

Dispatching économique par les techniques hybrides QN - TIA dans les systèmes électro-énergétiques

R. Bouakacha, A. Boukadoum, S. Leulmi, A. Leulmi

Laboratoire d'Electrotechnique de Skikda « LES »
Département d'Electrotechnique
Université du 20 Août 1955 – Skikda, Algérie

r.bouakacha@yahoo.fr, boukadoum2003@yahoo.fr, salah.leulmi@yahoo.fr, as_smaleulmi@yahoo.fr

ملخص - من أهم المشاكل المطروحة في ميدان الإنتاج و التشغيل للأنظمة الكهروطاقوية المستقرة هو الحصول على أعظم الفائدة أو أكبر ربح. وهو ما يطرح دائما من قبل الباحثين العلميين. في هذا العمل نحن معنيون بالمساهمة في الاستغلال الأمثل لمجموعة المحطات الإنتاجية للطاقة الكهربائية و استهلاكها محققين أقل تكلفة ممكنة مع الأخذ بعين الاعتبار المعوقات الملازمة للاستغلال.

في هذا البحث و بواسطة محاكاة لنظام بسيط نوضح دور تهجين تقنية الخوارزميات الجينية مع الطريقة الكلاسيكية شبيهة نيوتن أين كلاهما يكمل الآخر ويمكننا من الحصول على نتائج أفضل.

Abstract - Among the big problems, in the static production, is to operate, simultaneously, a set of power plants with a maximum profit. This has been, always, the main concern of electric power engineers & the researchers in this field.

In this work, we are concerned to contribute to the optimal exploitation of the system production/consumption by carrying out the minimal total cost of the set of production plants satisfying all constraints inherent in the exploitation. We will show, in this paper, by a simple simulation, the role of the hybridization of the technique of GA with the classic QN method. Thus, the 2 methods together integrate each other and give better results.

Résumé - Parmi les importants problèmes dans la production statique est de faire fonctionner, simultanément, un ensemble de centrales électriques en réalisant le maximum profit. Ceci est souvent posé par les chercheurs. Dans ce travail, on est concerné à contribuer à l'exploitation optimale du système production/consommation en réalisant le minimum coût total de l'ensemble des centrales de production électrique satisfaisant toute les contraintes inhérentes à l'exploitation. Dans cet article, on va montrer, par une simple simulation, le rôle de l'hybridation de la technique des AG avec la méthode classique de QN. Ainsi, les 2 méthodes se consolident et s'intègrent ensemble pour donner de meilleurs résultats.

Mots clés : Optimisation, PA, DE, AG, QN, AG-QN.

1. NOMENCLATURE

a - Acronymes utilisés

AG	Algorithme génétique
CC	Courant continu
D*	Désignation
DE	Dispatching économique optimal
EP	Ecoulement de puissance
EPO	Ecoulement de puissance optimal
GA	Genetic algorithm
KKT	Karush Kuhn Tucker
LF	Logique floue
M*	Méthodes
MPI	Méthode de point intérieur
PA	Puissance active
PQ	Puissance réactive
QN	Quasi Newton
RNA	Réseau de neurones artificiel
RNF	Réseau de neurones flou
TIA	Techniques d'intelligence artificielle

b - Symboles utilisés

a_i, b_i, c_i	Coefficients du coût
B	Matrice des coefficients de pertes
F_i	Coût de la production de l'unité i
Fit	Adaptation
F_T	Coût de la production totale
NG	Nombre d'unités de production
P_c	Opérateur de croisement
P_D	Demande totale
P_i	Puissance active de la centrale i
P_L	Pertes de transmission
P_m	Opérateur de mutation
ΔEP	Erreur sur l'équilibre d'écoulement de puissance

2. INTRODUCTION

Plusieurs techniques et idées se sont développées par les chercheurs pour pouvoir offrir un besoin statique de la consommation provisionnée par le producteur avec le moindre coût de la dualité production/consommation. Cela fait appel aux méthodes mathématiques d'optimisation, qui ont été utilisées, depuis plusieurs années, dans plusieurs planifications des systèmes de puissances, des opérations et des problèmes de contrôle et de la protection.

