

# COLLOQUE NATIONAL SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 26 au 30 AVRIL 1977

---

Antenne à balayage électronique autoadaptative pour antibrouillage d'un radar

MM. ROGER - AUBRY - RENAUD - DEVAMBEZ

Thomson - CSF, 1 rue des Mathurins 92 222 - Bagneux

---

## RESUME

On présente, dans cette communication, un procédé simple mais efficace permettant l'auto-adaptation des antennes à balayage électronique utilisant des déphaseurs quantifiés.

L'adaptation vise à maximiser le rapport signal désiré/bruits extérieurs.

Le procédé qui n'implique pas la connaissance des directions des bruits extérieurs utilise uniquement les déphaseurs quantifiés pour l'auto-adaptation.

Les performances de ce procédé ont été évaluées par calcul sur un modèle simplifié, par simulation et par expérimentation sur un réseau de 60 sources.

Les résultats obtenus montrent l'efficacité de ce procédé.

## SUMMARY

This paper presents a simple and efficient method allowing the adaptation of electronically steerable antennas using quantized phase shifters.

Adaptation aims to maximise the desired signal to external noises ratio.

The process which does not involve the knowledge of the directions of external noise sources uses only the quantized phase shifters for adaptation.

The performance of this process has been estimated by calculation using a simplified model, by simulation and by experimentation on a sixty element array.

The results demonstrate the method efficiency.



## 1 - PRINCIPE

Pour des raisons technologiques, les antennes de radar à balayage électronique sont actuellement équipées de déphaseurs quantifiés. On ne peut donc utiliser les algorithmes d'adaptation classiques qui nécessitent la modification continue de l'amplitude et de la phase de la loi d'illumination du réseau. L'objectif est de créer des minima du diagramme de rayonnement dans les directions des sources de bruit sans trop modifier les caractéristiques du diagramme dans la direction visée (fig. 1). Ceci peut être obtenu en essayant des petites perturbations de phase. La décision de conserver une modification est prise si l'on mesure une diminution du niveau de la puissance reçue (fig. 2 et 3).

Les performances de ce procédé ont été évaluées suivant trois manières complémentaires.

On a tout d'abord utilisé un modèle simplifié permettant de faire des calculs théoriques et fournissant des relations entre les paramètres du système.

On a ensuite fait des simulations sur ordinateur.

On a enfin effectué une expérimentation à l'aide d'un réseau linéaire.

## 2 - MODELE THEORIQUE

Le modèle a été établi avec les hypothèses suivantes :

- antenne du type monopulse (voies somme et voie différence)
- une seule source de bruit extérieure du type CW
- un grand nombre de sources
- caractère aléatoire des effets des perturbations de phase sur le diagramme dans la direction du bruit

On a obtenu des relations donnant les modifications du diagramme dans la direction visée (perte de gain et déviation de l'axe) et dans la direction du bruit (niveau de crevasse obtenu) ainsi que le nombre de sources à essayer en fonction de l'amplitude de la modification de phase (voir annexe)

## 3 - SIMULATION (Fig. 4,5,6 et 7)

Une simulation sur ordinateur a été faite dans le cas d'un réseau linéaire de 100 sources. Le bruit extérieur était supposé gaussien. On a étudié le temps de convergence moyen en fonction des paramètres suivants :

- nombre de sources modifiées
- amplitude de la modification de la phase
- nombre d'échantillons indépendants de bruit intégrés pour une mesure

On a également étudié par simulation, l'efficacité du procédé en présence de plusieurs sources de bruits simultanées.

## 4 - EXPERIMENTATION (Fig. 8 à 13)

Une expérimentation du procédé a été faite à l'aide d'un réseau linéaire de 60 sources, équipé de déphaseurs à diodes à 4 bits. La perturbation de phase était de  $\pm 25^\circ$ . Le réseau était mobile en gisement.

