

# Méthodes Stochastiques d'Optimisation d'un Réseau Dièdre d'Antennes à Alimentation Commutable

M. Anane - S.M.Meriah - F.T. Bendimerad

Laboratoire de Télécommunications  
Département d'Electronique, Faculté des Sciences de l'Ingénieur  
Université Abou-Bekr Belkaid - Tlemcen, B. P. 230, 13000 Tlemcen.  
E-mail : m\_anane@hotmail.com

**Résumé** - L'objet de cet article est la synthèse du phénomène de rayonnement du réseau dièdre d'antennes imprimées par commutation de l'alimentation et selon un gabarit donné.

Pour cela, nous proposons des techniques de résolution à base d'algorithmes stochastiques capables d'optimiser les réseaux d'antennes par action sur les poids de pondération d'alimentation. Ces techniques prévoient la minimisation d'une fonctionnelle construite à partir des données relatives au problème de synthèse.

**Mots clés** - antenne imprimée- réseau conformé- algorithme génétique- recuit simulé-synthèse.

## I. INTRODUCTION

Un algorithme de synthèse d'antennes imprimées intégrées dans des structures complexes telles que les réseaux conformés est fort utile pour prévoir le diagramme de rayonnement de celles-ci.

En effet, le diagramme de rayonnement est fortement influencé par la loi d'excitation des sources rayonnantes. La seule façon d'aborder ce problème de synthèse avec une solution globale et optimale est d'utiliser des techniques stochastiques [1].

La synthèse du diagramme de rayonnement d'un réseau d'antennes, dans notre cas, consiste à trouver les excitations commutables pour que la fonction caractéristique du motif de rayonnement réponde à des spécifications précises, souvent décrites par un gabarit.

Deux raisons pour lesquelles, nous considérons les poids d'alimentation comme paramètres de synthèse sont :

- a- Raison technologique : souvent, la géométrie du réseau est fixée ou imposée, donc on suppose a priori la distance inter-sources donnée.
- b- Raison de complexité dans la méthode de synthèse : le paramètre distance entre la source et l'origine intervient

dans le terme de déphasage, et plus particulièrement comme argument d'une exponentielle complexe. Au contraire le paramètre pondération apparaît dans le diagramme de rayonnement de façon linéaire.

## II. PROBLEMATIQUE

Nous cherchons à synthétiser le diagramme de rayonnement du réseau conformé d'antennes à  $N_s$  éléments rayonnants, c'est à dire que le module au carré de la fonction complexe [1] :

$$f(\theta, \varphi) = \sum_{n=1}^{n=N_s} a_n e^{j \frac{2\pi}{\lambda} (o\bar{m}_n \bar{u})} E_n(\theta, \varphi)$$

qui représente la puissance émise loin de la source reste piéger dans un gabarit fixé par l'utilisateur sur l'horizon.

## III. SPECIFICATION du GABARIT

Le gabarit est géométriquement doté de deux niveaux : bas et haut qui doivent piéger les caractéristiques de rayonnement. Il est représenté par la figure 1 et est défini par :

- La direction de pointage repérée par les deux angles  $\theta$  et  $\varphi$ ,
- Les amplitudes du lobe principal et des lobes secondaires,
- La largeur min et max du lobe principal.

On définit de plus une grandeur qu'on appelle  $\Delta\theta$  qui correspond à un intervalle de gisement dans lequel la fonction  $f(\theta, \varphi)$  passe de la zone des lobes secondaires à la zone du lobe principal.

### III-1. CONTRAINTES du GABARIT

Le problème envisagé dans la synthèse est le suivant : trouver le vecteur de pondération d'alimentation

commutable  $a_n$  satisfaisant un certain nombre de contraintes, ou d'une autre manière trouver le vecteur  $a_n$  dont la distance aux contraintes est la plus petite possible (minimisation d'une fonction de coût).

