## En savoir plus sur la chimie moléculaire et les nanosciences

Il est difficile de trouver des sources d'information strictement dédiées au thème de ce numéro « Chimie moléculaire et nanosciences », mais de nombreux sites web sont consacrés au phénomène « nano », nanosciences ou nanotechnologies. Les ouvrages sur les nanotechnologies sont également légion.

### Sites Internet

Il convient bien sûr d'être extrêmement prudent dans la consultation de ces sites et de garder un regard critique à l'égard des démarches triomphalistes ou condescendantes que l'on peut rencontrer ici et là à l'égard des efforts consacrés par la communauté des scientifiques ou des industriels.
Les sites signalés correspondent le plus souvent à des sites gérés par des organismes nationaux ou internationaux de recherche et constituent au moins des sources autorisées, donnant des objectifs de programmes de recherche et indiquant souvent les modalités de participation.

#### « Nano » aux Canada, États-Unis et Japon

**Canada** : www.nrc-cnrc.gc.ca/
Conseil national de recherches du Canada
**États-Unis** : www.nano.gov
The National Nanotechnology Initiative (NNI) : site du programme gouvernemental américain sur les nanotechnologies. Source fiable d'informations pédagogiques.
**Japon** : www.nanonet.go.jp/english/
Site du Ministère de l'Éducation, de la culture, des sports, de la science et de la technologie du Japon : « Nanotechnology Researchers Network Center of Japan ». Tout (ou presque) sur la recherche en nanotechnologies au Japon.

#### « Nano » en Europe

**Communauté européenne**
Dans le cadre du 6e Plan, nanosciences et nanotechnologies sont l'un des huit programmes prioritaires.
- www.cordis.lu/ : site Cordis, nombreuses ressources et liens, notamment.
- www.cordis.lu/nanotechnology : rapport de la Commission européenne 2000 et d'autres informations.
- www.cordis.lu/nmp/home.html : site sur nanosciences et nanotechnologies.
- www.cordis.lu/nanotechnology/src/networks.htm : réseaux européens en nanotechnologies.
- www.nanoforum.org : réseau thématique, chargé d'informer sur les nanotechnologies (affaires, sciences et société).
- www.euronanoforum2005.org/news.htm : Nanotechnology and the Health of the EU Citizen in 2020, « Euronanoforum 2005 », Edimbourgh, 5-9 septembre 2005, congrès organisé par le réseau précédent.
- www.cordis.lu/nanotechnology/src/pe_leaflets_brochures.htm : vulgarisation.

**Fondation européenne de la science**
- www.esf.org/ : site de la fondation.

**Allemagne**
- www.techportal.de/de/b/2/start,public, start/ : portail allemand.

**Royaume-Uni**
- www.nanonet.org.uk/ : The Institute of Nanotechnology, réseau britannique.

#### « Nano » en France

**Le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche** et les grands organismes nationaux de recherche (CEA, CNRS…) ont des programmes spécifiques concernant les nanosciences. De création récente, l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) affiche des moyens, a lancé des appels d'offres et fait paraître de premiers résultats.
- www.science.gouv.fr/ : site du gouvernement français avec de nombreuses ressources.
- www.recherche.gouv.fr/tisn/
- www.recherche.fr/recherche/univ/rechuniv.htm
- www.nanomicro.recherche.gouv.fr/ : portail nanosciences du gouvernement français avec des informations sur les réseaux de recherche et d'innovation technologique, notamment le Réseau de recherche en micro et nanotechnologies (RMNT), le Programme national en nanosciences et nanotechnologies (PNANO), la brochure grand public « A la découverte du nanomonde », Minatec : pôle d'innovation en micro et nanotechnologies…, et des liens vers de nombreux sites étrangers.
- Dossier « Les rendez-vous de la science » : Infiniment grand, infiniment petit (avec France 5) :
http://education.france5.fr/rdv_science/index.htm

**Centres de compétences C'Nano**, de création récente, avec des liens vers les laboratoires :
- www.cnanoidf.org
- www.lpm.u-nancy.fr/cnano/html/Homepage.htm
- www-idnano.ujf-grenoble.fr/site/idnanotechnologie.htm

**Agence Nationale de la Recherche (ANR)** :
- www.gip-anr.fr/
Cf. les appels à projets 2005 concernant les nanosciences, les matériaux et procédés :
www.gip-anr.fr/appels/2005/pnano.htm : programme pnano.
www.gip-anr.fr/appels/2005/rnmp.htm : réseau national matériaux et procédés, rnmp.

