



**HAL**  
open science

# Utilisation des antennes adaptatives dans les systèmes RADAR de poursuite

Sara Smihily, Mounir Rifi

► **To cite this version:**

Sara Smihily, Mounir Rifi. Utilisation des antennes adaptatives dans les systèmes RADAR de poursuite. Colloque sur les Objets et systèmes Connectés, Ecole Supérieure de Technologie de Casablanca (Maroc), Institut Universitaire de Technologie d'Aix-Marseille (France), Jun 2019, CASABLANCA, Maroc. hal-02296373

**HAL Id: hal-02296373**

**<https://hal.science/hal-02296373v1>**

Submitted on 25 Sep 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Utilisation des antennes adaptatives dans les systèmes RADAR de poursuite

Sara SMIHILY<sup>1</sup>, Mounir RIFI<sup>2</sup>

[Sara.smihily@gmail.com](mailto:Sara.smihily@gmail.com)<sup>1</sup>, [rifi@email.com](mailto:rifi@email.com)<sup>2</sup>,

CED Engineering Science, ENSEM, Lab. RITM/ESTC. Hassan II University Casablanca, Morocco.

**RESUME :** Un RADAR de poursuite mesure les coordonnées d'une cible et fournit des données qui peuvent être utilisées pour déterminer la trajectoire de la cible et prédire sa position future [1]. Par ailleurs, ce système présente des limitations dont la principale est la forme du lobe d'antenne qui n'est pas adaptée à la recherche d'une cible dans un grand domaine, ce qui limite cette recherche à un cône d'ouverture faible que la cible à poursuivre doit traverser pour pouvoir s'identifier. Pour lutter contre ces problèmes une solution très efficace a vu le jour dans les dernières décennies qui repose sur le fait de contrôler intelligemment la transmission des données dans le domaine spatial. Plus précisément, utiliser des antennes dont le diagramme de rayonnement est contrôlé afin d'avoir le maximum du gain dans la direction du lobe principal (la cible) et réduire l'effet des multi trajets. C'est dans ce contexte que les techniques d'antennes intelligentes vont être utilisées. Cet article présente une vue d'ensemble sur les antennes intelligentes, et en particulier, les antennes adaptatives qui se veut une solution pour pallier aux limitations de l'ancien système Radar de poursuite.

**Mots clés :** Antennes intelligentes, antennes adaptatives, radar de poursuite.

## 1 INTRODUCTION

Les systèmes d'antennes intelligentes sont d'une grande importance dans les applications de communication sans fil et radar. Ils améliorent efficacement la capacité du système et réduisent les interférences dans le même canal.

Les antennes intelligentes offrent des excellentes performances par rapport aux antennes existantes en ce qui concerne la consommation d'énergie, la capacité de l'utilisateur ainsi que la suppression du bruit [2].

Elles peuvent aussi diriger le lobe principal du faisceau vers l'utilisateur réel. Par cette méthode, la puissance maximale sera rayonnée vers la cible, ce qui donnera un très bon gain dans cette direction [3]. Une antenne intelligente peut également être utilisée pour augmenter la capacité du réseau, atténuer les interférences, réutiliser les fréquences et réduire l'ensemble des coûts d'infrastructure [4].

L'antenne adaptative est un réseau qui s'adapte automatiquement à l'environnement. C'est-à-dire que le signal utilisateur et le signal d'interférence changent de position, ainsi que le diagramme de faisceau, qui change également de direction [5]

Le reste de cet article est organisé comme suit :

La 2eme section sera dédiée à la structure des antennes adaptatives et les sections 3 et 4 auront pour objectif de présenter les travaux dirigés à propos les techniques de DOA ainsi les algorithmes adaptatifs.

## 2 STRUCTURE D'UNE ANTENNE ADAPTATIF

Les capacités utiles des radars actuels peuvent être résumées comme suit: (i) maximisation du signal d'intérêt tout en annulant de manière adaptative les interférences, (ii) lobes secondaires bas pour la réjection d'encombrement, (iii) bonne directivité du lobe de faisceau principal.