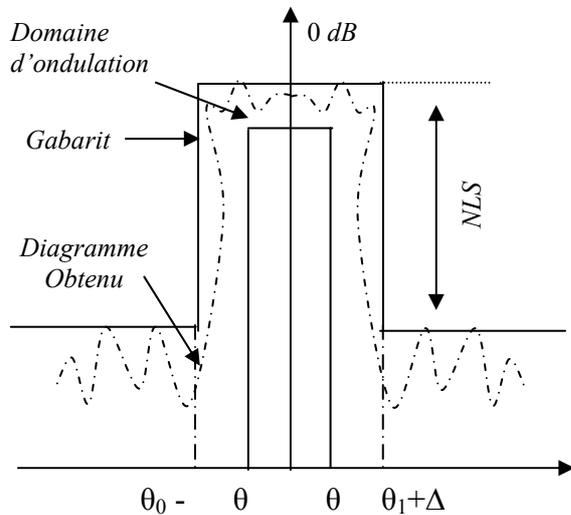


Fig1. Gabarit sur l'horizon caractérisant le diagramme désiré

Dans ce type de problème on se limitera aux deux contraintes suivantes :

- *Largeur du lobe principal fixe.*
- *Niveau des lobes secondaires le plus bas possible.*

#### IV. METHODES de SYNTHÈSE

Dans notre étude, nous avons opté pour la simulation de synthèse de réseaux conformés, par des méthodes stochastiques, plus particulièrement, notre choix s'est porté sur l'algorithme génétique et le recuit simulé décrits dans le paragraphe suivant.

Dans les deux méthodes de synthèse, l'optimisation est faite sans aucune contrainte de symétrie. Ceci permet d'obtenir une meilleure répartition de l'énergie entre les sources et une meilleure adaptation aux diagrammes dissymétriques, tout en gardant la possibilité d'aboutir à la solution symétrique.

##### IV.1-ALGORITHME GENETIQUE

Nous avons choisi pour la synthèse basée sur l'algorithme génétique, un algorithme simple ayant tout les opérateurs génétiques : mutation, croisement, reproduction [4].

Les variables à optimiser  $a_n$  sont représentées par des 0 ou des 1, c'est la raison pour laquelle nous négligeons les étapes de codage et de décodage.

