



Vue d'ensemble d'une installation de bâtis d'épitaxie par jets moléculaires au centre CEA de Grenoble. Deux des trois chambres, toutes reliées sous ultravide, sont consacrées à la croissance de matériaux semi-conducteurs, la troisième à celle des métaux.

Artechnique/CEA

# I. DES NANOSCIENCES AUX NANOTECHNOLOGIES

Le domaine du traitement de l'information illustre particulièrement bien la genèse des innovations nanotechnologiques, sujet de ce chapitre. La première partie montre comment l'étude des propriétés les plus intimes de la matière prépare la conception de nouveaux composants : le magnétisme conduit ainsi à la spintronique, nouvelle façon de traiter et stocker l'information en manipulant le spin des électrons. L'électronique du futur, la nanoélectronique, sera si miniaturisée qu'elle sera nécessairement quantique. À la fois particule et onde, l'électron est délocalisé au sein de tout le composant et le conducteur électrique devient guide d'onde. La maîtrise des états quantiques de la matière au sein d'îlots supraconducteurs prépare le calcul et les ordinateurs quantiques, une manière de manipuler et traiter l'information bien plus puissante que celle que nous connaissons. La fabrication de boîtes quantiques en semi-conducteurs permettra de "domestiquer" les photons, choisir leur couleur, les émettre un par un à la demande... Juste retour des choses, la fabrication de transistors MOSFETs nanométriques devient un outil pour affiner notre connaissance du comportement des électrons dans des îlots de petite taille. La seconde partie rappelle que le progrès de la microélectronique passe par l'amélioration permanente des techniques de miniaturisation, lithographie, gravure et de nombreuses avancées technologiques. L'objectif est tracé par la "feuille de route" de la microélectronique que se fixent les industriels, en prolongement de la fameuse "loi de Moore", qui prédit l'évolution de la taille et de la complexité des composants. Une microélectronique que de multiples progrès sont déjà en train de transformer en nanoélectronique. Les nanotransistors seront élaborés grâce à une lithographie capable de dessiner des motifs dont les dimensions ultimes sont désormais de quelques nanomètres, mais aussi à de nombreux progrès conceptuels. La lithographie dans l'extrême ultraviolet, qui met en œuvre des rayonnements très proches des rayons X, est la dernière des révolutions techniques pour la réalisation de motifs plus petits que 32 nanomètres. Le collage moléculaire, qui permet de réduire la consommation des puces, est une autre innovation indispensable à la microélectronique de demain, et ouvre toute une gamme de nouvelles possibilités pour la conception des matériaux. Enfin, l'utilisation des photons pour les opérations de calcul et de logique, la photonique, est une approche prometteuse du traitement de l'information. Elle permettra de surmonter certaines des difficultés auxquelles l'électronique va se trouver confrontée, à la condition, toutefois, de savoir intégrer sur une puce les différentes fonctions de génération, modulation, routage et détection de la lumière : les cristaux photoniques permettent d'avancer dans cette voie.