Veille & Stratégie

DAS : Veille technologique et Observatoire des modes de vie

Avril - Mai 2005 n° 35

Editorial :

Nanosciences/Nanotechnologies

Tout au long de ces dernières années, nous avons suivi les développements des NBIC qui se réfèrent à la **combinaison et aux synergies de quatre grands champs scientifiques** (nanotechnologies, biotechnologies, technologies de l'information, sciences cognitives) et donné des éclairages sur les débats actuels de ces technologies dites « émergentes » pour la société civile.
Les derniers numéros de la lettre *Veille & Stratégie* font un état régulier de ces développements, de leurs enjeux et des débats qui en découlent en France, comme au plan international.

La Cité est engagée dans son **troisième programme « Les secrets de la matière »** pour la période 2006, 2007, 2008 ; programme qui traite des sciences de la matière et des matériaux et qui abordera dans un de ses axes éditoriaux « Matière et innovation », le sujet de la **maîtrise de l'infiniment petit**, **avec l'essor des nanotechnologies**. Les questions que soulèvent ces nouvelles technologies concernent tant le chercheur, l'ingénieur, l'industriel que le citoyen.
Rappelons qu'en 2007/2008, une **exposition itinérante « Nanotechnologies et société »** fera l'objet d'une co-production entre la Cité et trois centres de culture scientifique, technique et industrielle en région, celui de Grenoble qui pilotera le projet et ceux de Bordeaux et Marseille.

Afin de **faciliter la lecture du travail de veille** effectué pour les responsables et chefs de projets de l'établissement, tant dans le domaine des expositions que des séminaires, conférences et débats, nous avons **sélectionné et réuni en une lettre spéciale les articles consacrés aux nanosciences et nanotechnologies. Nous y avons aussi intégré les informations les plus récentes.**

Ces articles s'inscrivent dans une temporalité (2001-2005), mais traitent d'aspects de plus en plus d'actualité et permettent de contextualiser l'ensemble des enjeux et débats autour des nanosciences et des nanotechnologies.

Ils sont regroupés autour de cinq items : Les « technologies convergences », enjeux, débats, stratégies, communication/médiation.

Pour mémoire:
Nanosciences : discipline scientifique qui étudie les phénomènes à l'échelle nanométrique.
Nanotechnologies : applications des nanosciences dans la fabrication des dispositifs technologiques.
Nanomètre = un milliardième de mètre = 10^{-9} m.

Sommaire

1. Les « technologies convergentes » : Nano-Bio-Info-Cogno 4

Un rapport de la NSF sur les NBIC et la nouvelle Renaissance 4

2. Enjeux 6

2.1. Les nanotechnologies et leurs développements : historique, enjeux industriels et sociaux 6
2.2. Les produits nanométriques débarquent sur le marché 11
2.3. Maîtriser la matière : des nanotechnologies pour tout faire 12
2.4. Crolles 2 : pour l'infiniment petit, des investissements géants 12
2.5. Les nanopoudres dans une start-up 13
2.6. Le laser Mégajoule pour étudier le domaine de fonctionnement nucléaire 13
2.7. Apprivoiser la machine : l'interface homme-machine 14
2.8. Les nouveaux matériaux 15
Répertoire d'une sélection de matériaux ayant des propriétés, entre autres, de légèreté 15

3. Débats 16

3.1. Ray Kurzweil : les implications sociales des nanotechnologies 16
3.2. Dominique Lecourt : « La technique et la vie » 19
3.3. France 21
« Pour une évolution normative du programme nanotechnologie » 21
Nanosciences et progrès médical (rapport de l'OPECST) 23
« Les nanotechnologies, un défi pour le XXIe siècle ? » 24
« Un collectif de citoyens et de scientifiques grenoblois » 25
3.4. Allemagne 25
Nanoparticules (aérosols ultrafins) sur les lieux de travail 25
3.5. Grande-Bretagne 25
« Les défis sociaux et économiques des nanotechnologies » (juillet 2003) 25
« Technologies futures, choix d'aujourd'hui » (juillet 2003) 25
« Préoccupations en matière de sécurité, avantages et risques des nanosciences et des nanotechnologies » (novembre 2003 - premier semestre 2004) 26
3.6. Italie 26
Les nanotechnologies sont-elles dangereuses ? 26
3.7. Canada 26
« The Big Down - Atomtech : Technologies Converging at the Nanoscale » 27
« Mind the gap : science and ethics in nanotechnology » 27
3.8. Etats-Unis 27
The Foresight Institute et les naotechnologies 27
« Nanoparticules produites par les moteurs diesel » 27
Congrès de l'AAAS, du 17-21 février 2005 28
« Université de Rice » 28
« Usages militaires, usages terroristes ? » 28
Center for Responsible Nanotechnology (CNR) 29
3.9. Japon 29
« L'influence des nanomatériaux sur le corps humain » 29

4. Stratégies 30

4.1. France 30
Académie des Sciences / Académie des technologies 2004 30
Nanosciences et nanotechnologies au ministère délégué à la Recherche 30
Réseaux de recherche et d'innovation technologiques (RRIT) 31
Les nanomatériaux dans l'industrie 32
Appel à projets scientifiques du ministère délégué à la Recherche 34
4.2. Europe 35
Une priorité pour l'avenir de l'Europe 35
Appel à projets en Europe 36
4.3. Etats-Unis 36
Une enveloppe de 3,7 milliards de dollars sur quatre ans pour les nanotechnologies 36

5. Information / Communication **37**

5.1. Des informations sur les nanotechnologies pour le public et les enseignants 37
A la découverte du nanomonde *37*
Nanosciences & nanotechnologies *37*
Voyage au cœur de la matière sur le site de Futura-sciences *37*
Comprendre : la nano en clair *37*
« Putting nano in the Picture » *37*
Film nano : «The next dimension » *38*
Des « nanoputiens » pédagogues *38*
Des interviews de chercheurs du MIT *38*
5.2. Expositions 38
5.3. Ouvrages et de revues 43
5.4. Colloques 45

Pour conclure : **46**

Nous vous conseillons l'excellent livre de Bernadette Bensaude-Vincent – 79 pages, paru avant « Faut-il avoir peur de la chimie ? » (voir la liste des ouvrages) : **46**

«Se libérer de la matière ? Fantasmes autour des nouvelles technologies» 46

1. Les « technologies convergentes » : Nano-Bio-Info-Cogno

Un rapport de la NSF sur les NBIC et la nouvelle Renaissance

Il faudra sans doute s'y faire : après le temps finalement très court, des NTIC – nouvelles technologies de l'information et de la communication – **voici venu l'ère des NBIC**, **soit Nanotechnologie, Biotechnologie, [technologies de l'] Information, [sciences] Cognitives.** Et cette ère serait par ses dimensions et ses enjeux comparable à ce **qu'a été la Renaissance en Europe**, avec l'apparition de nouvelles sciences et techniques, dans **un contexte social et mondial en pleine mutation**, **obligeant à une totale réorganisation des savoirs**, un changement de paradigme, avec pour figures symboliques les artistes et ingénieurs florentins.

Là aussi, il est beaucoup question **d'abattre les frontières entre les disciplines, les cultures et les institutions**. C'est même le leitmotiv **d'un rapport sur ces NBIC** rendu public en 2002 par **la National Science Foundation**, rapport de 405 pages, coordonné **par Mihail C. Roco et William S. Bainbridge**, tous deux **spécialistes des nanotechnologies et de prospective**.

- **Extraits :**

« Dans les premières décennies du 21ème siècle, des efforts focalisés peuvent unifier des sciences en se fondant sur l'unité dans la nature. Il s'agit ainsi de **progresser dans la combinaison des nanotechnologies**, **des biotechnologies, des technologies de l'information et des nouvelles technologies appliquées à l'homme ayant leurs sources dans les sciences cognitives.** Avec **l'attention qu'elles méritent,** aux **enjeux éthiques et aux besoins sociétaux**, ces technologies convergentes peuvent déterminer d'immenses améliorations dans les capacités humaines, les réalisations sociales, la productivité de la nation et la qualité de la vie. **Par l'étendue de ses conséquences**, **leur confluence, par ses effets émergents, son opportunité**, c'est **une chance à saisir par les individus, la société et l'humanité** pour le long terme.
L'expression « **technologies convergentes** » se réfère à la **combinaison et aux synergies des quatre grands champs scientifiques, les NBIC (Nano-Bio-Info-Cogno),** chacun desquels progresse aujourd'hui à un rythme soutenu : les nanosciences et les nanotechnologies ; les biotechnologies et la biomédecine y compris le génie génétique, les technologies de l'information incluant l'informatique de pointe et les communications ; les sciences cognitives comprenant les neurosciences cognitives.

- **Des opportunités immenses :**

La convergence des diverses technologies est fondée sur **l'unité de la matière à l'échelle moléculaire** et sur **l'intégration technologique à ce niveau**. Les avancées révolutionnaires aux interfaces de domaines jusque-là séparés des sciences et technologies sont propices à la création d'outils décisifs de transformation des NBIC.
Les **développements actuels dans l'étude des systèmes**, **en mathématiques et informatique,** nous permettent pour la **première fois de comprendre le monde naturel et la recherche scientifique comme des systèmes complexes, hiérarchisés, étroitement couplés.** A ce moment unique de l'histoire du progrès technique, l'amélioration de l'action humaine grâce à l'intégration des technologies devient possible.
Par exemple, les retombées concerneront aussi bien **une meilleure efficience du travail**, de **l'apprentissage**, par le renforcement des aptitudes sensorielles et cognitives individuelles, des **changements révolutionnaires en matière de santé**, l'amélioration de **la créativité individuelle** et **collective**, **l'optimisation des techniques de communication y compris l'interaction mentale** entre personnes, le perfectionnement des **interfaces hommes-machines** avec **l'ingénierie neuromorphique**, le renforcement de nos moyens de défense et de sécurité, la mise en œuvre d'un développement durable utilisant les outils fournis par les NBIC, des remèdes pour atténuer le déclin physique et intellectuel du vieillissement…

Ce rapport cherche à répondre à quelques questions-clés **:**
Quelles sont les implications de ces sciences unificatrices et de ces technologies convergentes ? Quelles idées visionnaires peuvent guider la recherche pour le plus grand bénéfice de l'humanité ? Quelles sont les priorités de recherche et d'éducation ? Comment pouvons-nous développer une stratégie nationale évolutive pour renforcer nos capacités individuelles et collectives ? Qu'est-ce qui doit être accompli pour atteindre les meilleurs résultats dans les 10 à 20 années prochaines ? ...
Vers une science unificatrice et des technologies convergentes. L'évolution d'une architecture hiérarchisée [des savoirs] afin d'intégrer sciences de la nature et sciences de l'homme selon plusieurs échelles, dimensions, modalités de données, sera nécessaire. Il y a un demi-millénaire, **les maîtres de la Renaissance** étaient experts en différentes disciplines simultanément.
Aujourd'hui, cependant, **la spécialisation a fait éclater les arts et ingénieries**, et nul ne maîtrise plus qu'un infime fragment de créativité humaine. **La convergence des sciences peut initier une nouvelle renaissance,** incorporant une vue holiste de la technologie fondée sur des outils de transformation, les mathématiques des systèmes complexes, une compréhension unifiée du monde physique et de sa causalité, de l'échelle atomique à celle des planètes. »
www.nsf.gov/
Rapport en anglais : itri.loyola.edu/ConvergingTechnologies/

2. Enjeux

2.1. Les nanotechnologies et leurs développements : historique, enjeux industriels et sociaux

Quelques brefs rappels historiques

Dans une conférence tenue en décembre 1959, à l'Institut californien de technologie (Caltech), **le physicien américain, prix Nobel, Richard P. Feynman** s'était interrogé sur la possibilité de faire tenir les collections de la Bibliothèque du Congrès, du British Museum et de la Bibliothèque Nationale, soit 24 millions de volumes sur une tête d'épingle de 1,5 mm de diamètre. Avec cet exemple, il avait circonscrit les principales problématiques de ce qu'est devenue la microélectronique et de ce que sont appelées à devenir les nanotechnologies.

Depuis quarante ans les spéculations de Feynman ont été constamment relayées et mises en œuvre par la communauté scientifique et par l'industrie à l'aide de moyens humains et financiers importants. L'appel de Feynman a eu pour **écho les formulations de Gordon Moore, l'un des fondateurs d'Intel, qui en 1965, puis en 1971**, a énoncé, à l'appui des travaux sur les transistors, puis sur les microprocesseurs, **sa loi** aux termes de laquelle **la puissance des composants doublerait, à taille égale, tous les dix-huit mois**.
En fait, la loi de Moore est devenue le **plan de bataille de la microélectronique**, les acteurs du secteur suivent de près ces projections, à savoir, la réduction de la taille des motifs gravés dans le silicium devrait passer de 180 nm en 2000 à 70 nm en 2010. La quantité d'informations stockée en mémoire sur une puce passera, dans ce même laps de temps, de 1 à 64 gigabits (64 milliards d'informations binaires).

Le secteur des semi-conducteurs a répondu à cette axiomatique en réussissant à organiser la réduction géométrique des composants, effort important de miniaturisation, qui a réduit depuis 1960 la taille des composants d'un facteur dix mille. Les dernières générations accueillent plusieurs dizaines de millions de transistors - les composants élémentaires des circuits - sur quelques centimètres carrés.
L'industrie a engrangé une progression peu comparable en termes de coût/performance : un million de transistors, capables de stocker un livre de 200 pages, valait en 1973, le prix d'une maison. A l'avenir, il ne vaudra pas plus que 0,5 centime d'euro.
Aujourd'hui, l'apparition des microsystèmes, qui associent les fonctions numériques des microprocesseurs, soit à des fonctions analogiques - comme dans les téléphones portables - soit à des capteurs d'environnement (magnétique, thermique, acoustique, etc.), marque un nouveau stade de développement des technologies électroniques.

Cette évolution doit se poursuivre puisque **les applications nanoélectroniques des nanotechnologies** se profilent à l'horizon de cinq à dix ans.
Conférence de Richard P. Feynman consultable : www.zyvex.com/nanotech/feynman.html

La course vers l'infiniment petit : défis technologiques, espérances socioéconomiques

Face à la concurrence mondiale dans le secteur des semi-conducteurs, et, plus largement, la filière microélectronique et les nanotechnologies, le rapport remis par **Claude Saunier**, sénateur, pour l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), intitulé « *L'évolution du secteur des semi-conducteurs et ses liens avec les micro et nanotechnologies* », analyse le secteur et préconise des actions stratégiques à mettre en œuvre par la France et l'Europe.
Nous nous sommes appuyés sur son rapport et une série de documents complémentaires pour présenter les sujets suivants :

Le développement actuel des micro et nanotechnologies laisse présager que les objets de la vie quotidienne à l'horizon 2010-2015 exigeront de plus en plus de microprocesseurs, de plus en plus miniaturisés, mais il est aussi évident que **les conditions de la croissance des performances de la microélectronique deviennent de plus en plus complexes.**
En effet, à partir d'un certain stade de réduction géométrique (en deçà de 50 nm de taille des transistors), on se heurte à la barrière quantique, dont les implications de physique fondamentale sont, certes identifiées, mais pas contrôlées.
Cette barrière est actuellement approchée de deux façons :

- Par la « **descente** » (top-down) de la microélectronique vers la nanoélectronique, (du matériau massif, le cristal de silicium est découpé en fines tranches qui sont gravées, traitées, métallisées pour aboutir à la définition des circuits de chaque puce sur chaque tranche).
- Et par la « **remontée** » (bottom-up) des nanosciences et des nanotechnologies, (partir de petits éléments pour en faire des assemblages complexes).

Cette course à la puissance répond à de **multiples applications** :

- Développement des interfaces homme-machine, des capacités de traitement nécessaires au dialogue machine-machine (meilleure utilisation de l'Internet).
- La recherche en ce qui concerne le « réseau sémantique » (la machine pourrait accomplir ce que l'homme fait actuellement. Par exemple, la machine réservera automatiquement, lors d'un voyage, l'avion, l'hôtel et une voiture, mettra à jour son agenda, et débitera sa carte de crédit…)
- Les applications sur le traitement du son et de l'image qui ont besoin d'une grande puissance de calcul.

Les liens entre microélectronique et nanotechnologies

Pour comprendre les phénomènes de base de l'infiniment petit, il est nécessaire à cette échelle expérimentale de travailler parallèlement sur les nanotechnologies. La compréhension des comportements de la matière n'étant pas séparable alors de la mise au point des techniques nanométriques d'observation et d'assemblage des structures organiques ou des matériaux.

« Selon les scientifiques entendus par **Claude Saunier**, ceux-ci estiment que les nanosciences et les nanotechnologies sont encore largement dans le champ de la recherche académique et de ses interfaces avec les développements technologiques de base, et qu'elles ne déboucheront pas avant dix ou quinze ans. »

Dans un **rapport du Conseil national du renseignement américain** intitulé la « révolution technologique globale », la Rand Corporation s'est efforcée d'étudier les conséquences de la projection et les effets de synergies de trois grands domaines de recherche et de développement technologique : Les nouveaux matériaux, les nanotechnologies et la biologie à l'horizon 2015.
Le document annonçait entre autres, la montée des transversalités scientifiques et technologiques, ainsi que la place centrale **des micros et des futurs nanosystèmes dans les applications industrielles** des quinze prochaines années.

L'essor des microsystèmes et leurs développements industriels

Leurs domaines d'applications technologiques recouvrent des disciplines de plus en plus nombreuses (mécanique, optique, fluidique, chimie biologie, espace, etc.).
Les microsystèmes représentent un marché mondial de plusieurs dizaines de milliards d'euros. Les secteurs concernés : la liste ci-dessous est non exhaustive car le champ de ces nouvelles technologies est extensible à tous les domaines de la vie quotidienne :
L'automobile avec les capteurs ; **l'espace**, pour le guidage des microsatellites ; **les télécommunications**, pour les applications en téléphonie mobile tout comme pour les liaisons satellitaires ; **l'industrie alimentaire**, avec des microcapteurs chimiques servant au suivi du mûrissement des fruits ; **la médecine**, avec les capteurs de pression, notamment cardiaque ; **la biologie**

et ses laboratoires sur puces pour effectuer des tests à moindre coût ; **l'aéronautique**, pour une meilleure sûreté de fonctionnement et fournir des économies d'énergie.

Quelques différences entre micro et futurs nanosystèmes

La temporalité, les microsystèmes sont actuellement disponibles, les nanosystèmes seront sur le marché dans dix ou quinze ans.
Le changement d'échelle, de l'ordre d'un facteur 100.
La convergence des disciplines.
Le propos initial, n'est pas le même : d'un côté le couplage des acquis de la miniaturisation des microprocesseurs avec des interfaces de captage et de traitement de l'environnement, de l'autre l'utilisation de la façon dont la matière s'organise à l'échelle moléculaire.

Les domaines d'applications économiques et sociaux identifiés

Les possibilités d'application des nanotechnologies sont pratiquement infinies et touchent tous les domaines technologiques. Si une partie seulement de ces applications se concrétise, elle entraînera des bouleversements inédits au sein des industries : **automobile, aéronautique, chimique, électronique, pharmaceutique, de l'énergie, de l'environnement**, etc.