Un système d'antenne intelligente adaptative répond parfaitement à ces critères, vu sa combinaison entre un réseau éléments d'antenne et techniques de traitement du signal numérique (Fig.1).

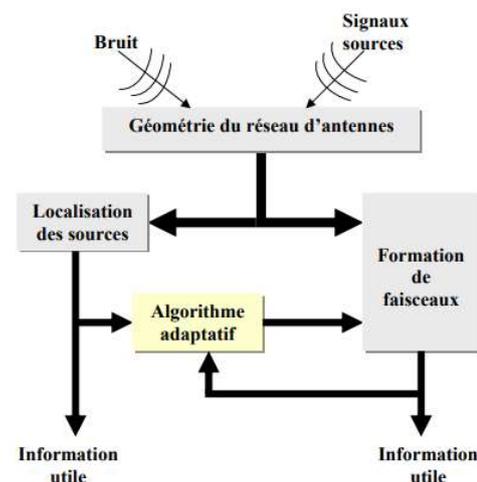


fig 1 : Processus d'adaptation

La technique de traitement du signal utilise deux algorithmes, un algorithme de direction d'arrivée (DOA) et un algorithme adaptatif de formation de faisceau. L'algorithme DOA calcule la direction d'arrivée de tous les signaux entrants. Ensuite, l'algorithme adaptatif de formation de faisceau est utilisé pour mettre à jour les paramètres du système (Fig.2).

Les poids de chaque élément modifient le déphasage et l'atténuation d'amplitude du signal reçu, de sorte que le faisceau principal sera dirigé vers la direction du signal souhaitée et que les valeurs nulles seront placées dans les directions de l'interférence [6].

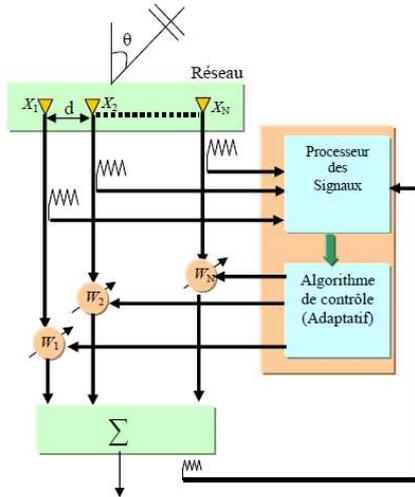


fig 2 : Schéma représentatif d'une antenne adaptative

### 3 LES TECHNIQUES DOA

Réaliser une estimation de DOA à l'aide d'une seule antenne fixe a une résolution limitée [7], car la taille physique de l'antenne en fonction, est inversement proportionnelle à la largeur du faisceau du lobe principal de l'antenne. Il est pratiquement impossible, d'augmenter la taille d'une seule antenne pour obtenir une largeur de faisceau plus nette. Un réseau d'antenne offre de meilleures performances en termes d'estimation de paramètres et de réception de signaux. Donc utiliser un réseau d'antenne améliora la précision et la résolution [8]. Et c'est le principe des antennes intelligentes (l'utilisation d'un réseau d'antenne).

Les grandes familles des méthodes d'estimation sont présentées dans le tableau suivant :

#### Méthode basée sur la notion de sous-espace :

- Méthodes à recherche spectrale.  
MUSIC, Vrai Semblance.
- Méthodes sans recherche spectrale

#### Méthodes du maximum de vraisemblance (ML) :

Très efficace mais très lente et difficile à implémenter

#### Méthodes à réseaux de neurones.

Peu sensible au bruit, prenant en compte les couplages mutuels et sont rapides  
Difficulté de l'implémentation

#### Algorithmes Génétiques (AG):

Très couteux en terme de calcul à cause de leur complexité

fig 3 : Classification des méthodes à haute résolution

L'estimation des angles d'arrivée représente un intérêt pour plusieurs études qui essayent d'apporter des améliorations et des innovations aux différentes méthodes d'estimation.

liations et des innovations aux différentes méthodes d'estimation.

Dans ce contexte P et Kar [9], ont montré que, **MUSIC** utilise les valeurs propres et les vecteurs propres du signal et du bruit pour estimer la direction d'arrivée des signaux entrants. Il est donc facile de séparer les signaux du bruit, car les vecteurs propres du sous-espace signal et bruit sont orthogonaux les uns aux autres.

