



CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Le Centre national de la recherche scientifique et le Commissariat à l'énergie atomique sont deux organismes publics de recherche. Le CNRS produit du savoir et met ce savoir au service de la société. Il exerce son activité dans tous les champs de la connaissance. Le CEA, s'appuyant sur les progrès des connaissances fondamentales auxquels il contribue, développe des technologies innovantes pour les énergies à faible impact climatique, l'information, la santé, la défense et la sécurité.

COORDONNÉES

CNRS

Siège : 3, rue Michel-Ange
75794 Paris cedex 16
Tél. : 01 44 96 40 00
Fax : 01 44 96 53 90
<http://www.cnrs.fr/>
e-mail : presse@cnrs-dir.fr

CEA

Siège : Centre de Saclay
bâtiment 447
91191 Gif-sur-Yvette cedex
Tél. : 01 64 50 20 11
Fax 01 64 50 28 92
<http://www.cea.fr/>
E-mail : webmaster@cea.fr

Nanosciences et nanotechnologies

Le CNRS et le CEA au service de la société et de l'économie françaises



Laurence Godart

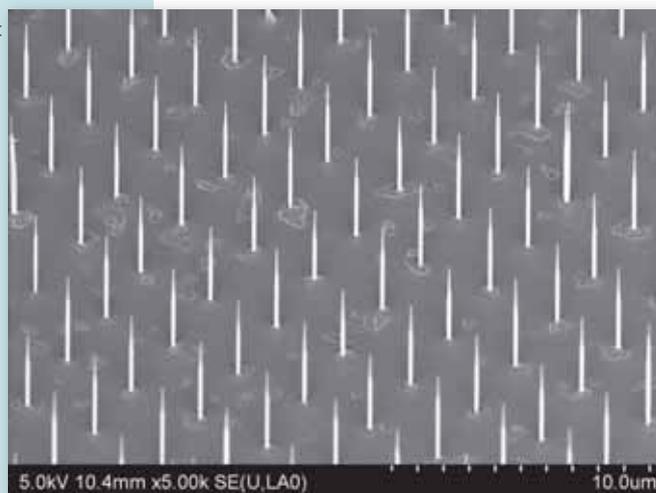
Salle blanche de l'Institut Léti à Grenoble, où sont fabriqués des nanosystèmes.

Le CEA et le CNRS travaillent en complémentarité dans les domaines des nanosciences et des nanotechnologies. Le premier surtout en recherche fondamentale, le second en associant recherche fondamentale et développements technologiques. Les travaux interdisciplinaires font appel aux spécialistes des nouvelles technologies de l'énergie, des sciences du vivant, des techniques de l'information et de la communication, des matériaux et de la sécurité. Les objectifs : l'approfondissement des connaissances, le développement d'innovations utiles pour la société et de technologies plus fiables. Les deux organismes travaillent sur ces sujets depuis plus de vingt ans, dans un contexte d'effort croissant de l'Etat, des régions et des collectivités locales. Une

politique volontariste depuis dix ans a permis à la France de mettre en place un dispositif ambitieux d'infrastructures et de réseaux de recherche, qui la situe au meilleur niveau international. En 2009, près de 7 000 chercheurs travaillent en France sur les nanosciences et les nanotechnologies, dont 6 500 au CNRS et au CEA, ou en lien avec les deux organismes. Les « nanos » peuvent nous aider à évoluer vers une société plus économe en énergies et en matières premières. Les bénéfices ou les risques qui pourraient en découler ont amené les deux organismes à s'engager dans une approche responsable. La sécurité, comme les préoccupations éthiques et le dialogue avec la société, sont des éléments de cette approche.

Les travaux du CEA et du CNRS dans les domaines des nanosciences et des nanotechnologies répondent aux grands enjeux de recherche et de société du siècle naissant. Impliquant 6 500 des 7 000 chercheurs dans ces domaines en France, le CNRS et le CEA placent notre pays au meilleur niveau international. La sécurité et l'éthique sont des préoccupations intégrées à leurs recherches.

P. Stroppa



Réseau ordonné de nanofils du semiconducteur GaAs sur un substrat en GaAs réalisé au CNRS-LPN. Les nanofils ont un diamètre de 50 nm, une hauteur de 5 microns et un espacement de 5 microns.

L'Etat a confié au CNRS et au CEA la mission de développer les nanosciences et les nanotechnologies au service de la collectivité nationale, en lien avec les universités et les industriels. Pour le CNRS, il s'agit en priorité d'exploration scientifique. Sa stratégie vise à approfondir les connaissances, à développer la créativité scientifique et technologique et à expérimenter « en amont » les potentialités d'application. Le CEA, ainsi qu'en partie le CNRS, associe science fondamentale et développement technologique. **L'objectif est de contribuer au développement d'une société économe en ressources naturelles et en énergie, porteuse d'une forte exigence de préservation de la santé et de l'environnement.** Dans le contexte de crise économique, les nanotechnologies sont pour les entreprises françaises et européennes une opportunité de conserver, voire de retrouver, leur compétitivité et créer leurs emplois. Le CNRS et le CEA apportent leurs moyens, leurs compétences et leur culture de recherche au service de la définition des politiques publiques et aux besoins des industriels

et, plus globalement, au développement de l'économie nationale.