La dérégulation la plus récente des utilités de puissance a introduit de nouvelles issues dans l'orientation des problèmes existants. En outre, l'émergence des TIA simples ou hybrides tels que la LF, les RNA, les AG, les RNF et d'autres techniques ont fait un grand exploit, ces dernières décennies, dans les différents domaines d'électrotechnique, en l'occurrence dans les systèmes de production et d'exploitation électrique. Ces nouvelles techniques sont, généralement, caractérisées par une optimisation globale ou asymptotiquement globale. Dans le cadre des méthodes classiques, en 1992, Janes A. Momoh et al. ont publié l'implémentation de la MPI dans le problème du DE à fonction coût quadratique. Le calcul de la solution initial se fait sans tenir compte des pertes. La technique utilisée résout le problème avec contraintes linéaires et non linéaires. Elle peut, aussi, être utilisée dans les problèmes de la répartition des PQ [1]. En 1984, A. Wood et F. Wollenberg ont étudié le DE par différentes méthodes tels que la méthode Lambda itérative, la méthode de gradient et par la méthode de Newton [2]. En 2002, Ahmet Merev a fait une étude du DE et ses solutions avec et sans pertes des lignes de transport par l'utilisation de la fonction Lagrangienne. Il a exprimé une cause qui influe la production des centrales, tout simplement, les pertes qui sont issues des puissances dissipées de l'ensemble des unités représentant l'effet du réseau électrique [3]. D'autre part, les méthodes modernes simples et hybrides sont venues pour surmonter la localité et la difficulté des solutions par les méthodes classiques. En 2005, R. Ouddir et al. ont utilisé les AG, où, le codage est effectué, seulement, sur le coût incrémental du problème du DE. A l'aide de la fonction de Lagrange et les conditions de KKT le problème est traité. A chaque fois les coûts incrémentaux sont générés par l'AG, les valeurs des puissances produites sont déduites. Puis, l'AG sélectionne les meilleurs individus [4]. En 2006, Ashish Saini et al. ont utilisé, pour résoudre le problème d'EPO, une hybridation qui permet de varier, dynamiquement, les paramètres de probabilités de l'AG à l'aide de la LF [5]. D'un autre côté et de même principe, Mimoune Younes et Mostafa Rahli ont utilisé une autre technique, dans le problème d'optimisation du DE, basé sur 2 AG. Un AG est utilisé pour faire varier, dynamiquement, les paramètres de mutation et de croisement du 2^{ème} AG (le principal) où ce dernier tente de chercher les meilleures solutions optimales [6].

3. FORMULATION DU PROBLEME

Le problème est d'assurer le bilan de puissance au moindre coût à un instant donné où la demande totale est connue. La fréquence, le niveau de tension et la sécurité sont, quant à eux, tenus constants. Tous les nœuds sont supposés à tension nominale. L'usage du modèle de CC de l'EP implique aussi que l'on suppose les conductances négligeables. Ainsi, l'effet des pertes diélectriques des lignes disparaît. On suppose, également, disposer d'un modèle qui relie, directement, les pertes aux variables de commande (niveaux de PA des NG générateurs). Le modèle mathématique du

problème de la minimisation du coût total de la production est donné par le système (1)-(3) :

$$F_T = \text{Min} \left(\sum_{i=1}^{NG} F_i \right) \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{NG} P_i = P_L + P_D \quad \& \quad P_i^{\text{Min}} < P_i < P_i^{\text{Max}} \quad (2)$$

$$F_i = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \quad (3)$$

avec $i = 1, \dots, NG$

Pour estimer les pertes de transmission dans le réseau, on peut utiliser une technique capable d'approcher les calculs, seulement, en fonction des PA générées et des coefficients dits de pertes. Sous la forme :

$$P_L = \sum_i^{NG} \sum_j^{NG} P_i B_{ij} P_j \quad (4)$$

B est la matrice des coefficients des pertes, P_L & P_i , sont, respectivement, les pertes de transmission totales et la PA générée par la centrale de production i .

4. METHODE DES AG

1 - préambule

A l'inverse des méthodes de résolutions numériques, les AG ne se basent pas sur une approche analytique, mais sur une approche itérative et heuristique. Peu d'informations sont nécessaires pour leur utilisation. En se basant sur des mécanismes très simples (**Fig. 1**) dérivées de la génétique et de l'évolution naturelle (croisements, mutations, sélection, ... etc.), ils peuvent résoudre des problèmes fortement non linéaires et discontinus. En faisant évoluer une population de solutions, les AG sont connus comme étant des méthodes stochastiques. Ils tentent, toujours, de chercher l'optimum global.

