

LES NANOSCIENCES : AVANCEES ET RISQUES

PH.HOUDY

Depuis le début des années 80, nous sommes entrés dans le monde des Nanosciences. En 1981, Heinrich Rohrer et Gerd Binnig, mettent au point le Microscope à effet tunnel (Scanning Tunnelling Microscope : STM) pour lequel ils obtiennent le Prix Nobel de Physique en 1986 : cet instrument permet de cartographier une surface atome par atome. C'est une extraordinaire avancée instrumentale qui en appellera d'autres. A la même époque, Robert Curl, Harold Kroto et Richard Smalley synthétisent les premières molécules de C-60 : 60 atomes de carbone sous forme de « ballon de football » là où le carbone n'existait naturellement que sous forme de cristaux hexagonaux « mille feuilles », le graphite, ou sous forme cubique, le diamant : cela leur vaudra le prix de Nobel de Chimie en 1996 : c'est une avancée cruciale pour la synthèse artificielle d'objets nanométriques. Apparaissent alors aussi les nanotubes de carbone, « fil électrique » ou « ressort mécanique » à l'échelle atomique. Toujours dans les mêmes années, Albert Fert et Peter Gruenberg donneront une explication théorique (électronique de spin ou Spintronique) aux effets de magnétorésistance géante observés dans les matériaux multicouches nanométriques, permettant une très grande augmentation des capacités de lecture des disques durs et amenant à des objets compacts : ordinateur portable, téléphone portable, etc. Ils obtiendront en 2007 le prix Nobel de Physique pour leurs résultats : c'est la première grande avancée théorique des Nanosciences.

Après cela, les avancées vont se multiplier dans les trois domaines : instrumentation, nano-objets et propriétés. Par ailleurs, les développements technologiques issus de la microélectronique (Loi de Moore : diminution d'un facteur 2, tous les 2 ans depuis 1970 de la taille des dispositifs semi-conducteurs intervenant dans la fabrication des puces des microprocesseurs, « cœur » de l'intelligence des ordinateurs accroissant la rapidité et les capacités de calcul de ces processeurs) permettent la gravure des matériaux massifs (silicium, arsénure de Gallium,...) à l'échelle micronique, puis submicronique puis nanométrique : c'est la voie dite « Top-down » (du haut [micron] vers le bas [nano]). En parallèle, l'approche « chimiste » consiste à construire des matériaux massifs nanostructurés à partir de composés nanométriques assemblés : c'est la voie dite « Bottom-up » (du bas [nano] vers le haut [micron]). L'ensemble de ces avancées amène à la nanotechnologie : réalisation d'objets nanométriques ou à bases nanométriques industrialisables et commercialisables.

L'avancée des Nanosciences dans le domaine de la physique et de la chimie a permis de développer des méthodes et des objets uniques à ce jour. Il en est de même dans le domaine de la biologie. Après le séquençage de l'ADN, l'un des grands enjeux actuels est d'élucider le rôle que jouent les modifications de l'ADN dans la régulation de l'expression génétique. Un ensemble de techniques a été développé : les bio-puces à ADN bien sûr mais aussi les puces à cellules et les puces à protéines pour analyser à la plus petite échelle les cellules elle mêmes ainsi que les protéines. Un autre aspect est la création d'objets nouveaux comme les nanoparticules fonctionnalisées qui permettent, par exemple, le marquage biologique in vitro et in vivo d'autres objets biologiques pour suivre l'évolution des maladies ou des traitements à la plus petite échelle. A cette même échelle, les « nanomachines du vivant », moteurs moléculaires, ATP synthase, permettent de réaliser des machineries de signalisation, d'endocytose ou de phagocytose. Les aptamères, nanostructures repliables, peuvent exercer une activité catalytique ou interagir spécifiquement avec des protéines ou de petites molécules. Au-delà de ces nano-bio-objets, de même que dans les autres domaines, des

techniques spécifiques ont évolué ou ont été développées : la Résonance Plasmonique de Surface (SPR) pour mesurer les interactions moléculaires, la PCR (Polymerase Chain Reaction) temps réel permettant la quantification d'acides nucléiques, les microscopies champ proche comme le SNOM pour une information topographique couplée à une information optique des surfaces biologiques, l'AFM pour une véritable imagerie cellulaire et moléculaire de ces mêmes surfaces, les micromanipulations (micropipettes) pour l'étude des forces entre molécules individuelles (adhésion, fusion membranaires), les techniques « patch-clamp » permettant d'accéder directement à l'activité de la protéine-canal amenant à l'étude des bio-membranes à l'échelle moléculaire. De même que le domaine des nano-objets ou que celui des méthodes « nano-résolues », le domaine des applications biologiques est vaste : celui de la vectorisation est l'un des plus importants (nanomédicaments ciblant au plus près les cellules à guérir ou à détruire). A partir d'objets nanométriques comme les nanoparticules ou les liposomes, il est possible de fonctionnaliser, à très petite échelle, des objets assurant une furtivité et un ciblage à même de traiter la maladie au plus près des cellules pathogènes pour des applications en parasitologie, en vaccination ou en cancérologie. Toutes ces avancées laissent augurer du développement d'une nano-médecine uniquement nano-invasive où la maladie sera ainsi détectée à sa plus proche périphérie et traitée alors à la plus petite échelle.

Bibliographie :

Les Nanosciences 1 : Nanophysique ; M Lahmani, C Dupas, Ph Houdy BELIN, 2004

Les Nanosciences 2 : Nanochimie ; M Lahmani, C Bréchnac, Ph Houdy BELIN, 2006

Les Nanosciences 3 : Nanobiologie ; M Lahmani, P Boisseau, Ph Houdy BELIN, 2007

Les Nanosciences 4 : Nanotoxicologie ; M Lahmani, F Marano, Ph Houdy BELIN, à paraître 2010