Les enregistrements des figures 12 et 13 montrent le diagramme de rayonnement dans la direction de la source de bruit extérieur sans et avec dispositif d'auto-adaptation. Cette dernière courbe montre qu'un zéro meilleur

que - 50 dB est créé dans la direction de la source de bruit partout, sauf lorsque le faisceau est directement pointé sur cette source.

## 5 - RESULTATS

Voici quelques résultats obtenus sur un réseau linéaire

- expérimentation sur une source de bruit
  - . amélioration du rapport signal désiré/bruit extérieur  $\geq 25$  dB
  - . perte de gain dans la direction visée  $\leq 0,2$  dB
  - . déviation de l'axe  $\leq 0,02^\circ$
- simulation sur 5 sources de bruit simultanées
  - . amélioration du rapport signal désiré/bruits extérieurs  $\geq 20$  dB

Des résultats encore meilleurs sont attendus avec un réseau bidimensionnel.

Nous remercions la Direction des Recherches et Moyens d'Essais (DRME) qui a demandé cette étude et qui a bien voulu nous autoriser à faire cette publication.

Antenne à balayage électronique autoadaptative pour antibrouillage d'un radar

ANNEXE - ETUDE THEORIQUE

- Hypothèses simplificatrices

- 1 - réseau linéaire
- 2 - grand nombre de sources
- 3 - brouilleur CW
- 4 - si B représente le champ dans la direction du brouilleur et si  $\Delta B$  représente la variation de ce champ, suite à une variation de la phase d'une source, alors la phase de  $\Delta B$  par rapport à B est aléatoire avec une loi de distribution uniforme

- Paramètres

- M : nombre de sources à essayer pour créer un zéro de diagramme
- N : nombre total de sources
- $\varphi$  : quantum de modification de la phase
- $X_0$  : directivité en champ du diagramme dans la direction du brouilleur (maximum égal à 1)
- $\Delta \alpha$  : écart type de la déviation d'axe
- $\Delta G$  : perte de gain moyenne dans la direction visée
- F : niveau résiduel moyen dans la direction du brouilleur

- relations

pour une seule voie (somme) et pour un réseau éclairé uniformément

L'application numérique est faite pour :

- N = 60
- $X_0 = 1/32$  (- 30 dB)
- $\varphi = \pi/8$  (4 bits)

$$\frac{M}{N} = \frac{\pi}{2} \frac{X_0}{\varphi} ; \text{A.N } 12 \%$$

$$\Delta G = 1 - \frac{\pi \varphi X_0}{2} ; \text{A.N } 0,12 \text{ dB}$$

$$\Delta \alpha = 1,3 \varphi \frac{M^{3/2}}{N^3} ; \text{A.N } 0,03^\circ$$

$$F = \frac{\varphi}{4 N} ; \text{A.N } - 50 \text{ dB}$$

- Remarques

- 1 - pour deux voies (somme et différence) antibrouillées simultanément,  $\frac{M}{N}$  est multiplié par 1,7
- 2 - si la loi d'illumination est dégressive, F décroît (F = - 65 dB pour - 10 dB sur les bords)