Le CEA et le CNRS développent prioritairement leurs activités de recherche en nanosciences et nanotechnologies dans cinq secteurs :

> **Les énergies à faible impact climatique.**

Les recherches portent, par exemple, sur l'économie et le remplacement des matériaux rares pour les batteries ou le stockage de l'hydrogène, sur les cellules solaires bas coût, sur les matériaux d'isolation des bâtiments, ou encore sur des technologies propres et économes en ressources assurant la qualité de l'eau et de l'environnement.

> **Les applications médicales.** Par exemple les capteurs d'imagerie médicale, les outils miniaturisés de diagnostic précoce, les technologies d'assistance aux gestes médicaux et chirurgicaux, les matériaux pour la médecine régénérative ou les nouveaux médicaments.

> **Les technologies de l'information et de la communication.** La nanoélectronique succède à la microélectronique, avec des composants toujours plus petits, une consommation moindre et davantage de fonctions. De nouveaux usages deviennent possibles pour l'individu (communication mobile, Internet) et la collectivité (surveillance en temps réel des réseaux de transport, suivi par satellite des équilibres planétaires, prévisions météorologiques...). D'autres innovations sont explorées dans l'aide domotique aux personnes handicapées, ou le suivi médical personnalisé à distance.

> **Les sciences des matériaux.** Elles intéressent tous les secteurs scientifiques et technologiques. En transport aéronautique ou ferroviaire, par exemple, les nanomatériaux permettent de renforcer et d'alléger certains matériaux, ou encore

d'améliorer leur tenue aux conditions extrêmes. Les recherches portent aussi sur les surfaces des matériaux, afin de leur donner des propriétés particulières : inaltérables, imperméables, propres, nano-lubrifiées...

> **Les innovations techniques au service de la sécurité.** Elles concernent toutes sortes de domaines, des systèmes de détection d'agents biologiques aux transactions financières.

Depuis dix ans, l'Etat développe son soutien aux recherches en nanosciences et nanotechnologies. Il affiche une politique volontariste avec un effort financier croissant, soutenu par celui des régions et des collectivités locales. C'est ainsi que la France a mis en place un réseau de centres de compétences (C'nano), d'infrastructures mutualisées (salles blanches, plateformes de caractérisation...), de pôles d'innovation (Minatec, Nano-INNOV) et de structures spécialisées (veille scientifique, valorisation). Le CEA et le CNRS, au côté des acteurs académiques et industriels, sont les deux acteurs majeurs de ce réseau qu'ils ont contribué à créer et à financer. Les deux organismes disposent aussi de leurs propres structures, qui existent pour certaines depuis plus de vingt ans. En 2008, le CNRS a créé, au niveau de sa direction, la Cellule de nanosciences et nanotechnologies. En 2006, le CEA a créé le programme Nanosciences, transversal à ses cinq directions opérationnelles, pour une meilleure coordination interdisciplinaire. Au total, près de 7 000 chercheurs en France travaillent sur les nanosciences et les nanotechnologies. Environ 2 000 relèvent du CEA et 4 500 du CNRS (unités propres du CNRS et unités mixtes avec les universités, autres organismes de recherche ou entreprises).

Ce dispositif situe la France au meilleur niveau international. Une illustration : le prix Nobel de physique 2007 décerné à Albert Fert, directeur scientifique de l'unité mixte de recherche CNRS-Thales.

Le développement des sciences et technologies ouvre des perspectives de transformation de notre société. Nos habitudes de vie et nos normes de jugement pourraient en être modifiées. Les bénéfices sont évi-

dents, comme l'amélioration du bien-être et de la santé. Des inconvénients potentiels sont évoqués, comme de nouveaux risques pour la santé, l'environnement, le respect de la vie privée. La réponse à ces questionnements se trouve dans **la mise en place d'une démarche responsable.** Les organismes de recherche s'engagent à évaluer et maîtriser les risques, à étudier les effets des nanotechnologies sur l'homme et sur la société et enfin à renforcer les échanges entre scientifiques et citoyens. Ils travaillent ainsi sur les points suivants :

> **l'évaluation des risques liés aux nanomatériaux et leur maîtrise,** tout au long de leur cycle de vie, **pour la sécurité des personnes** (depuis la fabrication jusqu'au recyclage) ;

> **la réflexion sur une éthique à construire,** avec l'aide de philosophes et en complément des cadres légaux existants (expérimentation humaine, expérimentation animale, informatique et liberté...). L'éthique désigne l'ensemble des valeurs et principes qui régissent l'action individuelle et collective. La responsabilité est une des notions éthiques fondamentales. Elle éclaire la plupart des choix (de la maîtrise des risques au principe de précaution) ;

> **l'analyse des répercussions possibles des innovations sur la société :** usages nouveaux, développement durable, risques d'injustice sociale ;

> **le dialogue avec la société, formation des personnes.** Les deux organismes échangent avec le public, préoccupé et demandeur d'information.

