

# Nanosciences et Nanotechnologies

La Nanotechnologie est la science, l'ingénierie et la technologie menée à l'échelle nanométrique, qui est d'environ 1 à 100 nanomètres.

Les nanosciences et les nanotechnologies sont définies comme l'étude et l'application d'objets extrêmement petits et qui peuvent être utilisées dans tous les autres domaines scientifiques, tels que la chimie, la biologie, la physique, la science des matériaux et l'ingénierie.

## **Point de Départ des Nanotechnologies**

Les idées et les concepts de la nanoscience et de la nanotechnologie ont commencé par une conférence intitulée « [Il y a beaucoup de place au fond](#) » par le physicien Richard Feynman lors d'une réunion de l'American Physical Society à l'Institut californien de technologie (CalTech) le 29 décembre 1959. Le terme nanotechnologie fut utilisé. Dans son discours, Feynman a décrit un processus dans lequel les scientifiques pourraient manipuler et contrôler des atomes et des molécules individuels. Plus d'une décennie plus tard, dans ses explorations de fabrication avec une ultra-précision, le professeur Norio Taniguchi a inventé le terme de nanotechnologie. Ce n'est qu'en 1981, avec le développement du microscope à effet tunnel qui nous a permis «voir» les atomes individuels, la nanotechnologie moderne a commencé.

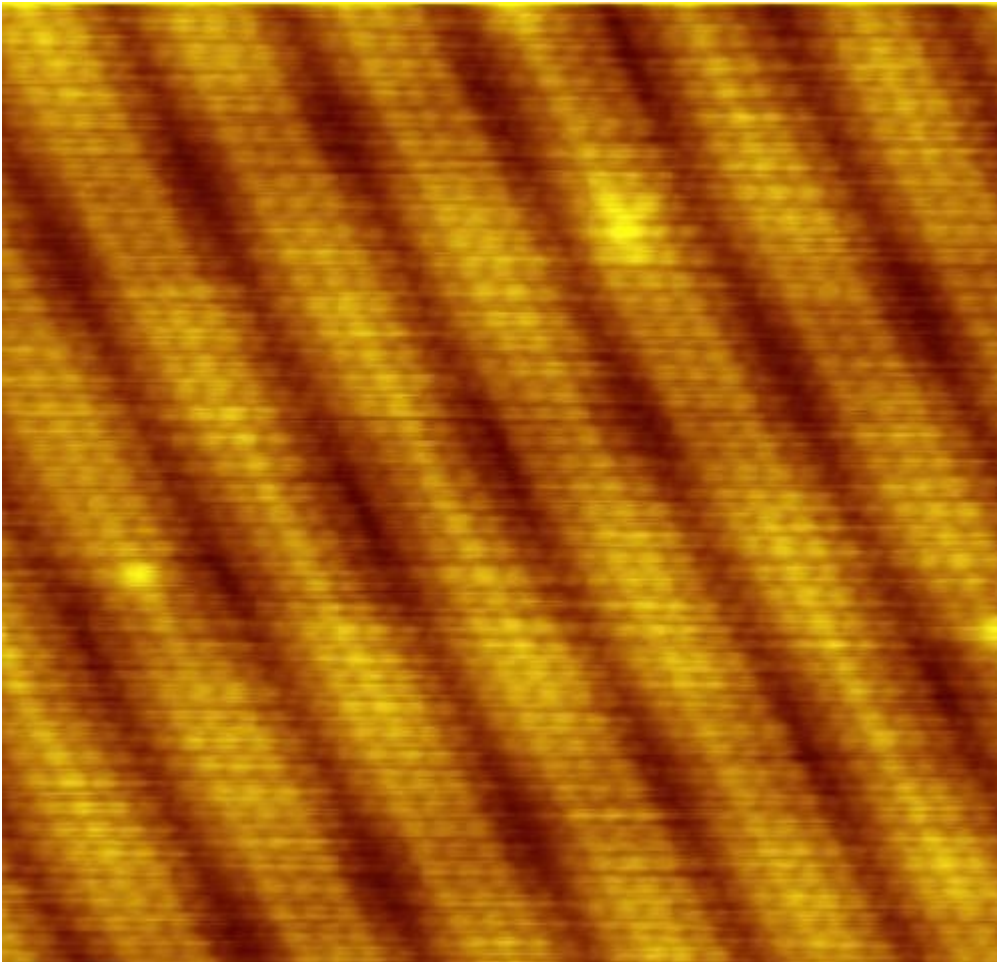


Figure 1. Image de la reconstruction sur une surface propre d'or (100), telle que visualisée en utilisant la microscopie à effet tunnel. Les positions des atomes individuels composant la surface sont visibles.