Antenne à balayage électronique autoadaptative pour antibrouillage d'un radar

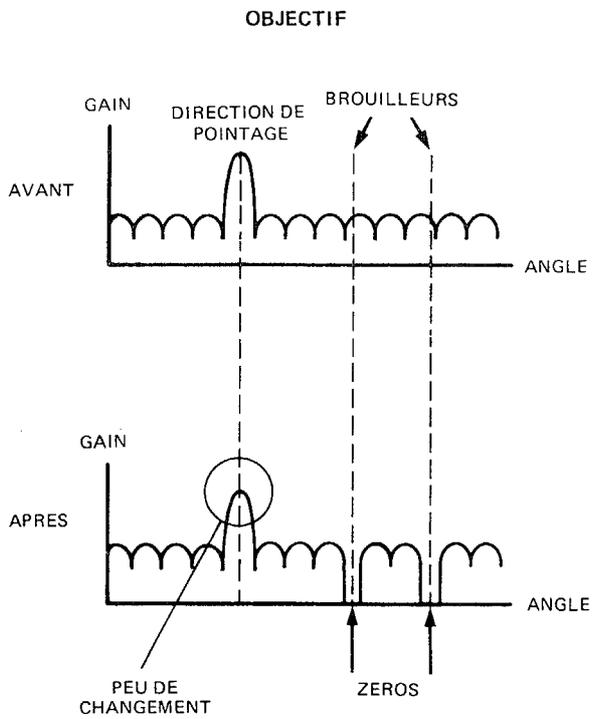


Fig. 1

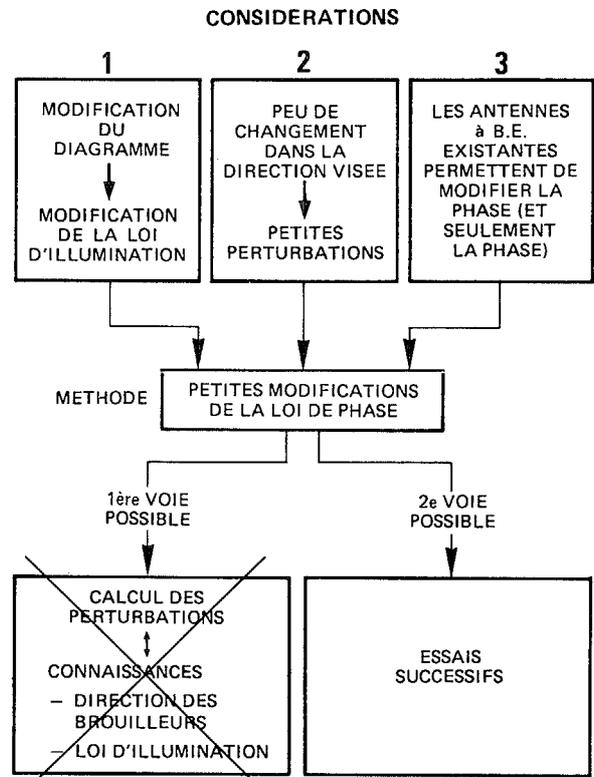


Fig. 2

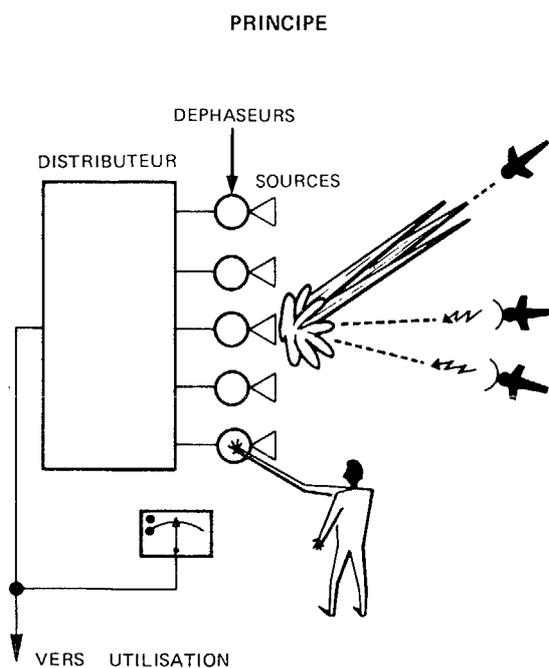


Fig. 3

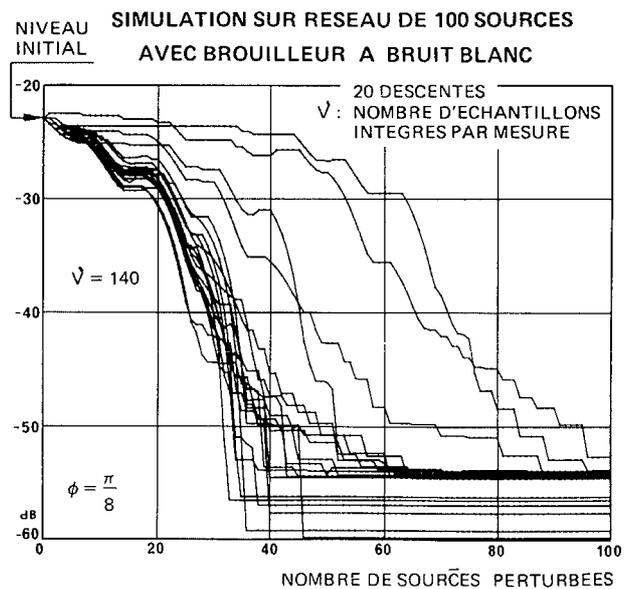


Fig. 4

