

Nanotechnologies : une révolution majeure à échelle mineure

Une révolution au quotidien

Certains d'entre vous se souviennent de l'incroyable coup de publicité d'IBM en 1989. Une équipe de chercheurs, D. Eigler et E. Schweizer avait réussi pour la première fois le tour de force de déplacer 35 atomes de xénon pour former le logo de l'entreprise, à l'aide d'un microscope à effet tunnel. On était alors loin de possibles applications pratiques. Et pourtant, grâce à leurs retombées financières potentiellement colossales, à l'intérêt scientifique évident ainsi qu'à une stratégie politique audacieuse, les nanotechnologies envahissent petit à petit notre quotidien. Nous sommes actuellement dans une phase de transition. Tous les développements qui ont débuté dans les années 80 et qui étaient confinés au sein des centres de recherche fondamentale franchissent depuis peu le cap de l'exploitation industrielle. On ne compte plus les applications dans lesquelles les nanotechnologies interviennent : cosmétique, textile, peinture, électronique, informatique, photovoltaïque, stérilisation, médical, etc.

Dans leur définition première, les nanosciences sont une question d'échelle, nano étant le préfixe grec associé à 10^{-9} .¹ Il s'agit de l'étude des propriétés de la matière pour des échelles variant de quelques atomes à quelques milliers d'atomes. On parle dès lors de nanotechnologies lorsqu'on manipule la matière à l'échelle nanométrique afin d'en tirer les propriétés désirées.

On pourrait croire à ce stade que l'introduction des nanotechnologies ne représente qu'un processus de miniaturisation, analogue à l'explosion de la micro-électronique après la Seconde Guerre mondiale. Mais tout n'est pas

¹ Ainsi un nanomètre, soit 10^{-9} m, correspond à un ordre de grandeur de dix fois le diamètre d'un atome d'hydrogène, d'un trait 500000 fois plus fin qu'un trait de stylo ou 30000 fois plus fin que l'épaisseur d'un cheveu.

qu'une question de dimension ; la révolution est en réalité plus profonde. Il y a trois enjeux fondamentaux dans les nanotechnologies :

- les propriétés de miniaturisation ou de petite échelle,
- les propriétés quantiques,
- la simulation numérique *ab initio*.

Une révolution quantique

Les enjeux de la miniaturisation sont évidents, bien que l'on ne puisse pas encore parler de développement industriel de nanorobots ou d'ordinateurs quantiques. Par contre, l'inclusion de nanoparticules dans des matériaux divers est bel et bien une réalité. D'une part, dans le cas des nanoparticules, le rapport entre surface et volume devient très important. Ainsi, les effets de surface deviennent prédominants. D'autre part, les effets quantiques sont maintenant à la portée des applications pratiques. Notre monde macroscopique et ses propriétés physiques n'est qu'une moyenne effective, pour un grand nombre de particules, des lois fondamentales de la mécanique quantique. Ces lois n'ont rien de commun avec ce que nous connaissons à l'échelle macroscopique. Par exemple la principale différence réside dans le fait que, seule, la probabilité d'un événement peut être connue. La connaissance de ces lois a permis le développement du laser, des LEDs, des cellules photovoltaïques ou encore les applications nucléaires. Réduire l'échelle et le nombre d'atomes nous amène donc à de nouvelles propriétés de la matière jusqu'alors non exploitées, ou plutôt non exploitables, par l'industrie.

Enfin, il est maintenant possible, tant par l'avancée des méthodes numériques que par l'explosion des puissances de calcul, de prédire les propriétés des structures cristallines en les assemblant atome par atome (conductivité, liaisons chimiques, spectre d'émission/absorption de lumière, etc.). La simulation *ab initio* consiste à résoudre, au moyen de techniques numériques, les équations de la mécanique quantique afin de déterminer les propriétés de la matière. Ainsi une nouvelle voie s'ouvre vers la synthèse de composés nouveaux pour l'industrie avec des propriétés optimisées, et ce, avec un coût réduit en recherche et développement. Cet enjeu fait, par exemple, l'objet d'une recherche menée actuellement par Mitsubishi Chemical, en collaboration avec des chercheurs de l'UCL², pour des matériaux fluorescents pour lampes LED.

²

European Theoretical Spectroscopy Facility (ETSF), Louvain-la-Neuve node.

