Nano à la pointe du progrès

Christian Joachim

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/histoire-cnrs/9107>

DOI : 10.4000/histoire-cnrs.9107

ISSN : 1955-2408

Éditeur

CNRS Éditions

Édition imprimée

Date de publication : 5 octobre 2009

ISSN : 1298-9800

Référence électronique

Christian Joachim, « Nano à la pointe du progrès », *La revue pour l'histoire du CNRS* [En ligne], 24 | 2009, mis en ligne le 05 octobre 2009, consulté le 20 mai 2021. URL : <http://journals.openedition.org/histoire-cnrs/9107> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/histoire-cnrs.9107>

Ce document a été généré automatiquement le 20 mai 2021.

Comité pour l'histoire du CNRS

Nano à la pointe du progrès

Christian Joachim

- 1 **La revue pour l'histoire du CNRS.** À travers le terme « nano », on englobe parfois un peu tout et n'importe quoi. Effet de mode ou révolution silencieuse ?
- 2 **Christian Joachim.** On utilise ce préfixe à tort et à travers. Nanolessives, nanofood, nanosystèmes... sous prétexte que certains adjuvants ou autres composants d'un matériau ou d'un système sont des nanoparticules de 100 nanomètres de diamètre ! Mais dans 95 % des cas, il s'agit d'un abus de langage ! Vous rappelez le discours de Richard Feynman. Il s'agit du discours d'un penseur occasionnel de la miniaturisation en admiration légitime à la fin des années 1950 pour les machineries macromoléculaires de la vie. Nous avons appris depuis le début de ce siècle qu'il existe des molécules-machines possibles d'une taille bien inférieure aux macromolécules. La compréhension et l'utilisation du monde d'en bas ne s'arrêteront pas à des objets fabriqués avec une précision de quelques nanomètres. La machine elle-même mesurera quelques nanomètres.
- 3 **La revue...** Lors de vos différents cours ou interventions de vulgarisation, vous évoquez toujours la grande oubliée de la nano, la nannobiologie.
- 4 **C. J.** Le préfixe « nanno »³ est apparu pour la première fois dans le champ des sciences en 1909 pour désigner du plancton microscopique puis pour réaliser une taxonomie des espèces vivantes ou fossilisées observées en microscopie optique puis électronique. En 1996, Robert Folk a posé la question de la taille limite inférieure d'une bactérie. Deux publications phares ont ensuite exploré cette question : l'une dans Science en 1997 rapporte l'observation supposée de la vie en provenance de Mars à partir d'images en microscopie électronique à balayage de formes allongées dans une météorite martienne. L'autre, dans les *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) de 1998, propose l'existence de nanno-bactéries responsables de la formation de microscopiques cocons de calcite et peut-être aussi des calculs biliaires ou de dépôts de tartre sur l'émail des dents. Cette interprétation semble avoir été démentie depuis. La question de la limite inférieure physico-chimique de la vie est maintenant un formidable trait d'union entre la quête de molécules-machines de plus en plus complexe, les prouesses de miniaturisation de la vie rencontrées dans la nature et la

biologie synthétique. On en oublierait presque l'inanimé de nos machines miniatures actuelles.

- 5 **La revue...** La loi de G. E. Moore (1965) stipule que le nombre de transistors contenus dans une puce double tous les 18 mois. Nous sommes aujourd'hui dans la « nano-ième » dimension ! Où sont les limites ?
- 6 C. J. Quand il n'y aura plus assez d'atomes dans un transistor pour qu'il fonctionne, la limite de la technologie dite microélectronique sera atteinte. Cette limite est pour dans 20 ans, dans 30 ans... ? Mais elle sera atteinte. Il est alors heureux que bien avant l'apparition de cette limite, des chercheurs se soient interrogés sur la possibilité de fabriquer un composant électronique comme un transistor avec une seule petite molécule. Cette question prend en particulier racine dans les interrogations profondes au début du siècle dernier quant au rôle des transferts d'électrons dans les processus vitaux. Mais elle s'en est vite éloignée pour devenir le domaine très actif de l'électronique moléculaire, domaine rattrapé lui aussi par la découverte de la possibilité de manipuler les molécules une par une et à volonté à la surface d'un solide, si elle est bien préparée.
- 7 **La revue...** Vous « surfez » sur la vague nano depuis le début de votre carrière. Quels en ont été les points forts, les satisfactions ? Et si c'était à refaire ?
- 8 C. J. « Surfer » n'est peut-être pas le bon terme. Quand j'ai commencé en électronique moléculaire au début des années 1980, la vague nano n'existait pas. Nous l'avons lancée à plusieurs de par le monde dans le sillage de la découverte qu'un microscope à effet tunnel permet de manipuler un seul atome ou une seule molécule à la fois. Sur ces entrefaites, nous avons vu arriver trois vagues pseudo nano différentes : le mariage des biotechnologies avec la microélectronique, les matériaux nano-structurés en provenance de la grande épopée de la science des matériaux, et la physique mésoscopique en provenance de la microélectronique. Ces trois vagues nous ont submergés et notre surf est devenu un peu délicat. Si c'était à refaire, je le referais avec une modification de parcours : j'écouterai encore moins les sceptiques qui pensent encore qu'il n'y a rien d'utilisable en dessous d'un nanomètre. Je me souviens du frisson de la première expérience de commutation sur une seule molécule avec mon HV-STM (*high vacuum scanning tunneling microscopy*) en 1987, frisson déçu par la suite puis retravaillé pour enfin obtenir la première mesure de la conductance d'une seule molécule huit ans après. Et puis, au hasard d'efforts théoriques et expérimentaux, il y a eu cette ouverture de la mécanique sur une seule molécule avec ses engrenages moléculaires et cette compétition sympathique ouverte à qui construira la première molécule-voiture. Satisfaction toute récente : les premiers pas d'une nouvelle technologie planaire à échelle atomique qui devrait enfin nous permettre d'interconnecter une seule molécule à plusieurs électrodes.
- 9 **La revue...** Vous dirigez également un groupe de recherche à Singapour. Comment s'est construite la collaboration ? Pourquoi l'Asie plutôt que l'Amérique ?
- 10 C. J. Cette collaboration est le résultat d'une boutade mal contrôlée en relation avec votre première question. À la suite du premier séminaire bilan sur le programme Nanosciences-Nanotechnologie-Nanomatériaux de l'État de Singapour, une appréciation m'est demandée sur le caractère nano de ce programme. Ma réponse instantanée : mais quel nano ? Moins d'une heure après, A*STAR, l'Agence pour la