**CEA**
- www.cea.fr, voir aussi les sites des départements et laboratoires.
- www.cea.fr/fr/sciences/nanosciences.htm : intéressant dossier intitulé « Nanosciences : nouvel âge d'or ou apocalypse ? *Une réflexion de Louis Laurent et Jean-Claude Petit* ».
- www-dsm.cea.fr : Direction des sciences de la matière.
- www-drecam.cea.fr/ : Département de recherche sur l'état condensé, les atomes et les molécules (DRECAM).
- www-drfmc.cea.fr/ : Département de recherche fondamentale sur la matière condensée (DRFMC).
- www-drt.cea.fr : Direction de la recherche technologique.
- www-leti.cea.fr/ : les micro et nanotechnologies au Laboratoire d'électronique et de technologies de l'information (site du LETI à Grenoble).
- www.minatec.com/cgi-bin/charge.pl : site de Minatec (LETI et INP Grenoble), « pôle d'innovation et d'expertise européen pour les microtechnologies et nanotechnologies de Grenoble ». Minatec édite une lettre mensuelle…

**CNRS**
- www.cnrs.fr, voir les sites des départements, laboratoires et programmes, notamment la chimie et les matériaux :
www.cnrs.fr/Chimie : site du Département des sciences chimiques ;
www.cnrs.fr/cw/fr/prog/progsci/materiaux.html : programme matériaux.
- *Le Journal du CNRS*, octobre 2005, n° 189 : La déferlante « nano » (www2.cnrs.fr/presse/journal).

**Diplomatie** : l'ADIT (Strasbourg) édite des bulletins électroniques de veille technologique des services scientifiques et techniques des ambassades de France. Abonnement gratuit possible.
- www.bulletins-electroniques.com : site de l'ADIT-Strasbourg (France).
- www.france-science.org : Bulletin électronique États-Unis, hebdomadaire, ambassade de France à Washington.
- www.ambafrance-ca.org/ambafrance-ca.org_non_ssl/hyperlab/ : ambassade de France au Canada.

**Club nano**
- www.clubnano.asso.fr/ : nombreuses ressources, notamment pour les formations.

## Et encore…

- www.vjnano.org/ : Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology.
- www.nanotechweb.org/ : site d'information international.
- www.nanotechbook.com : site du livre *Nanotechnologies* de M. et D. Ratner (voir analyse p. 127). On y trouve notamment les références :
www.nanotechplanet.com : portail vers d'autres sites (micro et nanotechnologies) ;
www.nanotech-now.com : portail vers d'autres sites sur les nanotechnologies ;
www.nanobusiness.com : aspects commerciaux et politiques des nanotechnologies, actualité ;
www.sciam.com/nanotech : dernières nouvelles.
- Voir aussi, en français : www.larecherche.fr et son service d'archive par mots-clés.
- www.smalltimes.com : ingénierie micro-électromécanique et nanotechnologies.

## Éditeurs

Les grands éditeurs français et étrangers ont un programme d'éditions en nanosciences et nanotechnologies. Consulter leurs sites. Le portail « nanosciences » français donne les références d'intérêt général suivantes :
- www.crcpress.com : CRC Press.
- www.aspbs.com : American Scientific Publishers.
- www.editions-fayard.fr : Éditions Fayard.
- www.editions-belin.com/csl/master.asp : Éditions Belin.
- www.eyrolles.com/Sciences/Recherche/ : Éditions Eyrolles.
- http://perso.wanadoo.fr/ofta : rapports « Arago » de l'Observatoire Français des Techniques Avancées (OFTA) (1 rue Descartes, 75005 Paris).

*Ndlr : les adresses de l'ensemble de ces sites ont été vérifiées à la date de mise en fabrication du journal.*
*Mais elles peuvent changer vite… Grandeurs et misères… des nanotechnologies !*

## Livres

**Se libérer de la matière ?**
B. Bensaude-Vincent
90 p., 7,50 €
INRA Éditions, 2004

La recension de cet ouvrage dans un numéro spécial de *L'Actualité Chimique* consacré aux nanosciences n'est pas un hasard. Sa lecture devrait prolonger utilement la réflexion engagée dans ce numéro, et en particulier les perspectives tracées dans l'introduction.

On déplore souvent que les chimistes, à l'inverse de leurs collègues physiciens ou biologistes par exemple, ne soient pas suffisamment actifs dans la réflexion épistémologique sur leur discipline. Cet ouvrage devrait les stimuler, dans la mesure où il propose une réflexion globale sur la science des matériaux et replace les analyses techniques dans une perspective beaucoup plus générale, celle de la place de l'activité humaine dans la nature, et celle du débat philosophique sur la conception de la matière.

L'auteur s'intéresse d'abord à l'aspect macroscopique de la notion de dématérialisation et à sa relation avec les perspectives de développement durable.