Industries automobile et aéronautique
Matériaux renforcés par des nanoparticules qui sont plus légers, **pneus** recyclables qui durent plus longtemps, **peinture extérieure** sur laquelle la saleté n'a pas de prise. **Plastiques ininflammables**, **textiles** qui se réparent d'eux-mêmes…
Pour l'exploration spatiale, **véhicules spatiaux** plus légers, **systèmes robotiques** plus petits et plus efficaces.

Electronique et communication
Enregistrement de données avec des médias utilisant les nanocouches et les points quantiques, **écrans plats, technologie sans fil**…

Industries chimiques
Des catalyseurs qui augmentent **l'efficacité énergétique** des usines de transformation chimique, ainsi que l'efficacité de la **combustion des véhicules moteurs** (diminution de la pollution), des outils de coupe très durs et résistants, des fluides magnétiques « intelligents » pour les **lubrifiants et les joints d'étanchéité**…

Industries pharmaceutiques et secteurs de la santé : les séquences d'ADN et les biopuces
L'utilisation de biopuces pour le diagnostic génétique de l'expression des gènes devrait permettre d'éviter l'application de lourds traitements postopératoires (chimiothérapie, radiothérapie, hormonothérapie ou immunothérapie). Elles pourront aussi être utilisées dans de nombreuses situations pathologiques (infection respiratoire, infection génitale), afin de permettre d'identifier rapidement l'agent pathogène responsable (bactérie, virus, levure ou parasite).
Applications nombreuses :
Techniques de diagnostic non intrusives,
Techniques de diagnostic *in vivo* et les systèmes d'alerte liés, (leader mondial la société américaine comme **Affymetrics**, : www.affymetrix.com)
Organes artificiels,
Thérapies anticancéreuses exactement ciblées,
Délivrances localisées et *in vivo* de médicaments en fonction des réactions de l'organisme,
Textiles médicaux,
Domotique reposant sur les **commandes vocales** pour les personnes âgées.

- *L'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (l'OPECST) a confié aux sénateurs* ***Jean-Louis Lorrain et Daniel Raoul****, la réalisation d'un rapport sur*

*« **Nanosciences et progrès médical** ». Deux axes principaux vont être explorés : le diagnostic, qui devrait être amélioré grâce aux biopuces et à l'extrême miniaturisation des instruments d'imagerie médicale (caméra intégrée dans une gélule pour les endoscopies par exemple ; les soins et la réparation du corps humain (criblage des molécules, puces pour administrer les médicaments, nano-implants, neuroprothèses…). Cette étude abordera une réflexion éthique et la prudence sera de mise pour distinguer très clairement les nanobiotechnologies réalisables des « machines à rêver ou à générer des financements » (cf. p. 23).*

Secteur manufacturier
Ingénierie de précision pour la nouvelle génération de **microscopes et d'instruments de mesures**, de nouveaux outils pour manipuler la matière au niveau atomique, des nanopoudres incorporées dans des matériaux leur donnant des propriétés spéciales telles que des senseurs qui détectent les bris imminents et des contrôles en mesure de corriger le problème…

Protection de l'environnement et développement durable avec les biopuces
Mise au point de nouveaux processus industriels, plus économiques en énergie et en matières premières.
Membranes sélectives qui peuvent filtrer les contaminants ou encore le sel de l'eau, des pièges nanostructurés pour enlever les polluants des rejets industriels.
L'ADN étant présent dans tous les organismes vivants, il est donc possible de préparer des biopuces dédiées à la détection de pollutions organiques ou microbiennes, notamment dans le domaine de la surveillance de l'eau, du lait et de bien d'autres produits alimentaires ou cosmétiques.
La Société **Biomérieux** s'est engagée dans cette voie en collaboration avec la **Lyonnaise des eaux.**

Domaines de la sécurité
Des applications multiples sont envisagées et développées. Elles concernent plutôt les applications militaires (systèmes personnels et protection des combattants, nanosystèmes de détection et de sécurité, textiles légers qui se réparent d'eux-mêmes, remplacement du sang, systèmes de surveillance miniaturisés), mais également des applications civiles. Des études sont menées sur les possibilités de détection de gaz par les nanotubes de carbone.

Industries traditionnelles
Certains secteurs, comme le textile, développent déjà des prototypes dits textiles intelligents : vêtements délivrant du parfum grâce à des microvalves, d'autres incorporant des capteurs pour les usages sportifs (tensiomètre) ; certains vêtements incluent des systèmes d'information sur le textile ou l'état de propreté, permettant d'auto régler les machines à laver, vêtements avec GPS pour donner l'alarme quand un enfant s'éloigne d'un certain périmètre ou vêtements intégrant un système de lecture de musique tout en restant lavables.

Essor des nanosystèmes et stratégies politiques

Certains états ont pris conscience du **contrôle scientifique de ces technologies** et se donnent tous les moyens d'encourager les filières de hautes technologies, en engageant des **politiques de formation de chercheurs et d'ingénieurs adaptées aux contraintes d'interdisciplinarité** de ces nouvelles disciplines et en dégageant des **fonds importants pour la recherche et le développement. Ils définissent de véritables politiques industrielles de soutien.**

Il semble pourtant que la **France et l'Europe prennent actuellement du retard**. Le commissaire européen à la Recherche, **Philippe Busquin**, communiquait en **juin 2002** « que les dépenses de recherche et développement technologique atteignaient 288 milliards d'euros au cours de l'année 2000 aux Etats-Unis contre seulement 164 milliards d'euros dans l'UE. **A parité et prix constants, il y avait un écart de 100 milliards d'euros en 2000**, alors qu'en 1994, **il était de 51 milliards et n'a cessé de croître** depuis cette date. Cette évolution confirme **l'importance et l'urgence d'atteindre**

l'objectif fixé par le Conseil européen de Barcelone d'augmenter les dépenses de recherche-développement dans l'Union pour approcher 3% du PIB en 2010 ».

Aujourd'hui, les Etats-Unis, avec environ, 4 milliards de dollars (50% allant à la recherche militaire) viennent en tête des dotations budgétaires concernant les micro et nanotechnologies, le Japon, (1,3 milliards) arrive en deuxième position. Les Etats-Unis, le Japon et Taïwan, depuis ces dernières années, pratiquent une intervention massive sur des disciplines précisément ciblées et les soutiens publics ont beaucoup plus augmenté qu'en Europe.
Une dotation de 500 millions d'euros, pour les pays de l'Union européenne, dont environ **150 millions pour l'Allemagne et seulement 50 millions pour la France** (cf. Le 6e PCRD, Veille & Stratégie n° 22-23, septembre 2002).

Toutefois, la **France dispose d'atouts industriels** dans le secteur de la microélectronique, avec une dizaine d'unités de production, dont quatre de 200 mm et une de 300 mm à Crolles près de Grenoble. Elle dispose également d'un **potentiel scientifique assez largement implanté sur le territoire**. Pourtant, d'après le **rapport de Claude Saunier,** « une mission d'experts américains invités par les autorités françaises, a estimé que si certains centres menaient des recherches et développements intéressants, **un seul de ces centres, celui du CEA-LETI, était de niveau mondial ».**

Pour soutenir les filières de haute technologie et adapter cette politique aux évolutions de l'environnement mondial, **Claude Saunier** propose dans son rapport l'établissement d'une « **loi de programme** dédiée à la recherche et aux filières de haute technologie » afin de donner à l'Etat une lisibilité de son action sur le long terme. Il suggère ensuite, afin de mieux coordonner les acteurs concernés, d'instituer, auprès du Premier ministre, un **« Conseil pour la politique scientifique et technologique »** et de créer une **« conférence bisannuelle de concertation entre les centres de recherche et les industriels ».**

Claude Saunier suggère également entre autres, que le soutien à la filière technologique s'adresse à toutes ses composantes, dont la recherche académique et la recherche menée par les industriels du secteur, de **remédier** à la **crise des vocations scientifiques,** de mettre en **place un crédit d'impôt recherche** et la mise à l'étude de l'opportunité de la création de fondations destinées à jouer un rôle complémentaire à celui des acteurs publics.
Cet ensemble de propositions est globalement **soutenu par les industriels réunis au sein de Sitelesc** (Syndicat des industries de tubes électroniques et semi-conducteurs).

Bernard Faure, président sortant de Sitelesc, note dans une interview au journal *La Tribune* le 2 avril 2003, « la France est en retard sur ses concurrents européens en dépit de la qualité de sa R&D et de sa formation ». La France ne représente que 13% du marché européen (27,8 milliards de dollars) contre près de 31% pour l'Allemagne. Quant à **Michel Dumont**, nouveau président du Sitelesc, il prévient que « l'Europe est menacée par les transferts de production, de développement et de centres de recherche en Chine du Sud ».

Le Public doit rester en éveil

Pour approfondir les domaines d'applications, se reporter à l'excellent livre de **Jean-Louis Pautrat** « Demain le nanomonde - voyage au cœur du minuscule », le temps des sciences, édition Fayard janvier 2003.
Jean-Louis Pautrat, décrit les différentes applications concrètes des nanotechnologies, depuis le **transistor** constitué d'une seule molécule jusqu'aux **nanorobots** capables de soigner chaque cellule du corps humain, en passant par la rétine artificielle en silicium, le nez électronique ou les protéines dressées pour reconnaître un matériau.
L'auteur aborde la séduction que provoque ces recherches et développements autant qu'ils inquiètent. Il nous laisse entrevoir les risques d'un développement non réfléchi de ces technologies. Il engage à la « **prudence, la modestie et la curiosité** », évoquant la médecine prédictive exploitant les biopuces, la cyberfilature ou la reproduction autonome des robots. Il souligne aussi **le fossé**

technologique qui se créera « entre les sociétés technologiquement avancées et la grande masse peu perméable à des inventions de moins en moins maîtrisées. » […] « Il faut maintenant **faire naître des générations d'esprits curieux** qui ne se cantonneront pas à un champ étroit de la connaissance et, sans se dire omniscients, sauront fédérer des équipes largement pluridisciplinaires alliant physique, chimie, ingénierie, mathématiques appliquées, biologie, médecine… Il y a là un vrai défi pour les systèmes d'éducation : favoriser l'ouverture des disciplines sans pour autant négliger la qualité des savoirs. ».
Pour garantir la vigilance du public, Jean-Louis Pautrat l'exhorte à ne pas s'intéresser qu'aux origines de l'Univers, mais également au nanomonde qui, « lui aussi, peut être source de magie et de rêve ».

Pour en savoir plus :
Réseau de quatre grandes centrales technologiques qui ont pour objectif de donner un nouvel élan au développement des filières de haute technologie, (micro et nanotechnologies) en activant les interfaces avec la recherche fondamentale en amont et la recherche appliquée en aval.
CEA-LETI à Grenoble : www-leti.cea.fr
LAAS-CNRS à Toulouse, (Laboratoire d'Analyses et d'Architectures des Systèmes) : www.laas.fr
CNRS-LPN à Marcoussis, (Laboratoire de Photonique et de Nanostructures) : www.cnrs.fr
Institut d'Electronique Fondamentale à Orsay : www.u-psud.fr/ief/
Institut d'Electronique et de microélectronique du Nord à Lille : www.iemn.univ-lille1.fr/

Par ailleurs, **création de l'Institut des NanoSciences de Paris** (INSP)**,** dirigé par Claudine Noguera, et de l'Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés (IMPMC), dirigé par Bernard Capelle. Les physiciens de **Jussieu** (Paris VI et Paris VII) **et du CNRS** (départements Sciences Physiques et Mathématiques (SPM) et Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication (STIC)) se sont **regroupés en une unité mixte de recherche** (UMR) du CNRS. Ses objectifs scientifiques s'inscrivent au cœur de la **recherche fondamentale en nanosciences**, avec néanmoins des **ouvertures vers des domaines d'applications variés** : **optoélectronique et télécommunications, sciences de la terre et environnement, catalyse et diagnostic médical.**
Ces regroupements doivent permettre une meilleure synergie des équipes et des moyens de recherche plus importants afin d'augmenter leur visibilité internationale.
Pour en savoir plus : www.insp.upmc.fr

Pour le CEA, les activités nanomatériaux sont principalement situées dans quatre de ses centres : Saclay en Essonne, Le Ripault près de Tours, Grenoble et Valrhô dans la Vallée du Rhône : www.cea.fr
Apibio : www.apibio.fr
BioMérieux : www.biomérieux.com

(cf. rapport n°566, janvier 2003, du sénateur Claude Saunier à l'OPECST pour le Sénat : « L'évolution du secteur des semi-conducteurs et ses liens avec les micro et nanotechnologies »)

Lettre de *Veille & Stratégie* n°13**,** avril 2000 « *Biopuces : les champs d'application et les enjeux* » « *Recherches sur les moteurs moléculaires », « Puce bionique », « Les particules Qdot ».*

Portail concernant les nanotechnologies (en anglais) : www.nanotech-now.com

2.2. Les produits nanométriques débarquent sur le marché

Aux Etats-Unis, plusieurs entreprises proposent déjà sur le marché des applications des nanotechnologies :

- **Hybrid Plastics de Fontain Valley (Californie)** développe des produits synthétiques nanométriques qui permettent d'accroître la résistance et de réduire l'inflammabilité d'autres

matériaux. Le premier article connu par cette entreprise est un liant, commercialisé par Pentron sous la marque « **NanoBond », et utilisé pour fixer les prothèses dentaires.**

- **Quantum Dot de Hayward (Californie)** vend aux laboratoires de recherche pharmaceutique un cristal métallique associé à la protéine streptavidine qu permet de réaliser le suivi de **la concentration de la vitamine H dans l'organisme**.
- **Nanoprobes de Yaphank (New York)** produit des sondes en fixant la streptavidine et d'autres substances à des atomes d'or qui reflètent des électrons.
- **Optiva de South San Francisco (Californie)** elle fabrique des **piles de cristaux tinctoriaux** qui s'auto-assemblent pour **former des pellicules de films destinées aux écrans LCD**, permettant ainsi d'en réduire l'épaisseur de 20 a 40%.

NYT 16/12/02 (In the world of the very small, companies make big plans).
www.nytimes.com/2002

2.3. Maîtriser la matière : des nanotechnologies pour tout faire

La maîtrise de l'échelle nanométrique à pour objectifs :
- de continuer à progresser dans la **miniaturisation** (électronique, mécanique, diagnostic médical…),
- de créer des **produits aux propriétés nouvelles** (dans les métaux, les polymères, les céramiques…),
- de créer des **fonctions en surface** (verres autonettoyants, textiles hydrophobes, etc.).

Les nanotubes de carbone, le nouveau matériau miracle, le graphite qui au niveau moléculaire est formé de « feuillets de carbone ». Pour les scientifiques, ce sont les matériaux les plus solides que l'on a faits, ces matériaux résistants, légers, flexibles, et ayant des propriétés semi-conductrices ou supraconductrices intéressent les ingénieurs, aussi bien, pour l'élaboration de transistors, des mémoires non volatiles en informatique, que pour renforcer les pneus, tressés ou tissés. Ils servent à la fabrication de ceintures de sécurité, de câbles, de cordages…
Les feuillets de carbone sont capables d'absorber des impacts importants, ils servent aux gilets pare-balles, aux blindages, aux pare-chocs… Grâce à leur résistance et à leur légèreté, ils sont utilisés pour les structures d'avion et l'électronique de bord…
Les nanopoudres sont déjà intégrées dans des cosmétiques et des peintures.
Site pour mieux comprendre les produits et les applications : www.nanoledge.com/
Portail consacré aux nanotubes : www.pa.msu.edu/cmp/csc/nanotube.html

2.4. Crolles 2 : pour l'infiniment petit, des investissements géants

Le président de la République, **Jacques Chirac** a inauguré le 27 février 2003, l'unité pilote de recherche et développement en nanoélectronique **Crolles 2**, près de Grenoble. **Ceci témoigne de l'importance stratégique de ce pôle unique en Europe.**
Il bénéficie d'un investissement industriel stratégique qui s'élèvera à 3,5 milliards d'euros, cet investissement est le plus important concrétisé depuis dix ans, cela représente, 1 500 emplois directs et 3 500 emplois indirects.
Réalisé en partenariat par trois partenaires industriels, **Motorola**, **Philips et STMicroelectronics.**
Les ressources engagées par ces trois industriels seront consacrées aux domaines des technologies nanométriques (90 à 32 nm) et des sciences de production (ligne pilote pour tranches de silicium de 300 mm). L'alliance **vise le leadership mondial des technologies nanométriques** appliquées aux systèmes sur puces, qui seront fabriqués dans Crolles 2.
En soutien à cette alliance, le **CEA-Léti**, déjà impliqué dans le succès de Crolles 1, augmentera ses capacités de recherche dans ses laboratoires de Grenoble avec la création de **Nanotec 300 et du pôle d'Innovation Minatec,** fruit du partenariat avec **l'INPG,** (Institut national polytechnique de Grenoble).
Tout est mis en œuvre pour créer un **environnement économique favorable au succès**, et comme acteur incontournable de la R&D, au service de l'industrie de la haute technologie. En 2003, 150 chercheurs ont été opérationnels sur cette plate-forme. Pôle d'excellence en micro et nanotechnologies rassemblant en un seul lieu la recherche, l'enseignement et l'industrie.
Minatec : www.minatec.com

2.5. Les nanopoudres dans une start-up

DGTec est une société de production de nanopoudres créée en 2000 par ***Guy Baret*** *et* ***Pierre-Paul Jobert.*** *Elle est installée dans la région grenobloise près du pôle des nanotechnologies « Minatec ».*
Les applications des nanopoudres sont multiples « des écrans à plasma, elles peuvent mener au vernis à ongles, au marquage anti-contrefaçon, etc. A condition d'innover, d'accompagner les évolutions du marché et d'aider les industriels à utiliser ces matériaux nouveaux ».

Guy Baret, PDG de DGTec, reconnaît que le succès des nanopoudres fonctionne comme une mode, mais pour lui, il s'agit-là d'une évolution technologique « **irremplaçable dans certains domaines comme les matériaux luminescents ou les pigments colorés** et **précieuse comme les matériaux de charge pour modifier la résistance de polymères ou durcir des surfaces,** … ».
L'exemple du marquage anti-contrefaçon est révélateur : il s'agit d'un marché important dont le développement est récent, il ne date que de 2003. « Les solutions sont simples à utiliser, ce qui évite aux contrôleurs de transporter de lourds équipements à travers le monde, mais elles sont difficiles à reproduire, ce qui est essentiel pour compliquer la vie des contrefacteurs ». DGTec fournit, à la demande, ou conseille le matériau le mieux adapté aux besoins, et assure une assistance technique.
Quant à la toxicité des éléments chimiques et à l'effet spécifique des nanoparticules, DGTec reconnaît que « des inconnues demeurent et des programmes de recherche sont en cours, notamment dans le cadre du 6e PCRD européen. Dans l'immédiat nous prenons des précautions au niveau de la production … nous discutons avec nos clients pour vérifier que le matériau n'est pas nocif tel qu'il est appliqué, mais il appartient au producteur du produit final de s'en assurer ».
DGTech participe à différents projets :
- au Réseau national matériaux et procédés (RNMP) avec **Thomson**, **Rhodia** et trois laboratoires,
- au programme « Nanoscop » du Réseau de recherche en micro et nanotechnologies (RNMT),
- aux études portant sur les nanomatériaux pour les télécommunications optiques avec Alcatel.

