

Introduction

La microélectronique va du matériau à l'architecture des systèmes, en passant par le *process*, le *device*, le circuit. Depuis quelques années, on parle de nanoélectronique, aussi bien dans les industries que dans les entités publiques concernées ; c'est une réalité, même si un effet de mode et, plus pragmatiquement, la recherche de contrats ne sont pas étrangers à l'emploi de ce préfixe. Chaque spécialité a sa propre définition de ce terme ; pour l'heure, disons que la nanoélectronique concerne les systèmes électroniques dont les composants comprennent au moins deux dimensions « nettement » submicroniques, typiquement inférieurs à 100 nm.

En microélectronique, la modélisation des processus de diffusion (*process*) et du comportement électrique des composants (*device*) est devenue fiable pour l'industrie dans les années 1980.

Du fait de la réduction de la taille des composants, les simulations unidimensionnelles ne sont plus d'actualité ; ceci n'est peut-être pas toujours vrai quant aux résolutions analytiques des équations.

De nombreuses publications ou livres existent dans le domaine de la microélectronique ; ici, nous nous concentrerons essentiellement sur le *process* et le *device*, quant au *modeling*. Le matériau semi-conducteur de référence sera le silicium, de loin le plus utilisé. Notre but n'est donc pas une étude exhaustive ; nous chercherons plutôt à encadrer ce cœur de la modélisation des composants intégrés :

- nous développerons ici l'amont ; c'est-à-dire introduire les équations sous-tendant les modélisations et, *in fine*, des simulations afférentes ;
- en aval, nous essaierons de proposer quelles modifications nous devrions réaliser, quant à la modélisation, pour rentrer efficacement de plain-pied, dans le domaine de la nanoélectronique.

Même si cet ouvrage n'a pas vocation à sérier l'ensemble des composants micro et nanoélectroniques, maints livres sur ce sujet existant par ailleurs, allant de réelles avancées technologiques jusqu'à ceux appelés ironiquement *grunge devices*, nous ferons un rappel succinct de la famille de composants micro-nanoélectroniques actuels.

D'un point de vue pratique, nous proposerons quelques programmes informatiques, élémentaires, initiant à l'analyse numérique de façon très simplifiée. Ils peuvent servir de cœur de simulateurs permettant de réaliser des « expériences numériques », et d'étendre ces algorithmes dans de nouvelles directions, en particulier en développant de nouveaux modèles, à savoir, en pratique, en introduisant de nouvelles équations, voire de nouvelles relations entre ces dernières.

Nous espérons que les idées introduites puissent permettre aux lecteurs de mieux appréhender ce domaine, et d'avoir un certain recul lorsqu'ils liront des articles de recherche idoines. Mais certaines questions retenues restent ouvertes ; des mathématicien(ne)s du plus haut niveau s'intéressent à ces équations intégrodifférentielles de la physique, cherchant des possibles ponts entre elles.

Cet ouvrage s'adresse aux chercheurs et étudiants de niveau doctoral et master, dans un esprit d'« enseignement par la recherche » ; le niveau mathématique requis devrait être celui de la propédeutique, assimilé.

Je remercie certains de mes collègues, souvent d'anciens ou actuels doctorants ou étudiants en master ou ingéniorat, la liste n'étant pas exhaustive : Saïda Latreche, Christiane Dubois, Olivier Valorge, Fengyuan Sun, Samir Labiod, Mourad Bella, Antoine Bacha, Maxime Pirot, Damien Rabourdin, Jean Steenhower, Francis Calmon, Jacques Verdier, Pierre-Jean Viverge, Guy Chaussemy, Michel Perez, Daniel Barbier, Alain Poncet, André Laugier, Daniel Gasquet, Jean-Claude Vaissiere et Jean-Pierre Nougier.