



NICE du 16 au 20 MAI 1983

TRAITEMENT D'ANTENNE HYBRIDE

G. SALVINI, A. CALAORA, C. GAZANHES.

ENSPM, U3 ST. JEROME, 13397 Marseille Cedex 13 (G. SALVINI)
CNRS, 31, Ch. J. Aiguier, 13 Marseille 9ème. (A. CALAORA et C. GAZANHES)

RESUME

Dans un premier article [1] nous avons décrit une technique hybride de traitement d'antenne à éléments dite "antenne à registre".

Nous rappelons ici la formulation générale de ce type d'opérations.

On mentionne un certain nombre de structures possibles qui rendent plus économique la réalisation lorsque la quantité de capteurs augmente.

Au moyen d'une maquette on vérifie l'accord entre la théorie et les mesures en cuve.

Par le calcul, enfin, on examine les avantages qu'offrirait des réalisations incorporant un plus grand nombre d'éléments: c'est la solution souhaitée pour former des images valables.

SUMMARY

In last paper 1 we described an hybrid technic in order to use with array antennas called "register antenna".

We remind here of the general formulation of this kind of operations.

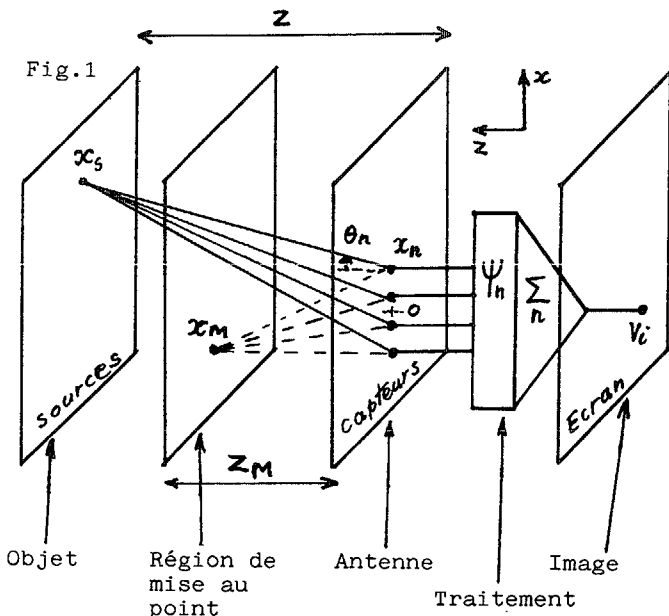
Some possible patterns, which allow cheaper building when the number of sensors increases, are shown.

One states precisely, by means of a model, the good agreement of theory and measurements in a tank.

Computation extrapolates feasibilities provided by realizations including a greater number of elements: it is the purpose to achieve good imaging.



1-REPONSE SPATIALE.- Nous faisons ici un rappel sur la formulation générale de la réponse spatiale d'une antenne linéaire (fig.1). On effectue un traitement linéaire T_n sur les signaux fournis par les N capteurs de l'antenne: $T_n = V_{an} e^{j\psi_n}$ où V_{an} inclut l'apodisation et le gain des capteurs.



dont le module est:

$$V_i(\theta) = \cos \theta \cdot \left[\left(\sum_{n=0}^{N-1} V_n \cos(\psi_n - \psi_n) \right)^2 + \left(\sum_{n=0}^{N-1} V_n \sin(\psi_n - \psi_n) \right)^2 \right]^{1/2}$$

où $\psi_n = Knd \sin \theta$, $\psi_n = Knd \sin \theta_m$

2-TECHNIQUE HYBRIDE.- La multiplication des signaux de fréquence F par un signal auxiliaire V', F' donne des sinusoides en phases dont la somme est maximale pour le pointage θ_m ou la focalisation Z_M . Après sommation on extrait les raies $F_0 = HF' - F$ par filtrage passe-bande. On effectue donc une analyse spectrale isolant des raies en relation avec la réponse spatiale, ce qui donne les "voies" et les points de l'image.

2-1-ONDES PLANES.(fig.2) Le pointage est donné par une expression prenant en compte les paramètres du registre à décalage servant à fournir les déphasages ψ_n du traitement:

$$\theta_m = \text{Arc sin } \frac{c}{d} \frac{F'}{F} \frac{H \cdot m}{F_\varphi}$$

c, célérité des ondes, F' , fréquence de chargement du registre, F_φ fréquence de décalage du registre, m, incrément de prise, H, rang de l'harmonique du signal F' .

