

# Adaptation Aveugle d'un Réseau d'Antennes par l'Algorithme à Contrainte d'Enveloppe (CMA) F. Debbat, \*F.T. Bendimerad

Institut d'Informatique - Centre Universitaire de Mascara -Moustafa Estantbouli

\*Laboratoire de télécommunications, Faculté des Sciences de l'Ingénieur,  
Université Abou-Bekr Belkaïd - Tlemcen  
B.P 230, Pôle Chetouane, 13000 Tlemcen  
e-mail :fati.deb @caramail.com , Fax : 045 80 21 54

## Résumé

*L'adaptation du réseau d'antennes à son environnement hostile de signaux indésirables est obtenue en contrôlant les pondérations complexes de l'alimentation de chaque élément du réseau d'antennes.*

*Dans cette étude, nous utilisons la méthode aveugle (CMA) pour adapter et synthétiser le diagramme de rayonnement du réseau linéaire d'antennes. Cette méthode ne nécessite pas l'emploi d'une séquence d'apprentissage, elle exploite la propriété du module constant de la plupart des types de modulation utilisés dans la communication mobile.*

## 1-Introduction

Les réseaux adaptatifs d'antennes annulent les signaux brouilleurs en pondérant et combinant les signaux du réseau d'antennes. Ainsi le diagramme de réception du réseau d'antennes prévoit une extinction dans les directions des signaux brouilleurs tout en évitant une dégradation du gain dans la direction du signal utile [1]. Plusieurs critères d'adaptation existent et le choix de l'un ou de l'autre sera guidé par la connaissance que l'on peut avoir du canal du signal émis [1-4]. Les différents algorithmes d'adaptation d'un réseau d'antennes peuvent être classés en deux groupes principaux: méthodes aveugles et méthodes non aveugles. Le terme aveugle vient du fait que ces méthodes dites aussi autodidactes, ont pour but de restituer directement la séquence d'information transmise sans nécessiter ni l'accès à une

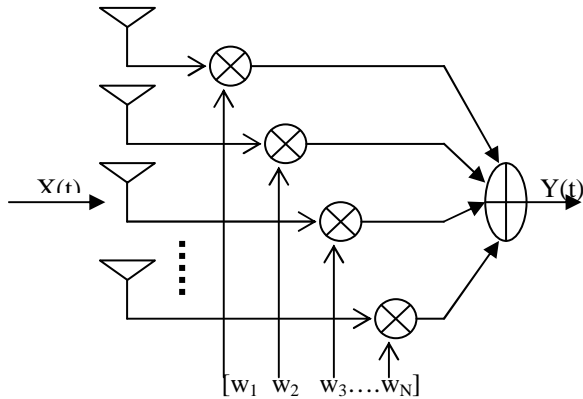
séquence d'apprentissage, ni l'identification préalable du canal.

Les méthodes aveugles exploitent plutôt deux structures différentes des signaux incidents : structures spatiales et structures temporelles.

Le premier groupe utilisant la structure spatiale est généralement basé sur l'estimation de la direction d'arrivée DOA. Ces méthodes angulaires ne peuvent pas être appliquées lorsque le nombre de signaux incidents est supérieur à  $M-1$  ( $M$  est le nombre d'éléments du réseau d'antennes) ou la dispersion angulaire est trop importante (canal de propagation quelconque). Le deuxième groupe comporte les techniques aveugles qui ne nécessitent plus d'estimer les directions d'incidences des ondes ou l'emploi d'une séquence d'apprentissage. Elles exploitent la connaissance des propriétés de la forme d'onde du signal transmis, par exemple le type de modulation [4-5]. Dans cet article, nous avons développé un algorithme d'adaptation de réseau d'antennes basé sur la méthode CMA (algorithme à module constant) appelée aussi méthode à contrainte d'enveloppe [5]. Dans les systèmes de communication, la majorité des signaux transmis ont le module de l'enveloppe complexe de l'onde, constant. En raison des trajets multiples et des interférences, l'enveloppe du signal reçu est quelconque. Le but du traitement adaptatif en réception est de restituer la propriété du module constant de l'enveloppe du signal [5-7].