Quelques applications des nanopoudres :
marquage, impression, capteurs médicaux, micro-polissage, charges pour polymères, durcissement de surface, traitement du verre, cosmétiques, prothèses dentaires et orthopédiques, traitements catalytiques, piles à combustible, décoration, ultra-filtration, …
DGTech : www.dgtec.fr

2.6. Le laser Mégajoule pour étudier le domaine de fonctionnement nucléaire

Le laser Mégajoule, en construction au Barp (Gironde), au Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine (Cesta), pièce maîtresse du programme de simulation des armes nucléaires, pour le compte de la Direction des applications militaires du CEA, devrait être mis en service en fin d'année 2009.
Ce laser effectuera, entre autres, **des simulations d'explosions thermonucléaires**. Une batterie de 240 faisceaux laser chauffera une capsule contenant quelques milligrammes d'un mélange de deux isotopes de l'hydrogène (deutérium et tritium) suffisant pour provoquer une fusion nucléaire. La France a lancé **ce programme de grand équipement** après avoir mené à son terme, de septembre 1995 à janvier 1996 une dernière campagne d'essais nucléaires dans le Pacifique et après avoir signé et ratifié le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE).
À l'heure actuelle, **l'énergie des lasers les plus puissants atteint** approximativement 30 kJ aux États-unis, 10 kJ pour le Japon, 6 kJ pour la France, 3 kJ pour la Russie et la Chine, et environ 1 kJ pour l'Allemagne et l'Angleterre. L'énergie nominale du Laser Mégajoule de Bordeaux sera en principe la même que celle du nouveau laser en construction aux États-unis, soit 1800 kJ. Il faut savoir que la course aux très hautes énergies est une garantie de fiabilité quant aux résultats escomptés mais également un atout vis-à-vis des possibilités mêmes de l'outil.

Un outil très critiqué et un espoir d'aménagement en région

Ceux qui contestent un tel projet mettent en avant un renforcement de la course aux armements, alors même que nous continuons de signer des traités de non-prolifération. Car ce laser Mégajoule permet de fabriquer de l'anti-matière, et par là même de réaliser une arme nucléaire « propre », c'est-à-dire sans radioactivité résiduelle. Une autre possibilité, consiste en la fabrication d'hydrogène métallique qui est certainement l'explosif chimique le plus puissant qu'il soit possible de concevoir. Mais, il permettra aussi d'atteindre des densités de puissance telles, que vont pouvoir être menées des expériences, **dans des domaines jusque là inexplorés**, que **les scientifiques appellent « la physique de l'extrême »**. Ainsi, on devrait pouvoir **recréer en laboratoire les conditions de vie d'une étoile.**

Pour l'Aquitaine, cette implantation est une aubaine : avec elle, a été lancée l'idée d'une « route des lasers », véritable pôle de recherches unique au monde dans le domaine de la physique, des lasers et du plasma, c'est-à-dire de la connaissance de la matière.
Physique, astrophysique, imagerie médicale, chimie... le champ de recherches est si vaste que la route des lasers devrait **attirer des chercheurs du monde entier**. Celui-ci constitue l'occasion de rassembler **une pépinière d'entreprises de très haute technologie**. L'objectif est de voir ces entreprises s'implanter définitivement dans une région qui est restée très agricole, vinicole et sylvicole.
La route des lasers et ses promesses de concentration exceptionnelle de matière grise a obtenu une enveloppe de 10 millions d'euros lors du dernier Comité interministériel d'aménagement et de développement du territoire.
www-dam.cea.fr/asp/simulation_035.asp

2.7. Apprivoiser la machine : l'interface homme-machine

Avec l'arrivée des objets communicants et l'hybridation croissante entre les environnements virtuels et réels, nous passons progressivement d'interfaces homme-machines principalement visuelles à des interactions complètes avec l'environnement.
Le grand défi est **d'apprendre aux machines à interpréter nos paroles et nos gestes**, voire de « s'interfacer » avec notre système nerveux. Aussi, les chercheurs tentent-ils de créer des interfaces « naturelles », afin d'éviter que notre quotidien ne devienne ingérable et que nous puissions nous servir de ces outils en évitant de lourds apprentissages. En France l'Inria travaille dans ce domaine, aux Etats-Unis, le MIT avec son « laboratoire du toucher » ainsi que l'université de Carnegie Mellon avec le HCII (*Institut d'interaction Homme-Machine*) HCII, (*Human-Computer Interaction Institute*). Au Japon, Sony crée un nouveau laboratoire où la robotique fusionne avec les sciences cognitives, *Life Dynamics Laboratory* (nom provisoire).
Inria : www.inria.fr
MIT : www.touchlab.mit.edu
Carnegie Mellon, HCII : www.hcii.cs.cmu.edu/
Darpa : www.fcw.com/print.asp
Pierre-Yves Oudeyer a soutenu une thèse de doctorat *L'auto-organisation de la parole* au LIP6. Il est aujourd'hui chercheur au laboratoire de Sony à Paris : www.csl.sony.fr/~py/
Pour en savoir plus :
Nanotechnologies la révolution de demain : www.pearsoneducation.fr
L'usine Nouvelle : dossier mars 2004 et le supplément n° 2894, novembre 2003 :
Sciences & Vie : Dix innovations qui vont changer la vie, avril 2004.

2.8. Les nouveaux matériaux

*Les matériaux sont entrain de **révolutionner notre économie et de pénétrer notre vie quotidienne**. Il est possible aujourd'hui de **créer des matériaux « pratiquement à la carte »** en fonction des besoins de chaque utilisateur, matériaux aux **propriétés améliorées en matière de légèreté**, de résistances aux chocs, aux tensions, à la corrosion ou à la chaleur. De telles qualités expliquent la croissance rapide des débouchés, qu'il s'agisse de produits « de grande consommation » comme dans l'automobile ou le bâtiment, ou pour des applications à haute technologie, comme la défense, les matériaux médicaux, l'aéronautique ou l'informatique*

Répertoire d'une sélection de matériaux ayant des propriétés, entre autres, de légèreté

[cf. lettre spéciale, Veille & Stratégie, n°33/34, décembre 2004]

3. Débats

Les nanotechnologies sont encore ***peu connues du public, cependant elles font déjà l'objet de nombreuses interrogations chez certains scientifiques et dans certains milieux associatifs****.*
Les études et analyses qui ont été menées, soit à l'initiative de politiques, de scientifiques, soit à la demande d'associations, apportent quelques éléments sur les effets induits des nanomatériaux sur la santé et l'environnement. Les problèmes les plus souvent cités sont :
- Les risques environnementaux et les conséquences sur la santé,
- Le risque systémique que pourrait créer la multiplication sans contrôles de machines moléculaires,
- Le contrôle des armements,
- La difficulté de protéger les inventions sur les brevets au niveau international.

3.1. Ray Kurzweil : les implications sociales des nanotechnologies

Les nanotechnologies ***sont devenues des priorités dans les programmes de recherche, en Europe comme aux Etats-Unis****. Dans le cadre de la préparation d'une loi (The Nanotechnology Research and development Act of 2003), la Commission scientifique de la Chambre des représentants a ainsi demandé* ***à Ray Kurzweil, l'un des experts en intelligence artificielle****,* ***auteur de « The Age of Spiritual Machines », de témoigner sur le sujet****, avec les espoirs et surtout les craintes qu'il peut inspirer.*
En particulier, ***R. Kurzweil se réfère à l'article de Bill Joy*** *qui demandait un moratoire concernant les nouvelles technologies « Pourquoi l'avenir n'a pas besoin de nous » (dont nous avons déjà rendu compte dans la lettre de Veille & Technologie, n°13, avril 2000). Cette audition à la Chambre a eu lieu le 9 avril 2003.*

Notre capacité **sans cesse croissante à manipuler la matière et l'énergie à des échelles toujours plus petites**, promet de **transformer pratiquement chaque secteur de la société**, y compris la santé et la médecine, mais également la production, l'électronique et l'informatique, l'énergie, les transports et la défense.

Synergie dans les domaines scientifiques et technologiques

« Il se produira **des synergies entre les nanotechnologies et d'autres domaines de recherche** au rayonnement de plus en plus grand comme les biotechnologies et l'intelligence artificielle. A l'instar de toute autre transformation technologique, **nous serons confrontés à la fois à des promesses et à des risques**. Dans les brèves remarques qui suivent, je peux **seulement rappeler mes conclusions sur ce sujet complexe**.
En 1986, **Eric Drexler** a développé le concept d'objets construits à l'échelle de la molécule, utilisant des assembleurs moléculaires afin de guider avec précision les réactions chimiques. Sans refaire l'histoire de la polémique à propos de la faisabilité d'un tel projet, il est juste d'indiquer que le consensus sur cette possibilité existe aujourd'hui, même si les réalisations les plus spectaculaires ne pourront intervenir qu'à l'horizon de vingt ans.
Le concept de nanotechnologie a été étendu aujourd'hui **pour inclure essentiellement les technologies où les principaux éléments sont mesurés en un petit nombre de nanomètres** (au-dessous de 100 selon certaines définitions). Suivant ce standard, l'électronique actuelle a déjà passé ce seuil.

Tendances de la technologie

Pour les deux dernières décennies, **j'ai étudié les tendances de la technologie**, avec une équipe de chercheurs qui **m'ont aidé à effectuer des mesures critiques dans différents domaines**. Auparavant, j'avais moi-même développé des modèles mathématiques sur les évolutions technologiques. Plusieurs conclusions de cette étude ont un impact direct sur notre sujet. Les **technologies, en particulier celles liées à l'information**, se **développent à un rythme exponentiel**, en doublant généralement leurs capacités et leur rapport prix/performance tous les ans. Cette observation inclut la puissance de calcul,

la communication - filaire ou sans fil –, le séquençage de l'ADN, les techniques d'exploration du cerveau, et les techniques de sa reconstitution fonctionnelle (*reverse-engineering*). De manière générale, ces techniques croissent de manière aussi exponentielle que l'étendue et la portée du savoir. D'une importance particulière pour notre propos, est le fait que la part de la technologie proprement dite diminue. Selon mes modèles, les technologies électroniques et mécaniques décroissent à un taux de 5,6 en dimension linéaire par décennie. À ce taux, **l'essentiel de la technologie sera en 2020 de la *nanotechnologie.***

Perspectives de développements et applications

L'âge d'or des nanotechnologies se situe donc dans la **perspective d'une vingtaine d'années**. Nous aurons alors la capacité essentielle de convertir du logiciel, c'est-à-dire de l'information, directement en produits physiques. Nous pourrons fabriquer pratiquement n'importe quel objet pour un coût très faible. Les ordinateurs auront de plus **grandes capacités que le cerveau humain**, et nous serons en mesure de reconstituer son fonctionnement, accédant ainsi au principe logiciel de l'intelligence humaine. Nous introduisons déjà dans le corps des instruments dotés d'une intelligence limitée à des fins diagnostiques et thérapeutiques. Avec l'arrivée des nanotechnologies, **nous pourrons maintenir en permanence et de façon optimale la santé de notre corps et de notre esprit.** Nous disposerons aussi de **technologies pour contrecarrer la pollution environnementale.** Les nanotechnologies et les technologies de pointe associées des années 2020 nous permettront de résoudre de très anciens problèmes, y compris ceux liés à la pollution, à la pauvreté, à la maladie et au vieillissement.

Toutefois des voix de plus en plus alarmistes se font entendre qui s'opposent à la confusion du monde dit naturel avec les productions résultant de notre technologie. La relation de plus en plus intime de la vie humaine avec notre technologie est une vieille histoire. **Je rappelle devant cette Commission que sans les progrès technologiques des deux derniers siècles, la plupart d'entre nous ne seraient pas ici aujourd'hui**. L'espérance de vie était de 37 ans en 1800. La plupart des humains avaient alors, des vies dominées par la pauvreté, un travail pénible, la maladie... Nos vies se sont incomparablement améliorées grâce à la technologie. Mais il y a encore beaucoup de souffrance dans le monde à surmonter. Nous avons donc l'impératif moral de continuer à **augmenter nos connaissances et à développer les technologies de pointe** qui peuvent aider à alléger l'affliction humaine.
Il y a également un impératif économique pour continuer. Les nanotechnologies ne sont pas un champ d'étude unifié que nous pouvons simplement abandonner, comme l'a suggéré l'essai de **Bill Joy**, *«Pourquoi l'avenir n'a pas besoin de nous »*. **Les recherches dans les nanotechnologies avancent sur des centaines de fronts en même temps**. C'est une **activité extrêmement diversifiée**. Nous ne pouvons donc pas abandonner ces recherches sans délaisser tout le progrès technologique, ce qui demanderait un scénario totalitaire digne du « *Meilleur des mondes* » de **Huxley**, en contradiction avec les valeurs de notre société.

Dualité recherche/technologie, développements/usages

La technologie a toujours été une épée à double tranchant, et c'est certainement **aussi vrai des nanotechnologies**. Les mêmes technologies qui promettent d'améliorer la santé humaine et d'accroître la richesse ont également un **potentiel utilisable pour des applications destructives**. Nous pouvons **voir cette dualité** aujourd'hui dans les biotechnologies. Les mêmes techniques qui peuvent sauver des millions de vies atteintes du cancer et de la maladie, peuvent également permettrent au bioterrorisme de créer un agent pathogène.
On a beaucoup prêté d'attention au problème d'autoréplication des objets issus des nanotechnologies qui pourraient finalement aboutir à une forme de cancer non-biologique menaçant la planète. La première remarque que je voudrais faire ici est que **nous n'aurons d'autre choix que de relever ce défi de l'orientation des nanotechnologies dans une direction constructive.** Toute tentative d'envergure visant à leur abandon conduira seulement à une recherche souterraine, qui interférerait avec les avantages tout en accroissant effectivement les dangers.

Comme illustration, nous pouvons considérer la façon plutôt encourageante dont nous avons relevé un défi technologique récent. Il existe aujourd'hui **une nouvelle forme d'entités auto-replicantes**

entièrement non-biologiques et qui n'existaient pas il y a seulement quelques décennies : les virus informatiques. Quand cette forme **d'intrus destructeurs** est apparue la première fois, on a exprimé de fortes craintes, ces virus devenant plus sophistiqués, que le logiciel pathogène puisse détruire le réseau informatique dans lequel il vit. Cependant, le « système immunitaire » qui a évolué pour répondre à ce défi a été en grande partie efficace. Bien que le logiciel destructeur auto-replicant cause certainement, de temps en temps, des dommages, ceux-ci ne sont que **peu de chose comparé au profit que nous tirons des ordinateurs et des réseaux de communication** qui les hébergent. Personne n'aurait l'idée de suggérer d'en finir avec l'informatique, les réseaux locaux et Internet simplement à cause des virus logiciels...

On pourrait répondre à cela, que **les virus informatiques n'ont pas le potentiel mortel de virus biologiques** ou **d'une nanotechnologie destructrice**. Ce n'est pas toujours le cas : nous **comptons sur des logiciels** pour **surveiller des patients dans les unités de soins critiques**, **pour faire décoller et atterrir des avions, pour guider des armes « intelligentes » dans notre campagne actuelle en Irak, et d'autres tâches critiques**. Dans la mesure où cela est vrai, cependant, cette observation ne fait que renforcer mon opinion. Le fait que les virus informatiques ne sont pas habituellement fatals pour les hommes signifie seulement que davantage de personnes sont disposées à les créer et à les diffuser. Cela signifie également que notre réponse au danger est d'autant moins intense. Inversement, s'agissant d'entités auto-réplicantes potentiellement mortelles à grande échelle, notre réponse à tous les niveaux sera infiniment plus sérieuse, comme nous l'avons vu depuis le 11 septembre.

Je décrirais notre parade aux logiciels pathogènes comme efficace et réussie. Bien qu'ils restent (et resteront toujours) un souci, le danger demeure au niveau d'une nuisance. Gardons à l'esprit que ce succès est obtenu dans une industrie [la programmation] où il n'y a aucun règlement, ni aucune certification pour des praticiens. Cette **industrie en grande partie non régulée est également énormément productive**. Et on pourrait arguer du fait qu'elle a **plus contribué à notre progrès technologique et économique que toute autre entreprise dans l'histoire humaine.**
Certaines des critiques qui ont été soulevées, dans l'article de **Bill Joy** portent, parce qu'elles peignent un tableau des futurs dangers comme s'ils apparaissaient dans notre monde d'aujourd'hui sans qu'il s'y soit préparé. La réalité est que la sophistication et la puissance de nos technologies défensives et de nos connaissances se développeront avec les dangers.

Le défi le plus immédiat n'est pas le pouvoir d'auto-réplication des nanotechnologies, mais plutôt celui de certains produits des biotechnologies. **Les deux prochaines décennies seront l'âge d'or des biotechnologies**, tandis **qu'une ère semblable pour les nanotechnologies n'interviendra qu'au-delà de 2020.**
Nous en sommes maintenant aux premiers stades d'une technologie en mutation basée à l'intersection de la biologie et des sciences de l'information. Nous en sommes **à l'étude des méthodes logicielles** des processus de la vie et de la maladie. Par la reprogrammation des processus informationnels qui conduisent et favorisent la maladie et le vieillissement, nous aurons la capacité de contrer ces atteintes. Cependant, le même savoir peut également donner à un terroriste la capacité de créer par les mêmes techniques un agent pathogène.

