les lobes latéraux auront diminué de 15 %.

Pratiquement, et c'est ce que montrent les diagrammes horizontaux que nous donnons plus loin, il est préférable de conserver l'espacement latéral minimum compatible avec la mise en phase des divers aériens et d'augmenter le nombre d'aériens. La diminution d'impédance qui en résultera, pourra être compensée, sur chaque aérien élémentaire, par l'utilisation de dipôles repliés d'impédance plus grande.

L'espacement latéral minimum des différents éléments ou aériens élémentaires d'un groupement aussi bien horizontal que vertical devra toujours être pris égal au moins à $\lambda/2$, quel que soit le type de polarisation employé. On constate, en effet, que l'utilisation d'espacements inférieurs amène une diminution rapide du gain (10) du fait de l'augmentation des interactions. En général, on adoptera des espacements légèrement supérieurs à $\lambda/2$, surtout en polarisation horizontale.

La longueur du groupement est donc toujours le paramètre qui a le plus d'influence sur la directivité de celui-ci.

Avant de voir en détail l'influence de l'espacement latéral sur le diagramme de rayonnement, revenons à la première partie de cet article et examinons le diagramme vectoriel d'un aérien Yagi

donné par la figure 5 (distribution uniforme). Nous avons vu que, suivant le nombre d'éléments et leur décalage total de phase, ce diagramme se referme plus ou moins vite. Que se passe-t-il, si l'on continue de tracer le diagramme après avoir passé le premier minimum ? On remarque alors que la production et l'importance des lobes latéraux est liée intimement à la distribution de la phase le long de l'aérien. Cette distribution est fonction des mêmes paramètres et en particulier, pour des aériens dont l'espacement entre directeurs reste constant, de la longueur des directeurs.

Dans le cas de directeurs de longueur optimum, le diagramme vectoriel se referme exactement sur lui-même à la fin de la deuxième rotation, ce qui signifie, du point de vue du diagramme de rayonnement, que le point de départ du premier lobe latéral se trouve à l'origine.

Dans le cas de directeurs trop courts ou trop longs, par contre, le diagramme vectoriel ne se referme plus sur lui-même, mais arrive au point 2π avec un certain décalage, positif ou négatif, suivant la longueur des directeurs. Il en va de même pour les lobes latéraux suivants. Du point de vue du diagramme de rayonnement, ceci signifie que ces lobes ne sont plus, comme dans le premier cas, indépendants du lobe principal, mais en font partie intégrante. Le point de départ du lobe latéral ne se trouve plus alors à l'origine du diagramme.

Si nous traçons maintenant le diagramme vectoriel d'un groupement colinéaire, nous obtenons un diagramme

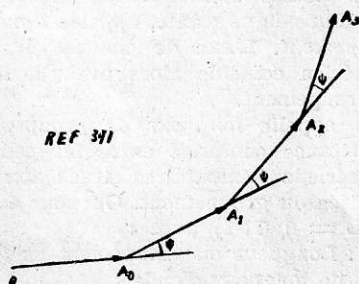


FIGURE 6

Diagramme vectoriel d'un groupement colinéaire.

(10) Cette diminution de gain n'est pas forcément suivie d'une diminution de directivité, comme on pourrait le croire. Ne pas oublier, en effet, qu'une augmentation ou une diminution de directivité, qui n'a d'action que sur le diagramme de rayonnement, peut très bien ne pas être accompagnée d'une augmentation, ou d'une diminution du gain, qui est aussi fonction des interactions des éléments. Dans le cas de la super-directivité, par exemple, l'augmentation de la directivité est accompagnée d'une diminution du gain.

à peu près identique (Fig. 6), les paramètres étant, comme nous l'avons vu plus haut, les mêmes dans les deux cas. Les différents vecteurs du diagramme vectoriel du groupement seraient alors les vecteurs résultant de chacun des aériens élémentaires donnés par la figure 5 de la première partie.