L'efficacité de cet algorithme d'estimation peut être améliorée en augmentant l'espacement entre les éléments, en augmentant le nombre de capteurs d'antenne, le nombre d'instantanés et amélioration de la différence d'angle d'incidence entre les signaux entrants. Pour les signaux cohérents, l'algorithme **MUSIC** conventionnel ne parvient pas à obtenir des pics étroits et nets. ils ont conclu que la détection de signaux cohérents peut être obtenue de manière satisfaisante en utilisant l'algorithme amélioré **MUSIC**.

### 4 LES ALGORITHMES ADAPTATIFS

Pour obtenir les pondérations optimales, diverses méthodes sont possibles. Le choix de l'algorithme qui permet d'atteindre la solution optimale est une étape cruciale car de lui dépendent la vitesse de convergence et la complexité d'intégration matérielle. Les différents algorithmes adaptatifs peuvent être divisés en deux groupes principaux:

- Méthodes aveugles
- Méthodes non aveugles.

Une large classification des algorithmes adaptatifs est présentée dans la Figure4.

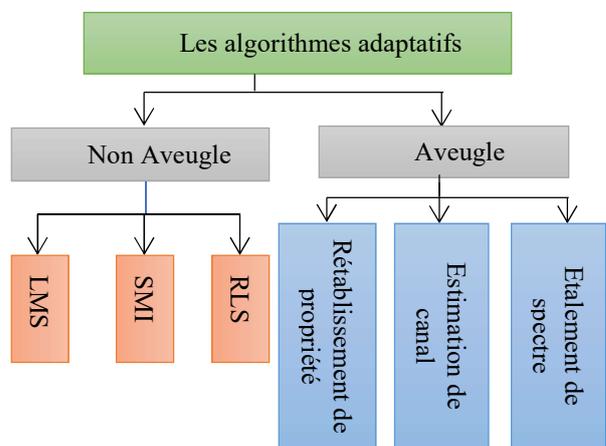


fig 4 : Les types des algorithmes adaptatifs

Dans un système de suivi de cible radar, il est souhaitable d'adopter une adaptation à haute vitesse des poids et de rejeter les interférences et le bruit. Pour cela, de nombreuses recherches ont été faites pour déterminer l'algorithme optimal.

Dans cet optique Ash.A, Abd.B et Hes.F [10] ont comparé les performances de cinq algorithmes non aveugles, **LMS**, **NLMS**, **SMI**, **RLS** et **hybride LMS/SMI**, en variant le nombre des éléments rayonnants N et le déplacement entre les éléments du réseau

d. Les performances de chaque algorithme sont mesurées en termes de **stabilité de la formation de faisceau**, de **largeur de faisceau**, de **niveau maximal des lobes latéraux**, de **profondeur nulle et de taux de convergence**.

Ils en résultent qu'en augmentant le nombre d'éléments rayonnants d'antenne, la performance globale de l'antenne intelligente s'améliore dans tous les algorithmes. La convergence des algorithmes adaptatifs de formation de faisceaux est insensible au changement de déplacement entre les éléments d'antenne.

L'algorithme **LMS** présente de bonnes performances et une formation de faisceau stable, à l'exception du fait que sa convergence est lente et dépend du nombre d'éléments d'antenne.

Les algorithmes **LMS** et **NLMS** introduisent le niveau le plus bas des lobes latéraux.

Les algorithmes **SMI** et **RLS** améliorent la convergence au détriment du niveau élevé des lobes latéraux et de l'instabilité de la formation de faisceau. Ces algorithmes donnent les valeurs nulles les plus profondes dans les directions des signaux brouilleurs.

L'algorithme hybride **LMS/SMI** améliore également la convergence, diminue l'erreur quadratique moyenne et minimise la complexité de calcul au détriment du niveau élevé des lobes latéraux et de l'instabilité de la formation de faisceau.

L'algorithme **NLMS** réalise les meilleures performances en ce qui concerne la convergence de vitesse, la stabilité de la formation de faisceau, le faible niveau des lobes latéraux, la simplicité de calcul et la profondeur de zéro appropriée.