Lorsque nous comparons le succès obtenu dans le contrôle des virus informatiques avec le défi à venir du contrôle des virus biologiques produits par l'homme, nous sommes frappés par une différence massive. Comme je l'ai noté, l'industrie du logiciel est presque totalement non régulée. Il n'en est pas de même évidemment pour la biotechnologie. **Un bioterroriste n'a pas besoin de soumettre ses « innovations » à la FDA** [Food and Drugs Administration]. Cependant, nous avons besoin que les scientifiques qui développent les technologies antidotes, observent les règlements existants qui ralentissent le processus d'innovation à chaque étape.
De plus, **il est impossible, avec les règlements et normes éthiques existants, de tester les défenses aux agents pathogènes des bioterroristes sur des humains**. Il y a déjà une large discussion pour modifier ces règlements afin de permettre à des modèles animaux et à des simulations de remplacer les impraticables essais sur l'homme. Ce sera nécessaire, mais je crois que nous **devrons aller au-delà de ces mesures pour accélérer le développement de technologies défensives vitales.**

Avec le projet Génome Humain, 3 à 5% des budgets ont été consacrés aux implications morales, légales, et sociales (ELSI) de la technologie. Un engagement semblable serait approprié et constructif pour les nanotechnologies.
Les applications à court terme des nanotechnologies sont aussi limitées dans leurs avantages que leurs dangers potentiels sont mineurs. Elles incluent des **développements dans le secteur des matériaux** comportant l'addition des particules avec des composants **d'échelle multi-nanométrique, aux plastiques, aux textiles et à d'autres produits**. Le plus grand potentiel de ces applications **réside dans le secteur du développement pharmaceutique** en permettant de **nouvelles stratégies pour les médicaments fortement ciblés** qui exécutent leur fonction selon la thérapeutique prévue et atteignent les tissus appropriés, tout en réduisant au minimum des effets secondaires.
Ce développement n'est pas qualitativement différent que ce que nous avons fait pendant des décennies avec nombre de matériaux nouveaux qui comportent des particules nouvelles et à une échelle physique semblable. La **technologie émergente des nanoparticules fournit un moyen de contrôle plus précis**, mais l'idée d'introduire des matériaux nouveaux non-biologiques dans l'environnement n'est pas vraiment un phénomène inédit. Nous ne pouvons dire a priori que toutes les particules produites par nano-ingénierie soient sûres, ni qu'il serait justifié de les considérer comme nécessairement dangereuses. **Les essais environnementaux n'ont pas donné jusqu'ici de raison de s'alarmer inutilement, et, selon moi, les règlements existants sur la sûreté des aliments, des médicaments et d'autres matériaux dans l'environnement sont suffisants pour traiter ces applications à court terme.**
Les **voix qui expriment des inquiétudes sur les nanotechnologies** sont les mêmes qui ont exprimé de façon disproportionnée des craintes concernant les organismes génétiquement modifiés. Comme les nanoparticules, les OGM ne sont en eux-mêmes ni sûrs, ni risqués, et des **niveaux raisonnables de réglementation pour la sécurité sont suffisants.** Cependant, aucun des grands risques annoncés pour les OGM n'est à ce jour avéré. Toutefois, **des nations africaines**, telles que la Zambie et le Zimbabwe, ont **rejeté une aide alimentaire** plus que nécessaire **sous la pression des activistes européens anti-OGM**. La **position sciemment anti-technologique qui s'est exprimée dans la polémique sur les OGM ne sera pas très utile à l'évaluation équilibrée des avantages et des risques des nanotechnologies.** »

En résumé
« Je crois que les mécanismes régulateurs existants sont suffisants pour manipuler les applications à court terme des nanotechnologies. Quant au long terme, nous devons considérer positivement le fait **qu'une myriade de technologies d'échelle nanométrique soit inévitable**. **Les auditions et les dialogues actuels sur la réalisation des promesses tout en diminuant les périls sont pertinents** et mériteront une attention fortement accrue au fur et à mesure que nous serons plus près de concrétiser ces technologies révolutionnaires. »
Article de Bill Joy, intervention complète en anglais : www.wired.com
Lettre Veille & Stratégie n° 13, *avril 2000*

3.2. Dominique Lecourt : « La technique et la vie »

Suite à la publication de son livre, édité aux Presses Universitaires de France « Humain post Humain » *(collection Science histoire et société, dont vous trouverez un compte-rendu dans la* Lettre Veille & Stratégie 29-30*)*, ***Dominique Lecourt nous a autorisé à publier son intervention faite le 12 novembre 2002, lors d'une conférence magistrale à la Jornada Biotecnologia y alimentacion,*** *Salon des Cents Jurés de la Mairie de Barcelone.*
*En effet**, au regard du texte de Ray Kurzweil**, nous avons pensé qu'il était intéressant d'avoir **un autre éclairage**, sur le développement des biotechnologies, celui d'un philosophe des sciences et du Président du Comité consultatif de déontologie et d'éthique de l'Institut de recherche pour le développement (IRD).*

« Une illusion aujourd'hui presque toute puissante voudrait que la technique doive être identifiée à l'application de connaissances scientifiques préalablement données. On peut imputer aux premiers philosophes de l'ère moderne la lointaine paternité de cette illusion. Les noms de René

Descartes et de Francis Bacon s'imposent à l'attention. Elle a connu un regain d'autorité au cours du 19ème siècle avec les œuvres des philosophes-ingénieurs que furent Auguste Comte et Herbert Spencer. Cette illusion qu'on peut qualifier rétrospectivement de « positiviste » a eu pendant deux siècles une valeur dynamique en Occident. Toutes les relations sociales s'en sont trouvées redéfinies et les idéaux redessinés.

Mais cette illusion a aussi nourri l'idée fallacieuse d'une toute-puissance de la science – idée inscrite au cœur de la philosophie du progrès élaborée par les mêmes penseurs. Dans sa version évolutionniste, cette philosophie reste très influente dans le monde occidental. Elle a pu inspirer des conceptions scientistes de la politique souvent dogmatiquement anti-religieuses. Nous en payons le prix par des flambées de haine théologique qui leur répondent.

Il s'agit bien d'une **illusion propre à la modernité**. **La technique a en effet**, de très loin, dans l'histoire et la préhistoire, **précédé la science**. Elle a son origine dans la vie. Par ses inventions, elle prolonge la vie sous des formes nouvelles. **Elle est fille de la ruse, née de l'imagination d'un être qui doit affronter les forces hostiles** d'une nature beaucoup plus puissante que lui.
Par elle l'homme prolonge, projette et amplifie sa force organique pour construire, reconstruire, un milieu qui lui soit propre, c'est-à-dire approprié.

Les **paléontologues** savent qu'un **milieu de vie humain se remarque d'abord à l'existence d'objets techniques**. Et ils montrent que par l'étude de ces objets, ce sont les relations entre les hommes que l'on peut déchiffrer. **La technique apparaît ainsi indissociable de la condition humaine**, de la manière de s'y prendre avec le monde qu'a inventée ce vivant particulier pour surmonter les limites de sa puissance naturelle.

Quant à **la science**, très tard venue dans l'histoire, elle ne s'est, semble-t-il, **d'abord développée que pour répondre à des échecs de la pensée technique,** par le détour d'une réflexion sur les obstacles que rencontrait cette dernière. Sans les questions de balistique et d'hydraulique des ingénieurs de la Renaissance, pas de Galilée ! Pas de thermodynamique non plus sans les problèmes de rendement des machines à vapeurs étudiés par Sadi Carnot. Et ce dernier cas est remarquable puisque, pour « développer la puissance » de ces machines, il fallut créer une nouvelle branche de la science au risque de revoir quelques principes admis dans la physique antérieure.

Resituées dans cette perspective historique et philosophique, les interrogations que soulèvent aujourd'hui les biotechnologies prennent tout leur sens, toute leur gravité même.
Si l'on adhère à l'illusion positiviste, le fait que la technique guidée par la science puisse désormais s'emparer des mécanismes fondamentaux du vivant pour les faire jouer dans un sens qui heurte des valeurs socialement admises comme fondées en nature, conduit à diaboliser la science, voir plus généralement la pensée rationnelle. D'où la dénonciation si répandue, si répétitive depuis une trentaine d'années des « apprentis sorciers » qui nous entraîneraient tous au désastre…

Cette dénonciation a trouvé deux objets de prédilection : le clonage et les OGM. **Procréation et alimentation : deux processus vitaux essentiels à l'espèce**, deux cas où la volonté de puissance des scientifiques s'avèrerait d'autant plus démoniaque qu'elle se trouverait secondée par l'industrie, elle-même aveuglée par son goût exclusif du profit.

Certains en concluent à la nécessité d'une « heuristique de la peur », seule base d'une « éthique du futur », organisée autour d'un « principe de précaution », garant de notre responsabilité devant les générations à venir.
Mais c'est souvent **un véritable procès en sorcellerie qui est ainsi intenté à la science**. Or, elle ne mérite pas plus ces condamnations, qui visent en fait sa caricature scientiste-positiviste, qu'elle ne saurait être idolâtrée pour les succès techniques auxquels elle contribue au même moment par les mêmes recherches, notamment dans le domaine médical.

Prenons maintenant acte de ce que, enracinée dans la vie, la technique, fille de l'imagination, procédant par ruse et calcul, n'a d'autre but que de surmonter les limites qui sont celles de l'impuissance naturelle de l'homme. Elle apparaît en son essence comme ***pure visée de dépassement***. Cette fin est éthiquement neutre, comme celle de la science qui vient, à l'occasion et de plus en plus efficacement, la relayer.
Mais son histoire n'est pas celle d'un développement linéaire. Par ses inventions, elle invente des mondes. Par ses virtualités une technique nouvelle (la roue, l'électricité…) apparaît toujours destructrice d'un monde familier tout en ouvrant un nouveau monde imprévisible.

La **technique ne cesse ainsi de redéfinir la nature avec laquelle l'homme se trouve en débat, sinon toujours en lutte.** Elle exige de lui un effort d'*invention normative* parce que la référence à la nature qu'il fait dans sa pensée ne peut ainsi subsister sans remaniements – parfois très brutaux.
Aujourd'hui, **avec les biotechnologies**, la question est de savoir si, assumant collectivement cet effort indispensable, nous allons nous affirmer les sujets actifs et responsables de la transformation historique engagée, ou si nous allons la subir en pensant pouvoir conserver les normes anciennes, repliés sur les modes de vie que nous ont transmis nos parents.

On peut s'inquiéter de voir le catastrophisme noir d'une multitude de prophètes de malheur rencontrer un écho croissant dans les pays industriels développés, répercuté et amplifié par un « journalisme d'épouvante » qui y trouve ses bénéfices. On s'alarme et se désespère de voir l'espèce humaine en passe de se précipiter dans la mort sous l'impulsion de sa propre ingéniosité. Pure tragédie !

On affirme en particulier qu'après avoir dévasté la planète, la techno-science menace désormais la « nature humaine » elle-même. Mais **ce qui est profondément ébranlé, n'est-ce pas plutôt, comme je le suggérais, la représentation que nous nous faisions de cette nature en fonction de l'état de la technique ?**

On aperçoit l'ampleur de la remise en cause si l'on considère que cette représentation soutenait notre idée du « droit naturel » et de la « morale naturelle » et était appelée à jouer le rôle de fondement absolu, donc intangible, de nos systèmes normatifs et des modes de vie qu'ils commandent.

Les biotechnologies nous enjoignent d'inventer les nouveaux présupposés anthropologiques nécessaires à notre pensée éthique et politique. Voilà qui **demande un immense effort d'élaboration philosophique**, à la mesure de celui qui fut celui de l'Occident tout au long des 17ème et 18ème siècles.

Bref, sans verser dans le prophétisme, **il nous faut devenir « biovisionnaires »** ! Mais cela ne se décrète pas. Cela demande de l'audace, de la patience, de la persévérance même, afin que l'attrait de l'inconnu qui a souvent guidé l'humanité vers le meilleur d'elle-même ne cède pas devant la crainte de l'incertain qui peut la précipiter vers le pire. »
Pour en savoir plus, Comité d'éthique IRD, bibliographie : www.ird.fr/ccde/

3.3. France

« Pour une évolution normative du programme nanotechnologie »

Jean-Pierre Dupuy, *professeur de philosophie à l'École polytechnique et à l'université de Stanford, membre du Conseil général des Mines et de l'Académie des technologies, a rédigé un article publié dans Les Annales des Mines (Editions Eska – Réalités industrielles, Les nanotechnologies, février 2004) intitulé « Pour une évaluation normative du programme nanotechnologique ».*
Il qualifie son point de vue de « philosophie pratique » qui a pour tâche de construire, à partir de l'objet, un cadre conceptuel adéquat ». Ses interrogations philosophiques impliquent « la pratique systématique du doute, le travail sur les concepts, qui nous servent à penser le monde, la remise en cause des fausses certitudes ».

Dans son introduction le philosophe résume ainsi sa réflexion : « **Un moratoire des recherches, ou même un encadrement législatif ou réglementaire, ne pourrait être que mondial**. Le mieux que l'on puisse espérer est d'**accompagner**, à la même vitesse que leur développement et, si possible, en l'**anticipant**, **la marche en avant des nanotechnologies**, par des **études d'impact** et un suivi permanent, **non moins interdisciplinaires que les nanosciences elles-mêmes. »**
Avant d'arriver à la conclusion que « la science ne peut échapper à sa responsabilité et au partage des décisions », Jean-Pierre Dupuy fait un état des lieux de la problématique.

- **Le principe de précaution**

Le jugement normatif n'est pas uniquement une préoccupation du domaine de la philosophie, il concerne aussi les domaines du droit et de l'économie. **L'auteur dénonce ce qu'il appelle l'économisme, le « calcul coûts-avantages »,** qui s'est approprié le principe de précaution alors qu'il **relevait du domaine du droit** : « la vision économique du monde exerce un quasi monopole sur l'évaluation des technologies émergentes. C'est toujours en termes de bilan entre des coûts et des avantages que celle-ci se fait. C'est presque toujours en termes de risques que les coûts s'expriment ».
Pour étayer sa réflexion, Jean-Pierre Dupuy **s'appuie sur les conclusions de la plaquette consacrée au nanomonde du ministère de la Recherche et des Nouvelles technologies**. Jugeant les enjeux sociétaux importants, le rapport estime que si tout **progrès scientifique comporte un risque**, ceux « des nanosciences qui peuvent, dans une certaine mesure, être maîtrisés, sont à **mettre en balance avec les immenses avantages** qu'elles apportent dans le domaine de la santé et de l'environnement notamment ».

- **Risques et avantages s'affrontent**

Jean-Pierre Dupuy poursuit son raisonnement en énumérant qui sont les promoteurs des nanotechnologies : ce sont les scientifiques et les ingénieurs, les industriels, les gouvernements « terrorisés à l'idée de perdre une course industrielle, économique et militaire » dont dépendra « les emplois, la croissance et les capacités de défense de demain ». Il dénonce aussi les débordements que des propos trop positifs peuvent engendrer dans un sens comme dans l'autre : il prend pour exemples :
- un rapport de la National Science Foundation (NSF) intitulé *Converging Technologies for Improving Human Performance* qui promet « le bien-être matériel et spirituel universel, la paix mondiale, l'interaction pacifique et mutuellement avantageuse entre les humains et les machines intelligentes, […] et la fin des soucis liés à la dégradation de l'environnement ». **Jean-Pierre Dupuy précise que la NSF est menée notamment par William Sims Bainbridge**, technocrate et sociologue prêchant le « transhumanisme »…
- mais aussi « le risque d'une autoréplication sauvage des nanomachines chères à Eric Drexler » (rapport *The Big Down* – ETC Group, (cf. ci-après p. 27) et le succès du roman de Michael Crichton (cf. Lettre Veille & Stratégie 29-30, p. 42).
Jean-Pierre Dupuy fait aussi allusion à la polémique qui oppose le prix Nobel de chimie Richard Smalley à Eric Drexler : l'un reprochant à l'autre de causer des peurs injustifiées qui ne verront jamais le jour, l'autre d'empêcher, par des propos irresponsables, de *préparer* la société à affronter des risques « inédits et considérables ».
Certains scientifiques affirment que les OGM résoudront « une fois pour toutes le problème de la faim », les nanotechnologies « permettront de guérir le cancer et le sida », d'autres tel **Bill Joy** (Lettre *Veille & Stratégie* n° 13, avril 2000), aux Etats-Unis (cf. ci-après p. 27), considèrent que la technoscience constitue « la principale menace à la survie de l'humanité ».

- **Le double langage des scientifiques et des promoteurs**

Le langage s'en mêle aussi. Il faut « calmer le jeu, rassurer et assurer l' « acceptabilité » tant du côté des scientifiques que des promoteurs.
En Europe, par exemple, il a été choisi comme intitulé d'un centre de recherche : *NanoToLife* (*Bringing Nanotechnology to Life* ou *Rapprocher les nanotechnologies des sciences de la vie*), (cf. Lettre Veille & Stratégie 29-30, p. 28).
Quant aux promoteurs « devant l'incertitude qui s'attache aux risques des nanotechnologies … et en l'absence de toute réglementation, il semble que le monde des affaires et de l'industrie s'interroge et ralentisse les investissements ».

- **Convergence des technologies**

Jean-Pierre Dupuy fait une analyse critique de la situation actuelle. Il fait apparaître cinq effets qu'il juge fondamentaux en parlant des NBIC (nanotechnologies, biotechnologies, technologies de l'information et des sciences cognitives) :

- *Les effets sur les relations de domination* (effets de pouvoir) :

Il s'agit du pouvoir des firmes et des scientifiques et aussi de la domination qu'exercent la science et la technique sur ceux qui n'ont pas accès à ces connaissances.

- *Les effets sur le rapport à la nature* (effets ontologiques) :

Il s'agit de :

1 - naturaliser l'esprit pour qu'il retrouve sa place au sein de la nature qui l'a engendré

2 - la naturalisation de l'esprit passe par une mécanisation et une artificialisation, tant de la nature que de l'esprit.

Ces mots d'ordre sont développés dans *The Mechanization of the Mind. On the Origins of Cognitive Science*, Jean-Pierre Dupuy, Princeton University Press, 2000.

- *Les effets sur le rapport à la connaissance* (effets épistémiques) :

Il ne s'agit plus seulement de faire des expériences sur la nature, il s'agit de la refaire. « Du coup, ce n'est plus la nature qu'ils (les hommes) connaîtront, mais ce qu'ils auront fait. »

- *Les effets sur la possibilité même de l'éthique* (effets éthiques) :

En se donnant le « pouvoir d'agir sur la nature », l'homme doit donner un sens et une finalité au large champ ouvert par les nanotechnologies. « Mais l'élargissement sans limites du champ de l'éthique se traduit par la négation de l'éthique… »

- *Les effets sur les catégories* (effets métaphysiques) :

Il s'agit d'un effet troublant, celui du « brouillage des distinctions catégorielles au moyen desquelles l'humanité, depuis qu'elle existe, s'est toujours repérée dans le monde. Le naturel non vivant, le vivant et l'artefact sont en bonne voie de fusionner. »

- **La responsabilité de la science**

Pour Jean-Pierre Dupuy la gravité de ces effets, bien plus graves que la question des risques, ne peut être résolue uniquement par un encadrement législatif ou un moratoire mondial, il faut parallèlement et si possible en l'anticipant, accompagner « l'inévitable accélération des phénomènes » par des études d'impact et un suivi permanent interdisciplinaire. Il estime que la science ne peut plus échapper à sa responsabilité. Elle ne doit pas pour autant avoir le monopole du pouvoir de décision : « **il faut obliger la science à sortir de son splendide isolement par rapport aux affaires de la Cité. La responsabilité de décider ne peut se concevoir que partagée**». Il conclut que nos sociétés ne « peuvent plus se permettre de former, d'entretenir et de protéger des savants avec des œillères. Il y va de notre survie. »

Article : « *Nanotechnologies, création étique* ». Entretien avec Jean-Pierre Dupuy (Michel Imbert, Michel Morvan, Denis Rolland, cf. Observatoires des nanotechnologies).

Article dans la revue *la Jaune et la Rouge,* n° 590, décembre 2003, thème *Biotechnologie*, *« Quand les technologies convergeront ».*

Annales des Mines : www.annales.org

Conseil Général des Mines (aller dans prospective) : www.cgm.org

Observatoires des nanotechnologies : www.nanotechnologies.fr.st

Nanosciences et progrès médical (rapport de l'OPECST)

L'OPESCT (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques) a confié à deux sénateurs de l'Office, **Jean-Louis Lorrain** et **Daniel Raoul,** la production d'un rapport intitulé « *Nanosciences et progrès médical ».* Ce rapport, sous tendu par une réflexion éthique, explore deux axes principaux : le **diagnostic, qui devrait être amélioré grâce aux biopuces** et **à l'extrême miniaturisation des instruments d'imagerie médicale**, (caméra intégrée dans une gélule pour les endoscopies par exemple ; **les soins et la réparation du corps humain** (criblage des molécules, puces pour administrer les médicaments, nano-implants, neuroprothèses), doit être édité prochainement.

Dans le cadre de ce rapport, des auditions ont été organisées en Europe et aux Etats-Unis. A la suite de ce travail, **un colloque s'est tenu au Sénat, le 6 février 2004**, sous la présidence des deux sénateurs.

Colloque sur le thème : « comment définir les nanosciences ? »
Le colloque s'est articulé autour de trois tables rondes, en présence des intervenants et experts de différents domaines des nanotechnologies, après chaque présentation, les présents (publics avertis) dans la salle ont pu s'exprimer.

