



Institut de physique

Actualités scientifiques

Explorer la formation des nano-étoiles en or

Février 2018

L'observation de la croissance de nano-étoiles d'or au microscope électronique a permis de revoir complètement les mécanismes complexes qui président à leur formation.

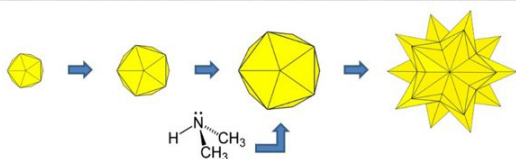
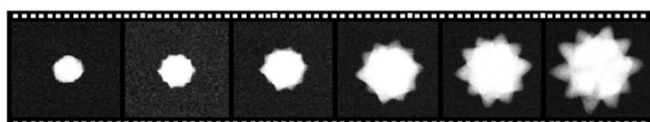
Les nano-étoiles (NEs) d'or, composées d'un corps central et de plusieurs bras pointus, sont parmi les formes les plus difficiles à synthétiser en solution, de manière reproductible. Or, elles possèdent des propriétés prometteuses pour des applications en imagerie biomédicale et en détection moléculaire. La stratégie de synthèse des NEs combine généralement l'utilisation de nano-germes en or de formes spécifiques pour orienter la croissance des bras, et de molécules organiques capables de stabiliser les surfaces à hauts indices de Miller (indices permettant de désigner les plans dans un cristal), normalement instables. Malgré tout, la synthèse de ces nanoparticules métalliques étoilées conduit trop souvent à des formes aléatoires, d'où la nécessité de mieux comprendre leurs mécanismes de formation à l'échelle atomique.

Une équipe du laboratoire Matériaux et phénomènes quantiques (MPQ, CNRS/Univ. Paris-Diderot) a exploité la microscopie électronique en transmission en milieu liquide afin d'étudier l'influence de la forme des germes et des molécules organiques sur les mécanismes atomiques qui dictent la forme des NEs. Grâce à cette approche *in situ* originale permettant de filmer la croissance d'objets nanométriques dans une solution liquide de composition contrôlé et modulable, ils ont démontré que la formation d'une NE est possible sur un germe icosaédrique. Elle

se fait *via* la croissance de pyramides à base triangulaire sur chacune des faces du germe, composées de plans (111). Comme un icosaèdre possède 20 facettes triangulaires, des NEs avec 20 bras parfaitement symétriques peuvent ainsi se former si les germes initiaux ne sont pas déformés. De façon surprenante, alors qu'ils présentent aussi des facettes triangulaires terminées par des plans cristallins (111), les nanodécaèdres (10 faces) ne se transforment pas en NEs, ce qui suggère un possible effet de la contrainte cristalline, plus importante dans un germe décaédrique. Si la symétrie du germe impose la forme finale de la NE, cette transformation n'est possible qu'en présence d'agent de fonctionnalisation organique, autrement dit de molécules organiques venant se fixer sur certaines facettes.

En injectant des molécules de diméthylamines dans le milieu réactionnel au cours de la croissance, les chercheurs ont pu démontrer que contrairement aux idées reçues, cet agent organique ne stabilise pas une facette de haut indice donnée. Si c'était le cas, les bras grandiraient par couches successives, passant peu à peu d'une pyramide tronquée à une pyramide complète. Au contraire, les molécules de diméthylamines activent des mécanismes de diffusion extrêmement dynamiques des atomes à la surface des nanostructures. Ainsi, les bras « poussent » directement à partir du centre des facettes (111) du germe, comme si toute une pyramide jaillissait à partir d'un pyramidion que l'on tirerait vers le haut (cf. figure).

Ce travail récemment accepté par la revue *Nanoletters* démontre que la microscopie électronique *in situ* permet de porter un regard nouveau sur les mécanismes de croissance et sur les stratégies de synthèse des nanomatériaux en phase liquide.



Série d'images de microscopie électronique en milieu liquide montrant la transformation d'un germe icosaédrique en une nano-étoile avec 20 bras symétriques induit par l'injection de diméthylamine dans le milieu réactionnel. Chaque image fait 150 nanomètres de côté et la série d'images est acquise sur 340 secondes. © MPQ (CNRS/Univ. Paris Diderot)

En savoir plus

Exploring the formation of symmetric gold nanostars by liquid-cell transmission electron microscopy

N. Ahmad, G. Wang, J. Nelayah, C. Ricolleau, and D. Alloyeau

Nanoletters (2017), doi:10.1021/acs.nanolett.7b01013

Contact chercheur

Damien Alloyeau, chercheur CNRS

Informations complémentaires

Laboratoire Matériaux et phénomènes quantiques (MPQ, CNRS/Univ. Paris Diderot)

cnrs

www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie
3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16

T 01 44 96 42 53

inp.com@cnrs.fr

www.cnrs.fr/inp