## 2- Formulation du problème

Le contrôle de la loi d'alimentation complexe d'un réseau d'antennes permet de modifier son diagramme de rayonnement dans le temps. Considérons un réseau linéaire d'antennes de  $N$  éléments équidistants[2] :



**Fig.1** Concept d'un réseau adaptatif d'antennes

La figure 1 montre le concept de base d'un réseau adaptatif d'antennes. Les réponses des sources élémentaires du réseau sont combinées par un traitement approprié afin de pouvoir extraire le signal utile. Généralement la méthode du traitement consiste à combiner linéairement les différentes réponses pondérées par des coefficients de pondérations complexes ( $w_i$ ). Le choix et la sélection des pondérations se font par le biais d'un processus d'optimisation approprié. La réponse globale du réseau d'antennes est formulée par la relation suivante :

$$Y(t) = \sum_{i=1}^N w_i^* x_i(t) \quad (1)$$

"\*" indique le complexe conjugué.

Toute variation des coefficients de pondération complexe " $w_i$ " entraîne une nouvelle réponse " $Y(t)$ " du réseau.

## 3- Application de la CMA pour l'adaptation aveugle.

Le CMA est un algorithme d'adaptation aveugle proposé par Goddard et Treichler [5], qui ne nécessite plus d'estimer les directions d'incidences des interférences

ou l'emploi d'une séquence d'apprentissage. Il exploite la propriété du module constant de la plupart des types de modulation utilisés dans la communication mobile (modulation FM, PM, PSK...).

Le CMA ajuste le vecteur de pondération du réseau d'antennes de telle façon à minimiser la variation du signal désiré reçu. Après la convergence de l'algorithme le faisceau principal est dirigé dans la direction du signal utile [5-7].

$$y = w^H x = w^H A s + w^H n \quad (2)$$

avec  $A$  : Le vecteur de direction,  $S$  : signal incident désiré et  $n$  : bruit additif.

L'objectif de l'adaptation est de trouver  $w$  de telle façon que  $y=s$ .

Les sources incidentes sur le réseau d'antennes sont de la forme :

$$s_i(t) = \exp(j\phi_i(t)) \quad (3)$$

La propriété du module constant implique que :  $|s_k| = 1$  (4)

Le CMA minimise la fonction de coût suivante qui représente la fonction d'erreur :

$$J(w) = E \left[ \left( |y_k|^2 - 1 \right)^2 \right] \quad (5)$$

Par l'application de la méthode de descente rapide, le gradient du vecteur est :

$$\begin{aligned} \nabla J &= 2E \left\{ \left( |y_k|^2 - 1 \right) \nabla (w^H x_k x_k^H w) \right\} \\ &= 2E \left\{ \left( |y_k|^2 - 1 \right) (x_k x_k^H w)^* \right\} \\ &= 2E \left\{ \left( |y_k|^2 - 1 \right) x_k^* y_k \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

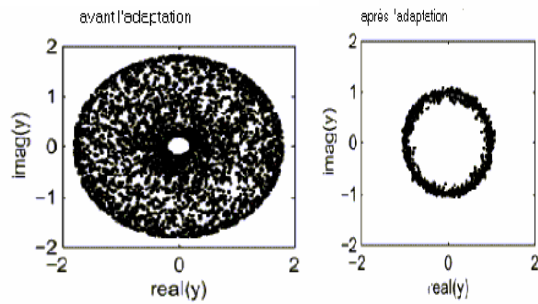
en utilisant :