Cette relation montre que l'exploration polaire ou scanning continué des angles $\theta > 0$ et $\theta < 0$ est obtenue par variation de F_φ .

En ONDES SPHERIQUES l'amplitude complexe du signal résultant V_i est donnée par:

$$\bar{V}_i = \sum_n U_n \cdot T_n = V_s e^{-j\psi_s} \sum_n e^{-j\psi_n} V_{an} e^{j\psi_n} \cos \theta_n$$

Champ sur le capteur n Source Propagation Traitement Facteur d'obliquité

$$\bar{V}_i = \frac{V_s e^{-j\psi_s}}{j\lambda} \sum_n \frac{V_{an}}{r_n} e^{-j(\psi_n - \psi_n)} \cos \theta_n$$

Module de la réponse spatiale à une source ponctuelle ($V_s=1, \psi_s=0$):

$$V_i(x, z) = \left[\left(\sum_{n=1}^N V_n \cos(\psi_n - \psi_n) \right)^2 + \left(\sum_{n=1}^N V_n \sin(\psi_n - \psi_n) \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\psi_n = Kr_n, \quad \psi_n = Kr_{mn}, \quad K = 2\pi/\lambda$$

$$r_n = (z^2 + (x - x_n)^2)^{1/2}, \quad r_{mn} = (z_m^2 + (x_m - x_n)^2)^{1/2}$$

$$x_n = \left(\frac{N+1}{2} - n\right)d, \quad V_n = \frac{V_{an}}{r_n} \cos \theta_n$$

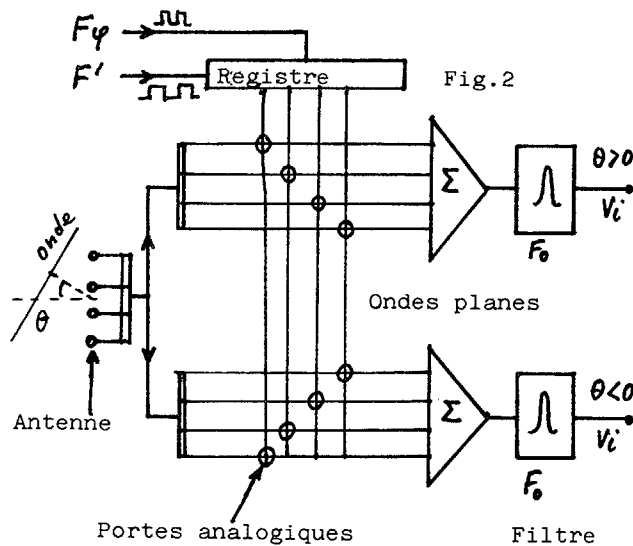
λ , longueur d'onde
 d , distance entre capteurs

L'antenne fonctionnant en réception, la région où se produit le maximum de $V_i(x, z)$ autour de x_m, z_m est improprement appelée "zone de focalisation". La distance Z_M n'est pas exactement la focale, mais celle où il faut placer les sources, c'est-à-dire l'objet, pour en obtenir une image nette: Z_M repère la région de mise au point.

En ONDES PLANES le signal s'exprime par:

$$\bar{V}_i(\theta) = V_s e^{-j\psi_s} \cos \theta \sum_n e^{-j\psi_n} V_{an} e^{j\psi_n}$$

Source Obliquité Propag. Traitement



2-2-ONDES SPHERIQUES. FOCALE VARIABLE.(fig.3)

La zone de focalisation est donnée par le calcul de Z_M :

$$Z_M = A \cdot F_\varphi - \frac{B}{F_\varphi}, \quad A = \frac{x_{n0}^2}{2c \frac{F'}{F} m_0}, \quad B = \frac{c F'}{2F} m_0$$

x_{n0} et m_0 éléments de référence à la distance Z_{M0} servant de base au calcul des prises m et à celui de $F_{\varphi 0}$.

La variation de F_φ permet de déplacer Z_M sur l'axe repéré par x_m . On obtient ainsi un effet de "focale variable" commandée électriquement par F_φ . Les figures 4 à 7 montrent le phénomène avec une antenne à 32 capteurs. L'adaptation en phase est réalisable pour d'autres formes d'ondes. Les figures 8 à 13 témoignent de la concordance entre théorie et mesures sur une maquet-

TRAITEMENT D'ANTENNE HYBRIDE

te à 10 capteurs avec $F=83333$ Hz et $F'=33333$ Hz.