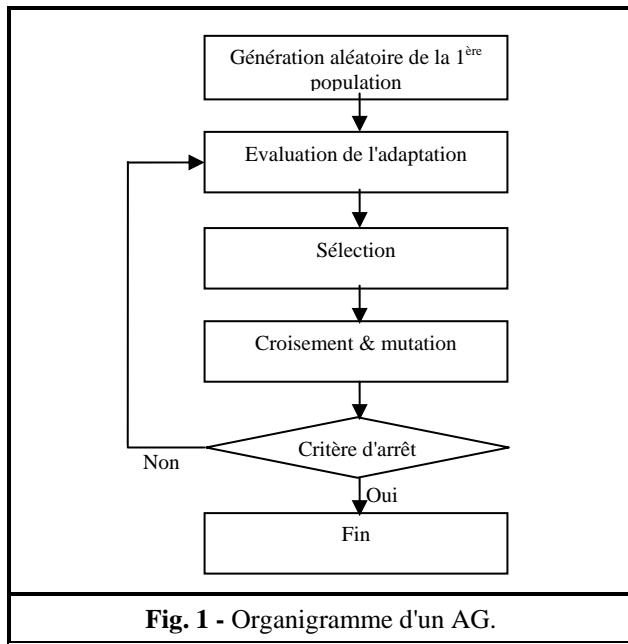
2 - Constitution des AG

a - Codage & décodage des données

Le codage utilisé est représenté sous forme de chaînes de bits contenant toute l'information nécessaire. Ce dernier nous permet de créer des opérateurs de croisement et de mutation qui n'engendrent que des individus admissibles. Toute chaîne binaire peut, donc, être décodée en une valeur entière x selon la règle suivante :

$$x' = \sum_{i=1}^s \alpha_i 2^{i-1} \quad (5)$$

avec $\alpha_i \in V = \{0,1\}$



La transformation de la chaîne binaire en un nombre réel x peut, alors, s'effectuer comme suit :

$$x = x_{\min} + x' \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2^s - 1} \quad (6)$$

b - Opérateurs

Trois opérateurs jouent un rôle prépondérant dans la réussite possible d'un AG.

b₁ - Opérateur de Sélection

Cet opérateur détermine la capacité de chaque individu à survivre dans la population et à se diffuser. La probabilité de survie d'un individu sera, directement, reliée à sa performance relative au sein de la population.

b₂ - Opérateur de croisement

La population résultante de la sélection est divisée en 2 sous ensembles de taille identique. Chaque couple (P_1 , P_2) formé par un membre provenant de chaque sous population participe à un croisement avec une probabilité donnée. La probabilité de croisement P_c est, souvent, supérieure à 60%. Le croisement permet la création de nouveaux individus. Il change l'information entre les chromosomes (individus) par le biais de leur combinaison.

b₃ - Opérateur de mutation

Le rôle de cet opérateur est de modifier, aléatoirement, avec une certaine probabilité, la valeur d'un composant de l'individu. Dans le cas du codage binaire, chaque bit est remplacé selon une probabilité P_m par son complémentaire.

c - Fonction de performance

La fonction de performance ou d'adaptation mesure l'efficacité de chaque individu pour permettre à l'AG de faire évoluer la population dans un sens bénéfique pour la recherche de la meilleure solution. La fonction de performance doit pouvoir attribuer à chaque individu un indicateur positif représentant sa pertinence dans la population.

$$Fit = \begin{cases} F_T + r \left(\sum_{i=1}^{NG} P_i - P_D - P_L \right) & \text{si } \Delta EP > 0 \\ F_T & \text{si } \Delta EP \leq 0 \end{cases} \quad (7)$$

Avec r est le facteur de pénalité et ΔEP est l'erreur sur l'équilibre d'EP.

5. METHODE HYBRIDE AG-QN

L'usage d'un AG est adapté à une exploration rapide et globale d'un espace de recherche de taille importante. IL est capable de fournir plusieurs solutions. Dans le cas où l'ensemble des solutions admissibles est complexe, l'admissibilité peut être intrinsèque à la représentation choisie ou intégrée à la génération des chromosomes ou à la fonction à optimiser.