Jean-Louis Pautrat, Minatec - CEA Grenoble, a ouvert les débats
1. L'Etat des recherches
Table ronde introduite par **Jean-Marc Grognet**, direction de la Recherche technologique, CEA :

- ***Les nanosciences pour mieux voir***, **Jean-Paul Durand**, Given Imaging France, pour l'imagerie et **Jean Rossier**, ESPCI – CNRS, pour les biopuces.
- ***Les nanosciences pour mieux soigner*** *:*
  - *La vectorisation des médicaments*, **Elias Fattal**, Centre d'études pharmaceutiques, université Paris-Sud
  - *Les nanosciences pour compenser les déficits : ingénierie tissulaire de la cornée*, **David Hulmes**, Institut de biologie et chimie des protéines, université Claude Bernard – Lyon 1 – CNRS

2. Les enjeux économiques
Table ronde introduite par **Renzo Tomellini**, chef d'unité « Nanosciences et nanotechnologies », direction générale de la Recherche, Commission européenne

- ***L'analyse des entreprises du médicament*** :
  - *Le point de vue d'une start-up,* **Marc Cuzin**, Apibio
  - *Les études de marché*, **Pascal Boulon**, Yole Développement
  - *Le financement*, **Bernard Daugeras**, Auriga Partners

3. Les conséquences sociales
Table ronde introduite par **Christiane Sinding**, Cermes – Centre CNRS Villejuif

- ***L'acceptabilité sociale,*** Louis **Laurent**, CEA
- ***Les préoccupations éthiques et environnementales***, Doug **Parr**, direction scientifique Greenpeace
- ***La nécessité de formations interdisciplinaires,*** **Bertrand Fourcade**, université Joseph Fourier - Grenoble
- ***L'égalité d'accès aux soins,*** **Claude Le Pen**, professeur en sciences économiques - université Dauphine
- ***L'information des citoyens (« Nanomonde 2005 »),*** **Laurent Chicoineau**, CCSTI Grenoble.

Pour lire le rapport « Nanosciences et progrès médical » : www.senat.fr

« Les nanotechnologies, un défi pour le XXIe siècle ? »

Jean-Louis Pautrat, conseiller scientifique au CEA, qui participe à la mise en place du pôle d'innovation en micro et nanotechnologies de Grenoble, Minatec, pose les questions que portent en germe les nanotechnologies. Cette nouvelle science est-elle « un remède attendu à tous les maux de l'humanité : maladies et infirmités, pollutions et épuisement des ressources ? Au contraire, est-ce, comme certains le prétendent, la nouvelle et terrible menace qui exterminera l'humanité ? ». Jean-Louis Pautrat s'interdit d'envisager un quelconque rapprochement entre le vivant et l'artificiel, comme le laisse présager le livre polémique de **Michael Crichton** La proie (cf. Lettre Veille & Stratégie 29-30, p. 42).
(cf. Lettre *Veille & Stratégie,* n° 26/27, mars-avril 2003, dossier spécial : Les nanotechnologies et leur développement*)*
(cf. Lettre *Veille & Stratégie,* n° 13, avril 2000, Biopuces : Les champs d'application et les enjeux - Recherche sur les moteurs moléculaires - Puce bionique - Les particules Qdot)

« Un collectif de citoyens et de scientifiques grenoblois »

Ce collectif s'interroge sur l'usage et l'emploi des nanotechnologies dans l'industrie et dans la vie quotidienne. Il estime que « des inconnues sont à peu près du même ordre que celles portant encore sur la dissémination d'organismes génétiquement modifiés (OGM) ».
Un site « de bricolage pour la construction d'un esprit critique grenoblois » invite les citoyens à apporter leurs contributions à ces réflexions.
www.pmo.erreur404.org/PMOtotale.htm

- **« Les aspects toxicologiques des nanotubes de carbone »**

Patrick Bernier du CNRS, université de Montpellier, étudie les aspects toxicologiques des nanotubes de carbone. Il dirige un laboratoire, le Groupe de dynamique des phases condensées (GDPC).
www.gdpc.univ-montp2.fr

3.4. Allemagne

Nanoparticules (aérosols ultrafins) sur les lieux de travail

La Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitschutz (BIA - Institut/coopérative professionnelle pour la protection du travail), **a publié un rapport en octobre 2003** (référence BIA-Report 7/2003), qui analyse les **impacts sur la santé de la propagation des nanoparticules sur le lieu de travail**. En effet, les expériences, en particulier, sur des animaux ont indiqué que l'inhalation des nanoparticules peut causer des réactions inflammatoires dans les poumons et même des tumeurs du poumon. Bien qu'il y ait des hypothèses sur les mécanismes de ces particules, aucun résultat clair n'est jusqu'ici disponible.
En août 2002, dans le cadre d'un atelier interdisciplinaire organisé par l'Institut BIA, des experts venus d'Allemagne, de Finlande, d'Autriche, de Suisse et des Etats-Unis ont présenté les résultats de recherche et l'état des connaissances dans le domaine des particules ultrafines. Cet atelier a abordé les grands thèmes : **aspects médicaux**, **toxicologie** des particules ultrafines (**épidémiologie)**, **physique des particules** ultrafines (**métrologie)**, aérosols de particules ultrafines aux postes de travail de l'industrie, interrogations sur l'introduction de valeurs limites d'exposition.
Dans ce rapport sont présentées les communications des participants, ainsi que des extraits des discussions auxquelles ces différents thèmes ont donné lieu.
www.hvbg.de/e/bia/akt/brosch.html

3.5. Grande-Bretagne

« Les défis sociaux et économiques des nanotechnologies » (juillet 2003)

Cette étude est le résultat d'une coopération de trois chercheurs de **l'université Sheffield : Stephen Wood** et **Alison Geldart**, *Institute of Work Psychology*, et **Richard Jones**, *Department of Physics and Astronomy*. Elle a été mise au point par l'ESRC (*Economic and Social Research Council*).
Après avoir analysé le contexte scientifique du domaine, leurs développements et les applications industrielles par secteur, le rapport fournit une évaluation de différents scénarios. Il développe les aspects sociaux et économiques que les nanotechnologies peuvent apporter, et les espoirs et craintes que cela déclenche. En conclusion, il préconise le débat public, sur le long terme, par des spécialistes des sciences sociales, afin de sensibiliser le public à une acceptabilité sociale des nanotechnologies, et d'éviter notamment, les difficultés pouvant surgir lors de développements liés aux organismes génétiquement modifiés, ainsi que les débats publics après que des industriels ont mis leurs produits sur le marché.
www.esrc.ac.uk/esrccontent/downloaddocs/nanotechnology.pdf

« Technologies futures, choix d'aujourd'hui » (juillet 2003)

Ce rapport de l'Impérial Collège de Londres a été commandité à l'initiative de *Greenpeace Environmental Trust* après avoir constaté qu'une série de débats organisés en 2002 en collaboration avec le magazine *New Scientist*, intitulé : *Science, Technology and the Future*, n'apportait pas

suffisamment de réponses concrètes aux questions posées par le public. Il a donc été décidé qu'il était urgent d'obtenir une expertise scientifique et technique par un organisme qualifié et indépendant concernant les applications des nanotechnologies, de l'intelligence artificielle et de la robotique.
Le rapport souligne qu'il n'y a pas eu suffisamment de recherches sur les dangers de ces technologies aux développements récents. Le rapport exige que des évaluations approfondies soient conduites sur les incidences environnementales, pour certains secteurs industriels, dans les rejets de certaines particules qui pourraient, d'après Greenpeace, « constituer une nouvelle classe de polluants non biodégradables et nuisibles pour la santé ».
www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf

« Préoccupations en matière de sécurité, avantages et risques des nanosciences et des nanotechnologies » (novembre 2003 - premier semestre 2004)

En Grande-Bretagne, *the Royal Society* et *the Royal Academy of Engineering* ont été chargées de réaliser cette étude. **Un premier rapport a été édité en novembre 2003. Puis un autre a été publié en juillet 2004 sur lequel 42 scientifiques et ingénieurs** de toutes disciplines ont travaillé. Ce rapport préconisait entre autres **la mise en place d'un dialogue avec le public** sur les questions de nanotechnologies, et **la mise en place de mesures par le Gouvernement britannique** sur la recherche et les risques en matière environnementaux et sanitaires potentiels associés aux nanotechnologies. Dans sa réponse remise en février 2005, le gouvernement annonce les mesures qui seront mises en place concernant les nanotechnologies. La principale mesure est la **mise en place du NIDG (Nanotechnology Issues Dialoque Group)**, présidé par l'Office of Science and Technology (OST). Le NIDG **assurera la coordination des actions** pour ce qui est des nanotechnologies. Il suivra aussi les progrès et la réalisation de ces actions. Afin d'avoir une évaluation indépendante, le **Concil for Science and Technology** (qui conseille le premier ministre sur la politique scientifique et technique) **sera chargé d'évaluer les progrès** et les implications des nouveaux développements dans deux et cinq ans. L'objectif est de **faire de la Grande-Bretagne l'un des acteurs les plus influents dans le domaine des nanotechnologies**, et ceci en encourageant la collaboration internationale, le partenariat avec les industries et la recherche. Il s'agit aussi de **développer la communication avec le public,** pour accompagner cette recherche, de sorte à le rassurer quant aux risques pour la santé et l'environnement, en profitant du fait que cette recherche en est à ses débuts.
www.nanotec.org.uk , www.royalsoc.ac.uk et www.raeng.org.uk

Nano Dialogues
L'OST veut engager **un programme d'échange entre les scientifiques, les politiques et les industriels** d'une part, **et le public** d'autre part, autour de la question des nanotechnologies et de leurs implications sociales. **Quatre thèmes doivent être abordés**, suivant différentes méthodes (groupes de discussions, interviews de chercheurs, jury de citoyens, …) afin d'améliorer le dialogue en amont au sujet de ce nouveau domaine de recherches.
www.ost.gov.uk

3.6. Italie

Les nanotechnologies sont-elles dangereuses ?

Renzo Tomellini, chef de l'unité sur les nanotechnologies à la Commission européenne, dans une interview à *EuroActiv* a confirmé que des « études sont lancées au niveau des états membres pour évaluer les risques possibles ». Des projets sont dores et déjà financés, ils concernent notamment l'impact des nanoparticules sur le corps humain. Il a précisé qu'il n'était pas question de mettre en cause la technologie mais son utilisation. Il insiste aussi sur la nécessité de transparence complète.
www.euractiv.com

3.7. Canada

« The Big Down - Atomtech : Technologies Converging at the Nanoscale »

Ce rapport a été réalisé par le club de recherches canadien ETC Group (Erosion Technology Concentration). ETC Group a déposé, à la conférence de Johannesburg en 2002, un projet de moratoire sur les nanotechnologies tant que les risques en matière de santé et d'environnement n'auront pas été mieux évalués.
www.etcgroup.org

« Mind the gap : science and ethics in nanotechnology »

Ce rapport publié le 17 février 2003 par l'université de Toronto met en évidence le manque de recherche sur les implications éthiques, juridiques et sociales des nanotechnologies. Il averti du risque de l'abandon des nanotechnologies si ces recherches sur les implications ne sont pas menées parallèlement aux développements techniques.
www.utoronto.ca

3.8. Etats-Unis

On constate qu'aux Etats-Unis, ce sont les intérêts privés qui lancent les mises en garde tout en assurant un dynamisme de la recherche.

The Foresight Institute et les naotechnologies

Le Foresight Institute, dirigé par **Christine Peterson**, est une fondation américaine qui se consacre à promouvoir la recherche, l'investissement et la réflexion sur les nanotechnologies.
La priorité de la recherche américaine s'inscrit dans une vision de « convergence » **entre nanotechnologies**, **biotechnologies**, **technologies de l'information** et **sciences cognitives** (également décrite sous l'acronyme BANG : *bits, atoms, neurons, gènes*).
Une des missions, entre autres, du *Foresight Institute* est **de prendre en compte les risques** souvent cités et de chercher les manières d'y répondre **tout en combattant l'idée d'un « moratoire »** que réclament certaines organisations à la suite, par exemple :
- du document de **Bill Joy**, co-fondateur de Sun, *Pourquoi le futur n'a pas besoin de nous ? (Wired, 2000)*, cf. Lettre de Veille & Stratégie n° 26/27, mars-avril 2003.
- du livre de **Michael Crichton**, *La Proie* (Robert Laffont éditeur, 2003, version anglaise, 2001), et auteur de *Jurassic Parc*, qui décrit l'évolution spontanée d'un nuage de nano-machines qui se reproduisent, s'adaptent à leur environnement et s'attaquent à l'homme pour se nourrir et se démultiplier (cf. Lettre Veille & Stratégie 29-30, p. 42).
Foresight Institute, *Les lignes directrices pour le développement des nanotechnologies moléculaires (juin 2000)*.
www.foresight.org/guidelines/index.html
www.foresight.org et www.nanodot.org

Sources d'information et textes de référence du *Foresight Institute Molecular Nanotechnology* :
The Next Industriel Revolution : www.foresight.org/NanoRev/IEEEComputer.html
Déclaration de principes : www.foresight.org/Updates/Policy.html
Eric Drexler, *Engines of creation* : www.foresight.org/EOC/

« Nanoparticules produites par les moteurs diesel »

Après les interrogations de scientifiques sur la pollution des eaux causée par des nanotubes de carbone, des chercheurs américains constatent que les véhicules à moteur diesel rejettent des fines particules d'oxydes d'azote (NOx), qui produisent des effets nocifs sur la santé (maladies cardio-vasculaires et maladies des voies respiratoires). Aujourd'hui, ils s'interrogent sur les particules qui ont un diamètre inférieur à 100 nanomètres, ces nanoparticules pourraient affecter le cerveau.
En effet, **Günter Oberdörster** de l'**université de Rochester à New York** et ses collègues ont suivi la progression de particules de carbone de 35 nanomètres de diamètre inhalées par des rats. Dans le bulbe olfactif, le premier relais cérébral de l'information olfactive, des nanoparticules ont été détectées un

jour après l'inhalation. Le nombre de particules a augmenté jusqu'à la fin de l'expérience d'une durée de sept jours. **Ken Donaldson,** toxicologiste à l'**université d'Edimbourg**, indique que ce sont « les premières données à ce sujet ». Les substances telles que les drogues peuvent aller au cerveau par l'intermédiaire du sang.
Les chercheurs américains pensent que les nanoparticules de carbone entrent dans le cerveau en circulant au travers des cellules qui détectent les odeurs et transmettent les signaux au bulbe olfactif.
Pour en savoir plus : www2.envmed.rochester.edu

Congrès de l'AAAS, du 17-21 février 2005

En février dernier a eu lieu à Washington le congrès annuel de l'AAAS (American Association for Advancement of Science) qui traitait de l'impact des nanotechnologies sur l'environnement et la santé.
Un des symposiums rassemblait médecins, biologistes, chimistes et physiciens sur le thème « Fundamental Health and Environmental Impacts of Nanotechnology ».
Une bonne partie des débats a porté sur les risques associés a l'inhalation de nanoparticules, même si le développement de leur production et de leur usage va s'accompagner également de risques d'ingestion, ou d'exposition cutanée ou même intraveineuse. **Le Dr Finkelstein, de l'Université de Rochester** (School of Medicine), a insisté sur **le risque systémique important de l'inhalation de nanoparticules** lié a leurs dimensions qui leur permettent de diffuser facilement des poumons vers le sang, la moelle épinière ou d'autres parties du corps. En forçant un groupe de souris a une instillation massive de nanotubes de carbone, **le Dr Warheit du Dupont Haskell Lab** (Delaware) a montré que 15 % des animaux ainsi traités mouraient d'étouffement dans les 24 heures, en raison de l'agglomération de nanotubes dans les bronches.
D'autres animaux, exposés a une inhalation moins intense de nanotubes mais sur des durées de l'ordre du mois ont cependant développé des lésions pulmonaires que l'on ne trouve habituellement que chez des patients tuberculeux ou ayant inhalé du béryllium, et que l'on ne rencontre pas chez ceux ayant respire de la poussière de silice par exemple. Il semble ainsi que chaque type de particule doit être testé au cas par cas.
De son coté, **Eva Oberdörster de la Southern Methodist University** a étudié l'évolution de poissons dont le milieu était fortement concentré en nanotubes et « buckyballs ». A l'échelle de 48 heures, elle n'a pas observé de traces de ces nano-objets dans le sang des poissons, alors qu'ils sont passés en proportion importante dans le tube digestif.
La question importante reste cependant de déterminer quels peuvent être les effets à long terme de la présence de ces matériaux dans l'air ou dans les cours d'eau. Toutes ces études montrent également qu'il est nécessaire de mieux définir la démarche des investigations qui doivent être menées pour évaluer les risques des nanomatériaux et déterminer les facteurs qui pourraient jouer un rôle dans leur activité biologique.
L'étape suivante sera alors de répondre à la question de comment faire pour fabriquer des nanomatériaux sans danger.
Site du département de médecine environnementale de l'université de Rochester à New York :
www2.envmed.rochester.edu/envmed/
www2.envmed.rochester.edu/envmed/tox/faculty/oberdoerster.html
www.napier.ac.uk

« Université de Rice »

Sur le site de l'université de Rice, il est possible de prendre connaissance de documents écrits par des chercheurs concernant la polémique autour des applications des nanotechnologies sur l'environnement et la santé.
Etudes d'impact des nanotechnologies, par **Vicki Colvin**, de l'**université de Rice** à Houston (Texas) qui dirige le CBEN (Center for biological and environnemental nanotechnology).
www.ruf.rice.edu/~cben/NanoEnviHealth.shtml

« Usages militaires, usages terroristes ? »

Un article du *Jane's*, spécialisé dans l'analyse des systèmes d'armes et armements, signale que la fabrication de nano-systèmes basés sur l'autoréplication permettra de produire des armes de type

conventionnel, mais dans des quantités telles qu'elles deviendraient des armes de destruction massive. Il n'exclut pas les risques de détournement et conclut que « tout ceci montre qu'aujourd'hui, il n'est plus de techniques innocentes, à usage civil, qui ne puissent être utilisées à buts militaires ou terroristes ».
www.janes.com

Center for Responsible Nanotechnology (CNR)

Deux chercheurs américains, **Chris Phoenix** et **Mike Treder** ont fondé cet organisme en association avec une ONG, le **World Care**, afin de veiller à ce que les nanotechnologies ne soit pas exclusivement à usage militaire.
www.crnano.org/dangers.htm

3.9. Japon

« L'influence des nanomatériaux sur le corps humain »

Le ministère de l'Environnement a confié à l'Institut national pour les études environnementales (NIES), qui étudie déjà l'influence des particules émises par les moteurs diesel sur le corps humain, un projet de recherche de 5 ans sur l'influence des nanoparticules contenues dans les gaz d'échappement. Ce qui devrait amener le ministère de l'Environnement, le secteur automobile et le secteur des combustibles à réglementer l'émission des nanoparticules et à développer des techniques pour réduire les quantités de particules et limiter les effets nocifs.
Certains chercheurs rapportent que des nanoparticules émises par une poêle neuve traitée au téflon ou produites lors du fartage des skis, ont un effet néfaste sur le corps humain.
Sources *: Nikkeinanotech,* 6 février 2004, *ADIT*, Japon n° 312

4. Stratégies

Les nanotechnologies représentent un ***domaine technologique stratégique*** *tant dans le domaine civil que militaire. Les* ***percées scientifiques attendues devraient révolutionner aussi bien la science des matériaux, la microélectronique et les technologies de l'"information, que la biologie, la médecine et la pharmacologie ou le traitement des problèmes d'environnement, d'énergie et les technologies spatiales****.*

4.1. France

Académie des Sciences / Académie des technologies 2004

« Nanonosciences - Nanotechnologies », rapport RST n°18, avril 2004

Le rapport, structuré en trois parties, fait le point sur les dernières avancées de la chimie, de la physique et des technologies. Il présente **les applications,** notamment **dans le domaine de la microscopie,** les perspectives technologiques envisageables et il **s'interroge sur leur impact sociétal**. Il présente également des recommandations :

- **Prendre l'initiative d'un grand programme interministériel** dans le domaine des nanotechnologies,
- **Créer une structure, A_3N** (agence nationale pour les nanosciences et la nanotechnologie), chargée de coordonner l'initiative nanosciences/nanotechnologies, d'organiser une réflexion stratégique sur les objectifs à poursuivre,
- **Favoriser le regroupement d'équipes interdisciplinaires et interorganismes au sein d'instituts fédératifs,**
- **Lancer un plan d'équipements mi-lourds** dans des universités et des établissements d'enseignement supérieur,
- **Attribuer des crédits** pour les projets et les infrastructures sur une base compétitive et contractuelle,
- **Créer les enseignements de 2e et 3e cycle** permettant de sensibiliser et former aux nanosciences et nanotechnologies,
- **Impliquer les industriels dans l'élaboration des objectifs stratégiques** et dans leur actualisation.

