

Conception et optimisation de dispositifs microtechnologiques à l'aide d'un Algorithme Génétique

Vincent MAGNIN, Ian CAYREFOURCQ, Bob BELLINI

Institut d'Electronique et de Microelectronique du Nord, B.P. 69, 59652 Villeneuve d'Ascq Cedex
Vincent.Magnin@iemn.univ-lille1.fr, Ian.Cayrefourcq@iemn.univ-lille1.fr, Bob.Bellini@iemn.univ-lille1.fr

Nous nous proposons, par le biais d'un poster, de présenter à la communauté microtechnologique l'intérêt et la puissance des Algorithmes Génétiques pour la conception et l'optimisation de dispositifs de recherche ou industriels.

Ces dernières années se sont répandus dans le monde industriel les *Algorithmes Evolutionnaires* (AE). Ils sont basés sur le concept de Sélection Naturelle, tel qu'il a été élaboré par Charles Darwin. Le principe est de simuler l'évolution d'une population d'individus (généralement stochastique au départ) à laquelle on applique différents opérateurs génétiques (recombinaisons, mutations...) et que l'on soumet à une sélection. Chaque individu est caractérisé par un *coefficient d'adaptation* (« fitness »), caractérisant sa qualité en tant que solution du problème considéré. Si la sélection s'opère en fonction de ce coefficient, alors la population tend à s'améliorer [1, 2].

Les *Algorithmes Génétiques* (AG) sont un type particulier d'AE, basés sur le Néo-Darwinisme, c'est-à-dire l'union de la théorie de l'évolution et de la génétique moderne. Chaque variable du problème est codée par un gène dans un chromosome. Chaque chromosome représente une solution potentielle.

Non seulement les AG permettent d'optimiser des dispositifs comportant de nombreux paramètres, mais ils peuvent aussi apporter des solutions nouvelles et originales à des problèmes connus car ils expérimentent sans idées préconçues. Ils font donc partie du vaste domaine de l'Intelligence Artificielle.

Les AG constituent un domaine de recherche très actif, d'une part de par leur intérêt propre, d'autre part parce qu'ils rejoignent les enjeux industriels et économiques actuels. Leurs applications sont multiples : en électronique et électromagnétisme, les AG sont utilisés pour optimiser des réseaux (câbles, fibres optiques...), des circuits VLSI, des antennes, pour extraire les paramètres d'un modèle petit-signal à partir de mesures expérimentales...

Dans le cadre des micro-technologies, on peut coupler ces algorithmes à des modélisations mécaniques, électromagnétiques, thermiques, hydrodynamiques, optiques, acoustiques, de process technologique... L'important est de disposer d'une modélisation nécessitant un tant de calcul raisonnable et pouvant être automatisée. L'AG fournit alors les

paramètres d'entrée à la modélisation qui retourne un ou plusieurs facteurs de qualité, permettant de juger objectivement de la pertinence de la solution proposée.

Il devient ainsi possible d'optimiser toutes sortes de dispositifs (micro-capteurs, micro-systèmes...) et de process technologiques (gravures...)

Afin d'illustrer notre propos, nous présentons deux exemples d'applications de ces algorithmes à l'optimisation de composants d'optique intégrée:

1. Optimisation de commutateurs optiques :

Il s'agit de deux commutateurs utilisant *l'effet plasma* (variation de l'indice de réfraction en fonction de la densité de porteurs libres).

D'une part, le *TIR*, pour Total Internal Reflexion switch, constitué de deux guides sécants et d'une électrode à l'intersection. Lorsque l'on injecte du courant via cette électrode on obtient une variation locale de l'indice de réfraction, la lumière se réfléchit alors sur l'interface [3].

Et d'autre part, le *commutateur cascade* basé sur le couplage de mode entre guides voisins.

Pour ces deux composants, le GA couplé avec une BPM 2D nous a permis d'optimiser tous les paramètres géométriques des structures en prenant en compte la qualité optique des composants ainsi que leur consommation.

2. Etude du couplage fibre - guide direct :

L'adaptation du faisceau issu d'une fibre monomode, supposé gaussien, au mode d'un guide optique peut être réalisée par un « *taper* ». Nous étudions cette structure dans l'optique d'une technologie polymère. Sa géométrie a été optimisée par un AG associé à une BPM 3D, de façon à obtenir le meilleur couplage possible.

[1] Le lecteur trouvera tout ce qu'il a toujours voulu savoir sur les Algorithmes Génétiques sans avoir jamais osé le demander sur les sites: <http://ftp.dcs.warwick.ac.uk/pub/mirrors/EC/Welcome.html>
<http://gal4.ge.uiuc.edu/illegal.home.html>
<http://www.aic.nrl.navy.mil/galist/>

[2] *Evolutionary Algorithms in Theory and Practice*, Thomas Bäck (Oxford University Press, 1996).

[3] « Optical switch design for true time delays array antenna ». I. Cayrefourcq, M. Schaller, C. Fourdin, J-P. Vilcot, J. Harari, D. Decoster. IEE Proc. Optoelectron., Vol 145, N°1, February 1998.