

NANOTECHNOLOGIES

Petit, mais costaud

Le préfixe nano- signifie « un milliardième » ($1/10^9$). En pratique il indique une petitesse extrême. A tel point, d'ailleurs, qu'une nanostructure doit être agrandie plus de dix millions de fois avant que nous puissions apprécier aisément ses détails minutieux à l'œil nu. Les nanotechnologies désignent des disciplines où la matière est manipulée à l'échelle atomique et moléculaire pour créer de nouveaux matériaux et procédés. Ce n'est pas simplement l'étude de l'infiniment petit, c'est l'application pratique de ces connaissances.

Il y a deux chemins qui mènent au nanomonde : la fabrication moléculaire, qui passe par la manipulation d'atomes individuels (construction à partir de la base), et l'ultraminiauturisation, qui produit des systèmes de plus en plus petits (travail à partir du sommet).

Le nanomonde :

On distingue trois secteurs principaux :

La nanoélectronique

Elle s'inscrit dans le prolongement de la microélectronique, plus particulièrement pour les ordinateurs, mais à des échelles nettement plus petites.

La nanobiotechnologie

Elle combine l'ingénierie nanométrique et la biologie pour manipuler des organismes vivants ou construire des matériaux inspirés des systèmes moléculaires biologiques.

Les nanomatériaux

Il s'agit de contrôler précisément, aux dimensions nanométriques, la morphologie de substances ou particules en vue de construire des matériaux nanostructurés. Dans tous ces domaines de recherche, qui se recouvrent partiellement, on retrouve les mêmes outils utilisés pour mesurer et manipuler des structures ultrapetites, les microscopes à résolution nanométrique.

Des mondes nouveaux qui offrent de nouvelles opportunités

Les changements des propriétés moléculaires d'un matériau à l'échelle nanométrique peuvent modifier considérablement ses propriétés physiques et chimiques en grandeur nature. Nous ne comprenons pas encore complètement tous les détails qui entrent en jeu ici. Le prochain défi à relever est d'étendre progressivement les méthodes de nanofabrication à la grande production de l'industrie : la recherche fondamentale est appelée à jouer un rôle essentiel pour exploiter pleinement le potentiel des nanotechnologies.

Des compétences nouvelles

Une science multidisciplinaire

Les nanotechnologies sont par nature pluridisciplinaires. Les experts en matériaux, les ingénieurs mécaniciens et électroniciens, ainsi que les chercheurs en médecine unissent leurs efforts à ceux des biologistes, des physiciens et des chimistes. La recherche à l'échelle nanométrique est unifiée par la nécessité de partager les connaissances, tant sur les outils et les techniques que sur les interactions atomiques et moléculaires à la frontière de ce nouvel horizon scientifique. Des notions et compétences nouvelles au potentiel formidable, comme l'imagerie et la manipulation à l'échelle atomique, l'autoassemblage et les relations structure-fonction biologiques, parallèlement à des outils informatiques de plus en plus puissants, convergent rapidement au départ de domaines de recherche différents.

Nanomatériaux

Focaliser la recherche sur la production

Le projet NANOFIB met au point une technique de faisceau ionique focalisé. Le diamètre du faisceau est de l'ordre de quelques nanomètres seulement, soit quelques dizaines de diamètres atomiques. Parmi plusieurs autres nouvelles technologies, ce procédé de « nanomanipulation » a pour but de structurer les matériaux à des échelles extrêmement petites : la nanomanipulation. Ces technologies sont d'une grande utilité pour la recherche sur les nanotechnologies et auront une importance cruciale pour l'avenir de la nanofabrication.

Remplir les trous NANOPTT, un projet au caractère pluridisciplinaire fortement marqué, développe une technologie permettant de réaliser des trous parfaitement cylindriques, de quelques dizaines de nanomètres seulement, dans des feuilles de polymère. Ces feuilles ont des applications bien connues dans les unités de filtration. Ensuite les trous sont remplis par des métaux ou d'autres polymères pour former des « nanocâbles ». Les feuilles ainsi remplies ont des applications dans de nombreux secteurs industriels, dont les télécommunications, et pourraient déboucher, grâce à leur mémoire magnétique avancée, sur la création d'une « puce-laboratoire ».

Nanobiotechnologie

Du matériel médical non adhésif ou extrêmement collant

Le projet NANOMED étudie comment réaliser des nanosurfaces sur des biomatériaux destinés à être utilisés en génie tissulaire. A partir du même matériau, les chercheurs peuvent obtenir une variation d'adhésivité d'un facteur 10000, du fait de changements apportés à la topographie à l'échelle nanométrique. Une faible adhérence est cruciale pour des instruments médicaux comme les cathéters, tandis qu'un matériau très adhésif est nécessaire pour réparer des tissus endommagés comme des os fracturés.