Par contre, l'utilisation d'une technique classique est adaptée aux problèmes où une exploration exhaustive de l'espace de recherche est envisageable. La méthode fournit, naturellement, des solutions admissibles [7]. Cependant, les AG requièrent un temps de calcul très élevé, mais semblent en contrepartie être, absolument, fiables. Les AG s'avèrent être excellents pour l'exploration.

Les méthodes QN, d'un autre côté, offrent l'avantage d'être très précises pour autant qu'elles ne restent pas coincées dans un minimum local. Cette précision est atteinte en un temps, relativement, court : Les méthodes QN montrent d'excellentes propriétés d'exploitation.

L'hybridation des 2 approches nous permet de profiter de leurs avantages individuelles et / ou mutuelles:

- Utilisation d'un AG au concept d'évolution d'une population d'individus.
- Utilisation de l'approche classique QN et au concept de vie des individus aux prochaines générations.

La technique hybride a pour but d'augmenter la chance, aux faibles individus, de survivre pour les prochaines générations de l'AG par la méthode QN (Fig. 2). Ceci permet à plusieurs individus de converger, rapidement, à la même solution.

6. SIMULATION & RESULTATS

Pour la simulation, le système utilisé contient 3 centrales de production. Chacune a ses propres coefficients du coût et ses propres limites de production. Les coefficients de pertes, qui représentent

le système de transmission d'énergie, sont, eux-aussi, spécifiques (Tab. 1). La demande totale de la puissance est de 850 [MW].

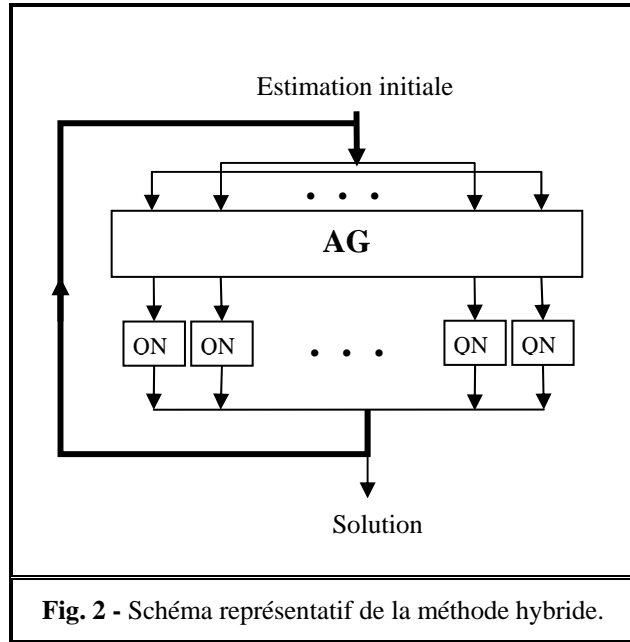


Fig. 2 - Schéma représentatif de la méthode hybride.

Tab. 1 - Données du système choisi [8].

Désignation	Unité	G ₁	G ₂	G ₃
P_i^{\min}	[MW]	150	100	50
P_i^{\max}	[MW]	600	400	200
Coeff. du coût				
	a_i [\$ / MW ²]	0.00156	0.00194	0.00482
	b_i [\$ / MW]	7.92	7.85	7.97
	c_i [\$]	561	310	78
Coeff. de pertes				
B_{ii} [MW ⁻¹]		0.000030	0.000090	0.00012

a - Technique des AG

- **Codage & décodage** : Le codage utilisé dans la simulation est le codage binaire, avec un nombre de 22 bits pour chaque variable qui représente une précision d'ordre de 10^{-5} à 10^{-6} .
- **Population** : Elle est de 100 individus pour éviter la domination prématurée d'un individu défavorable.
- **Sélection** : La sélection utilisée est celle du tournoi avec un nombre de 2.
- **Paramètre de probabilité de croisement** : Il est pris égal à 0.75.
- **Probabilité de mutation** : Elle est prise égale à 0.01.

La figure 3 montre les variations des adaptations du meilleur et du mauvais individu au cours des itérations. Les résultats obtenus par l'AG seul sont montrés dans le tableau 2.