Si l'on accepte l'aphorisme selon lequel la relation à la matière est un des paramètres qui définissent une civilisation : âge de pierre, âge du bronze, âge du fer, la question posée par certains est « Sommes-nous à la fin de l'âge des matériaux ? ». Malgré les perspectives florissantes offertes par cette science, on entrerait dans l'âge de l'information qui s'accompagne d'une dématérialisation.

La dématérialisation peut être définie comme la diminution de la quantité de matière utilisée pour produire les biens d'usage et de consommation. Elle est à l'évidence en cours, comme le montrent nombre de données chiffrées. C'est le résultat d'une évolution technologique, en partie suscitée par des impératifs géopolitiques. Notons que cette évolution fait partie de la culture des chimistes et qu'ils en sont en partie responsables. L'avènement des nanotechnologies représente une avancée importante dans la voie de la dématérialisation. Leur effet peut être considérable, car il s'applique à tous les secteurs de production, et leur impact a même été comparé à celui de la machine à vapeur.

L'auteur montre par ailleurs que cette tendance à la dématérialisation rejoint les préoccupations de l'écologie industrielle, qui se soucie à juste titre de privilégier le développement durable. Étant donné que nous utilisons quantités de ressources naturelles non renouvelables et que les déchets sont loin d'être totalement recyclés, dématérialiser est un des moyens de contribuer à ce développement durable. On cherche à appliquer aux activités de la technosphère la méthode des bilans de matière entrant et sortant.

Cet essai prolonge la réflexion et entreprend d'analyser les origines intellectuelles du concept de dématérialisation en passant en revue les différents modèles qui tentent de rationaliser le phénomène. Il explique comment certains théoriciens ont tenté de penser l'économie en termes de thermodynamique. Les théories les plus en vogue comparent l'utilisation de matière et d'énergie au sein de l'économie à un métabolisme industriel, mais il s'agit d'un processus archaïque par rapport au métabolisme des organismes vivants, le progrès passant, entre autre, par la dématérialisation des procédés et le recyclage efficace des déchets. En effet, le modèle du vivant et de son métabolisme implique d'imiter sa physiologie. L'idéal serait un système fermé optimisé, une sorte de machine à mouvement perpétuel, ce dont nous sommes très loin.

L'écologie industrielle naturalise l'activité humaine dans la mesure où elle prêche l'intégration de l'économie dans les cycles de la nature en visant le développement durable, c'est-à-dire l'équilibre fragile d'un système dynamique, plutôt que la croissance à tout prix et le profit. Parallèlement, il y a artificialisation du patrimoine naturel pour augmenter la production des ressources renouvelables, ce que fait par exemple l'utilisation des OGM pour intensifier celle des biopolymères ; ceci aboutit à estomper les frontières entre le naturel et l'artificiel. L'écologie industrielle amène donc à une réflexion critique sur la marche de la technologie plutôt qu'à la glorification aveugle du progrès, ce qui implique des choix politiques et culturels.

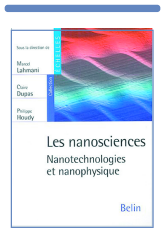
L'ouvrage développe ensuite une réflexion plus philosophique sur l'essence même des nanotechnologies et en généralisant, sur la science des matériaux, avec ce qu'elles impliquent quant à notre conception de la matière. Avec le développement des nanotechnologies, la dématérialisation revient au cœur de l'actualité. Il est important que les chimistes s'interrogent sur les questions de fond qui sont posées.

Les nanotechnologies représentent-elles, comme le proclament certains, une révolution par rapport aux constructions chimiques plus classiques ? Certes, elles résultent d'une démarche « bottom-up » (« *Shaping the world atom by atom* ») que l'on oppose à l'approche « top-down » utilisée pour façonner un objet à partir d'une matière première. Mais en quoi est-ce différent de la démarche des chimistes de synthèse ? Je ne partage pas le point de vue de Bernadette Bensaude-Vincent quand elle affirme que « *les chimistes fabriquent des molécules en aveugle* »... qu'« *ils n'ont pas jusqu'ici traité les molécules comme des dispositifs susceptibles d'accomplir certaines fonctions* », ou encore que « *l'approche nano est plus d'inspiration biologique qu'une extension de la chimie* ». Il y a quand même longtemps que les chimistes organiciens se sont mis à « synthétiser des propriétés », qu'ils ont développé la chimie supramoléculaire, ou conçu des molécules capables de se répliquer. N'en va-t-il pas de même des chimistes inorganiciens, du solide ou de la molécule, qui réalisent depuis longtemps des matériaux en fonction d'un cahier des charges pré-établi, et enfin des chimistes « de la molécule unique », conçue pour rassembler les fonctions nécessaires à un dispositif autosuffisant ? Ce numéro de *L'Actualité Chimique* en donne quelques exemples d'école. Cependant, les opinions rapportées ci-dessus devraient alerter les chimistes sur l'image qu'ils donnent de leur travail d'aujourd'hui.