Dans ce dernier cas, et pour une répartition égale du courant dans tous les éléments ou aériens (distribution uniforme), on peut écrire que la variation du diagramme vectoriel du groupement est assujettie à :

$$(11) \quad G_{\theta}^{N\beta'}(\alpha) = \frac{\sin \frac{N\psi}{2}}{\sin \frac{\psi}{2}}$$

que l'on transforme parfois, pour plus de commodité en la relation suivante :

$$(11') \quad g_{\theta}^{N\beta'}(\alpha) = \frac{G_{\theta}^{N\beta'}(\alpha)}{N} = \frac{\sin \frac{N\psi}{2}}{N \sin \frac{\psi}{2}}$$

dans lesquelles :

N : nombre d'éléments ou d'aériens élémentaires du groupement ;

$$\psi = \pi (\theta + \beta' \sin \alpha \cos \varphi)$$

avec : θ décalage de phase (s'il existe) amené par chaque élément et exprimé en fractions de longueur d'onde ;

α : angle entre une direction donnée du plan horizontal et la normale à la ligne de groupement (axe de symétrie) ;

φ : angle d'élévation ;

En général, on étudie le cas où φ est nul, c'est-à-dire :

$$\psi = \pi (\theta + \beta' \sin \alpha)$$

Ce cas est celui où le groupement se trouve dans le plan équatorial et au centre d'une sphère.

L'égalité (11) s'énonce de la façon

suivante : « groupement de N éléments (ou aériens) espacés de β' et alimenté avec un décalage de phase θ .

Dans le cas particulier et très utilisé où θ est nul, on a alors :

$$(12) \quad FN\beta'(\alpha) = \frac{\sin \frac{N\psi'}{2}}{\sin \frac{\psi'}{2}}$$

ou encore :

$$(12') \quad fN\beta'(\alpha) = \frac{\sin \frac{N\psi'}{2}}{N \sin \frac{\psi'}{2}}$$

avec maintenant :

$$\psi' = \pi (\beta' \sin \alpha \cos \varphi)$$

et s'énonce de la façon suivante : « groupement de N éléments (ou aériens) espacés de β' et alimentés en phase.

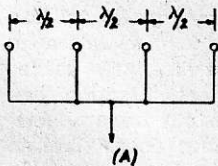
Les deux fonctions G et F des formules (11) et (12) représentent les diagrammes de N sources isotropes et sont appelées « coefficients de groupement » (12). La relation (11') est appelée « Coefficient de groupement normalisé ». Elles sont indispensables à connaître lorsqu'on désire déterminer les diagrammes horizontal et vertical théoriques d'un groupement d'éléments ou d'aériens quelconque. Le diagramme total du groupement est donné alors par :

$$(13) \quad D = H(\alpha) \cdot FN\beta'(\alpha)$$

dans le cas où tous les éléments ou aériens sont alimentés en phase. H(α) représente alors le diagramme de l'élément ou de l'aérien élémentaire.

Voici quelques valeurs particulières de (12) :

$$\begin{aligned} 14 \quad & \left\{ \begin{array}{l} N = 2 \\ F2\beta = 2 \cos \psi' \end{array} \right. \\ 15 \quad & \left\{ \begin{array}{l} N = 3 \\ F3\beta = 4 \cos^2 \psi' - 1 \end{array} \right. \end{aligned}$$



REF 392

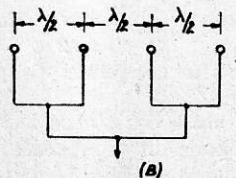


FIGURE 7

Alimentation d'un groupement colinéaire à quatre aériens.