Tab. 2 - Résultats obtenus par l'AG seul.

$D^* \backslash M^*$	Unité	AG		
		G ₁	G ₂	G ₃
PA	[MW]	436.2351	300.9303	128.6812
Coût	[\$ / GW]	4.3132	2.8480	1.1834
Pertes totales	[MW]	15.8464		
Puissance totale	[MW]	865.8466		
Erreur sur le bilan de puissance	[MW]	$1.6005 \cdot 10^{-4}$		
Coût total	[\$ / GW]	8.3446		

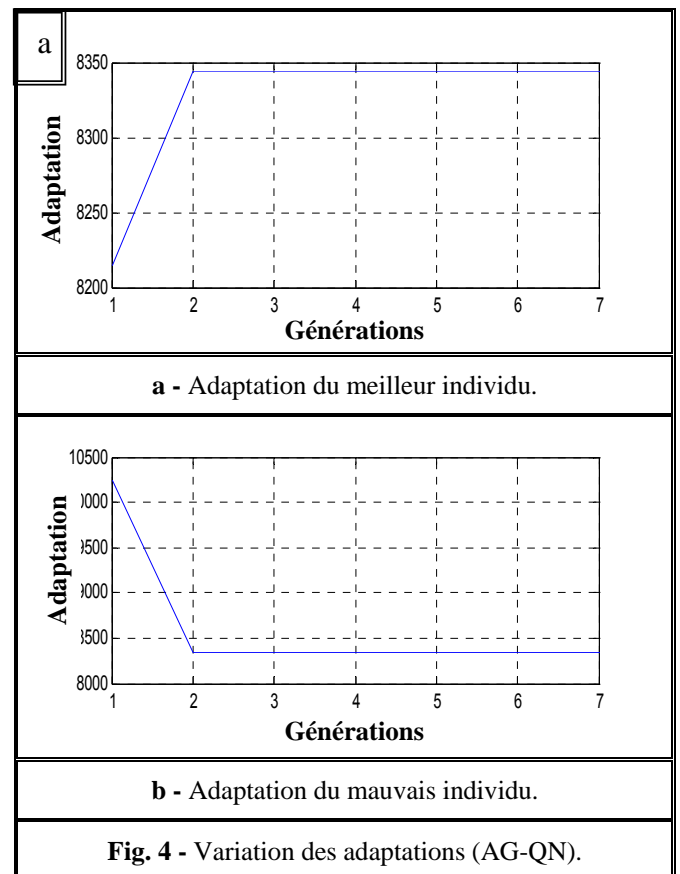
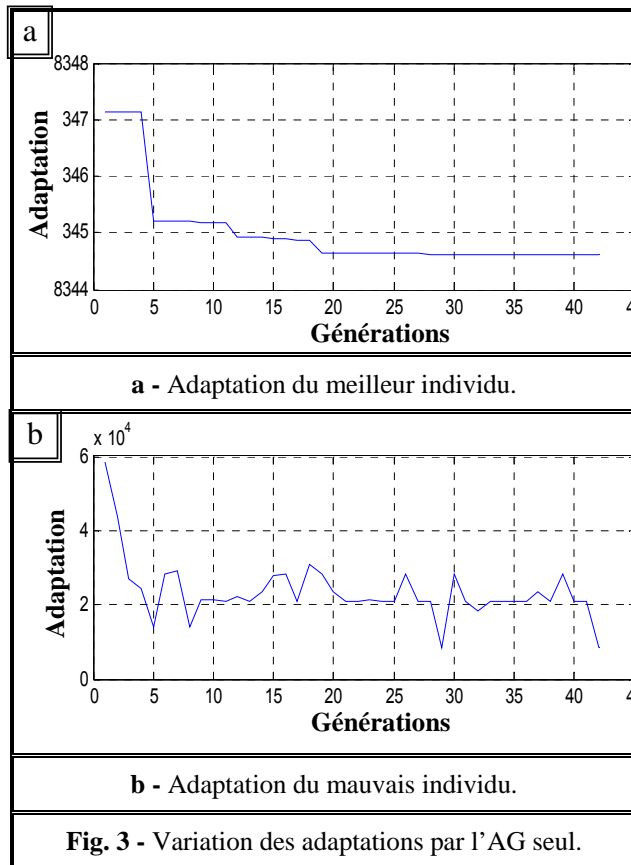
b - Technique d'AG-QN

Cette fois-ci, la simulation de l'AG-QN, pour les mêmes paramètres d'AG seul, est faite sans mémoire élite. Les résultats obtenus (Tab. 3 & Fig. 4) montrent la convergence rapide de la méthode par rapport à l'AG seul. La valeur du coût obtenu représente l'optimum global qui est calculé par la méthode de QN.

