



DEUXIÈME COLLOQUE
SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL
ET SES APPLICATIONS

11/1

NICE - 5 AU 10 MAI 1969

LES GRANDES ANTENNES DE RECEPTION - LE PROJET BERTHE -

JL. NICOLAS

Ingénieur en Chef de l'Armement

M. ALOMBERT-GOGET

Ingénieur attaché aux Services Techniques de l'Armement
Laboratoire de Détection sous-marine du BRUSC.

Résumé

Le développement des grandes antennes de réception, rendu possible par l'application du principe de séparation, a fait surgir de nouveaux problèmes. Des nécessaires compromis entre les coûts et les performances doivent être trouvés.

L'antenne expérimentale - BERTHE - de très grandes dimensions, en cours de construction, doit permettre cette recherche.



DEUXIÈME COLLOQUE
SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL
ET SES APPLICATIONS
NICE - 5 AU 10 MAI 1960

11/3

A LARGE LISTENING UNDERWATER ANTENNA

" LE PROJET BERTHE "

JL. NICOLAS

Ingénieur en Chef de l'Armement

M. ALOMBERT-GOGET

Ingénieur attaché aux Services Techniques de l'Armement
Laboratoire de Détection sous-marine du BRUSC.

SUMMARY

An investigation is made of technical and economical problems arising in the design of a large underwater acoustical array antenna. A necessary compromise between a good theoretical directivity and a reliable and economical project is pointed out.

A description is given of the main features, particularly the frame structure, the hydrophone arrangement, the connectors, the mousing.

**LES GRANDES ANTENNES DE RECEPTION - LE PROJET BERTHE -****- PREMIERE PARTIE -**

L'évolution des sonars modernes entraînée par la recherche des performances toujours plus grandes a conduit tout naturellement à séparer les antennes d'émission et de réception. On a ainsi fait immédiatement disparaître un grand nombre de contraintes souvent contradictoires qui sont autrement imposées et on a pu utiliser rationnellement les transducteurs d'émission et les hydrophones de réception de propriétés assez fondamentalement différentes.

Par la séparation on libère d'une part les " projecteurs " de leurs servitudes de réception des signaux faibles, d'autre part les antennes de réception de leur couplage avec le milieu.

On autorise le développement des projecteurs compacts, fortement chargés, qu'on peut installer même dans des zones bruyantes, et des antennes de réception composées d'hydrophones de petites dimensions distribués sur les surfaces silencieuses privilégiées du porteur.

Ces antennes, bien divisées, ayant aisément les grandes largeurs de bande nécessaires à l'efficacité des traitements cohérents et à l'écoute passive peuvent avoir une utilisation assez universelle. On aura par exemple un système de préformation de voies commun au sonar actif et au sonar passif. Le développement, dans ces conditions, d'antennes de réception de grandes dimensions devient économiquement envisageable et par suite l'accès à l'utilisation des basses fréquences, toujours recherché, plus largement ouvert.

Enfin l'application du principe de séparation permet de supprimer le commutateur émission-réception, toujours source de bruits et d'ennuis et offre des possibilités intéressantes de lutte contre le bruit propre ou la réverbération par l'existence d'un couple de 2 fonctions de directivité. On a par exemple pu calculer une fonction de directivité à la réception associée à une fonction de directivité à l'émission



LES GRANDES ANTENNES DE RECEPTION - LE PROJET BERTHE -

donnée, pour minimiser un niveau de réverbération à l'entrée du récepteur. (cf réf. 1)

La libération, en dimensions, des antennes de réception si elle présente des avantages indiscutables, pose en contre partie des problèmes ardues et nouveaux.

On doit tout d'abord s'interroger sur les limites à fixer aux dimensions. Il y a lieu bien sûr, de tenir compte des limitations naturelles imposées par la géométrie du support, poisson remorqué ou sous-marin, et des coûts. Mais d'autres limitations peuvent intervenir avant, provenant des imperfections naturelles et inévitables des hydrophones et de leur montage qui viennent en quelque sorte consommer le gain théorique de l'antenne. Ainsi, si celle-ci est grande, quelques dizaines de m², quelques milliers d'hydrophones, il est difficile soit de placer de façon précise, aux emplacements calculés, tous les hydrophones, soit d'en connaître l'exacte position après montage.