Une révolution tranquille

Les nanotechnologies ne sont pas un effet de mode passager comme ont pu l'être par le passé des effets d'annonce prématurés et chimériques. C'est une évolution des technologies qui, à force de miniaturisation, atteignent une nouvelle échelle de la nature. L'évolution est devenue maintenant incontournable et s'immisce peu à peu au sein des entreprises. Notons que le développement des entreprises marquées du sceau "nanotechnologie" ne semble pas spectaculaire. Il se produit soit au sein d'entreprises déjà existantes, soit au sein de nouvelles entreprises dont la stratégie de communication met davantage en lumière le produit fini que les techniques utilisées pour l'obtenir. Peut-être est-ce aussi plus rassurant envers le client, les pouvoirs publics et le grand public, devenus méfiant vis-à-vis des nouvelles technologies suite à un passé douloureux.

Une révolution éthique ?

Outre les difficultés liées au défi technique en lui-même, les nanotechnologies s'accompagnent de remises en question soit au niveau éthique, environnemental ou encore brevetabilité. Ces problèmes sont indubitablement inhérents à tout développement scientifique à l'échelle industrielle mais sont particulièrement exacerbés dans le cas des nanotechnologies. On parlait déjà de *nanoéthique* au début des années 2000 alors que les applications industrielles n'étaient qu'à leurs prémices. En principe, les risques sont évalués en fonction du risque statistique qu'est prête à prendre une population et, d'autre part, du danger pour les travailleurs exposés. Arrive alors le cruel dilemme qui fait tout l'enjeu des directives européennes. D'une part, le développement technique et économique ne doit pas connaître d'entrave sous peine de perte de compétitivité. D'autre part, la prudence est de mise face à une technologie dont on ne maîtrise pas tous les tenants et les aboutissants, ce qui est le cas des nanotechnologies. En outre, contrairement aux OGM par exemple, le domaine est tellement vaste qu'il faut procéder au cas par cas nonobstant le danger réel d'amalgames vis à vis du grand public et des autorités politiques. Du point de vue de la santé publique, par exemple, les applications des nanotechnologies en cosmétique n'ont rien à voir avec la nanoélectronique ou les textiles. Ainsi certaines nanoparticules présentent un danger potentiel car elles franchissent grâce leur petite taille les barrières naturelles du corps humain, d'où leur intérêt en cosmétique et en médecine. Par contre le

développement des composants de nanoélectronique (futur probable des processeurs pour lesquels miniaturisation rime avec puissance de calcul), ne pose aucun problème de santé.

Tout développement technologique majeur porte en lui le germe d'un débat éthique. Mais remettre en cause les nanotechnologies en général, c'est combattre les conséquences et non les causes. Dans un contexte où l'on s'interroge sur la société dans laquelle nous désirons évoluer, le recours aux nanotechnologies peut s'avérer, selon les cas, être un bienfait pour l'ensemble de l'humanité, n'entraîner qu'un prétexte supplémentaire à la consommation ou s'accompagner de son lot de catastrophes.

Une révolution industrielle

Au vu des nombreuses applications déjà existantes à l'heure actuelle, il ne fait aucun doute que les nanotechnologies joueront un rôle majeur dans l'industrie de demain. Il serait fort dommageable pour les Instituts Supérieurs Industriels de rater le train en marche. A l'heure actuelle, le domaine des nanotechnologies, en tant que secteur de recherche de pointe, demeure l'apanage des physiciens, chimistes, biochimistes, médecins et ingénieurs civils. Avec le développement d'une production à l'échelle industrielle, impliquant des technologies à l'échelle du nanomètre, il est fort à parier que la demande de profils correspondant à celui des ingénieurs industriels va croître de manière importante. N'oublions pas que, dès à présent, nous comptons sur notre territoire deux fabricants dans le top 5 mondial : Nanocyl, pour les nanotubes de carbone (modification des propriétés des matières plastiques, comme la conductivité) et Umicore pour les nanopoudres (protection face aux UV, revêtements résistants à l'usure et à la température) et nanoparticules d'argent (propriétés antibactériennes).

Bref, une révolution technologique s'annonce et il serait dommage, pour la formation de l'ingénieur industriel, de manquer le train en marche. Il reste à prédire l'horaire du train et dans quelles gares il s'arrêtera en premier afin de développer les meilleures stratégies.

Dr. Bruno Bertrand
Chargé de cours à l'Institut Industriel ECAM
Assistant de recherche à l'UCL, Institut pour la Matière Condensée et les
Nanosciences, pôle NAPS (nanoscopic physics)
Chercheur pour l'ETSF (European Theoretical Spectroscopy Facility).