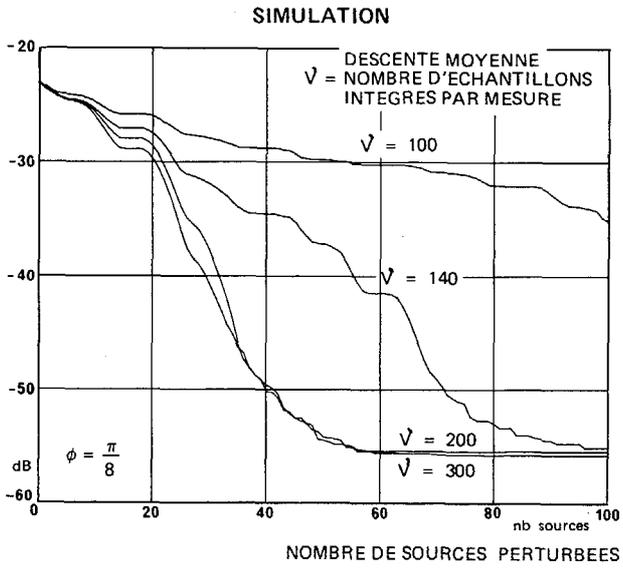


Fig. 5

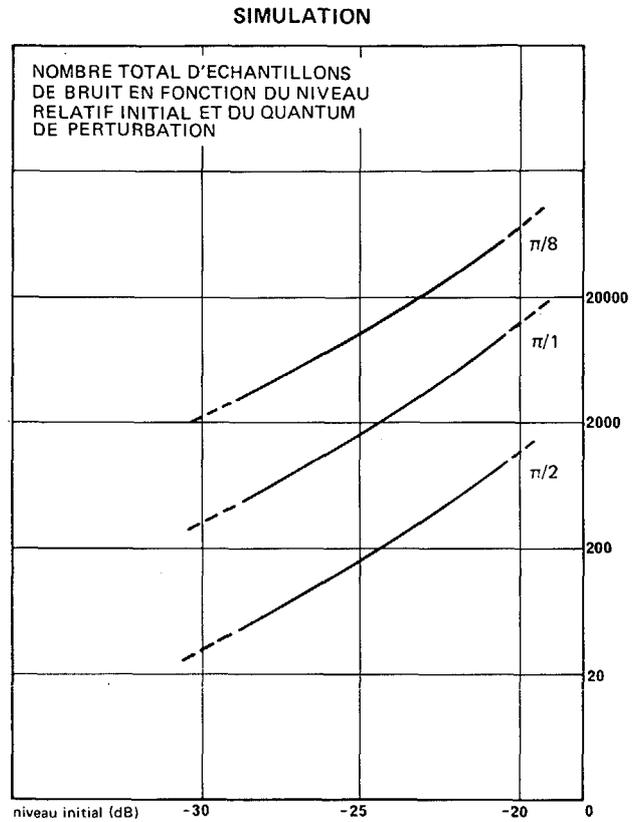


Fig. 6

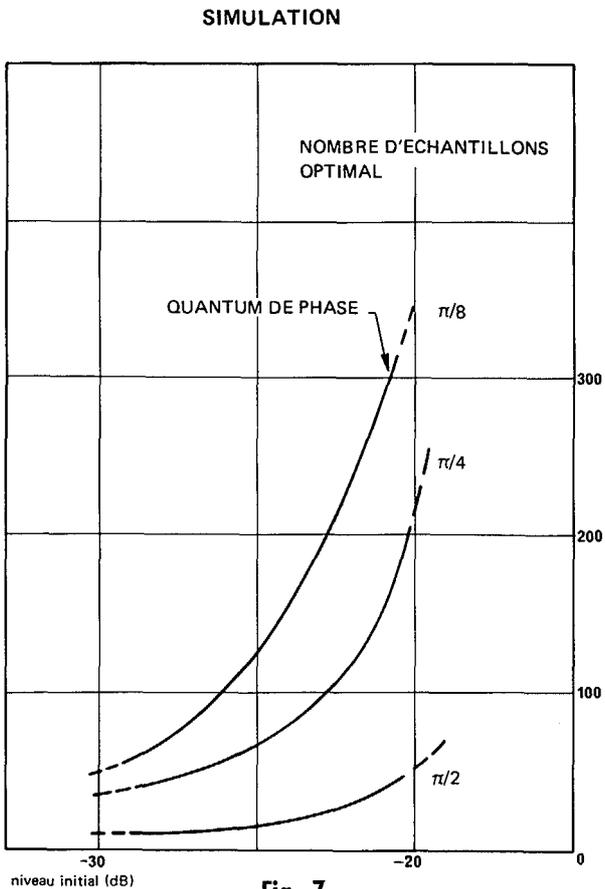


Fig. 7

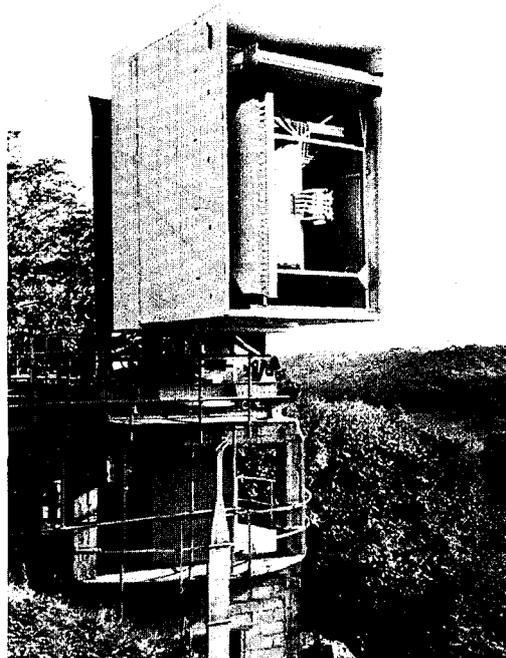


Fig. 8



Antenne à balayage électronique autoadaptative pour antibrouillage d'un radar

CONDITIONS EXPERIMENTALES