Le fait de travailler à l'échelle nano apporte-t-il réellement des changements qualitatifs ? Il est clair que le changement d'échelle conduit à des propriétés nouvelles (un nanotube de carbone n'est pas un bâton de graphite), encore largement inexpliquées, mais la démarche est-elle différente ? La physique et la chimie quantiques ont régi de tous temps la chimie moléculaire, même si cette prise de conscience est plus récente. Ou la principale différence réside-t-elle dans la différence de propriétés des molécules uniques par rapport aux populations de molé-

cules ? Il serait très utile de creuser ce thème.
Quoi qu'il en soit, à la question « Construire des objets atome par atome, est-ce science-fiction ou réalisme ? », je pense qu'il faut répondre : non, il ne s'agit pas de science-fiction, les progrès déjà acquis dans les différents domaines de la synthèse le prouvent (même si certaines projections, allant jusqu'à prévoir que les nanotechnologies vont conduire à l'immortalité, relèvent du délire).
Considérer que la classification périodique est le supermarché dans lequel les chimistes viennent chercher leurs briques élémentaires semble tout à fait raisonnable. La matière est donc vue comme un réservoir d'informations qu'on a comparé au code génétique. Cependant, il ne s'agit pas de conclure, comme le souligne très justement Bernadette Bensaude-Vincent, à une libération de la matière, mais de porter une nouvelle attention à ses propriétés. Ceci ramène au débat entre platoniciens et aristotéliciens sur la conception de la matière. Pour les premiers, la matière est un support passif sur lequel l'intelligence humaine imprime des formes, alors que pour les autres, l'information contenue dans un matériau émerge de la matière. C'est bien ce dernier paradigme qui sous-tend l'activité des chimistes. Quand ils manipulent des molécules ou des atomes, il savent qu'ils exploitent et aménagent des propriétés qui leur sont inhérentes, mais qui ne seraient jamais mises à jour sans l'intervention de l'intelligence humaine, au niveau de complexité atteint aujourd'hui.
L'auteur poursuit une analyse intéressante des rapports entre matière et matériau : la notion de matière est un concept abstrait formé à partir de matériaux divers. C'est une condition pour faire de la science. Il a fallu attendre la seconde moitié du XX$^{e}$ siècle pour voir apparaître une science des matériaux (considérés auparavant comme des singularités) qui étudie les relations entre structure, propriétés et fonctions. On cherche maintenant à fabriquer des matériaux fonctionnels, adaptés à une utilisation donnée, à faire du « sur mesure ». Mais pour cela, il faut avoir recours à des procédés qui interagissent avec la définition des structures et propriétés. La frontière entre pur et appliqué s'estompe. Les cibles de recherche passent donc de la matière au matériau.
C'est dans ce transfert que Bernadette Bensaude-Vincent voit la réconciliation entre les deux conceptions de la matière. Les matériaux se distinguent de la matière par leur association à un projet humain. La valeur ajoutée contenue dans le matériau n'est pas le seul fruit de l'intelligence humaine, mais émerge aussi des propriétés de la matière inscrites dans les lois de la nature ; elle est le produit de la « conspiration » des deux. On ne peut qu'adhérer à cette proposition, mais il importe de l'étendre aux nano-objets eux-mêmes.
Pour revenir aux propos du début sur le développement durable et les rapports entre activité humaine et cycles de la nature, l'auteur souligne que l'entrée dans le monde des nanomatériaux, avec toutes les inconnues que l'on a actuellement sur leurs propriétés, en fait des objets de risque et fait craindre leurs dangers avant même que l'on soit arrivé aux réalisations commerciales. C'est un élément nouveau dans la planète écologie.
Cet ouvrage soulève des questions importantes. On ne peut que recommander sa lecture et inciter à prolonger le débat.

**Andrée Marquet**

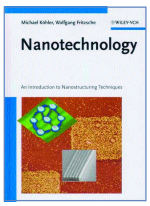



**Les nanosciences**
**Nanotechnologies et nanophysique**
sous la direction de M. Lahmani, C. Dupas et P. Houdy
720 p., 47,5 €
Belin, 2004