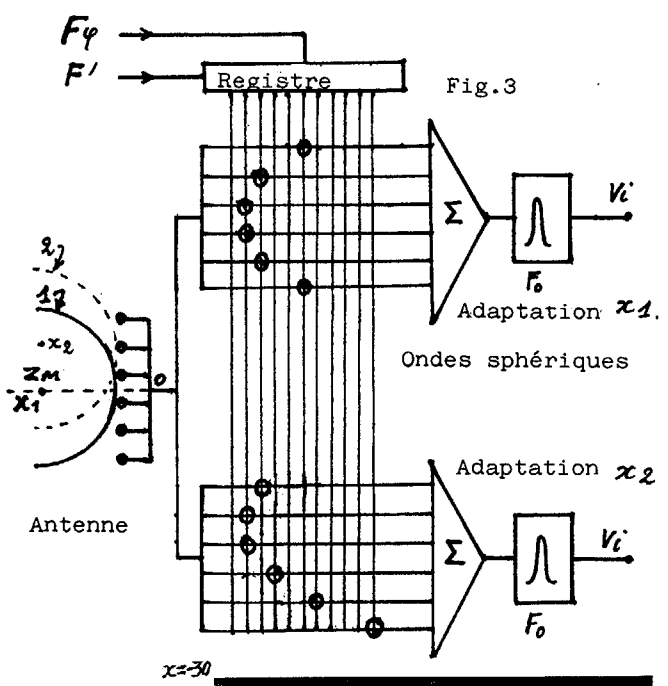


Fig. 3

Ondes sphériques

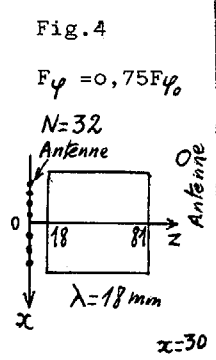


Fig. 4

$F_\phi = 0,75F_0$
 $N=32$

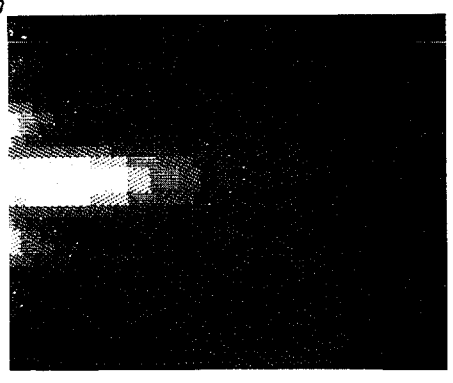
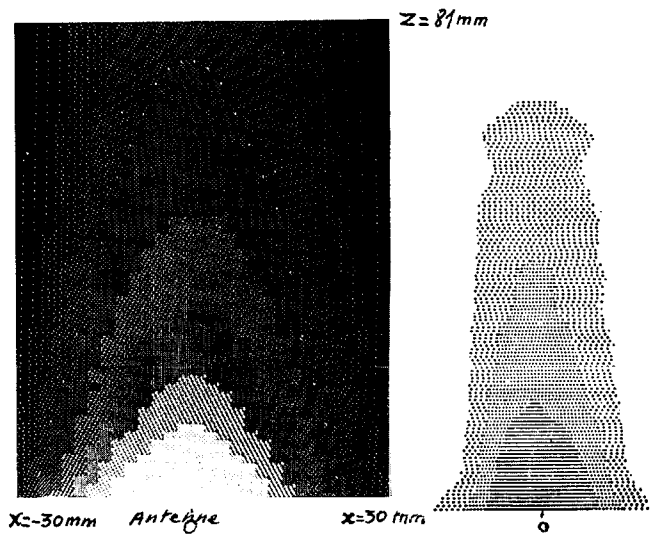
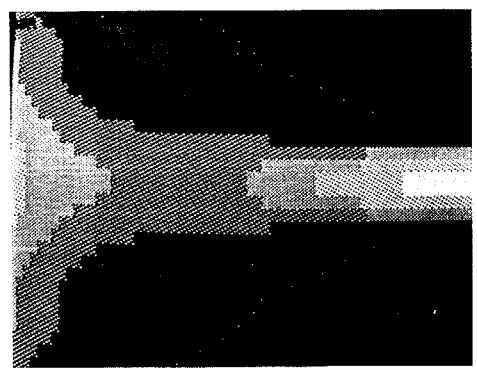