$$|y_k|^2 = y_k y_k^* = w^H x x^H w \quad (7)$$

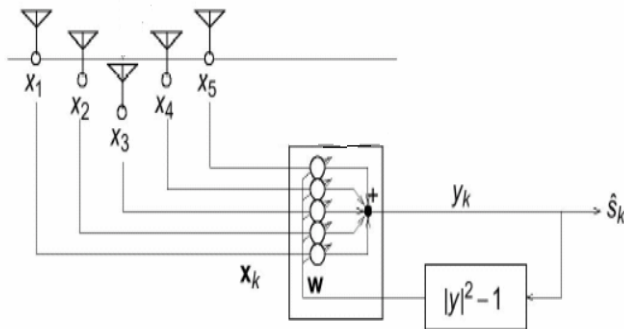
Le vecteur de pondération est mis à jour par l'équation récurrente suivante :

$$|y_k|^2 w_{k+1} = w_k - \mu x_k (|y_k|^2 - 1) y_k^* \quad (8)$$

$\mu > 0$  c'est le pas de l'adaptation par le CMA. La convergence du CMA dépend de ce paramètre.



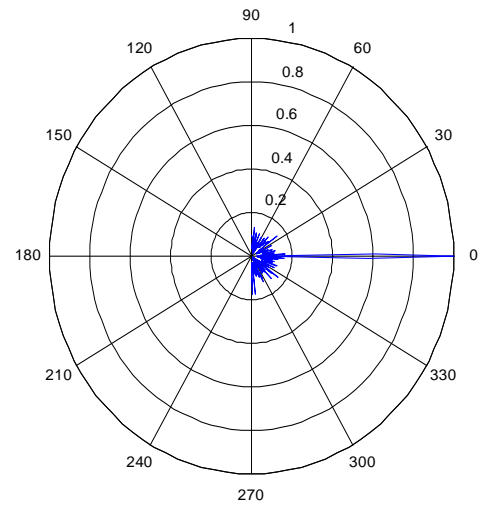
**Fig.2** Module du signal de sortie avant et après l'adaptation.



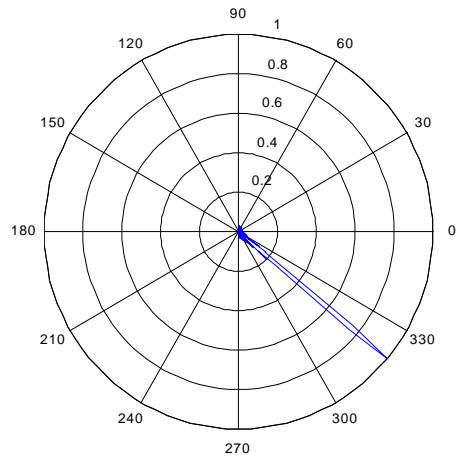
**Fig.3** Principe de l'adaptation par le CMA

## 5- Résultats

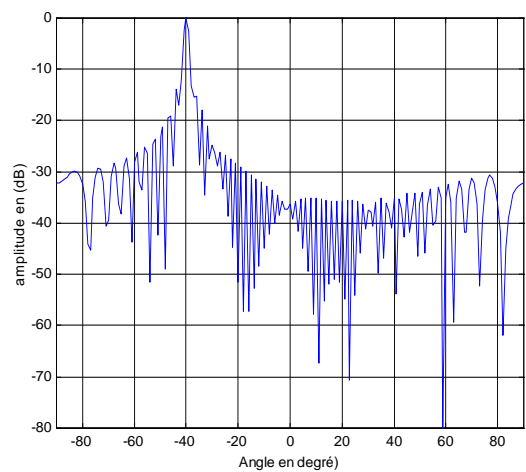
L'adaptation aveugle du réseau d'antennes par le CMA a été programmée sous matlab. Nous avons utilisé dans un premier cas, un réseau rectiligne à 60 éléments imprimés rectangulaires et espacés uniformément de  $\lambda/2$ . Nous supposons la direction du signal désiré est à  $-40^\circ$ . Le diagramme adapté est représenté par les figures 5 et 6.