On doit alors étudier les conséquences d'une certaine incertitude sur la position et la sensibilité des hydrophones entraînant une connaissance imparfaite du gain complexe de l'antenne. On a, moyennant certaines hypothèses, pu calculer une espérance mathématique de facteur de directivité et de densité spectrale de signal. (cf réf. 2.3.). Inversement on a pu atteindre des conditions à imposer aux précisions de montage pour limiter la dégradation moyenne de performance.

Si les dimensions de l'antenne envisagée sont grandes il y a également lieu d'étudier le plus soigneusement possible la distribution des hydrophones pour optimiser le rapport coût-efficacité du système complet de détection placé derrière. Il est coûteux et même nuisible d'augmenter inconsidérément au-delà d'une certaine limite la densité de capteurs. On a montré que le traitement quadratique général, suivi d'une intégration, perd en efficacité dans le bruit omnidirectionnel et isotrope lorsque le nombre de capteurs ponctuels augmente indéfiniment sur une surface fixée. (cf réf. 4). Il faut limiter l'effet des intercorrélations de bruits parasites en espaçant suffisamment les capteurs de telle sorte que le gain de

**LES GRANDES ANTENNES DE RECEPTION - LE PROJET BERTHE -**

l'antenne utilisée dans une bande large soit peu différent de n , nombre de capteurs, dans toute la bande. En donnant à n une valeur voisine de $4\pi S/\lambda^2$, S surface de l'antenne, λ longueur d'onde correspondant à la fréquence centrale de la bande, on obtient un compromis économiquement satisfaisant.

Une difficulté apparaît lorsque les facteurs de directivité utilisés sont élevés pour maintenir en sortie de l'antenne le bruit de fond, d'origine électrique inférieur au bruit de fond d'origine acoustique issu par exemple de la mer dite "zéro". On est amené à imposer des conditions sévères aux préamplificateurs associés aux hydrophones et des conditions parfois encore plus sévères aux amplificateurs de sommation. (cf. réf. 5).

Une partie des problèmes évoqués ici a été étudiée sur le plan théorique à l'occasion de la définition par le laboratoire DSM du BRUSC d'une antenne expérimentale de très grandes dimensions, appelée BERTHE. (Base d'Etude de Réseau de Transducteurs et d'Hydrophones Expérimentaux). On a donné volontairement à celle-ci des dimensions nettement plus grandes que celles que l'on peut donner aux antennes opérationnelles afin justement de pouvoir cerner les limites qui sont imposées inévitablement par la propagation et par toutes les imperfections des antennes. (cf réf.6)

LES GRANDES ANTENNES DE RECEPTION - LE PROJET BERTHE -

- DEUXIEME PARTIE -

La base BERTHE, de part ses dimensions et l'importance du matériel qui l'équipe, représente une construction originale dont l'ampleur a posé des problèmes peu coutumiers ; problèmes que les quelques exemples suivants peuvent illustrer :

- Dimensions : avec 30 mètres de long et 7,5 mètres de haut, BERTHE s'apparente plus à un sous-marin qu'aux différents matériels jusqu'alors immergés par le laboratoire. Les personnes qui connaissent le laboratoire du BRUSC peuvent en avoir une idée en regardant la façade Nord du bâtiment Langevin (29 m x 8,40 m).

- Poids : malgré l'emploi de matériaux légers (stratifiés, fibres de verre, résines...) le poids sera d'environ 40 tonnes dans l'air ; une construction métallique aurait dépassé les 100 tonnes. Les gabares, bâtiments spécialisés pour les opérations de mouillage, acceptent une charge limite de 14 tonnes.

- Equipement : bien qu'étant une base expérimentale, son équipement doit être conçu comme un matériel de série : 5 664 hydrophones, autant de prises étanches, quelques 17 000 boulons de fixation, 251 boîtes de jonction, près de 30 kilomètres de câbles divers sans compter les 15 câbles de 1 000 mètres qui transmettront les signaux à terre.