En conclusion de sa préface à l'ouvrage, Hubert Curien, grand scientifique récemment disparu et grand pédagogue, écrit : « *Nous avons un grand besoin d'ouvrages scientifiques de qualité : en voilà un qui vient à son heure* ». Nous souhaitons dire ici que cette appréciation laudative vaut aussi bien pour un public de chimistes que de physiciens.
Il s'agit d'un fort volume, structuré en trois parties (les outils à l'échelle du nanomètre, les nano-objets, propriétés et applications) et 19 chapitres. Chaque chapitre est rédigé par un ou plusieurs spécialistes français de chacun des sous-domaines. Le sous-titre précise nanotechnologies et nanophysique.
La première partie décrit les outils (lithographie, gravure, croissance de nano-objets sur les surfaces, microscopie à effet tunnel et à champs de force, champ proche optique, émergence des nanolithographies) qui ont permis la création des premiers objets et le développement des techniques d'études sans lesquels l'exploration du nanomonde à l'échelle de l'atome ou de la molécule serait impossible. La troisième partie décrit successivement l'électronique ultime (extrapolée des procédés actuels), ou l'électronique alternative (fondée sur de nouveaux composants, à un électron, mésoscopiques ou supraconducteurs, le nanomagnétisme et l'électronique de spin, le stockage de l'information, l'optronique, et les simulations numériques). Ces deux parties sont bien entendu à forte connotation physique.
Cependant, dans la deuxième partie relative aux nano-objets, à côté des chapitres sur les agrégats, colloïdes et nanofils, plus physiques, les chapitres sur les fullerènes et les nanotubes et sur les nano-objets moléculaires font la part belle à la chimie, et notamment à la chimie moléculaire. Il en va de même dans la troisième partie pour le chapitre relatif à l'électronique moléculaire qui est particulièrement didactique sur un sujet pourtant fort complexe. La biologie n'est pas absente avec un chapitre d'introduction à la nanophotonique pour la biologie.
L'ouvrage permet donc au chimiste de prendre connaissance de l'évolution rapide des concepts et des techniques en physique et en technologie, mais aussi de découvrir en quoi la chimie apporte dès aujourd'hui et peut apporter demain de nouveaux matériaux pour la nano-électronique ou l'électronique moléculaire. La somme des connaissances en matière de synthèse n'est pas pour rien dans l'avance rapide du domaine.
On comprend mieux cette interpénétration des disciplines après avoir lu l'introduction, où les éditeurs du volume montrent comment l'avènement proche des nanotechnologies risque de se faire en bouleversant l'évolution tranquille des dernières décennies en microélectronique au prix de « révolutions » non seulement au niveau des concepts (un monde « tout quantique »), mais aussi au niveau de l'approche des matériaux et des fabrications. L'approche « top-down », celle de la miniaturisation, si efficace jusqu'alors, où la physique statistique maintient ses droits, va devoir se doubler d'une approche « bottom-up », assemblant les nano-éléments par le bas : « le

transistor sera-t-il remplacé par des molécules ? Le fil de cuivre par des nanotubes de carbone ? ».
Il s'agit donc d'un immense chantier (où comme l'a dit R. Feynman : « *there is plenty of room at the bottom* »), dans lequel les sciences ne sont plus isolées, ne peuvent plus travailler en autarcie, et peuvent/doivent apporter chacune le meilleur d'elle-même en le faisant encore fructifier au contact des autres. Cette démarche est assurément, profondément, intrinsèquement pluridisciplinaire. Les éditeurs soulignent que cela crée de nouvelles obligations au niveau des programmes, des laboratoires comme de la formation des jeunes scientifiques. C'est l'un des objectifs de l'ouvrage que d'aider à cette formation, en proposant un ensemble homogène, mais qui peut être abordé par l'un ou l'autre des chapitres. La présentation très lisible, les figures remarquablement réalisées, aident au plaisir de la lecture d'un texte par ailleurs rigoureux. Un regret cependant – facile à effacer lors de futures éditions : l'absence d'un index.
Hubert Curien suggère avec raison dans sa préface que la part prise par la biologie dans les nanosciences est telle que cette discipline mériterait à elle seule un volume équivalent à celui-ci. Il ne paraît pas déplacé de suggérer pour terminer que la chimie – science centrale – dans ses diverses composantes (chimie moléculaire, chimie du solide, chimie des matériaux, chimie physique et chimie quantique), pourrait de son côté entreprendre une initiative semblable, dans le même esprit pluridisciplinaire, didactique et ouvert. Un tel ouvrage ne viendrait-il pas lui aussi à son heure ?