***Responsables du rapport* :**

Robert Corriu, membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies, laboratoire de chimie moléculaire et organisation du solide, université de Montpellier-II.

Philippe Nozières, membre de l'Académie des sciences, professeur au Collège de France, Institut Laue-Langevin, Grenoble.

Claude Weisbuch, membre de l'Académie des technologies, CNRS – PMC (laboratoire de physique de la matière condensée), Palaiseau.

www.academie-sciences.fr

www.academie-technologies.fr

Rapport édité par : Éditions Tec & Doc Lavoisier : www.lavoisier.fr

Nanosciences et nanotechnologies au ministère délégué à la Recherche

En septembre 2003, **Claudie Haigneré,** alors ministre délégué à la Recherche, a annoncé un soutien trisannuel d'un montant de 100 millions d'euros apporté à quatre grandes centrales françaises de nanotechnologies (**Grenoble, Toulouse, Lille, Paris-Sud**). Dans le cadre du **FNS** (*Fonds national de la science*) un important programme multidisciplinaire *Nanosciences et nanotechnologies* a permis de lancer de nombreux projets et d'engager la structuration de la recherche française dans ce domaine.

François d'Aubert, actuel ministre délégué à la Recherche, a remis récemment les premières réflexions sur le 7e PCRD au Commissaire en charge de la Science et de la Recherche, Janez Potocnik.

Pour consulter le mémorandum : www.eurosfaire.prd.fr

Réseaux de recherche et d'innovation technologiques (RRIT)

Réseau Matériaux et Procédés - Réseau Micro et nanotechnologies

Plusieurs réseaux, associant laboratoires publics, grandes entreprises et PME innovantes, se mobilisent sur des **programmes de recherche dans les secteurs stratégiques**, que sont les matériaux et procédés (**RNMP**), les micro et nanotechnologies (**RMNT**), les télécommunications (**RNRT**), les technologies logicielles (**RNTL**), ou l'audiovisuel et le multimédia (**RIAM**).

Les principales fonctions des réseaux sont :

- d'être à l'écoute de la demande socio-économique à moyen et à long terme,
- d'identifier les problèmes technologiques à résoudre,
- de rassembler des compétences scientifiques et technologiques,
- de développer des projets à partir de ces compétences,
- de susciter la mise en place des équipements nécessaires à la collaboration des partenaires,
- de définir et de faire partager une pratique satisfaisante de la propriété intellectuelle et industrielle,
- d'encourager le transfert vers le marché, notamment par la création de PME innovantes.

- **L'animation du réseau Matériaux et Procédés (RNMP)**

L'animation du réseau est assurée conjointement par le CNRS -Programme Matériaux et par le CEA-Cerem.

Le Réseau de Recherche et d'Innovation Technologiques Matériaux et Procédés (RNMP), créé le 23 mars 2000, labellise des projets de recherche et de développement en vue de :

- **stimuler la recherche technologique** pour conduire au développement de produits et services nouveaux répondant aux besoins du marché, avec une attention particulière pour les innovations de ---
- **permettre une coopération plus étroite entre le monde de l'industrie et celui de la recherche**, par la création de consortium résultant de la mise en réseau des compétences d'entreprises et de laboratoires, suivant une logique de demande, de type « *bottom up* », identifiant les besoins du marché et les attentes des industriels, principalement dans **les 5 grands domaines** :

Conception, élaboration et caractérisation des matériaux ; Procédés de mise en œuvre et de mise en forme/ Optimisation ; Traitement de surface et assemblages ; Comportement, durabilité, fiabilité et contrôles associés ; Procédés et matériaux respectueux de l'environnement /Recyclabilité.

Membres du Comité d'Orientation RNMP

Industriels :

Gilles Argy, *président du réseau,* Hutchinson **; Hervé Arribart,** Saint Gobain Recherche ; **Philippe Choderlos de Laclos**, CETIM ; **Claude Djololian**, Baikowski ; **Bruno Dubost**, Péchiney CRV ; **Didier Guedra-Degeorges**, EADS ; **François Jackow ; Michel Laroche,** Snecma Propulsion Solide ; **Patrick Maestro**, Rhodia Services ; **François Mudry**, Arcelor ; **Pierre Perdoux**, Plastic Omnium ; **Jean-Jacques Thomas**, PSA Peugeot Citroën ; **Angélique Vichot**, Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques.

Laboratoires publics :

Pierre Abelard, ENSCI, université de Limoges ; **Marie-Geneviève Barthes-Labrousse**, CNRS Vitry ; **Patrick Bourgin**, Ecole supérieur de Plasturgie ; **Marc Drillon**, CNRS/IPCM de Strasbourg ; **Anne Falanga,** CEA Saclay ; **Philippe Kapsa,** CNRS Lyon ; **François Laval**, CEA Le Ripault **; Rémy Mevrel,** Onera ; **Guy Ouvrard**, Institut des matériaux Jean Rouxel ; **Luc Remy**, Ecole des Mines Paris ; **Abel Rousset**, université de Toulouse ; **Michel Suery**, CNRS/INPG Grenoble ; **Daniel Tondeur**, CNRS/ENSIC Nancy ; **Henri Van Damme**, Ecole Supérieure de Physique et Chimie industrielles de Paris.

Le bureau est composé de **Gilles Argy**, président du réseau, de deux membres qui assurent conjointement la cellule animation, **F. Teyssandier**, CEA – direction des Matériaux et **C. Charissoux** du CNRS, programme Matériaux. S'ajoutent, un représentant du ministère délégué à la Recherche, un représentant du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, un représentant du ministère de la Défense, un représentant de l'Anvar.

RNMP - Matériaux et procédés *:* www.reseau-matériaux.com.fr

- **Le réseau Micro et nanotechnologies (RMNT)**

Le réseau est piloté par un **comité d'orientation** et présidé par **Claude Puech,** directeur scientifique et technique de ***Thales High Tech Optics***. Ce réseau est composé de membres représentant les industriels, les scientifiques et les universitaires du domaine. Ces membres sont nommés par les pouvoirs publics et tenus à un devoir de réserve et de confidentialité.
Le fonctionnement permanent du réseau est assuré par un bureau exécutif, dont le secrétariat est géré par le **CEA/Leti à Grenoble**, et par huit antennes régionales. Les projets sont instruits par le bureau exécutif selon une procédure de demande spontanée et sont labellisés trois fois par an par le comité d'orientation.

Le champ d'application du RMNT concerne le dimensionnement, le fonctionnement, la fabrication collective et la **caractérisation d'objets de très petites dimensions pouvant aller jusqu'à une taille moléculaire**. Ce réseau s'inscrit dans un secteur de très haute technologie et fait appel à plusieurs disciplines **: électronique, mécanique, optique, chimie, biologie...**
Le Comité d'orientation se réunit au moins trois fois par an et il a pour mission :
- de définir les orientations stratégiques du réseau,
- d'examiner les projets, et au vu des expertises scientifiques et techniques, de déterminer ceux auxquels sera attribué le label du réseau,
- de suivre les projets labellisés ayant reçu une aide des pouvoirs publics.

Membres du comité d'orientation RMNT
Industriels :
Daniel Bois, centre de Microélectronique de Provence ; **Charles Dussurgey**, Thales Avionics ; **Laurent Gouzènes**, STMicroelectronics ; **Guy Labrunie**, CEA Valorisation ; **Bernard Limon**, Biomérieux ; **Laurent Malier**, Alcatel Optronics ; **Gaston Nicolessi**, Nanotimes ; **Bernard Poli**, Recif ; **Claude Puech**, président de Thales H.T.O.
Laboratoires publics :
Jean Aubert, IEF (Institut d'Electronique fondamentale) ; **Didier Lippens**, Institut d'Electronique et de microélectronique du Nord (Lille 1) ; **Claire Dupas**, ENS (Cachan) ; **Giancarlo Faini**, LPN Marcoussis ; **Daniel Hauden**, laboratoire de Physique et Métrologie des Oscillateurs (Besançon) ; **Augustin Martinez**, laboratoire d'Analyse et d'architecture des systèmes (Toulouse) ; **Jean-Therme**, CEA-Leti (Grenoble) ; **Frédéric Troalen**, IGR Institut Gustave Roussy.
Autres Réseaux de Recherche et d'Innovation Technologiques :
Serge Gourrier, Riam
Paul Le Guernic, RNTL
Représentants des administrations :
MJENR/Recherche et Nouvelles Technologies ; Minifi ; Anvar ; DGA
RMNT **-** Micro et nanotechnologies : www.rmnt.org

Un grand nombre de réseaux dans d'autres domaines de recherche et d'applications ont été crées. Se reporter au site du ministère délégué à la recherche.
www.recherche.gouv.fr/technologie/reseaux/index.ht
Pour en savoir plus :
RNRT - Télécommunications : www.telecom.gouv.fr/rnrt
RNTL - Technologies logicielles : www.recherche.gouv.fr/rntl
Riam - Audiovisuel et multimédia : www.cnc.fr/riam

Les nanomatériaux dans l'industrie

La DiGITIP, bureau des matériaux, dont les actions passent par les réseaux de recherche et d'innovations technologiques - le RNMP (réseau national matériaux et procédés) ou le RMNT (réseau micro et nanotechnologies) - a mis en ligne en octobre 2004 **une base de données des acteurs français des nanomatériaux** (www.nanomateriaux.org). L'objectif est double, d'une part faciliter l'identification des compétences en France, et d'autre part développer les partenariats.

Gilles Le Marois, chargé de mission à la DiGITIP, donne dans *la lettre de la DiGITIP* n° 24 de mars 2004, la définition suivante des nanomatériaux : « Ce sont des matériaux composés en tout ou partie

de nano-objets, c'est-à-dire de particules ou structures, dont la taille se mesure en nanomètres, qui améliorent leurs performances ou leur confèrent des propriétés et fonctions nouvelles … Ces matériaux serviront à créer des **filtres anti-pollution plus sélectifs**, des **composants électroniques plus fiables**, des **plastiques plus résistants**, … ». Si des applications sont déjà utilisées dans notre environnement quotidien comme la **vitrocéramique**, les **crèmes solaires** ou à l'état naturel (**les sels minéraux de l'eau**) ou sous forme de produits traditionnels de l'industrie chimique (**noir de carbone**), « on commence à peine à explorer les propriétés, phénomènes et procédés spécifiques à l'échelle nanométrique ».

Gilles Le Marois, également responsable du numéro spécial « nanotechnologies » des *Annales des Mines, série Réalités industrielles*, février 2004 signale que les nanomatériaux sont « des matières premières », leur impact industriel est important, il est évalué à 340 milliards de dollars par an en 2010, notamment, dans des **domaines tels que la santé, l'environnement et l'énergie, les technologies de l'information ou les transports.**
Les pays se répartissent des rôles **leaders** : **le Japon dans le domaine des nanomatériaux** ; **les Etats-Unis dans le domaine des nanotechnologies destinées aux technologies de l'information** ; **l'Europe dans celui des nanobiotechnologies.**
En France, on compte Minatec, le pôle d'innovation en micro et nanotechnologies. Du côté des industriels : **Michelin, Renault et Peugeot** expérimentent les nanocharges et les nanotubes pour améliorer les pneumatiques et les carrosseries.
www.reseau-materiaux.com.fr
www.rmnt.org
Sur le site du **ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie** sont disponibles plusieurs **documents de prospectives,** certains rédigés par Gilles Le Marois :
www.industrie.gouv.fr
Voir aussi le document récent des ***Cahiers Industries,*** dossier ***« Nanotechnologies, les promesses de l'infiniment petit »***, n° 101, janvier 2005, en ligne sur le site www.industrie.gouv.fr/accueil.htm

Etude prospective sur les nanomatériaux
Une étude a été publiée en **mai 2004** par Développement & Conseil pour le compte du MINEFI/DiGITIP/SIMAP. Cet état des lieux des nanomatériaux en France est accompagné de recommandations.
Pour consulter l'étude : www.industrie.gouv.fr

Les nanotechnologies : éthique et prospective industrielle
Rapport de Jean-Pierre Dupuy, ingénieur général des Mines et de **François Roure**, inspecteur général des Postes et Télécommunications :
Les nanotechnologies : éthique et prospective industrielle (novembre 2004).
Le rapport résulte d'une mission relative à l'impact multidimensionnel des nanotechnologies et de ses implications en matière de régulation, inscrite au programme de la section « Innovation et Entreprise » commune au **Conseil général des mines et au Conseil général des technologies de l'information.**
Les auteurs rappellent que la mission était destinée à **préparer les axes d'évaluation de la politique publique française** au regard des nanotechnologies, sur le fondement d'une analyse des contextes européen et international, en prenant en compte toutes leurs dimensions, en particulier sociétales et éthiques.
Pour **Jean-Pierre Dupuy et François Roure**, « […] le rapport de mission s'est focalisé sur l'éthique et la prospective industrielle des nanotechnologies face à la méta-convergence, considérant que les enjeux essentiels pour la France ainsi que sa crédibilité et son rayonnement futur résulteraient de sa capacité de faire prévaloir cette problématique […] ».
Le rapport est structuré en trois parties : après un rappel des **données essentielles** disponibles **sur les réalités industrielles et de recherche**, le rapport aborde **la question des risques émergents** induits par les nanotechnologies, dans une deuxième partie, il **aborde les nanotechnologies en perspective face l'horizon 2020**. Dans la troisième partie, **les auteurs formulent une série de recommandations**.
www.cgm.org/themes/deveco/develop/nanofinal.doc

- ***Nano2life confié au CEA de Grenoble***

La Commission européenne conforte le pôle isérois en plaçant sous sa tutelle la coordination du premier réseau européen dédié aux nanotechnologies. **Nano2life** vise à réduire le morcellement des recherches européennes dans ce domaine en intégrant des équipes de 23 organismes de recherche : CEA, CNRS, Inserm, Institut Fraunhofer, université de Münster (Allemagne), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, universités de Newcastle (Grande-Bretagne), de Lund (Suède). Le programme concerne plus de 200 chercheurs sur quatre ans et un budget de 13 millions d'euros.
En compétition avec la Sarre, la Westphalie et la Catalogne, Grenoble a été choisie grâce à son avance, et avec la mise en place des projets Minatec et Nanobio, dédiés aux micro et nanotechnologies et à la biotechnologie. L'enjeu est important, avec un marché estimé à 1 milliard d'euros en 2005, en croissance de 16% à 25% par an pour les biopuces. Celles-ci ont de nombreuses applications dans le médical et la pharmacie mais aussi dans l'environnement ou la sécurité alimentaire.
(cf. Lettre *Veille & Stratégie* 26/27, mars-avril 2003, Crolles 2 : pour l'infiniment petit, des investissements géants)
www.nano2life.org
www.grenoble-isere.com/functions/portail/nano2life.htm

- ***Le « NanoCMOS » (Complementary Metal Oxyde Semiconductor) à Crolles2***

Le projet « NanoCMOS » (portant sur la révolution des nanoprocesseurs) initié par des industriels *ST Microelectronics*, *Infineon*, *Philips* et *Freescale Semiconducteur*, filiale de *Motorola* et des laboratoires publics allemands, belges et français a été annoncé en mars dernier. Ce programme sera financé par la Commission européenne à hauteur de **24 millions d'euros et complété par les propres fonds des industriels**. Les étapes de fabrication standard seront réalisées sur le site de Crolles2 tandis que le CEA Leti se concentrera sur les étapes innovantes et à risques, sur la plate-forme de R&D baptisée Nanotec300. Cet accord s'inscrit dans la continuité de la plate-forme Silicium 200 mm du Leti qui, depuis une dizaine d'années, développe et valide en relation avec ST Microelectronics, divers procédés sophistiqués de gravures et dépôts.
Sont également impliqués dans ce projet des laboratoires du CNRS à Lille, Orsay et Saclay.
Cette année, les membres du projet devront démontrer la faisabilité de la technologie logique CMOS 45 nm. Ils mèneront simultanément des activités de R&D sur les prochaines générations technologiques 32 nm et 22 nm, limite des technologies actuelles. Les résultats du projet NanoCMOS permettront d'ouvrir de nouveaux champs d'application pour la société de l'information.
Pôle Minatec : www.minatec.com/cgi-bin/charge.pl

Appel à projets scientifiques du ministère délégué à la Recherche

- Sur les nano-structures et nano-composants **présentant des fonctionnalités électroniques nouvelles, optiques, magnétiques, mécaniques (février 2004).**
- Sur les nano-objets et systèmes quantiques**, dont les priorités sont liées au contrôle de variables quantiques (février 2004).**
- Sur les nanomatériaux**, dont les priorités résultent des effets suivants : effet de confinement, effet résultant de l'amplification des phénomènes de surface et d'interface et intensification des couplages (février 2004).**
- Sur les nano-biosciences**. Cette thématique, située à l'interface de plusieurs disciplines, recouvre : la manipulation et l'étude de biomolécules, la compréhension du monde vivant, l'analyse de processus nanométrique, … (février 2004).**
- Sur les secteurs des nanosciences et nanotechnologies**, secteurs retenus, objets individuels, composants élémentaires, information quantique, organisation et assemblage de nano-objets, architectures de circuits, nanomatériaux, nanobiosciences (mars 2003).**

www.recherche.gouv.fr/recherche/fns/nano.htm
www.recherche.gouv.fr/recherche
www.recherche.gouv.fr/appel/2004/nano.htm

- ***La nouvelle Agence Nationale de la Recherche***

Pour l'année 2005, les appels à projet se poursuivent, notamment avec le prolongement du Programme National Nanosciences par l'**ANR** (Agence Nationale de la Recherche) qui **lance un**

programme national en nanosciences et nanotechnologies (PNANO). Le GIP-ANR est un **groupement d'intérêt public créé le 7 février 2005** qui a pour mission de **soutenir la recherche fondamentale et appliquée**, et le partenariat entre public et privé. Elle **finance pour cela des projets de recherche** sélectionnés sur des critères d'excellence scientifique et technique.
Le PNANO, dont la réalisation s'appuie sur le R3N, **a pour objectif de financer pendant trois ans au plus les meilleurs projets de recherche en nanosciences et nanotechnologies**, et de soutenir les infrastructures de recherche, sans oublier d'intégrer une dimension européenne dans l'optique du 7e PCRD. **Trois types de projets**, sur lesquels devront se positionner les porteurs de projets, sont envisagés : **les projets de recherche fondamentale, les projets de recherche industrielle exploratoire (avec des perspectives d'application) et des projets de développement pré-compétitif** ou pré-concurrentiel. Pour chacun, différentes thématiques sont proposées : les nanocomposants, les nanomatériaux, les nanobiosciences, les nanobiotechnologies, l'instrumentation et la métrologie, la simulation, et enfin la modélisation.
Le dossier de candidature, dont la date limite de soumission est le 6 juin 2005, sera mis en ligne très prochainement sur le site du GIP-ANR (www.gip-anr.fr) et du RMNT (www.rmnt.org), en attendant la création du site du R3N.
Les aspects éthiques, sociétaux et sanitaires des nanosciences ne sont pas intégrés au PNANO, mais dépendent d'autres appels à projets relevant du Plan National Santé Environnement et d'appels à projets non thématiques du GIP-ANR..
Pour en savoir plus : www.gip-anr.fr

4.2. Europe

Une priorité pour l'avenir de l'Europe

Avec un budget de recherche de 700 millions d'euros pour quatre ans, le sixième programme-cadre accorde aujourd'hui une place privilégiée aux nanotechnologies et nanosciences, aux nouvelles connaissances sur les matériaux et à leurs applications industrielles. La fédération des projets réalisés dans le **cluster Nanotrib** préfigurait, à cet égard, le nouvel instrument dorénavant disponible que sont les projets intégrés.
Le Parlement européen, la Commission européenne, les États membres et des groupes de réflexion travaillent déjà à **l'élaboration du 7e PCRD**. La Commission européenne a dévoilé sa proposition pour le 7e Programme-cadre (7e PC) ce mercredi 6 avril. La durée proposée pour ce 7e PC est de 7 ans (2007 à 2013) avec un budget de 73 milliards d'euros (environ 10 milliards d'euros par an). Il se compose de **4 programmes spécifiques** :
- Cooperation : activités de recherche collaborative transnationales,
- Ideas : recherche fondamentale,
- People : ressources humaines via les actions Marie Curie réorganisées,
- Capacities : soutien aux infrastructures de recherche, recherche pour et par les PME, régions de la connaissance (développement de faisceaux régionaux de recherche associant universités, centres de recherche, entreprises).