Un dépistage plus rapide

La fibrose kystique, ou mucoviscidose, est une affection pulmonaire débilitante dont le diagnostic peut être confirmé par des tests génétiques, mais les procédés actuels sont coûteux et prennent du temps. Un projet européen met au point des méthodes de test à très haut débit qui recourent à un

format de puce à ADN. L'objectif est de développer des systèmes de diagnostic entièrement automatisés, capables de détecter plus rapidement et à moindres frais les gènes défectueux responsables de la mucoviscidose, qui pourraient par ailleurs être adaptés pour diagnostiquer n'importe quelle maladie génétique.

Apprendre et partager

Ces progrès apportent aux nanotechnologies les moyens de se développer et aux chercheurs des possibilités d'élargir leur expertise à de nouveaux champs d'application. L'éducation et la formation en matière de nanotechnologies sont encouragées par la Commission via un système de réseaux de formation à la recherche. De nouvelles technologies hybrides, combinant les nanotechnologies, les sciences des matériaux, l'ingénierie, les technologies de l'information, la biotechnologie et la science de l'environnement, apparaissent. Cette évolution serait inconcevable sans de tels réseaux pluridisciplinaires couvrant de nombreux domaines de recherche, ou sans une intense collaboration par-delà les frontières scientifiques traditionnelles entre les chercheurs de l'Union européenne et du reste du monde.

Réseaux de formation à la recherche :

NANOCOMP, le projet de « synthèse à grande échelle de nanotubes de carbone et de leurs matériaux composites » réunit un partenariat d'experts des secteurs de la chimie, de la physique et de l'ingénierie. Il porte sur la synthèse de nanotubes de carbone à parois simples ou multiples, la purification, les matériaux composites à usage industriel et la caractérisation.

NANOPHASE, « Absorption de photons et spectroscopie avec électrons à l'échelle nanométrique », fait partie du réseau qui se concentre sur la théorie des structures nanométriques – amas atomiques, points et fils quantiques, et molécules adsorbées à des surfaces – et sur les procédés spectroscopiques disponibles pour caractériser de telles structures, leurs propriétés électroniques et optiques et leur croissance.

Champs d'application

Champs d'application actuels

Les nanotechnologies ont d'ores et déjà un impact sur des produits aussi divers que les nouveaux aliments, les instruments médicaux, les revêtements chimiques, les kits personnels de test médical, les capteurs des systèmes de sécurité, les unités de recyclage de l'eau pour les vols spatiaux habités, les consoles de jeux vidéo et les écrans de cinéma à haute résolution.

Contribuer à la société de l'information

Le marché mondial de la nanoélectronique représente des centaines de milliards d'euros et cette industrie est la force vive qui anime aujourd'hui le développement des nanotechnologies. La nanoélectronique permettra de créer des ordinateurs et des transistors beaucoup plus puissants, utilisables en téléphonie, dans les voitures, les appareils électroménagers et la multitude d'autres applications industrielles ou grand public actuellement contrôlées par des microprocesseurs.

Nanoélectronique

Calculer avec une molécule

Les futurs systèmes de traitement de l'information pourraient bien nécessiter un changement de paradigme dans la façon dont les calculs sont effectués. A l'opposé de la tendance actuelle qui se demande « comment imiter des transistors avec des molécules », le mot d'ordre du projet **BUN** est « comment exploiter les propriétés intrinsèques des molécules pour faire des calculs ». Les chercheurs fabriquent et étudient des molécules de synthèse en vue de les utiliser dans l'avenir comme calculateurs monomoléculaires.

Améliorer la santé humaine

Ces systèmes combinés fourniront des biocapteurs, des biomatériaux et de nouvelles générations de biopuces pour traiter des maladies graves, notamment le cancer et les pathologies cardiaques. Ces systèmes produits par l'ingénierie biologique, sous forme d'implants, permettront d'administrer des médicaments intelligents ou d'introduire de nouvelles cellules pour réparer les tissus endommagés.

L'exemple de la nature

Les procédés de fabrication des composants nanoélectroniques pour les microprocesseurs doivent être fiables et rentables. Le projet **BIOAND** aidera les chercheurs à mieux comprendre cette technologie et à développer les outils nécessaires pour produire des composants électroniques moléculaires par autoassemblage – un concept observé couramment dans la nature, mais très rarement utilisé en ingénierie.

Développer des matériaux intelligents

La fabrication de nanostructures produira des matériaux aux propriétés nouvelles ou perfectionnées qui serviront à fabriquer des panneaux solaires, des revêtements anticorrosion, des outils plus durs et plus résistants, des purificateurs d'air photocatalytiques, des instruments médicaux plus durables, des catalyseurs chimiques et des composants pour l'industrie des transports. En outre, de nouveaux matériaux seront disponibles pour des produits et des applications optiques, électroniques ou encore pour le stockage d'énergie.