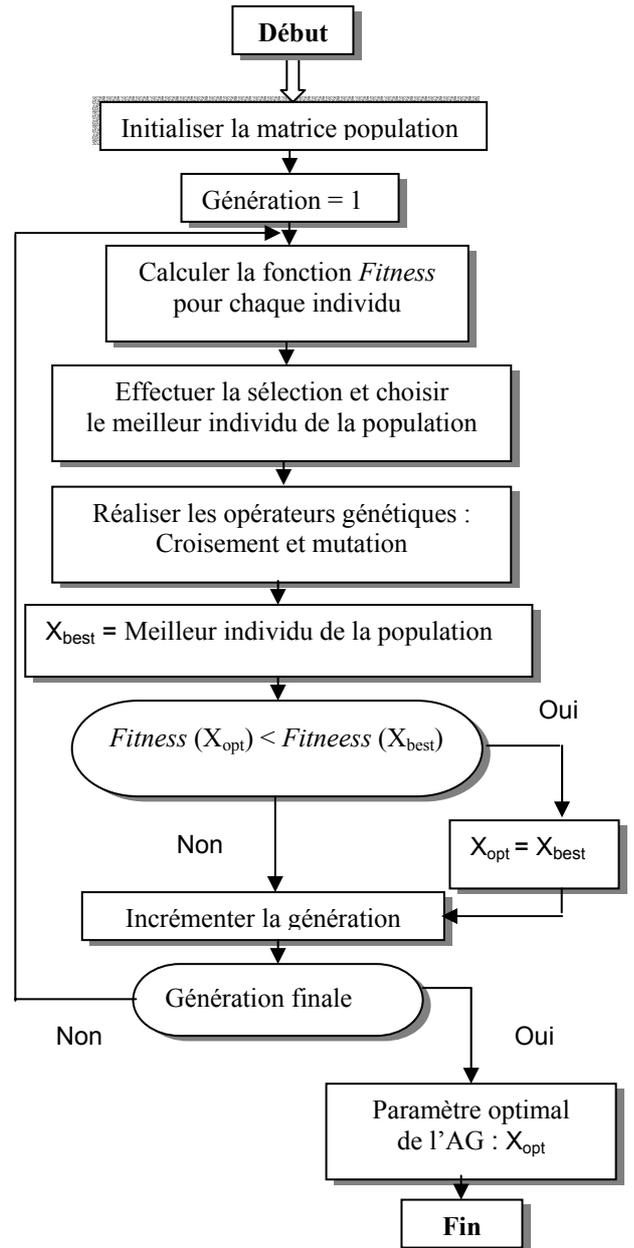


Fig 2. Organigramme de l'algorithme génétique.

##### IV-2. RECUIT SIMULE

Le recuit simulé trouve ses origines dans la thermodynamique. Cette méthode est issue d'une analogie du phénomène physique de refroidissement lent d'un corps en fusion, qui le conduit à un état solide, de basse énergie.

Il faut abaisser lentement la température, en marquant des paliers suffisamment longs pour que le corps atteigne l'équilibre thermodynamique à chaque palier de température. Pour les matériaux, cette basse énergie se manifeste par l'obtention d'une structure régulière, comme dans les cristaux et l'acier.

Nous avons utilisé pour notre problème de synthèse de diagramme de rayonnement des réseaux conformés d'antennes un algorithme de recuit simulé de type CORONA [6].

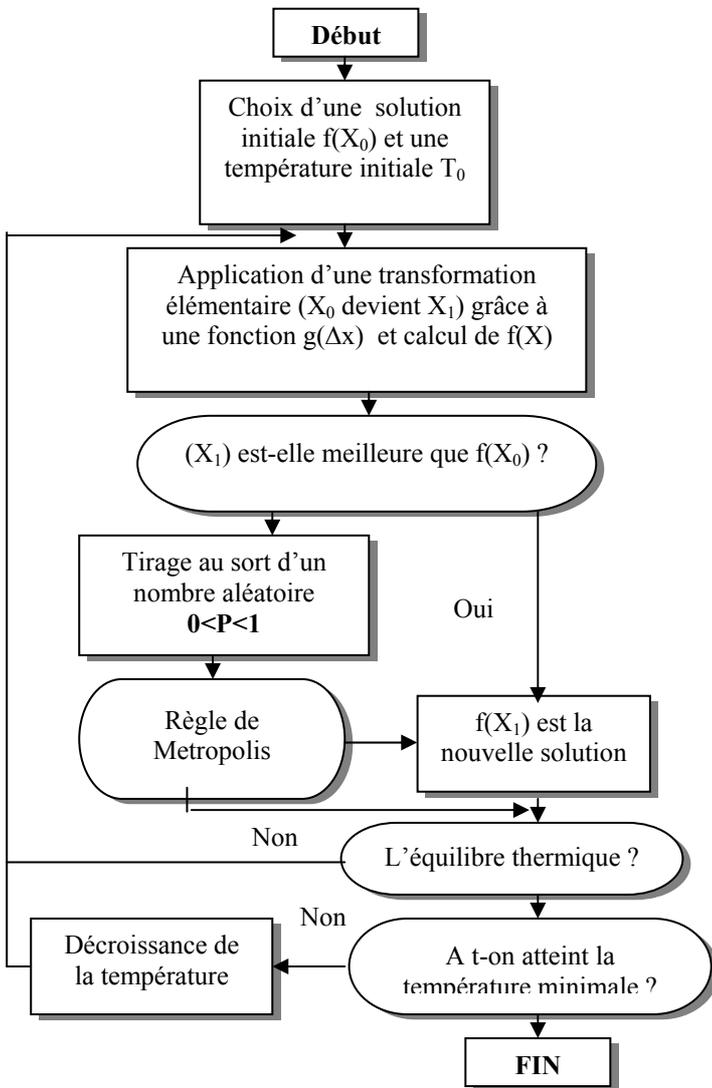


Fig 3. Organigramme du recuit simulé.