Le programme « Cooperation » constituera le noyau dur du programme avec un budget de 45 milliards d'euros. Neuf thématiques sont listées : santé (8,4 milliards d'euros) ; alimentation, agriculture et biotechnologies ; technologies de l'information et de la communication (12,7 milliards d'euros) ; nanosciences, nanotechnologies, matériaux et nouvelles technologies de production (5 milliards d'euros) ; énergie ; environnement et changement climatique ; transport ; sciences socio-économiques et sciences humaines (797 millions d'euros) ; espace et recherche en matière de sécurité (4 milliards d'euros).
Nanotechnologies dans le sixième programme-cadre :
www.cordis.lu/nanotechnology
www.cordis.lu/nmp/home.html
Pour plus de détails sur les autres programmes : dbs.cordis.lu

Le point sur les nanotechnologies à la Commission européenne et le 7e PCRD en prévision :
http://www.eurosfaire.prd.fr/7pc/news.php

Appel à projets en Europe

Sur les nanotechnologies et nanosciences, matériaux multifonctionnels basés sur la connaissance, et nouveaux procédés et dispositifs de production, deux appels :
L'un, en mars 2004, sur l'ingénierie, pour la création, le développement, le traitement, la transformation et l'intégration de matériaux, de biomatériaux et de composants ; développement de connaissances fondamentales ; procédés et systèmes de fabrication flexibles et intelligents ; recherche systémique et maîtrise des risques.
L'autre, en mai 2004, sur les recherches fondamentales, l'auto-organisation et assemblage, les moteurs moléculaires, les techniques de caractérisation et de manipulation, les matériaux bio-inspirés et hybrides, les interfaces nanobiotechnologiques, les biomatériaux intelligents pour la réparation des tissus, l'intégration dans les technologies industrielles, les mesures et essais, le cycle de vie, l'incidence sur la santé et l'environnement, les aspects éthiques et la sensibilisation des consommateurs, …
fp6.cordis.lu/nmp/call_details.cfm

4.3. Etats-Unis

Une enveloppe de 3,7 milliards de dollars sur quatre ans pour les nanotechnologies

C'est le montant voté successivement par les deux chambres du Congrès américain pour le développement des nanotechnologies aux Etats-Unis en fin d'année 2003. Les fonds alloués - 3,7 milliards de dollars sur quatre ans - serviront à créer un programme national de soutien à la formation de la prochaine génération de professionnels du secteur et à financer des projets de recherche, principalement au sein de la ***National Science Foundation*** mais aussi des **Départements de l'Energie et du Commerce, de la Nasa et de l'Agence de Protection de l'Environnement**.
Selon un précédent programme adopté sous l'administration Clinton, le gouvernement avait déjà investi plus d'un milliard de dollars en trois ans dans les nanotechnologies. Science hybride, qui allie la chimie à l'ingénierie, les nanotechnologies sont considérées comme un élément clé de la future économie américaine, en raison de leur vaste potentiel d'applications (production industrielle, agriculture, santé).
En 2005, le budget pour les nanosciences est d'environ un milliard de dollars, soit 2% de plus qu'en 2004, et il devrait atteindre 1,05 milliards de dollars en 2006.
Pour plus de détails : www.aaas.org

Pour en savoir plus sur les programmes de recherche américains
The National Nanotechnology Initiative: www.nano.gov
Le rapport fondateur de **Mihail C. Roco** et **William Sims Bainbridge** pour la NSF *(juin 2002)* :
www.wtec.org/ConvergingTechnologies
Institut dédié aux nanotechnologies militaires : web.mit.edu/isn

- **NSF –National Science Foundation** *(juin 2002)*

La National Science Foundation a réalisé un rapport intitulé *Converging technologies for improving human performance* (cf. p. 4).
www.nsf.gov

5. Information / Communication

5.1. Des informations sur les nanotechnologies pour le public et les enseignants

A la découverte du nanomonde

Le ministère de la Recherche a mis en ligne (en PDF), un excellent dossier d'une trentaine de pages avec de nombreuses illustrations, intitulé « **À la découverte du nanomonde** ». Ce document pédagogique, construit avec les experts du domaine au CEA-LETI (Grenoble), fait un tour d'horizon complet du sujet :

1) Introduction au nanomonde,
2) Hier : l'ère des microtechnologies,
3) Aujourd'hui les micro et nanotechnologies,
4) Demain,
5) Conclusion.

www.nanomicro.recherche.gouv.fr/docs/plaq.nanomonde.pdf

Nanosciences & nanotechnologies

Dossier de synthèse documentaire réalisé par le service de veille de l'INIST (CNRS) en juin 2004. Ce dossier est centré sur deux thèmes majeurs : la nano-optique et la nanoélectronique.
www.inist.fr/nano/Dossier/entete.html

Voyage au cœur de la matière sur le site de Futura-sciences

Un dossier réalisé par **David Calvet** chargé de recherche au CNRS, laboratoire de physique des particules expérimentales. Tous les rudiments de la physique, expliqués simplement. Cet ensemble de pages est destiné à explorer la structure de la matière en partant des atomes et en allant jusqu'aux particules fondamentales.
Dossier sur le site de Futura-sciences :
www.futura-sciences.com

Comprendre : la nano en clair

La Commission européenne a réalisé un document pédagogique expliquant le B.A.-Ba de ce nouvel art du minuscule. Une explication en termes clairs, images à l'appui, pour donner envie d'en savoir plus.
Pour réaliser un canoë, on peut d'abord couper un arbre. Mais s'il s'agit d'un cure-dents ? Faut-il partir d'un chêne ou de particules plus petites ? La réponse se trouve dans la nanotechnologie : la manipulation d'atomes ou de molécules pour fabriquer des matériaux, des appareils, des machines… Le tout avec une précision inouïe (à l'atome près) et des méthodes propres (pas de déchets, moins d'énergie).
Ce document, téléchargeable, existe en 11 langues.
www.cordis.lu/nanotechnology/src/young-public.htm

« Putting nano in the Picture »

Documentaire pédagogique pour enseignants de 26 minutes (support DVD), ayant pour cible des classes à partir de la 3e, et qui explique ce que sont les nanotechnologies. Ce document a reçu un prix scientifique au Festival du film technique et scientifique 2003 en République tchèque. Ce DVD est gratuit, pour se le procurer, le demander:
par Fax : +32 2 29 861 50 ou par e-mail à : frederique.leflot@cec.eu.int

Film nano : «The next dimension »

Documentaire scientifique réalisé par la maison de production française Ex-Nihilo. Film de 26 minutes, présentant les développements et les applications des nanotechnologies, avec des commentaires de prix Nobel, **Jean-Marie Lehn** et **Harold Kroto,** des experts européens de nanotechnologies, **Christian Joachim, Enrique Ortega, Helmut Schmidt, Angel Rubio, Gwenaël Rapenne, Sumio Iijima, Cees Dekker**, **Keith Williams et Carlo Taliani.**
Ce film a été réalisé pour la DG Recherche lors du lancement du 6e programme cadre - libre de droits, il est possible de le commander au distributeur :
DDB Focus Europe : Tel. +32 2 761 19 00, Fax +32 2 775 89 57
e-mail : gerald.alary@ddb.be

Des « nanoputiens » pédagogues

Aux Etats-Unis, des chercheurs de l'université de **Rice** et **Perdue** université ont programmé un **support pédagogique destiné aux étudiants et aux professeurs** désireux de mieux comprendre le monde moléculaire. L'équipe a publié dix sept pages de recettes pour fabriquer des molécules et plusieurs dizaines de nanoputiens.
Materials and Nanoscale Science, responsable : **docteur James M. Tour** : www.jmtour.com
The NanoKids™ educational : www.nanokids.rice.edu

Des interviews de chercheurs du MIT

Bernadette Bensaude-Vincent, actuellement chercheur associé du CRHST (*Centre de recherche en histoire des sciences et des techniques*) à la Cité des sciences et de l'industrie, a réalisé pour le site *History of Recent Science and Technology* du MIT (*Materials Research*) des interviews de chercheurs du MIT sur le thème des nanotechnologies :
Philippe Colomban, chercheur au Laboratoire de dynamique du CNRS, Interactions et réactivité (UMR7075) CNRS & Université Pierre et Marie Curie, **Professeur Michael Whelan**, du département des matériaux de Oxford, **Professeur Sir Peter Hirsch**, également du département des matériaux de l'Université d'Oxford et le **Dr. Shin Fujitani**, directeur de recherche à la division R & D de *Sanyo Electric.Co.Ltd*., *Soft Energy Company*.
http://www2.cnrs.fr/band/320.htm
Voir aussi les ouvrages :
de **Bernadette Bensaude-Vincent** : *« L'éloge du mixte, matériaux nouveaux et philosophie ancienne »,* Hachette Littérature, 1998.
Sa conférence sur le site de la Cité des sciences : www.cite-sciences.fr
Son autre livre cité : *« Faut-il avoir peur de la chimie ? »,* Empêcheurs De Penser En Rond, 2005.

5.2. Expositions

France

Création de la Cité de l'innovation à Grenoble

Le Centre culturel scientifique technique et industriel de Grenoble (CCSTI, créé en 1979 pour donner à l'action culturelle une dimension scientifique) va prendre une nouvelle dimension avec la création de la **Cité de l'innovation et de la découverte** à l'horizon 2007. Le lieu permettra d'accueillir 150 000 visiteurs par an, au lieu de 50 000 actuellement, et aura vocation à prolonger l'action de diffusion de la culture scientifique et technique entamée par le CCSTI, et à accentuer une synergie, voire un partenariat, avec les industriels de la R&D tels que France Télécom, STMicroelectronics et le CEA. La Cité de l'innovation sera donc un lieu de **débats, d'expositions, de spectacles et d'expériences** mais aussi de **rencontre avec les chercheurs et les industriels** afin de **faire comprendre à un large public la science et ses enjeux.**
Pour en savoir plus :
www.ccsti-grenoble.org
www.cite-innovation.net

Matière, Matériaux » (2005)

La DVRI (direction de la valorisation régionale et internationale) **de la Cité** a développé pour **la Fondation Eugenides, Grèce,** une exposition de 400 m^2 sur la thématique « Matière, Matériaux ». Il s'agit d'une exposition découverte avec des présentations interactives et ludiques sur les fondamentaux et nouveaux matériaux. Les publics visés sont les adolescents (9 à 18 ans). L'exposition est duplicable. L'exposition « Matière, Matériaux » aborde par le toucher et l'expérimentation l'environnement de matériaux pour des usages variés. **On entre dans les « coulisses » des matériaux en dévoilant leur organisation microscopique responsable de leurs caractéristiques**. Les deux premiers thèmes de l'exposition, *Explorer les matériaux* et *Jeux de matière,* initient le visiteur au comportement de la matière. Le troisième, *Créer des matériaux*, est consacré aux nouveaux matériaux mis au point par l'homme pour répondre aux besoins industriels et domestiques.

« Jeux de grains - physique du tas de sable » (mars 2004)

Il s'agit de l'exposition qui a été présentée à Marseille (voir ci-dessous) et qui s'est déplacée au Centre Sciences à Orléans.
Par ailleurs est en projet, une **exposition sur le verre**.

« Jeux de grains : tas de sable et graines d'avalanches » (terminée en février 2004)

A l'Agora des sciences de Marseille, cette exposition a été conçue sous le patronage de **Pierre-Gilles de Gennes** et d'**Etienne Guyon** avec la participation des laboratoires du Groupement de recherches milieux divisés du CNRS. Cette exposition avait pour thématique : les matériaux granulaires.
Elle s'est terminée en février 2004 et sera suivie par une exposition de 100 m_ sur le thème : **« Fibre de carbone, fibre de verre ».**
www.agora-sciences.org

Allemagne

Exposition sur les nanotechnologies au Deutsches Museum

Le Deutsches Museum de Munich prépare une **exposition recouvrant tous les domaines de recherche des nanotechnologies pour la fin 2007**. Elle fera partie du « Zentrum Neue Technologien ».
www.deutsches-museum.de/

« NanoTruck: Reise in den Nanokosmos – die Welt kleinster Dimensionen »

Le ministère allemand de la recherche scientifique (Bundesministerium für Bildung und Forschung) a lancé en janvier 2004 sa campagne d'information autour des nanosciences. Pour cela, il a mis en circulation un semi-remorque équipé, circulant de ville en ville présenter de façon très concrète les nanosciences, les nanocomposants, les nanotechnologies et leurs usages. Outre les laboratoires universitaires, de nombreuses entreprises innovantes sont associées à la démarche. Des documents ont été distribués précisant les définitions, les applications, les sites de recherche et de développement répartis dans l'ensemble du pays.
Le public a fait un excellent accueil à cette exposition, y compris pendant les jours fériés. D'après ses organisateurs, le camion ne désemplit pas (35000 visiteurs les trois premiers mois pour 29 étapes), rassemblant aussi bien les jeunes que les personnes âgées.

Que retenir de cette démarche ? D'abord que l'Allemagne est très largement engagée dans le développement des nanotechnologies, avec deux centres de gravité particulièrement importants, les Länder de Bavière-Würtemberg et ceux de Rhénanie du Nord et de Westphalie. Mais Berlin, Hambourg et Dresde sont également bien dotés.
Pour en savoir plus **:**
Nanotruck : www.nanotruck.net/frameset_formular.htm

«Zwischen nanowelt und Globaler Kultur » (22 janvier-18 avril 2004)

« Between nano-world and global culture ». En coopération avec le *German Hygiene-Museum* de Dresde, la Fondation Volkswagen présente une exposition mêlant science et fiction. Où la science devient-elle fiction et vice versa ?
www.scienceandfiction.de

Hollande

« Nature high-tech » (2003 - 2004)

Présentation d'une exposition (500 à 700 m^2) produite par le Museon à la Haye, dont le sujet s'approche du projet de la Cité intitulé « Nature high-tech », même si les matériaux ne semblent pas y jouer un rôle central. L'exposition cible les enfants de 4 à 14 ans. Elle présente les performances de la nature grâce à des modules interactifs et par une approche ludique. Elle montre que plusieurs des inventions faites par l'homme ont été inspirées par la nature. Sont abordés, l'architecture, l'électronique, la robotique, la technologie, le ménage et les sports.
www.copyrightnature.com/
www.museon.nl

Suisse

« Les matériaux des champions » (septembre 2002-mars 2003)

Exploit sportif et nouvelles matières vont de pair. Une exposition au Musée olympique de Lausanne, qui accueille l'Institut des Matériaux de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, fait le point sur la question. Conçue comme un grand laboratoire de recherches, l'objet de l'exposition est de démontrer que l'évolution des performances sportives, l'amélioration du confort et de la sécurité vont de pair avec l'évolution des matériaux. En effet, les matériaux des équipements sportifs font partie intégrante de l'accomplissement des nouveaux records.
Pour s'en convaincre, il suffit de penser à la perche : elle était en bois lors des premiers Jeux Olympiques d'Athènes en 1896, ensuite en bambou, puis en aluminium, elle est, aujourd'hui, entièrement faite en matériaux composites renforcés de fibres de carbone.
Lorsqu'un record tombe, qu'il soit olympique ou personnel, c'est un peu grâce au travail des ingénieurs et chercheurs en science des matériaux !
www.limpartial.ch/loisirs/artsspectacles/musees/2002/museeolympique.htm

Royaume Uni

« Nanotechnology : Small science, big deal » (25 février au 31 août 2005)

Cette exposition, soutenue par le ministère du Commerce et de l'Industrie, présente une monographie de ce que sont et seront les nanotechnologies dans les divers secteurs de la recherche académique et de la R&D des industries travaillant sur cette discipline scientifique intitulée « nanoscience ».

Une exposition en liaison avec des recommandations gouvernementales

Emma Hedderwick, directrice du projet, indique que cette exposition a été élaborée en s'appuyant sur le rapport publié par la **Royal Society et la Royal Academy of Engineering** le 29 juillet 2004 **: « Nanoscience and nanotechnologies : opportunities and uncertainties »** avec l'aide de laboratoires et d'industriels qui ont participé à l'élaboration de cet imposant rapport.
Ce rapport, préconisait entre autres, **la mise en place d'un dialogue avec le public** sur les questions de nanotechnologies, et **la mise en place de mesures par le Gouvernement britannique,** sur la recherche et les risques en matière environnementaux et sanitaires potentiels associés aux nanotechnologies. (Voir le rapport récent, remis au Gouvernement, en février 2005, par **Lord Sainsbury of Turville,** ministre de la science et de l'innovation. en réponse aux préconisations de la Royal Academy et la Royal Academy of Engeneering).