## Concepts fondamentaux de la nanotechnologie

Il est difficile d'imaginer à quel point la nanotechnologie est réduite en termes de dimensions. Un nanomètre est un milliardième de mètre, soit  $10^{-9}$  de mètre. Voici quelques exemples illustratifs:

- Il y a 25 400 000 nanomètres dans un pouce
- Une feuille de journal fait environ 100 000 nanomètres d'épaisseur
- À une échelle comparative, si un marbre était un

nanomètre, alors un mètre serait la taille de la Terre

Les nanosciences et les nanotechnologies impliquent la capacité de voir et de contrôler des atomes et des molécules individuels. Tout sur Terre est composé d'atomes – la nourriture que nous mangeons, les vêtements que nous portons, les bâtiments et les maisons dans lesquels nous vivons, et aussi nos propres corps.

Mais quelque chose d'aussi petit qu'un atome est impossible à voir à l'œil nu. En fait, il est impossible de voir avec les microscopes généralement utilisés dans les cours de sciences au secondaire. Les microscopes nécessaires pour voir les choses à l'échelle nanométrique ont été inventés relativement récemment, il y a environ 30 ans.

Une fois que les scientifiques ont eu les bons outils, tels que le microscope à effet tunnel (STM) et le microscope à force atomique (AFM), l'ère de la nanotechnologie est née.

Bien que les nanosciences et les nanotechnologies modernes soient relativement récentes, les matériaux à l'échelle nanométrique ont été utilisés pendant des siècles. Des particules d'or et d'argent de taille différente ont créé des couleurs dans les vitraux des églises médiévales il y a des centaines d'années. À l'époque, les artistes ne savaient pas que le processus qu'ils avaient utilisé pour créer ces magnifiques œuvres d'art avait entraîné des changements dans la composition des matériaux avec lesquels ils travaillaient.

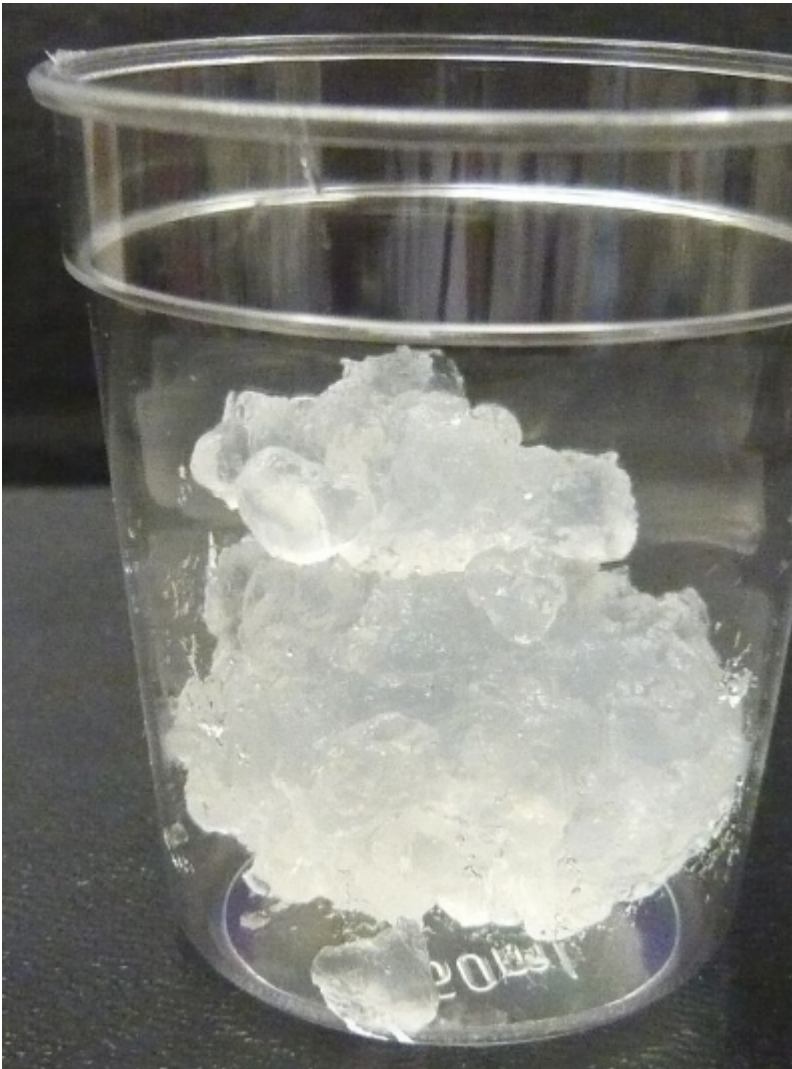
Les scientifiques et les ingénieurs d'aujourd'hui trouvent une grande variété de façons de fabriquer délibérément des matériaux à l'échelle nanométrique pour tirer parti de leurs propriétés améliorées telles qu'une plus grande résistance, un poids plus léger, un contrôle accru du spectre lumineux et une plus grande réactivité chimique.