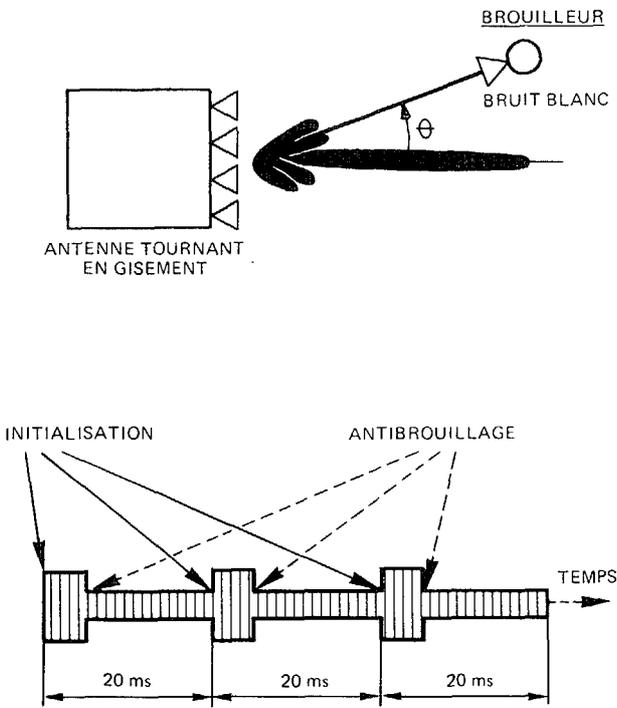


Fig. 9

SCHEMA DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL

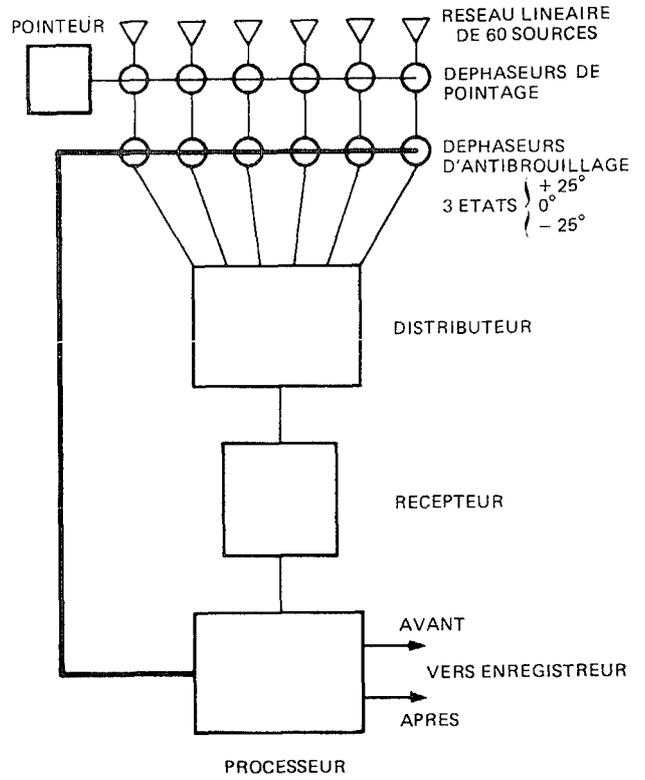


Fig. 10

DEROULEMENT D'UN ESSAI ELEMENTAIRE

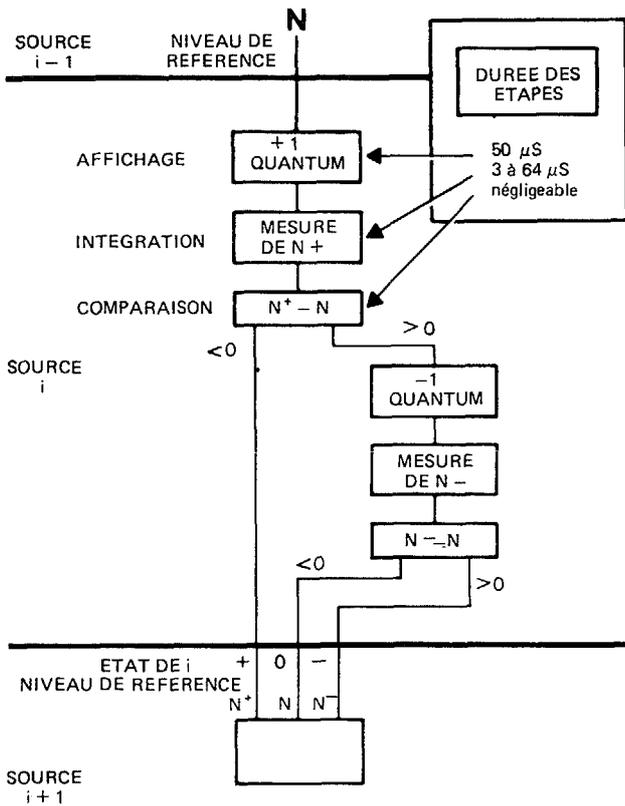


Fig. 11

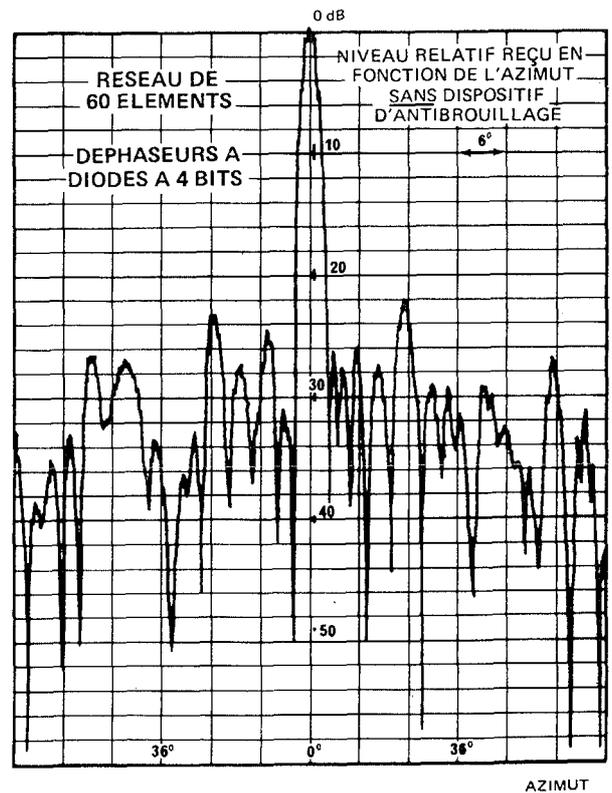


Fig. 12