Tab. 3 - Résultats obtenus par l'hybridation AG-QN.

$D^* \backslash M^*$	Unité	AG		
		G ₁	G ₂	G ₃
PA	[MW]	435.1984	299.9700	130.6606
Coût	[\$ / GW]	4.3036	2.8393	1.2017
Pertes totales	[MW]	15.8290		
Puissance totale	[MW]	865.8290		
Erreur sur le bilan de puissance	[MW]	0		
Coût total	[\$ / GW]	8.3446		

Pour l'allure du meilleur individu (Fig. 4a), la domination du meilleur individu est apparait dès le début (après la génération aléatoire de la population initiale). D'autre part, l'allure du mauvais individu montre les sommets qu'il a atteint par la méthode de QN, où il a convergé vers la valeur du meilleur individu (Fig. 4b).



c- Comparaison entre les techniques

La simulation de l'AG seul nous a donné la solution après plus de 40 générations. Le résultat obtenu a satisfait toutes les contraintes avec une précision importante, car, on a un système contient seulement 3 unités, ainsi que le codage utilisé est de 22 bits. Par contre, La simulation de l'AG-QN nous a donné un résultat exact (satisfaction absolue de toutes les contraintes) en quelques génération, malgré, on n'a pas utilisé la mémoire élitte pour l'AG.

7. CONCLUSIONS

L'hybridation AG-QN constitue un type où chacun intègre l'autre. La méthode de QN ne traite que les problèmes non bornés. Cependant, avec les AG on peut couvrir ce manque.

D'autre part, les méthodes analytiques ne garantissent pas la solution globale. Néanmoins, les AG tentent, toujours, de la rechercher. Malheureusement, ils ne peuvent pas, parfois, l'atteindre correctement surtout lorsque le problème contient un nombre important d'unités de production. Ceci est le rôle des méthodes analytiques exactes telles que les méthodes QN.

La méthode de QN explore les individus de la population de l'AG et les donne la chance de s'améliorer et de survivre en permettant d'accélérer la convergence de l'AG avec une solution finale exacte.

9. REFERENCES

- [1] J. A. Momoh & al., " Application of interior point method to economic dispatch ", IEEE transactions on power systems, Vol. 2, Issue 18-21, pp.1096-1101, 1992.
- [2] A. Wood & F. Wollenberg, " Power generation : Operation and control ", J. Wiley, 2nd edition, ISBN 0-471-58699-4, New York, USA, 1984.
- [3] A. Merev, " Comparison of the economic dispatch solutions with & without transmission losses ", Istanbul university engineering faculty, Journal of electrical & electronics engineering, Vol. 2, N° 2, pp. 521-525, Türck, 2002.
- [4] R. Ouiddir & al., " Economic dispatch using a genetic algorithm : Application to Western Algerian electrical power network ", Journal of information science & engineering, Université de Trier, Vol. 21, N° 3, pp. 659-668, Allemagne, May 2005.
- [5] A. Saini & al., " Optimal power flow solution GA-Fuzzy system approach ", International journal of emerging electric power systems, Vol. 5, N° 2, Article 1, USA, 2006.
- [6] M. Younes & M. Rahli, " Economic power dispatch using combination of two genetic algorithms ",

Journal of electrical & electronics engineering,
Université d'Istanbul, pp.175-181, Türck, 2006.

- [7] N. Barnier, " Optimisation par hybridation d'un AG avec la programmation par contraintes ", Projet Gascon, Ecole Nationale de l'Aviation Civile, Toulouse, France, 1996-1997.
- [8] J. H. Park & al., " Economic load dispatch for piecewise quadratic cost function using Hopfield neural network ", IEEE transactions on power systems, Vol. 8, N° 3, pp.1030-1038, August 1993.