Ces quelques données montrent bien les difficultés que soulèvent la fabrication du matériel, la construction de la base elle-même, son mouillage et aussi la fiabilité d'un tel ensemble.

La phase étude est maintenant achevée ; la fabrication débute. Les premiers équipements sont en cours de livraison et la construction de la base elle-même a commencé dans un ancien hangar à dirigeables ; son achèvement est prévu pour la fin de l'année. Il est possible de présenter en quelques mots ce que seront la structure, le mouillage et, ce qui finalement constitue sa raison d'être, le groupement hydrophonique.



LES GRANDES ANTENNES DE RECEPTION - LE PROJET BERTHE -

Mouillage

Le choix du CAP FERRAT pour implanter la base BERTHE s'est imposé ; il est en effet nécessaire de disposer d'un large champ acoustique, donc de fonds fortement inclinés, c'est précisément le cas du CAP FERRAT.

Immergé entre deux eaux (- 100 mètres) par fonds de 230 mètres à 500 mètres environ de la côte, soit sur une pente moyenne de l'ordre de 30 %, le réseau aura son axe dirigé vers le large, l'arrière regardant le fond de la baie de VILLEFRANCHE afin d'atténuer les bruits côtiers.

Le maintien en position dans cet azimut sera assuré par une élingue horizontale s'appuyant sur deux lignes guides verticales ; ces deux lignes ont déjà été mouillées non sans peine en raison des difficultés d'ancrer avec précision des crapauds de 14 tonnes sur un fond irrégulier et très en pente.

Structure

Pour faciliter la construction et rendre possible le transport et la mise à l'eau, il a été nécessaire de prévoir la construction de trois panneaux qui seront assemblés après mise à l'eau ; la rigidité de chaque panneau et de l'ensemble après assemblage, est obtenue grâce à une structure prismatique à ossature tubulaire. Pour des raisons de légèreté les tubes sont en matériaux stratifiés (fibre de verre + résine époxy) ; seuls les tubes supérieurs assurent la flottabilité, cette disposition permettant d'éloigner le centre de poussée du centre de gravité et d'assurer une bonne stabilité dans l'eau. Sur le devant de cette ossature est fixé le panneau porte-hydrophones ; panneau dont on pourra régler la planéité dans l'eau lors d'un montage de présentation en bassin de radoub.



Grouperment

Le grouperment est constitué de 118 colonnes et 48 lignes espacées selon une progression géométrique pour avoir une bonne directivité dans toute la bande de fréquence exploitée. La règle utilisée a été d'avoir entre 1 et 10 kHz sur une largeur de 20λ un espacement en $\lambda/2$. Il est divisé en 14 sous-grouperments électriquement indépendants au niveau desquels est effectuée une sommation par colonne.

A terre la possibilité d'utiliser un seul, plusieurs ou la totalité de ces sous-grouperments permettra donc de disposer de plusieurs antennes de dimensions variables et ainsi d'en étudier les limites pratiques.



LES GRANDES ANTENNES DE RECEPTION - LE PROJET BERTHE -

REFERENCES

- Rapport n° 17 947 DSM/B. Synthèse de directivité en présence de réverbération. JG. CAILLOUX.

- 2 - Rapport n° 17 814 DSM/B. Influence des erreurs de positionnement des hydrophones dans un réseau d'écoute passive destiné à l'analyse spectrale. C. GIRAUDON.

- 3 - Rapport n° 17 118 DSM/B. Avant projet BERTHE. M. ALOMBERT-GOGET et C. GIRAUDON.

- 4 - Rapport n° 18 768 DSM/B. Influence de la corrélation du bruit dans un traitement de corrélation intraclasses analogique. C. GIRAUDON.

- 5 - Rapport n° 18 130 DSM/B. La réception des signaux et bruits acoustiques par un groupement d'hydrophones. C. GIRAUDON.

- 6 - Rapport n° 16 932 DSM/B. Eléments de justification du projet BERTHE. H. MERMOZ.