### V. RESEAU DIEDRE

Les premiers essais ont été réalisés sur la structure dièdre, en raison de sa simplicité géométrique, avec un seul paramètre d'optimisation : la pondération commutable des sources.

Une simulation où les sources sont placées sur les deux plans de la structure dièdre, qui font un angle de  $30^\circ$  par rapport à l'horizon, est présentée. Les sources rayonnantes sont toutes distantes de  $d$  égal à  $0.5\lambda$  et qui fonctionnent à une fréquence de travail de  $5 \text{ GHz}$ .

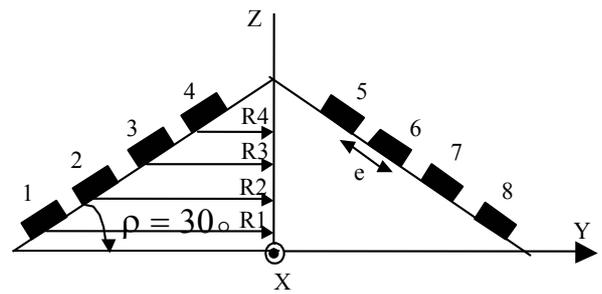


Fig 4.: Structure dièdre à huit éléments.

On désire avoir un diagramme de rayonnement présentant son maximum d'énergie dans la direction OZ ( $\theta = 0^\circ$ ), selon le gabarit présenté sur la figure 5. La largeur du faisceau principal est de  $40^\circ$  pour le gabarit minimum et de  $80^\circ$  pour le gabarit maximum avec un taux d'ondulation égal à 2 dB. Ces contraintes doivent être respectées avec l'obtention d'un niveau des lobes secondaires le plus bas possible.

Le diagramme, représenté sur la figure 5, correspond à la synthèse du réseau dièdre à 08 éléments rayonnants, les contraintes sont parfaitement respectées pour le lobe principal avec un léger dépassement dans les deux parties gauche et droite du gabarit maximum et avec un niveau minimale des lobes secondaires touchant les  $(-18.3) \text{ dB}$  trouvé dans le plan  $\varphi = 90^\circ$ .

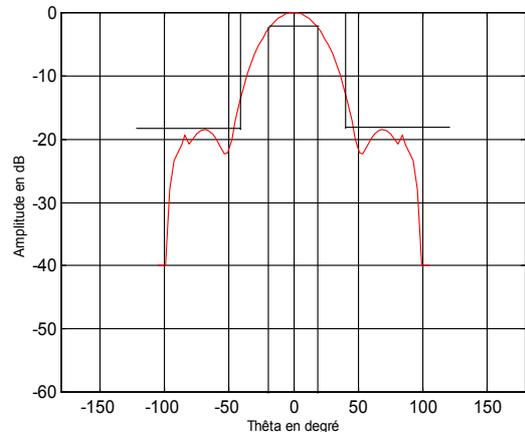


Fig 5. Diagramme de rayonnement du réseau dièdre et gabarit centré ( $\varphi = 90^\circ$ ), par l'algorithme génétique

Pour une population de 120 individus, l'algorithme a convergé après la quarantième génération, soit un temps de calcul moyen de 22 minutes, obtenu sur une station de travail Pentium VI (1.7Ghz).

Ce résultat est obtenu avec la mise en tension de deux sources seulement parmi les huit, soit 25% des éléments.

La loi d'alimentation obtenue est la suivante :

« 1 0 0 0 0 0 1 ».