Une autre étude, réalisée par T.S, San.S et V.Raj [11], a été effectuée sur les performances des mêmes algorithmes **LMS**, **NLMS** et **SLMS** en faisant varier la taille des étapes.

Pour les grandes valeurs de pas, **LMS** ne fonctionne pas pour la formation de faisceau. Le taux de convergence est également l'un des inconvénients des algorithmes **LMS** car il dépend directement de la valeur de la taille du pas.

**NLMS** a donné encore une fois une bonne convergence ainsi que des résultats exacts pour une large variation de la taille des pas. Il a été observé que **NLMS** surpassait les autres algorithmes en termes de localisation de l'utilisateur et réduisait également les niveaux de lobe latéral pour différentes valeurs de taille de pas. La difficulté de calcul de **NLMS** est également supérieure à celle de **LMS**.

## 5 CONCLUSION

Les systèmes d'antennes intelligentes sont d'une grande importance dans les applications de poursuite radar. Ils améliorent efficacement la capacité du système et réduisent les interférences dans le même canal.

Les systèmes adaptatifs reposent sur des algorithmes de traitement de signal sophistiqués permettent de distinguer en permanence les signaux utiles des signaux issus des trajets multiples et même poursuivre le signal utile (la cible) grâce aux algorithmes de détection des directions d'arrivée (DoA, Direction of Arrival) et des algorithmes adaptatifs pour pouvoir orienter le lobe principale vers la cible tout en créant des zéros dans les directions d'interférences pour réduire les niveaux des signaux brouilleurs émis par d'autres systèmes.

Notre papier avait pour objectif de présenter une vue globale sur les antennes adaptatives et leurs impact sur le système Radar de poursuite, vu que le système assure le suivi, ainsi une présentation des dernières recherches et études dans ce domaine.

## Bibliographie

- [1] *Salvat, Francois, Bouko, Jean, remier Auteur, "Système d'antenne à balayage conique pour radar de poursuite", Office européen des brevets, n° de publication 0 002 982 A1.*
- [2] *Michael Chryssomallis, "Smart Antennas" IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 42, No. 3, June 2000*
- [3] *Frank Gross, "Smart Antenna for Wireless Communication" Mcgrawhill, September 14, 2005*
- [4] *J.C. Libert and T. S. Rappaport, Smart Antennas for Wireless Communications and Third Generation CDMA Applications, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1999.*
- [5] *Lal C. Godara, "Application of Antenna Arrays to Mobile Communications, Part II: beamforming and direction-of-arrival considerations", Proceeding of the IEEE, Vol. 85, No. 8, pp. 1195-1234, August 1997*
- [6] *W. Ali, D. Mohamed, and A. H. Hassan, "Performance analysis of least mean square sample matrix inversion algorithm for smart antenna system," in Antennas and Propagation Conference (LAPC) Loughborough, UK, 2013, pp. 624-629.*
- [7] *Marshall M. Grice, "Direction of arrival estimation using super resolution algorithms ", M Sc. Thesis, California State Polytechnic University, Pomona, 2007.*
- [8] *Zekeriya Aliyazicioglu, H.K. Hwang, Marshall Grice, Anatoly Yakovlev, "Sensitivity analysis for direction of arrival estimation using a Root-MUSIC algorithm ", Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists vol n IMECS, 19-21 March 2008.*
- [9] *Gupta, P., & Kar, S. P. (2015). MUSIC and improved MUSIC algorithm to estimate direction of arrival. 2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP).doi:10.1109/iccsp.2015.7322593*

- [10] Khalaf, A. A. M., El-Daly, A.-R. B. M., & Hamed, H. F. A. (2016). Different adaptive beamforming algorithms for performance investigation of smart antenna system. 2016 24th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM).doi:10.1109/softcom.2016.7772134
- [11] Lakshmi, T. S. J., Sivvam, S., & Rajyalakshmi, V. (2018). Performance evaluation of smart antennas using non blind adaptive algorithms. 2018 Conference on Signal Processing And Communication Engineering Systems (SPACES).doi:10.1109/spaces.2018.8316318