**Fig. 4** Diagramme de rayonnement en coordonnées polaires avant l'adaptation



**Fig. 5** Diagramme de rayonnement en coordonnées polaires après l'adaptation



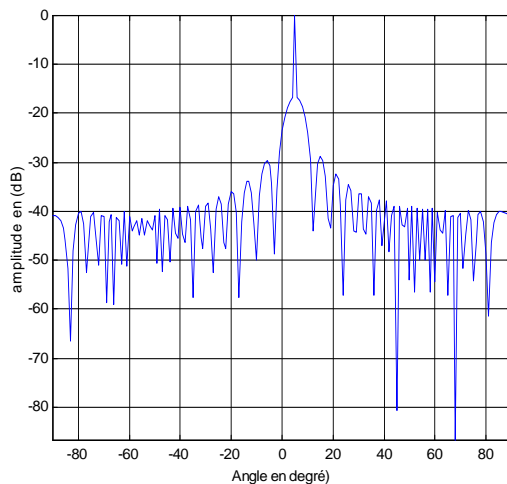
**Fig. 6** Diagramme de rayonnement en coordonnées cartésiennes après l'adaptation

La figure 4 illustre le diagramme de rayonnement non adapté d'un réseau d'antennes de 60 éléments alimenté uniformément en phase et en amplitude.

D'après les figure 5 et 6, nous constatons que le faisceau principal se pointe systématiquement dans la direction du signal utile. Nous avons un gain maximal dans cette direction avec une diminution très remarquable des niveaux de lobes secondaires, environ  $-35\text{dB}$ .

Dans la simulation suivante, nous allons effectué l'adaptation d'un réseau linéaire d'antennes de 100 éléments équidistants.

La direction du signal utile étant de  $5^\circ$ .



**Fig. 7** Diagramme de rayonnement adapté d'un réseau de 100 éléments.

D'après le résultat représenté par la figure 7, nous remarquons un dépointage du lobe principal vers la direction du signal utile, mais aussi une amélioration concernant les niveaux de lobes secondaires, environ  $-40\text{dB}$ .

Nous pouvons conclure que le CMA est une méthode d'adaptation aveugle très efficace, surtout pour les réseaux d'antennes à grand nombre d'éléments.

## 6- Conclusion

Pour résoudre le problème d'adaptation, on cherche toujours une méthode d'adaptation efficace et facile à implémenter tel que le CMA. Avec cette méthode et en se basant

sur la restitution de la propriété du module constant du signal incident, nous avons obtenu des résultats intéressants de part de leur variété et leur généralité dans le sens de la direction du signal utile ainsi que la configuration du réseau d'antennes.

## Références Bibliographiques

[1] P.H.Lehne and M.Pettersen " An overview of smart antenna technology for mobile communications systems", *IEEE Communications Surviv* Vol.2 N<sup>o</sup>.4,1999.

[2] F.Debbat et F.T.Bendimerad, "adaptive array antennas optimization for radar system", Conférence de Génie Electrique, CGE 01 2001, Bordj El Bahri , 25-26 décembre, 2001.

[3] J.M.Fleuriat, "Synthèse du diagramme de rayonnement d'un réseau de sources", Thèse de Doctorat, Université de Renne1, Juin 1996.

[4] L.C.Godara, "Applications of Antenna Arrays to Mobile Communications, part I: Performance improvement, Feasibility, and System Con-siderations", *Proc. IEEE*, Vol.85, No. 7, pp. 1031-1060, July 1997.

[5] J. R. Treichler and B. G. Agee "A new approach to multipath correction of constant modulus signals" *IEEE Trans. on Acous., Speech, and Signal Process.*, ASSP-31(2):459{471, April 1983.

[6] I. Parra, G. Xu, and H. Lui. "A least squares projective constant modulus approach" *Personal Indoor Mobile Radio Conference*, pages 673-676, 1995.

[7] A. van der veen, "An Analytical Constant Modulus Algorithm", *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol. 44, No. 5, pp. 1136-1155, May 1996.