Dans l'exposition sont mis en scène pour le public au travers de vidéos, d'objets et de panneaux explicatifs :

- **Les textiles intelligents,** pour des vêtements plus résistants, anti-taches, évacuant la transpiration, et s'adaptant aux températures.
- **Du matériel de sport,** allant de la raquette à la balle de tennis, en passant par les clubs de golf et les chaussures plus ou moins absorbantes en fonction des chocs.
- **Des matériaux de construction,** comme les peintures ne retenant ni l'eau, ni la poussière, et plus résistantes, (nanomatériaux s'inspirant des feuilles de lotus, des éponges), vitres qui se teintent en fonction du soleil, autonettoyantes en cas de pluie, etc.

Un exemple, en Australie d'une maison « de rêve », (Carl Masens, université technologique de Sydney) : des vitres autonettoyantes, des sols et des murs changeant de couleurs au gré des propriétaires, des cuisines et salles de bains recouvertes de surfaces antibactériennes, des papiers peints pouvant servir d'écrans de télévision, des murs qui conservent la fraîcheur.

- **Dans l'agroalimentaire,** sur les emballages, des étiquettes intelligentes changeant de couleur si la date de consommation est dépassée, de la nourriture pouvant se conserver plus longtemps et possibilité de détecter la présence de bactéries nocives (salmonelles ou E. Coli par exemple), innovations que l'on doit aux scientifiques de l'université de Floride (par introduction de nanoparticules fluorescentes dans des échantillons de bœuf).
- **Dans la production d'énergie**, nouveau type d'éclairage par l'utilisation de LEDs (Light-Emitting Diodes, ou diodes électroluminescentes). En effet, avec des LEDs il y a transformation directe d'électricité en lumière grâce à des structures dans lesquelles l'électron se combine avec un trou. Il se trouve alors dans un état excité ce qui provoque l'émission de photons.

Les diodes électroluminescentes sont utilisées actuellement, pour les écrans des appareils photos numériques et pour les nouveaux écrans des téléphones mobiles, et les baladeurs MP3. Les écrans à LEDs se révèlent de 20% à 80% moins gourmands en électricité que les écrans à cristaux liquides.

Dans une dizaine d'années, nos traditionnelles ampoules seront remplacées par de nouvelles générations de types d'éclairage à base de particules luminescentes – nanocristaux - plus connus sous le nom de points de quantum pour produire de l'énergie meilleure marché et plus lumineuse.

Des piles solaires dont les cristaux de silicium sont remplacés par des nanomatériaux sensibles à la lumière. Celles ci sont produites à moindre coût et peuvent être imprimées sur des couches plastiques minces et flexibles pouvant couvrir des surfaces importantes, des tentes pour les militaires, aux téléphones mobiles.

- **Des nanoparticules éradiquant la pollution,** les nanotubes de carbone. Les scientifiques démontrent que des nanoparticules absorbent des contaminants tels que les goudrons et les résidus de gaz, ainsi que les rejets de gaz produits par les voitures en ville. Ils expliquent aussi qu'il est possible de décontaminer l'eau polluée. Un exemple : un prototype de filtre en nanotubes de carbone qui permet de piéger les bactéries et d'avoir de l'eau décontaminée en la buvant à l'aide de ce tube de carbone.
- **Des nouvelles techniques médicales,** qui permettront de détecter plus facilement et plus rapidement les maladies (grâce à des laboratoires d'analyse miniatures, qui pourront peut-être même être ingérés, et qui analyseront les molécules en lien avec la maladie), de cibler l'action des médicaments très précisément ainsi que la dose délivrée, d'améliorer la qualité des prothèses et des implants médicaux de reconstruire certains tissus et qui permettront même à des aveugles de voir par le biais d'une caméra reliée au nerf optique.
- **Pour le secteur de la cosmétique**, des crèmes solaires qui protègent la peau plus efficacement dans lesquelles des nanoparticules de zinc piègent les rayons ultraviolets.
- **Des applications militaires,** des armes plus légères et plus puissantes, des uniformes pare-balles souples, capables de détecter les menaces chimiques ou biologiques, et des camouflages (pour les véhicules et les uniformes) qui s'adaptent en permanence à l'environnement.
- **Des technologies d'information et de communication,** des ordinateurs toujours plus puissants (les transistors sont remplacés par des molécules synthétisées chimiquement, plus petites), avec des capacités de stockage toujours plus grandes, et des écrans de l'épaisseur d'une feuille de papier.

Un dispositif interactif permet au public de se mettre en situation, par exemple, la fabrication d'un bébé à partir de clonage, de poser des questions au travers de groupes de discussions. Les visiteurs sont aussi amenés à donner leur opinion.

L'exposition dont la présentation est à l'honneur des nanotechnologies est nuancée par la formulation de quelques risques, connus ou à découvrir, à la fois en terme de santé et de d'abus d'usage. Elle est par ailleurs accompagnée de conférences et de débats au Dana Centre.
Le Dana Centre du Science Museum (centre de discussion à propos de la science et de ses controverses) organise une série de conférences sur les problèmes soulevés par les nanotechnologies (enthousiasme autour des nanotechnologies, risques et bénéfices, et image dans les médias et science fiction).

- **Les partenaires**

Cette exposition a été soutenue financièrement en grande partie par deux partenaires, l'Heritage Lottery Fund (organisme qui redistribue une partie de l'argent de la loterie nationale à des bonnes œuvres) et le Wellcome Trust (fondation qui participe au financement de la recherche médicale).

Pour en savoir plus : (toutes les informations sont en anglais)
www.sciencemuseum.org.uk
www.danacentre.org.uk

Rapports :
Lord Sainsbury of Turville, février 2005 « Response to the Royal Society and Royal Academy of Engineering Report : « Nanoscience and nanotechnologies : opportunities and uncertainties ».
www.ost.gov.uk/policy/issues/nanotech_final.pdf

The Royal Society and the Royal Academy of Engineering, juillet 2004, « Nanoscience and nanotechnologies : opportunities and uncertainties ».
www.nanotec.org.uk/finalReport.htm

The Royal Society and the Royal Academy of Engineering rapport commandé au BMRB Social Research, et remis en janvier 2004 : Nanotechnology : « Views of the General Public » - « Quantitative and qualitative research carried out as part of the Nanotechnology study ».
www.nanotec.org.uk/Market%20Research.pdf

Canada

« Strange Matter» (juin 2003-janvier 2004)

Au Centre des sciences de l'Ontario à Toronto « *Strange matters* » présente des domaines de haute technologie, telle que l'exploration spatiale, font usage de matériaux de pointe. Ces matériaux sont présents dans notre vie de tous les jours : dans les amortisseurs de voitures, dans les montures de lunettes, dans les lecteurs de DVD ou dans les clubs de golf.
Conçue par le *Materials Research Society*, l'exposition met en scène les matériaux modernes. Elle offre la possibilité de les tester et d'assister à de curieuses expériences. Après Toronto, l'exposition tournera en 2004 dans d'autres musées et centres des sciences en Amérique du Nord.
www.centredessciencesontario.ca/about/media/exhibition_release.asp?releaseIdFR=163
www.strangematterexhibit.com

Etats-Unis

« Les nanosciences et les arts » (14 décembre 2003-6 septembre 2004)

Cette exposition se tient à Los Angeles au *Country Museum of Art's Boone Children's Gallery*. Le thème des nanotechnologies est décliné sur 9 installations. Créée par deux professeurs d'UCLA, **Victoria Vesna**, département design et arts multimédias et l'expert en nanoscience, **James Gimzewski**, département de chimie / biochimie, en collaboration avec le studio d'art du LACMALab, elle a pour objectif de rendre les nanosciences compréhensibles et accessibles à tous.
nano.arts.ucla.edu/exhibition2.php
nano.arts.ucla.edu/

« Danse avec le hasard » (« The danse of chance ») (2001)

L'objet de l'exposition virtuelle *The Dance of Chance*, présentée au *Boston Museum of Sciences* et produit de la collaboration entre le *Center for Polymer Studies* et le *Boston Museum of Science*, était de montrer l'émergence de formes naturelles à partir de processus physiques et biologiques qui, au niveau microscopique, semblent résulter du seul hasard ou plutôt du conflit entre les forces de contrainte et le hasard. La plupart de ces formes sont des fractales.
Les différents kiosques de l'exposition ont offert de très belles images non figuratives. Des explications et des expériences en ligne sont fournies cas par cas. Des questions-réponses sont données aux visiteurs. polymer.bu.edu/museum/

Japon

« Nannano ? A-POC : a work in progress by Issey Miyaké » à Tokyo (2003)

Issey Miyaké, a exposé sa ligne de textile A-POC (*a piece of cloth*) et a fêté 30 ans de défilés parisiens et les dix ans de *Pleats Please*. Ses vêtements plissés ont été vendus à plus de 2 millions d'exemplaires. Il a signé son exposition avec **Dai Fujiwara**, un ingénieur textile de 36 ans qui travaille avec le créateur depuis 1995. C'est l'ingénieur qui a mis au point les techniques de fabrication tandis qu'**Issey Miyaké** a dirigé le style.
www.isseymiyake.com/
www.wexarts.org/ed/index.php?area=ed&eventid=951&featureid=951

Museum of Emerging Science and Innovation, Tokyo

Sont présentées au MeSci, dans l'exposition permanente, sur le thème de Recherche & Développement, innovation et futur, des thématiques telles que : robotique, micromachine, nanotechnologies, supraconductivité.
www.miraikan.jst.go.jp/en/exhibit/ex2/index.html

Galeries : Art/Images nanos

www.gratin.org/as
www.gratin.org/as/nanos/index.html
www.gratin.org/as/txts/nanomachine.html

5.3. Ouvrages et de revues

Ouvrages

« Demain le nanomonde - voyage au cœur du minuscule »

Jean-Louis Pautrat, Le temps des sciences, édition Fayard, janvier 2003
(cf. Lettre *Veille & Stratégie* n° 26/27, mars-avril 2003, dossier Les nanotechnologies et leurs développements : historique, enjeux industriels et sociaux.).

« Nanotechnologies - la révolution de demain »

Mark Ratner et **Daniel Ratner,** CampusPress, 2003.
www.pearsoneducation.fr

« The Mechanization of the Mind. On the Origins of Cognitive Science»

Jean-Pierre Dupuy, Princeton University Press, 2000.

« Le miroir aux neutrinos »

François Vannucci, Editions Odile Jacob, octobre 2003.

« Matière noire et autres cachotteries de l'univers »

Alain Bouquet et Emmanuel Monnier, Editions Dunod, novembre 2003.

« Voyage au cœur de la matière plastique »
Alain Boudet, Les microstructures des polymères, CNRS Editions, décembre 2003.

« Oncle Tungstène »
Oliver Sacks, Le Seuil, 2003.

« La Matière et l'Esprit »
François Fröhlish du Museum national d'histoire naturelle, Comité des travaux historiques et scientifiques (ce livre vient d'être réactualisé et fait le point sur les mille facettes du silicium), 2001.

« La matière dans tous ses états »
Pierre Papon, Le temps des sciences, Fayard, 2001.

« Faut-il avoir peur de la chimie ? »
Bernadette Bensaude-Vincent, Empêcheurs De Penser En Rond, 2005.

« L'Éloge du Mixte, Matériaux nouveaux et philosophie ancienne »
Bernadette Bensaude-Vincent, Hachette Littérature, 1998.

« Traité des matériaux : Matériaux émergents »
Christian Janot et **Bernhard Ilschner,** publié sous la direction des Presses polytechniques universitaires romandes, Lausanne, 2001.

« Nanomatériaux »
Henri van Damme, OFTA, 2002.

« Les nanotechnologies »
Michel Wautelet, ouvrage collectif, Dunod, 2003.

« Les nanotechnologies doivent-elles nous faire peur ? »
Louis Laurent, Jean-Claude Petit, Le Pommier, collection Les Petites Pommes du Savoir, mars 2005.

« Traité des couleurs »
Libero Zuppiroli, Marie-Noëlle Bussac, Presses polytechniques universitaires romandes, Lausanne, 2003.

« Recyclage des produits en fin de vie »
Emmanuel Beaurepaire, Norm'info – Afnor.

Revues

Techniques de l'ingénieur, 10^{-9} , La revue des nanosciences & des nanotechnologies, n° 1, avril-septembre 2005.

Technologies internationales, « Nanobiotechnologies – Le Japon travaille pour le long terme », n° 111, février 2005.

Science et vie, hors-série n° 229, ***« La science en 2004 »***, décembre 2004.

Technologies internationales, « La R&D israélienne en nanotechnologies », n° 110, décembre 2004.

Technologies internationales, « Nanotechnologies – Le Japon parie sur l'infiniment petit », n° 108, octobre 2004.

Technologies internationales, « Nanocomposites – Vers l'émergence des premières applications », n° 107, septembre 2004.

Les Annales des Mines**,** série Réalités industrielles, *«**Les nanotechnologies** »*, Editons Eska, février 2004.
L'Usine Nouvelle**, « *Technologies pour demain* »**, Revue édition spéciale, n° 2894, 20 novembre 2003.
Découverte, Revue du Palais de la découverte***, Les nanotechnologies, Les enjeux de l'infiniment petit,*** n° 312, novembre 2003.
« Répertoire des matériaux avancés », ministère de l'Economie, des Finances et de l'industrie.
www.industrie.gouv.fr/innov/carrefour/lo_exer.htm

5.4. Colloques

De nombreux colloques et rencontres se sont tenus pour faire le point sur les différents domaines du nanomonde : les intérêts économiques porteurs mobilisent les laboratoires, les entreprises, les organismes publics et suscitent des réflexions sur la maîtrise des applications et sur l'environnement.
(cf. lettre *Veille & Stratégie*, n° 29/30, mai 2004)

Pour 2005 :

European Solid-State Circuit Conference, European Solid-State Device Research Conference, 12-16 septembre, Alpes Congres-Alpexpo, Grenoble.
Renseignements : www.essderc2005.com

Nanofair, 13-15 septembre, Saint-Gall, Suisse.
Renseignements : www.nanoeurope.ch

Interconnex 2005, BGA et interconnexion-Packaging et microsystèmes, 27-28 septembre Europole Centre de Congrès Grenoble.
Renseignements : www.imapsfrance.org

Journées Nationales R3N 2005, 10-12 octobre, Besançon.
Renseignements : www.rmnt.org

Ecole thématique : Nouveaux outils pour l'étude in situ des surfaces et nano-objets, 8-13 mai, Aussois.
Renseignements : www.catalyse.cnrs.fr/ECOLE-SURFACE-IN-SITU/

MIGAS'2005, Physical and Electrical Characterization of Materials and Devices for Silicon Nanoelectronics, 11-17 juin, Autrans.
Renseignements : www.migas.inpg.fr

ESONN'2005, European School On Nanoscience – Nanotechnology, 21 août-9septembre, Grenoble.
Renseignements : www.esonn.inpg.fr

Pour conclure :

Nous vous conseillons l'excellent livre de Bernadette Bensaude-Vincent – 79 pages, paru avant « Faut-il avoir peur de la chimie ? » (Voir la liste des ouvrages) :

«Se libérer de la matière ? Fantasmes autour des nouvelles technologies»

INRA éditions (Sciences en Questions), octobre 2004.

L'ouvrage est composé de deux parties. Dans la première partie, Bernadette Bensaude-Vincent analyse la dématérialisation (diminution de la quantité de matière pour produire les biens de consommation) au travers de trois points de vue différents.
Le premier point de vue est celui de la **« tendance technologique »** qui montre que la production industrielle diminue sa consommation de matière. Bernadette Bensaude-Vincent nuance toutefois cette observation en rappelant que ce constat n'est vrai que pour les pays industrialisés, et que d'autre part, cela n'implique pas une baisse de la consommation, bien au contraire. Elle mets à mal l'idée que l'esprit domine la matière.
Le deuxième point de vue est celui de **l'écologie industrielle** qui ne voit pas la dématérialisation comme un fait établi mais comme une nécessité pour arriver à un développement durable. **L'objectif** est d'aboutir à un **équilibre entre l'utilisation de matière et la production de déchets**. Ce paradigme implique des choix politiques à l'encontre de ceux d'une économie capitaliste et une artificialisation de la nature parfois contradictoire avec les principes écologistes. Ce point de vue s'oppose aussi à celui de la tendance technologique parce qu'il remet en cause la domination de la matière par l'esprit.
Bernadette Bensaude-Vincent **décrit enfin la dématérialisation comme un programme mobilisateur** au travers de **l'exemple des nanotechnologies** puisque celles-ci sont l'objet de nombreux investissements et touchent l'ensemble des productions industrielles. Véritable révolution (puisque les objets sont fabriqués suivant un processus bottom-up alors qu'il n'y avait jusqu'alors que des processus top-down), **la manipulation atome par atome remet en avant l'idée de maîtrise de la matière par l'esprit, mais apparaît aussi comme un encouragement à la consommation** par la production de nouveaux objets de consommation à bas coûts. Le développement durable n'est cependant pas abandonné : les nanotechnologies permettront de faire des matériaux plus facilement recyclables, d'économiser l'énergie et de traiter les pollutions.
En conclusion, la fin du XXe et le début du XXIe serait l'avènement de « l'âge des matériaux » : ce n'est plus une matière qui est au cœur de l'industrie, comme cela a pu être le cas pour le fer, le bronze ou l'acier, mais c'est un ensemble de fonctions, supporté par des matériaux.

Dans la seconde partie, le livre met en scène des questions posées à Bernadette Bensaude-Vincent, dont un court extrait illustre sa réflexion :
« Or, il y a dans les nanotechnologies – c'est ce que j'ai voulu dire- un potentiel susceptible de promouvoir une autre philosophie de la matière, une autre culture technique qui brouille les frontières entre vivant et non-vivant et qui poserait un autre regard sur la société et sur les objets techniques. Nous sommes à un point de bifurcation et il importe de ne pas nous laisser aller vers les slogans de domination sur la matière qui nous viennent tout naturellement. Il est important de réagir et de réagir vite si ce n'est pas vraiment ce que nous voulons, car nous avons maintenant les moyens de vraiment mécaniser l'esprit. »
Du livre de **Bernadette Bensaude-Vincent,** *« Se libérer de la matière ? Fantasmes autour des nouvelles technologies »*, INRA éditions, 2004.

Principales sources :
De nombreux sites Internet : de laboratoires, d'universités, de PME, d'industries cités en fin d'article.
Sources lettres électroniques : Adit Technologies Internationales – Alphagalileo.org – Ambassade de France au Canada – Ambassade de France au Japon – Ambassade de France aux Etats-Unis - Ambassade de France au Royaume Uni - Business Week – Commission Européenne – CEA Leti – Minatec – L'Atelier – Les Echos – L'Observatoire des nanotechnologies - La Recherche - Revue du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie – Sciences et Vie - L'Usine nouvelle - La Tribune – Pour la Science.
De nombreux sites Internet : aux Etats-Unis (du gouvernement, de laboratoires, d'industries et d'expositions), et en Europe cités en fin d'article.
Dossier réalisé à l'initiative du Département Veille technologique et Observatoire des modes de vie :
Marie-Pierre Hermann mp.hermann@cite-sciences.fr, Thierry Lezé t.leze@cite-sciences.fr, Brigitte Pagès b.pages@cite-sciences.fr,
Eric Schäfer, stagiaire, DESS Conseil éditorial, Paris 4, UFR Philosophie.