Fig. 7

$F_\phi = 1,5F_0$
 $N=32$



Calcul Fig. 8 et 9
Mesures
Champ proche en ondes planes

Fig. 5

$F_\phi = F_0$
 $N=32$
 $z_{M0} = 50$ mm
 $x_M = 0$

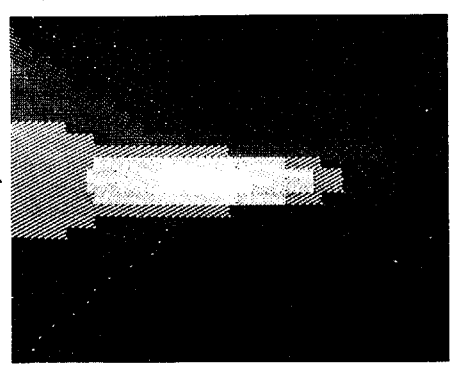
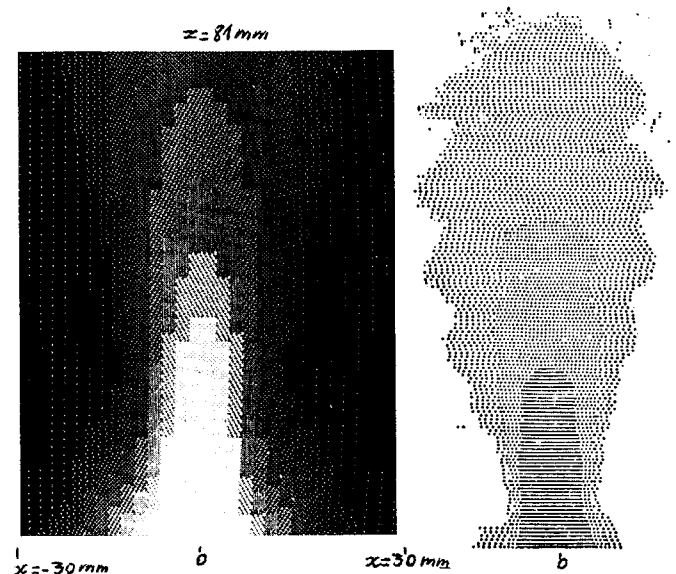
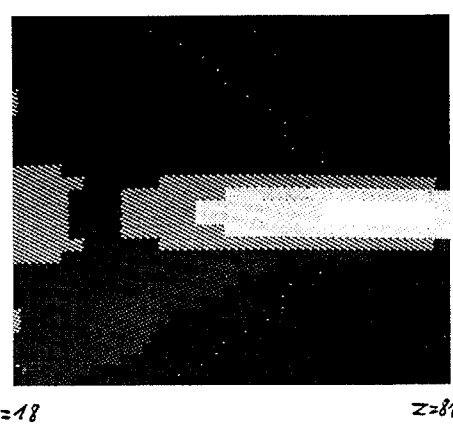


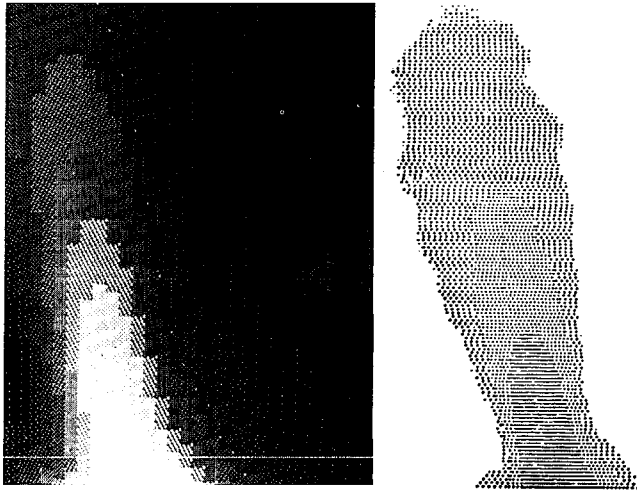
Fig. 6

$F_\phi = 1,25F_0$
 $N=32$



Calcul Fig. 10 et 11
Mesures
Focalisation: $z_M = 50$ mm, $N=10$
(sur l'axe) $x_M = 0$

Coupes longitudinales des réponses spatiales



Calcul

Mesures

Fig. 12 et 13

Focalisation latérale, $N=10, x_H=-15, z_H=50\text{mm}$.