**Michel Verdaguer**




**Nanotechnology - An introduction to nanostructuring techniques**
M. Kohler et W. Fritzche
272 p., 85 £
Wiley VCH, 2004

Cet ouvrage est une introduction aux techniques de nanostructuration des matériaux de l'électronique qui sont essentiellement basées sur des méthodes physiques et correspondent aux applications relatives à l'approche « top-down ».
L'introduction au nanomonde présente un survol général de toutes les notions essentielles qu'il faut intégrer pour aborder les nanosciences. La présentation des objectifs et des enjeux ainsi que le choix des méthodes sont clairement exposés, montrant toutes les conséquences que l'étude et la manipulation à l'échelle nanométrique imposent sur la détection et la mesure des propriétés.
Le chapitre 2 n'apprendra rien aux chimistes puisqu'il s'agit d'une présentation succincte d'un certain nombre d'éléments qui constituent les fondements de la chimie (molécules, liaisons, interactions, supramolécularité, etc.). A l'inverse, on entre avec le chapitre 3 dans le vif du sujet par la présentation des technologies utilisées pour le traitement des surfaces à l'échelle micrométrique. La description des technologies actuellement utilisées pour la préparation des composants électroniques par les techniques de masquage est bien détaillée. En outre, toutes les méthodes de déposition de métaux – préparation des couches minces, dépôts chimiques en phase vapeur (avec ou sans activation préalable), etc. – sont aussi exposées de manière très claire. Il en va de même des techniques de formation de couches minces d'oxydes (« spin coating »).
La préparation des nanostructures est développée dans le chapitre 4. Il s'agit de la présentation des méthodes qui sont en cours de développement pour permettre l'accès aux composants électroniques de taille submicronique (0,1 $\mu$) indispensables à leur miniaturisation. Le principe de ces méthodes est bien présenté et clairement illustré par quelques exemples. La nanolithographie fait l'objet d'un exposé approfondi qui détaille toutes les possibilités susceptibles de façonner la surface d'un composant à l'échelle submicronique. En effet, l'emploi des radiations électromagnétiques ne permettant pas de descendre en dessous du micron, il devient nécessaire d'envisager l'utilisation de l'UV lointain ou des rayons X. Les premières approches sont décrites ainsi que les possibilités offertes par les microscopies à champ proche. Les techniques de nanolithographie utilisant les émissions d'électrons ont déjà permis d'obtenir des nanostructures (80 nm).
Le chapitre 5 est dévolu à la présentation des nanostructures d'origine chimique étudiées à ce jour : diélectriques, minéraux, métaux, semiconducteurs (Si et AsGa), nanotubes de carbone. Les structures à caractère organique sont présentées ainsi que les couches de Langmuir-Blodgett. Une attention particulière est donnée au traitement chimique de surface des matériaux siliciés et particulièrement dans le cas de molécules chélatantes, de biomolécules et d'architectures supramoléculaires.
Le chapitre 6 est consacré à la caractérisation des nanostructures obtenues en surface par les techniques disponibles : « secondary ion mass spectometry » (SIMS), spectroscopie Auger, etc. Les deux derniers chapitres traitent des développements plus particuliers et sont orientés vers le futur des nanotechnologies.
Ce livre est accessible aux chimistes désireux d'acquérir quelques lumières sur des technologies actuellement utilisées et celles qui sont susceptibles de voir le jour dans les proches années. Il est facile à lire, clairement illustré et bien documenté car il se réfère aux principales revues relatives à chacun des domaines concernés.

**Robert Corriu**

**Les nanotechnologies**
M. Wautelet et coll.
224 p., 22 €
Dunod, 2003

Cet ouvrage, conçu et écrit en français par une équipe d'auteurs enseignants et chercheurs à l'Université de Mons-Hainaut en Belgique, est une introduction aux nanotechnologies qui s'adresse à un large public : étudiants scientifiques et esprits curieux et cultivés. Il comporte neuf chapitres et trois brèves annexes (sur les techniques de microscopie électronique, de spectroscopie de photoélectron et d'imagerie RMN).
Dans la révolution nanotechnologique (chapitre 1), M. Wautelet précise les enjeux qui font passer de la micro- à la nano-électronique, du monde macroscopique au nanomonde, du fondamental – avec une physique

différente – à de multiples applications. Il poursuit dans le chapitre 2 en donnant les bases structurales et thermodynamiques de la structure et de la cohésion des surfaces, des interfaces et des nanoparticules (amas d'atomes, fullerènes et nanotubes). Le chapitre 3 porte sur la structure électronique des nanosystèmes, analysée à l'aide de la théorie de l'électron libre jusqu'au puits quantique et au blocage de Coulomb. Les chapitres suivants sont à la charge de plusieurs auteurs : électronique moléculaire, neuroélectronique, électronique plastique, fabrication des nanostructures. L'électronique moléculaire (chapitre 4), inscrite dans l'effort de miniaturisation, décrit les fils, les rectificateurs, les transistors, les diodes et les mémoires moléculaires, avec des explications élémentaires mais efficaces. La neuroélectronique (et la problématique neurone/transistor, l'ordinateur à ADN) est rapidement évoquée (chapitre 5). Les développements sur l'électronique plastique (chapitre 6), particulièrement intéressants, combinent des rappels fondamentaux sur les polymères conducteurs, le couplage électron-phonon, le dopage, les propriétés optiques et les applications industrielles permises par « l'électronique plastique » : diodes organiques électroluminescentes, détecteurs photovoltaïques et cellules solaires, transistors organiques et circuits intégrés plastiques. Le chapitre 7 décrit brièvement les techniques « classiques » de fabrication des nanostructures et évoque le rôle que pourrait y jouer la chimie supramoléculaire. Dans le chapitre 8, le lecteur est invité par MM. Alexandre et Dubois à entrer dans le monde des nanocomposites à matrice organique. Le chapitre 9 est consacré au nanomagnétisme avec un rappel sommaire du magnétisme dans la matière, un bref paragraphe sur les colloïdes magnétiques, l'utilisation des nano-aimants en thermothérapie et le biomagnétisme.