Source : <https://www.nano.gov>

---

# Nanocellulose

La nanocellulose est un terme désignant la cellulose nanostructurée. Il peut s'agir de nanofibres de cellulose (FCN), également appelées cellulose microfibrillée (MFC), cellulose nanocristalline (NCC ou CNC), ou nanocellulose bactérienne, qui fait référence à la cellulose nanostructurée produite par des bactéries.



Le CNF est un matériau composé de fibrilles de cellulose nanométriques avec un rapport d'aspect élevé (rapport longueur / largeur). Les largeurs de fibrilles typiques sont de 5 à 20 nanomètres avec une large gamme de longueurs, typiquement

plusieurs micromètres. Il est pseudo-plastique et présente une thixotropie, la propriété de certains gels ou fluides qui sont épais (visqueux) dans des conditions normales, mais deviennent moins visqueux lorsqu'ils sont secoués ou agités. Lorsque les forces de cisaillement sont éliminées, le gel retrouve une grande partie de son état d'origine. Les fibrilles sont isolées de toute source contenant de la cellulose, y compris des fibres à base de bois (fibres de pâte) par homogénéisation, broyage ou microfluidisation à haute pression, à haute température et à haute vitesse (voir fabrication ci-dessous).

La nanocellulose peut également être obtenue à partir de fibres natives par hydrolyse acide, donnant naissance à des nanoparticules très cristallines et rigides (souvent dénommées CNC ou nanowhiskers) plus courtes (100 à 1000 nanomètres) que les nanofibrilles obtenues par homogénéisation, microfluoration ou broyage. . Le matériau résultant est connu sous le nom de cellulose nanocristalline (NCC ou CNC).

## **Fabrication**

La nanocellulose, également appelée nanofibres de cellulose (CNF), la cellulose microfibrillée (MFC) ou la cellulose nanocristalline (NCC), peut être préparée à partir de n'importe quelle source de cellulose, mais la pâte de bois est normalement utilisée.

Les fibrilles de nanocellulose peuvent être isolées à partir des fibres à base de bois en utilisant des procédés mécaniques qui exposent la pulpe à des forces de cisaillement élevées, en déchirant les plus grandes fibres de bois en les séparant en nanofibres. A cette fin, on peut utiliser des homogénéisateurs à haute pression, des homogénéisateurs à ultrasons, des broyeurs ou des microfluidiseurs. Les homogénéisateurs sont utilisés pour délaminer les parois cellulaires des fibres et libérer les fibrilles nanométriques. Ce processus consomme de

très grandes quantités d'énergie et des valeurs supérieures à 30 MWh / tonne ne sont pas rares.

Pour résoudre ce problème, on utilise parfois des prétraitements enzymatiques / mécaniques et l'introduction de groupes chargés par exemple par carboxyméthylation ou oxydation à médiation TEMPO. Ces traitements préalables peuvent réduire la consommation d'énergie en dessous de 1 MWh. /tonne.

Les nanocapteurs de cellulose sont des particules hautement cristallines en bâtonnets (indice de cristallinité relatif supérieur à 75%) avec une section transversale rectangulaire. Ils sont formés par l'hydrolyse acide de fibres de cellulose natives utilisant couramment l'acide sulfurique ou chlorhydrique. Des coupes amorphes de cellulose native sont hydrolysées et, après un minutieux dosage, des coupes cristallines peuvent être récupérées de la solution acide par centrifugation et lavage. Leurs dimensions dépendent du matériau de source de cellulose natif et du temps et de la température d'hydrolyse.