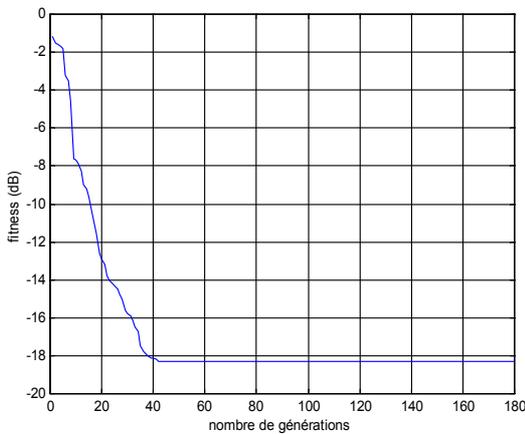


Fig 6.: Evolution du niveau maximum des lobes secondaires au cours des générations.

L'application du recuit simulé à la synthèse de la structure dièdre a engendré un diagramme de rayonnement qui s'approche au mieux au gabarit donné avec un niveau des lobes secondaires infime égal à -15 dB. Il est à noter que cette solution est moins performante que celle trouvée par l'application des algorithmes génétiques.

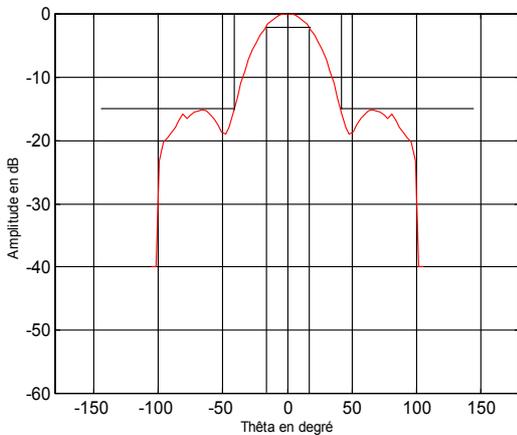


Figure 7: Diagramme de rayonnement du réseau dièdre et gabarit centré ( $\varphi = 90^\circ$ ), par recuit simulé

L'algorithme a convergé après 730 itérations pour un temps de calcul 182 de minutes, relativement important par rapport à la convergence de l'algorithme génétique. Ceci avec les paramètres, température initiale égale à 5 et le coefficient de diminution de la température égal à 0.85.

Ce résultat est trouvé avec un nombre de sources alimentées égal à deux. La loi d'alimentation engendrant ce résultat est la suivante : « 0 1 0 0 0 1 0 ».

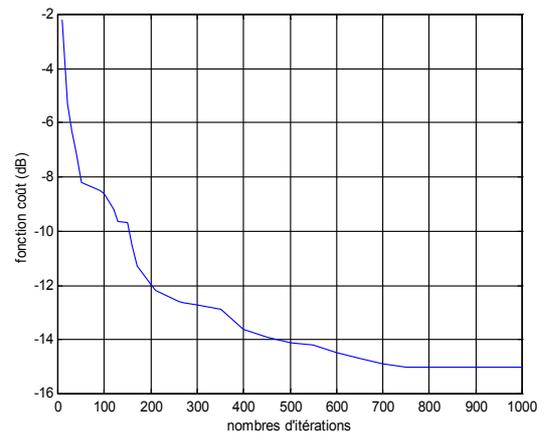


Figure 8: Evolution du niveau maximum des lobes secondaires au cours des itérations.

La première constatation, soulevée des résultats obtenus des deux méthodes de synthèse appliquées, privilégie la méthode de synthèse basée sur les algorithmes génétiques et ceci en nous inspirant sur le niveau des lobes secondaires obtenu par cette dernière.

De plus, les deux résultats montrent que la mise en service de seulement 25% des sources rayonnantes imprimées sur la structure dièdre, permet d'obtenir le diagramme de rayonnement imposé par le cahier des charges.