Même avec des développements théoriques élémentaires sur chacun des problèmes abordés (un étudiant de licence-maîtrise, pardon : de licence 3-master 1, doit pouvoir suivre aisément les raisonnements), le parti pris des auteurs de présenter un panorama aussi complet que possible en peu de place les contraint à être parfois schématiques ou à ne pas traiter tel aspect particulièrement attirant – je pense par exemple aux machines moléculaires ou aux aimants à précurseurs moléculaires et aux molécules-aimants – et le lecteur plus averti reste parfois sur sa faim.

On mesure également combien le domaine évolue rapidement. Depuis la parution du livre, de nombreux développements sont intervenus et de nouvelles voies se sont ouvertes. Il n'en reste pas moins que le livre est une introduction simple et utile à un domaine scientifique extrêmement vaste, qui va du plus petit au plus complexe.

Jean-Marie Lehn peut ainsi indiquer dans sa préface que l'on peut être reconnaissant aux auteurs de poser les bases des nanotechnologies et d'introduire ainsi le lecteur à un monde où « *par-delà la miniaturisation s'ouvre l'ère de la complexification* ».

**MV**

**Nanotechnologies**
**La révolution de demain**
M. et D. Ratner
191 p., 23 €
Campus Press, 2003

Il s'agit d'un ouvrage de vulgarisation écrit par deux acteurs actifs du développement des nanotechnologies, Mark Ratner étant l'un des précurseurs de l'idée d'« électronique moléculaire ». Le livre est donc traduit – parfois maladroitement – de l'anglais où le titre est plus savoureux que le titre français : « Nanotechnology, a gentle introduction to the next big idea ». Ce livre clair, bien illustré, comportant un utile glossaire, se lit avec plaisir. Les photos proviennent des laboratoires et des entreprises, en noir et blanc dans le texte et reprises en couleurs en annexe.

Les trois premiers chapitres présentent les nanotechnologies, leur importance et leurs bases scientifiques, introduites de manière très simple. Les puristes trouveront évidemment que certains raccourcis, images ou comparaisons sont par trop simplifiés… Le chapitre 4 est consacré aux outils des nanosciences (instruments d'étude et fabrication physique ou chimique). Le chapitre 5 fait un tour d'horizon des domaines de recherche, qui sont approfondis tour à tour dans les chapitres suivants consacrés aux matériaux dits « intelligents » (traduction malencontreuse et trop répandue du mot « smart ») : détecteurs, applications biomédicales, optique et optoélectronique, marché des nanotechnologies (présenté de manière qualitative, sans données chiffrées). Le dernier chapitre, « Les nanotechnologies et nous », commente de manière critique les perspectives (grisantes ou terrifiantes) de l'application des nanotechnologies dans notre société et aborde les questions éthiques : « *Aussi avons-nous besoin, non seulement de scientifiques et d'ingénieurs, mais également de philosophes, d'hommes de loi, de théologiens et d'hommes politiques, afin de mener une réflexion éthique aussi pertinente que possible.* »

Cet ouvrage, justement présenté par les auteurs comme un « voyage au pays des nanotechnologies », permet à la fois d'en découvrir les différents aspects, en s'appuyant de manière vivante sur les derniers résultats (en 2003) des équipes de recherche, mais aussi de décrypter de manière critique le discours des thuriféraires ou des détracteurs des nanotechnologies. On comprend mieux après sa lecture, les promesses du domaine et ses périls potentiels.

**MV**

## A signaler

**Nanosciences, nanotechnologies**
**Rapport sur la science**
**et la technologie n° 18**
Académie des sciences, Académie des technologies
480 p., 90 €
Éditions Tec & Doc, 2004

Ce rapport élaboré par une commission *ad hoc* de l'Académie avec de nombreux experts est à l'origine de ce numéro de *L'Actualité Chimique* pour la partie chimie moléculaire. On y trouve les conclusions communes des académiciens et les recommandations de l'Académie.