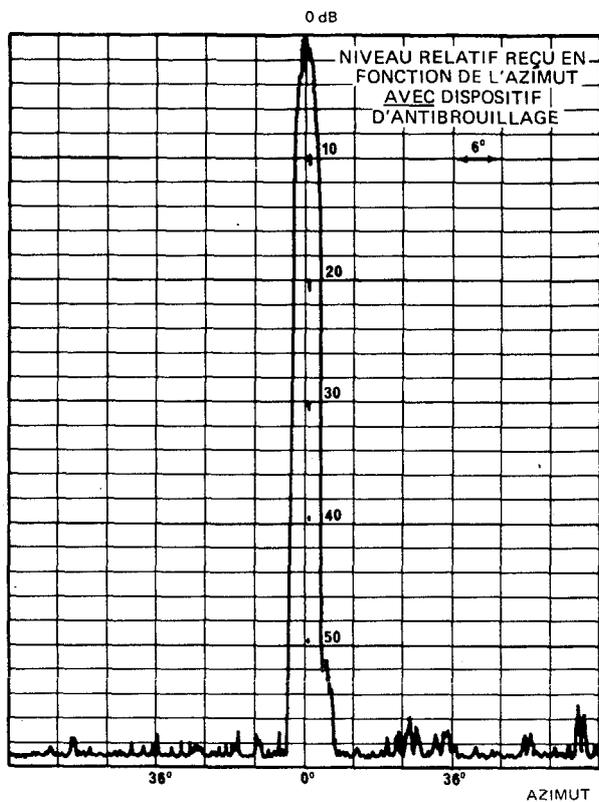


Fig. 13

RESULTATS EXPERIMENTAUX SUR 1 BROUILLEUR	
● DIMINUTION MOYENNE DU GAIN DANS LA DIRECTION DU BROUILLEUR	$A = -25 \text{ dB}$
	$\left( \begin{array}{l} \bar{\xi} = -33 \text{ dB} \rightarrow -59 \text{ dB} \\ \bar{\Delta} = -32 \text{ dB} \rightarrow -57 \text{ dB} \end{array} \right)$
● PERTE DE GAIN POUR LE FAISCEAU PRINCIPAL	$\bar{\Delta G} = 0.2 \text{ dB}$
● DEVIATION D'AXE	$\delta = 0.02 \text{ degré}$

RESULTATS DE SIMULATION SUR PLUSIEURS BROUILLEURS ( $\rightarrow 5$ )	
● UNE VOIE	$A = -20 \text{ dB}$
● DEUX VOIES SIMULTANÉES	$A = -10 \text{ dB}$

Fig. 14