3-AUTRES STRUCTURES.-La figure 14 donne la configuration à réaliser pour obtenir $N-1$ voies parallèles en ondes planes, pour la formation en temps réel d'une image de $N-1$ points. On notera que cette disposition n'exige qu'un seul registre, N capteurs, $N.(N-2)$ portes analogiques (multiplieurs), $N-1$ sommateurs et $N-1$ filtres passe-bandes. L'incrément d'angle $\Delta\theta$ d'une voie à l'autre est constant.

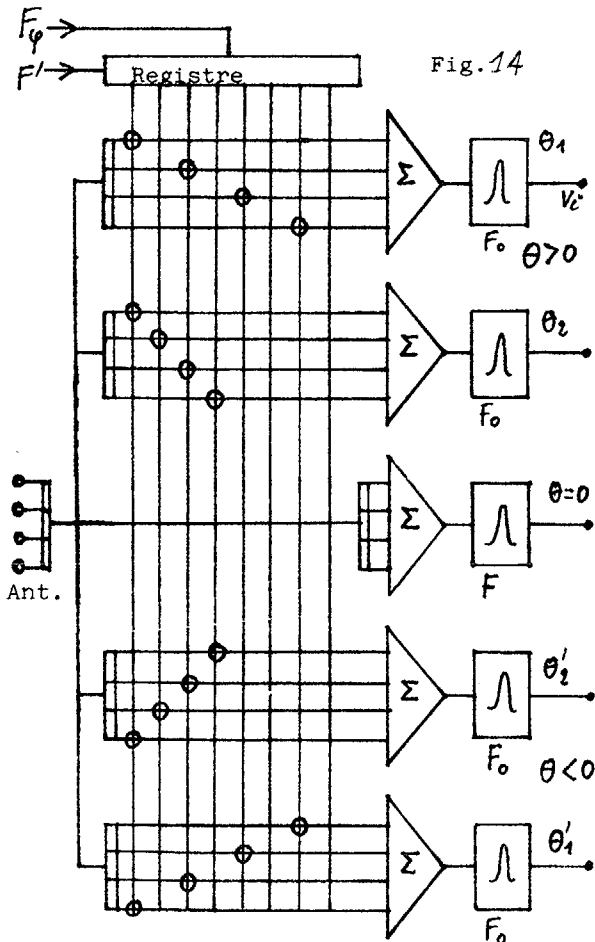


Fig. 14

Formation de voies parallèles.

Dans la figure 15 on indique une autre manière de former $N-1$ voies en parallèle en n'utilisant plus que $2N$ portes analogiques, trois sommateurs et $N-1$ filtres passe-bandes. On exploite les harmoniques de F' qui donnent, après multiplication par F des raies de fréquences $HF'-F$ correspondant aux angles:

$$\theta = \text{Arc sin } \frac{c}{d} \frac{HF' m}{F F_p}$$

Les filtres doivent résonner aux fréquences $F_{0H} = HF' - F$. L'incrément d'angle $\Delta\theta$ n'est pas constant.