**Nanotechnology**
G. Timp (ed)
696 p., 102 €
AIP Press, Springer, 1999

Une approche pluridisciplinaire et très documentée par 26 experts internationaux qui fait le point de trente années de développements scientifiques et instrumentaux.

**Encyclopedia of nanoscience and nanotechnology**
H. Singh Nalwa (ed)
10 000 p., 6 992 $
American Scientific Publishers, 2004

Encyclopédie en dix volumes (la première dans le monde) couvrant tous les domaines des nanosciences et des nanotechnologies, pour tout public.

**Molecular electronics**
J. Jortner, M. Ratner (eds)
485 p., 125 $
Blackwell Science, 2003

Publication de l'UIPAC faisant le point sur les développements de l'électronique moléculaire.

**Nanostructured materials**
H. Hoffmann, Z. Rahmann,
U. Schubert (eds)
194 p.
Springer, 2002

Numéro spécial de *Chemical Monthly* reportant les résultats d'une action COST éponyme.

**Molecular magnets**
**Recent highlights**
W. Linert, M. Verdaguer (eds)
210 p., 129,95 €
Springer, 2003

Numéro spécial de *Chemical Monthly* portant sur les résultats d'un programme éponyme de la Fondation Européenne de la Science.

**Nanoscale materials in chemistry**
K.J. Klabunde (ed)
292 p., 99,90 €
Wiley Interscience, 2001

Une introduction à la synthèse, la liaison et les applications des matériaux nanocristallins.

**Voir aussi...**

- *Handbook of nanoscience, engineering, and technology*, W.B. Goddard, D.W. Brenner, S.E. Lyskevski (eds), CRC Press, 2002, 149,95 $.
- *Molecular nanoelectronics*, M.A. Reed, T. Lee, American Scientist Publishers, 242,75 €.
- *Demain le nanomonde*, J.-L. Pautrat, Fayard, 2002,18 €.

## Le phénomène « nano » dans *L'Actualité Chimique*

Au cours de ces dernières années, *L'Actualité Chimique* a publié divers articles relatifs aux nanosciences : nano-objets, nanotechnologies, etc. Nous en faisons mention ci-après et vous informons que ce type d'information peut être facilement obtenu grâce au nouveau site web de la revue : www.lactualitechimique.org

### *Nanocomposites*
- F. Leroux, J.-P. Besse, Édifices lamellaires inorganiques/polymère : une valeur ajoutée mutuelle. Le cas des hydroxydes doubles lamellaires, **2004**, *274*, p. 23.
- C. Gallet, J.-C. Prévôt, J.-C. Daniel, Nanocomposites à charges lamellaires et matrice polymère. Compte rendu d'un atelier de prospective, Lyon, 20-21 mars 2003, juillet **2003**, p. 58.

### *Nanoencapsulation, applications industrielles*
- C. Duclairoir, Encapsulation et applications industrielles, juin **2000**, p. 24.

### *Nanomatériaux*
- A. Rousset, Sur quelques aspects des nanomatériaux, **2005**, *288*, p. 15.
- G. Schorsch, BASF/ISIS : une cohabitation originale dans les nanomatériaux, **2004**, *279*, p. 29.
- J.-C. Nièpce, Condensateurs céramiques multicouches, mars **2002**, p. 74.

### *Nanoparticules*
- P. Rodriguez, L. Reinert, M. Comet, H. Fuzellier, Synthèse de microtubules de dioxyde de titane par réplique de fibres de carbone et de particules submicrométriques supportées, **2005**, *283*, p. 32.
- C. Pichot, D. Labarre, J.-C. Daniel, Nanoparticules polymères dans les sciences de la vie. Compte rendu de l'atelier de prospective EPF-GFP-UPMC, Paris, 24-25 mai 2004, **2005**, *282*, p. 55.

### *Nanoparticules et médicaments*
- K. Andrieux, D. Desmaële, J. D'Angelo, P. Couvreur, Nanotechnologies et nouveaux médicaments, nov.-déc. **2003**, p. 135.

### *Nanoparticules, nano-objets, magnétisme*
- C. Amiens, B. Chaudret, M. Respaud, P. Lecante, Synthèse organométallique de nano-objets magnétiques aux propriétés physiques contrôlées, **2005**, *283*, p. 19.
- S. Dubois, J.-L. Duvail, L. Piraux, Élaboration et propriétés physiques de nanofilaments métalliques obtenus par voie électrochimique, avril **2000**, p. 42.

### *Nanotubes*
- P. Poulin, Fibres de nanotubes de carbone : intelligentes, musclées et sensibles, **2005**, *282*, p. 13.
- F. Lamari Darkrim, P. Malbruno, Les nanotubes de carbone et le stockage de l'hydrogène, décembre **2001**, p. 43.
- P. Delhaès, Les matériaux carbonés, décembre **2000**, p. 8.