science et la technologie de Singapour me proposait de créer un groupe de recherche sur l'*Atom Technology*. Trois ans après, ce programme a été renouvelé.

- 11 **La revue... Après les OGM, les OAM⁴ ou la partie invisible de l'iceberg. Pensez-vous comme certaines associations de défense de consommateurs, que ces nouveaux composants présentent un réel danger ?**
- 12 **C. J.** Les OAM n'existent pas. Il s'agit de l'invention malicieuse d'un groupe anti-nano pour marier ces oppositions anti-nano avec la grande vague de protestations anti-OGM. Un OAM, ce serait un organisme où un seul atome aurait été modifié et pas n'importe quel atome, l'atome numéro 581 234 345 778 233 que le savant ingénieur aurait choisi dans cet organisme. Permettez-moi de douter que l'on y parvienne un jour. Et si cela devait arriver dans un futur lointain, nous ne sommes pas en mesure d'apprécier les pensées sociales, politiques, les envies et les habitudes techniques de nos lointains descendants pour porter un jugement quelconque sur ce qu'ils feront de cette éventuelle technologie.
- 13 À lire :
- 14 - C. Joachim, L. Plévert. *Nanosciences. La révolution invisible*, Seuil, 2008.
- 15 Modèle à l'échelle atomique de l'interconnexion d'une molécule porte-logique (au centre) en interaction avec 7 fils de section atomique eux-mêmes reliés à 7 nano-plots en or. Le tout est déposé à la surface d'un isolant. La structure chimique de la molécule a été optimisée pour réaliser une addition binaire sans retenue. La dimension latérale de la nano-puce est de 10 nm. Ce modèle est utilisé pour choisir la bonne surface support et optimiser la position de la molécule sur ses plots de contact. Il permet de prédire l'intensité du courant électrique passant au travers de ce nano-circuit. © CEMES-CNRS/C. Joachim
- 16 Images expérimentales en microscopie à effet tunnel très basse température et en ultra vide des deux orbitales moléculaires frontières d'une molécule de méthylterrylène adsorbée sur un très mince film de NaCl déposé à la surface du cuivre. Cette fine couche de sel permet d'isoler électroniquement la molécule du cuivre. On a ainsi accès aux deux premières résonances électroniques de cette molécule, à savoir son première état d'oxydation (à -2.5 V) et son premier état réduit (+1.4 V) par rapport au niveau de Fermi du cuivre. La barre d'échelle indique 1 nm et la molécule de méthylterrylène est représentée à l'échelle. © CEMES-CNRS/S. Gauthier et A. Gourdon

NOTES

1. « Il y a beaucoup de place en bas ! »
2. Conférence donnée le 29 décembre 1959 par le futur prix Nobel de physique 1965, au *Californian Institute of Technology* (Caltech) à l'occasion de la réunion annuelle de l'*American Geophysical Society*.
3. En référence à l'Antiquité qui inspirait beaucoup les scientifiques, notamment Nanno, muse d'un poète grec du VII^e siècle av. J. C.

4. Organismes atomiquement modifiés.

RÉSUMÉS

*“There’s plenty of room at the bottom!”*¹, c’est en ces termes que Richard Feynman, décrit² en 1959 le monde mystérieux des nano-objets. Cinquante ans plus tard, Christian Joachim nous entraîne lui aussi dans un océan infiniment petit.

AUTEUR

CHRISTIAN JOACHIM

Christian Joachim est directeur de recherche au CNRS, responsable du groupe Nanosciences au Centre d’élaboration de matériaux et d’études structurales (Cemes) à Toulouse.