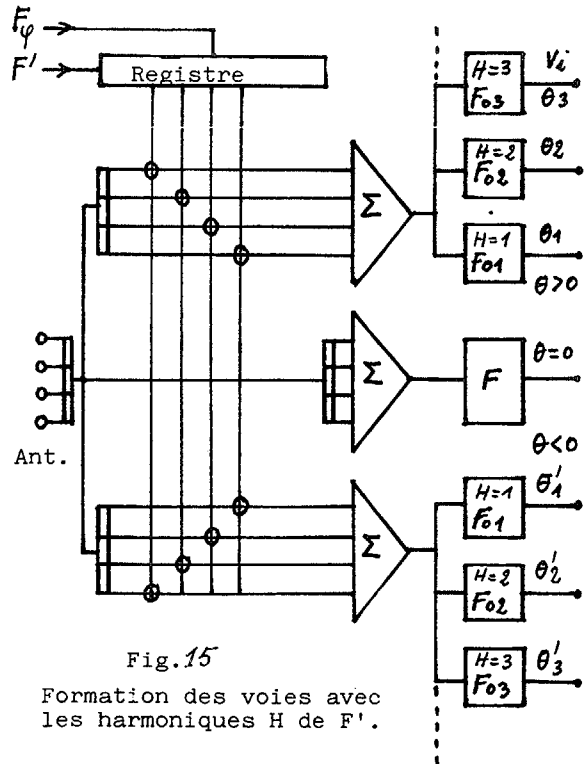
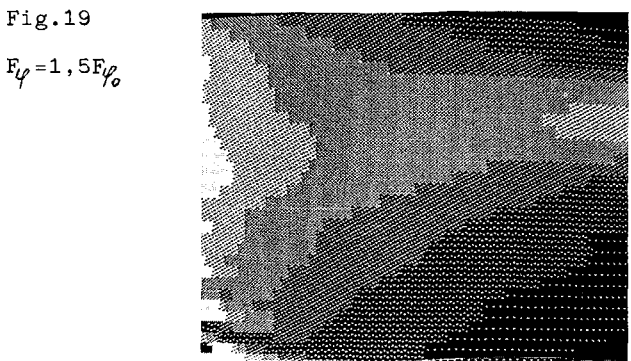
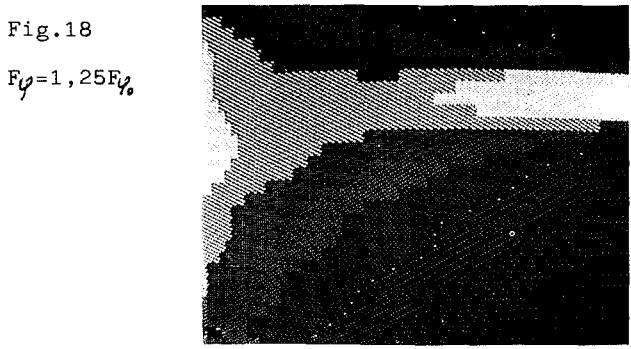
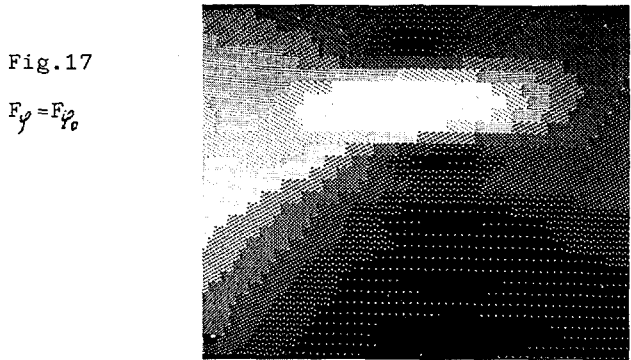
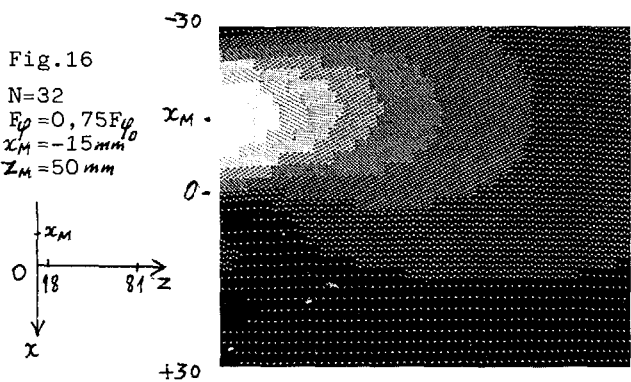


Fig. 15

Formation des voies avec les harmoniques H de F' .

4-FOCALISATION LATÉRALE.- La question s'est posée de savoir quel effet produit la variation de F_p sur un réglage des phases initialement prévu pour focaliser hors de l'axe Oz de l'antenne. Le calcul a fourni la réponse illustrée par les figures 16 à 19. Les photos montrent les coupes longitudinales de la réponse spatiale: il n'y a pas défocalisation mais variation de la focale le long de la droite (x_H).



Focalisation latérale: variation de la foca--
 le avec F_{φ} .

Conclusion.- Les structures proposées se fon-
 dant sur la technique de base hybride, peu-
 vent apporter une solution dans les réalisa-
 tions où le nombre de capteurs est élevé.
 L'accès aux paramètres du traitement liné-
 aire laisse prévoir non seulement la commande
 numérique des antennes, mais également une
 exploitation des propriétés non linéaires de
 cette technique, comme par exemple la correc-
 tion du pointage dans un milieu hétérogène ou
 l'amélioration de la résolution axiale par
 compression d'impulsions.

[1] G. Salvini, A. Calaora, C. Gazanhes, Traite-
 ment d'antenne acoustique par une technique
 hybride, 8ème Colloque sur le Traitement du
 Signal et ses applications, GRETSI, Nice 1981,
 p. 385-391; vol. 1.
 [2] M. de Pauw, projet de 3ème année, ENSPM,
 1981.
 [3] K. Maya, projet de 3ème année, ENSPM, 1982