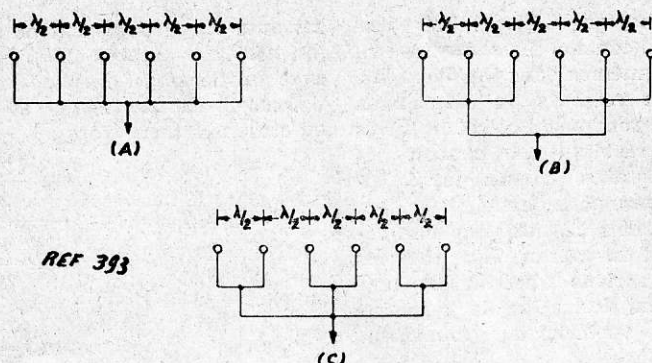


FIGURE 8

Alimentation d'un groupement colinéaire de six aériens

$$16 \left\{ \begin{array}{l} N = 4 \\ F4\beta = 4 \cos \psi' \cos 2 \psi' \end{array} \right.$$

Dans le cas où le groupement comprend plus de deux éléments ou aériens élémentaires et si leur nombre n'est pas premier, on peut effectuer une scission, pour simplifier les calculs, en deux ou plusieurs sous-groupements. On établit alors le coefficient de groupement de chacun d'entre eux, chaque sous-groupement étant considéré alors comme un aérien unique. L'espacement latéral est alors pris entre centres des sous-groupements. Prenons quelques exemples :

Supposons que nous ayons à déterminer le diagramme en espace libre d'un groupement de quatre aériens (Fig. 7A) espacés de $\lambda/2$. Nous pouvons déterminer le coefficient de groupement de deux façons :

a) — En appliquant purement et simplement (16) ;

b) — En scindant le groupement en deux sous-groupements (Fig. 7B). Dans ce cas, l'espacement centre à centre de ces deux sous-groupements est égal à λ , et on peut écrire

$$F^4 1/2 (\alpha) = F^2 1/2 (\alpha) F^2 2/2 (\alpha) = 2 \cos \psi'_1 \cdot 2 \cos \psi'_2$$

dans laquelle :

$$\psi'_1 = (\pi/2 \sin \alpha) ; \psi'_2 = (\pi \sin \alpha)$$

$$\psi'_1 = \psi' ; \psi'_2 = 2 \psi'$$

et l'on obtient le coefficient de groupement résultant :

$$F^4 1/2 (\alpha) = 4 \cos \psi' \cos 2 \psi'$$

De même, pour un groupement de six éléments ou aériens (Fig. 8A), on pourra écrire :

$$(17) F^6 1/2 (\alpha) = \frac{\sin 6 \psi'}{\sin \psi'} = 2 \cos \psi' (4 \cos^2 2 \psi' - 1)$$

Ce résultat pourra être atteint en scindant l'aérien de deux façons différentes :

a) — deux sous-groupements de trois aériens chacun, espacés latéralement de $3 \lambda/2$ (Fig. 8B).

On a alors :

$$F^6 1/2 (\alpha) = F^3 1/2 (\alpha) F^2 3/2 (\alpha)$$

et l'on a :

$$F^6 1/2 (\alpha) = 2 \cos 3 \psi' \cdot (4 \cos^2 \psi' - 1) = 2 \cos \psi' \cdot (4 \cos^2 2 \psi' - 1)$$

b) — trois sous-groupements de deux aériens chacun, espacés de λ (Fig 8C), ce qui donne :

$$F^6 1/2 (\alpha) = F^2 1/2 (\alpha) \cdot F^3 1/2 (\alpha) = 2 \cos \psi' (4 \cos^2 2 \psi' - 1)$$

Dans le cas où l'on désire faire intervenir l'effet du sol (dessin du diagramme vertical), il faut, ainsi que nous le verrons plus loin, multiplier D par un autre coefficient qui représente cet effet et qui est différent, pour une hauteur d'aérien donnée, suivant le type de polarisation utilisé, horizontal ou vertical.