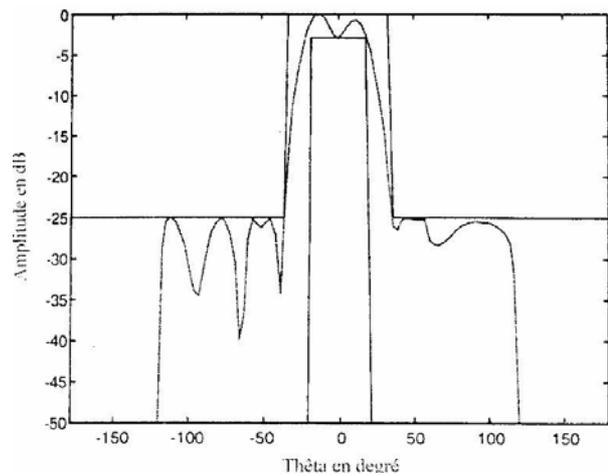


Figure 9 : Diagramme de rayonnement témoin du réseau dièdre, C.Audouy.

Nous comparons nos résultats à ceux des travaux réalisés par C.Audouy [2] et Djennas [3], basés sur une synthèse en amplitude et en phase continues et pour un gabarit similaire au notre. Leurs recherches ont donné des lobes secondaires inférieurs à -25 dB. Le notre est de l'ordre de -18 dB, ce qui est très satisfaisant et encourageant, dans le sens où l'énergie employée pour l'alimentation des sources est 4 fois inférieure à celle utilisée pour leurs travaux. De plus les déphaseurs, qui dans la conception des antennes imprimées se révèlent très coûteux, ne sont pas utilisés dans nos travaux.

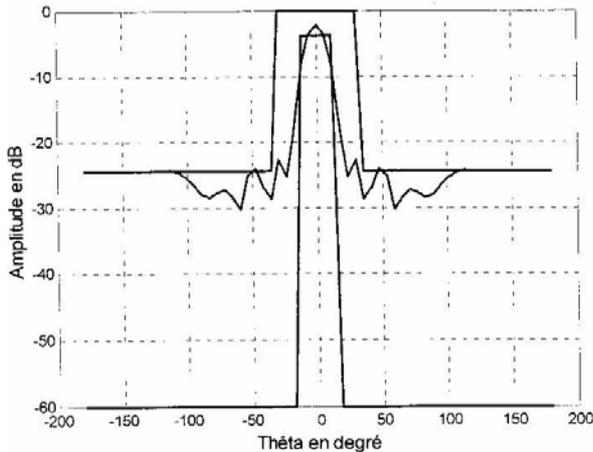


Fig 10.: Diagramme de rayonnement témoin du réseau dièdre, S.Djennas

## VI. CONCLUSION

Dans cette étude, deux méthodes répondants au problème pratique de synthèse de rayonnement pour un réseau de sources conformé sont présentées, en considérant la contrainte originale de la commutation d'alimentation.

En se basant sur le fait que les résultats obtenus par la synthèse sont optimaux, nous jugeons que l'optimisation par la méthode des algorithmes génétiques et très appropriée compte tenu de l'exploitation des résultats obtenus et le temps de convergence requis.

L'alimentation commutable des sources est un domaine de recherche très important et nécessite d'avantage d'intérêt. Cette technique permet d'atteindre des résultats forts comparables à ceux trouvés par l'alimentation continue des sources

## REFERENCES

- [1] M.Ananae, F. T. Bendimerad , ‘*synthèse des réseaux conformés d’antennes par alimentation commutable*’, CGE 2002, Alger, décembre 2002.
- [2] C. Audouy, H. Diez, D. Renaud, ‘*Synthèse d’antennes réseaux conformées*’, Séminaire antennes actives, Arles, Avril 1994, pp. 212-217.
- [3] S. A. Djennas, F. T. Bendimerad, ‘*Synthèse des structures conformées d’antennes imprimées*’, The first electric and electronics ingiineering conference, EEEEC’2000, Laghouat, Novembre 2000, pp. 114-118.
- [4] J. H. Holland, ‘*Genetic algorithms*’, scientific american, july, 1992, pp.67-72.
- [5] SM.Bahri, F.T, Bendimerad ‘*Réseaux autoadaptatif d’antennes impriméesà phase commutable* » CGE’01 2001,Bordj El Bahri.