On peut se demander alors, pour un groupement donné, quel est celui des deux facteurs de la relation (13) ci-dessus qui a la prépondérance. En principe, on peut dire que c'est le coefficient de groupement. L'action de ce coefficient est surtout remarquable lorsqu'apparaissent des lobes latéraux sur le diagramme de rayonnement de l'aérien élémentaire. Suivant la valeur du coef-

ficient de groupement, ces lobes prennent plus ou moins d'importance.

Les égalités (11) et (12) représentent, comme on peut le voir, des fonctions périodiques, donc des fonctions qui passent par une série de maxima et de zéros, suivant la valeur de ψ , elle-même fonction de β et de α . Le diagramme D donné par (13) passera, ainsi que nous le verrons plus loin, par une série de maxima et de zéros fournis par la composition du diagramme de l'aérien élémentaire et du coefficient de groupement.

On pourra trouver, en utilisant des valeurs particulières de ψ pour quelles valeurs les relations (11) et (12) permettent d'atteindre le maximum principal. Ce maximum est atteint pour $\psi = \pi/2$ et $\alpha = 0$. Il suffira de dire dans tous les cas, que l'angle α est très faible et assimiler cet angle (exprimé en radians) à son sinus. On trouve alors le rapport des champs maxima rayonnés respectivement par le groupement et le dipôle de référence, si l'on respecte les conditions d'établissement de (16) :

$$(18) \frac{E_{gmax}}{E_{dmax}} = \frac{\sin \frac{\psi}{2}}{\sin \frac{\psi}{2}} \# \frac{N \psi}{\psi} \# N$$

avec :

E_{gmax} : champ maximum rayonné par le groupement ;

E_{dmax} : champ maximum rayonné par le dipôle de référence.

Dans ces conditions, le groupement rayonne alors une puissance N fois supérieure à celle du dipôle de référence. Le champ rayonné par un dipôle étant proportionnel à la racine carrée de la puissance, on peut remplacer dans (18) E_{gmax} par :

$$E'_{gmax} = \frac{E_{gmax}}{\sqrt{N}}$$

L'expression du gain en tension d'un groupement quelconque n'étant valable que si l'on applique des puissances égales à ce groupement et à l'aérien de référence, on peut écrire dans le cas qui nous intéresse, en tenant compte des restrictions d'application de (18) :

$$(19) G_g = \frac{E'_{gmax}}{E_{dmax}} = \frac{\sin \frac{N \psi}{2}}{\sqrt{N \sin \frac{\psi}{2}}} \# \frac{N \psi}{\sqrt{N \psi}}$$

ce qui signifie que le gain en tension d'un groupement quelconque est proportionnel à la racine carrée du nombre d'éléments.

Dans le cas d'un groupement d'aériens directifs, tel un groupement d'aériens Yagi, le gain en tension peut alors s'écrire, si l'on suppose les interactions négligeables :

$$(20) G_g = g \sqrt{N}$$

avec :

N : nombre d'aériens élémentaires ;

g : gain de l'aérien élémentaire.

Si l'on désire exprimer (20) en db, on aura :

$$(21) G'_g = g' + 10 \log N$$

G' et g' étant évidemment tous deux exprimés en db.

La relation (21) montre que chaque fois que l'on multiplie le nombre d'aériens élémentaires par deux et si l'on tient compte des restrictions exprimées ci-dessus (interactions négligeables), on augmente le gain du groupement de 3 db.

Il est à remarquer, dans l'expression (18), que si l'on emploie ψ au lieu de ψ' (introduction d'un décalage de phase supplémentaire θ), donc si l'on utilise G au lieu de F , la valeur maximum du rapport des champs rayonnés par le groupement et par le dipôle, apparaît pour une valeur toute différente de α , qui est donnée par :

$$\psi = \theta + \beta \sin \alpha = 0$$

et :

$$(22) \sin \alpha = \frac{\theta}{\beta}$$

Cette méthode n'est guère employée avec les groupements horizontaux d'aériens Yagi, car elle tend à favoriser les lobes latéraux qui arrivent à prendre plus d'importance que le lobe principal.

A suivre