Le CNRS et le CEA ont mis en place des approches différentes et complémentaires. Au CNRS, l'interdisciplinarité a été élargie à la participation de spécialistes des Sciences humaines et sociales (SHS). Le CNRS est également partie prenante dans les travaux de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE, qui regroupe les gouvernements attachés aux principes de la démocratie et de l'économie de marché). Plusieurs chantiers de réflexion sont en cours : élaboration et utilisation des produits « nanos » ; principe de précaution ; aspects juridiques. L'organisme a créé son propre comité d'éthique (le Comets). Dans les centres



Certaines des peurs liées aux nanotechnologies sont illustrées à merveille par des romans ou des films de science-fiction. Des êtres mi-homme mi-machine, des embryons sélectionnés à grande échelle sur analyse ADN, une gelée formée de nano-monstres qui se reproduisent... La science, ce n'est pas ça. Les scientifiques sont encadrés par des réflexions éthiques. La recherche sert l'économie et la société.

Louis Laurent, chargé de mission pour le Campus de Saclay, auteur de l'ouvrage « Les nanotechnologies doivent-elles nous faire peur ? », éditions Le Pommier, 2005.





« Étude de la toxicité des nanomatériaux (oxyde de titane, nanotubes de carbone), sur différents types de plantes au sein de l'Unité Mixte de Recherche CEA-CNRS Claude Fréjaques de Saclay. »

C'nano sont également mises en place des réflexions sur les aspects sociétaux. L'Institut écologie et environnement (Inée) a été créé en 2006 pour organiser la recherche sur l'environnement et le développement durable. Enfin, des analyses et des recherches portent sur les dangers pour la santé humaine et l'environnement : toxicologie et écotoxicologie, instrumentation analytique, prévention des risques, participation à la normalisation, soutien à la réglementation, etc. Ces actions du CNRS sont présentées et valorisées auprès du public. Le DVD « Nanosciences, nanotechnologies » est sorti à l'automne 2008, ainsi que le dossier pédagogique en ligne « Nanotechnologies et santé ».

Au CEA, l'orientation prise est d'intégrer la dimension éthique à la prise de décision et à la conduite des recherches. Dans le domaine des nanobiotechnologies, cette dimension est traitée dans les cadres réglementaires du monde médical. Dans les autres domaines, la réflexion est animée par le Larsim (Laboratoire de recherche sur les sciences de la matière), qui étudie la place de la science dans la société en lien avec l'Observatoire européen des nanotechnologies. A Grenoble a été créé Minatec Idea's Laboratory, qui mène des travaux de recherche communs avec les Universités Pierre-Mendès-France et Stendhal sur le développement des usages des nano-

technologies. Le Centre de sécurité des nanomatériaux étudie la métrologie des nanoparticules, qualifie des postes et des méthodes de travail sur nanomatériaux afin d'atteindre une absence totale d'exposition des travailleurs. Il développe des méthodes d'intervention en cas d'incident, analyse le cycle de vie des nanomatériaux. Le programme européen Nanosafe (2005-2009), coordonné par le CEA, a développé la première approche intégrée en sécurité des nanomatériaux. Le programme de recherche NanoTox étudie la toxicité humaine potentielle des nanopoudres. L'information et les échanges avec le public sont réalisés par des éditions d'ouvrages de vulgarisation, des expositions, des « bars des sciences » et des conférences grand public sur les centres de Grenoble et Saclay.

Parmi les initiatives communes lancées par le CEA et le CNRS, figure le groupement de recherche franco-américain I-CEINT (International Consortium for the Environmental Implications of Nanotechnology). Mis en place avec la National Science Foundation, élargi à neuf universités françaises et huit universités américaines, il étudie l'impact des nanoparticules sur l'environnement. Enfin, le CEA et le CNRS collaborent au sein de l'Institut national de l'énergie solaire (Ines) de Chambéry, sur des programmes liés au développement durable.

SYNTHÈSE

Le CNRS et le CEA sont les deux acteurs nationaux majeurs des recherches sur les nanosciences et nanotechnologies. Leurs travaux avec les universités et les industriels situent la France au meilleur niveau mondial : travaux propres et en partenariats, participation à des recherches européennes et internationales et mise en place de réseau de centres de compétences, d'infrastructures mutualisées et de pôles d'innovation.

Les deux organismes travaillent en complémentarité. Leurs recherches, du plus fondamental aux applications, soutiennent l'économie française et l'emploi. Les grands domaines de recherche sont les énergies à faible impact climatique, les applications médicales, les technologies de l'information et de la communication, les sciences des matériaux, les innovations techniques au service de la sécurité.

Chaque organisme a mis en place une démarche responsable, qui comprend l'évaluation des risques liés aux nanomatériaux et leur maîtrise, des réflexions éthiques qui réunissent scientifiques, économistes, sociologues et philosophes, l'analyse des répercussions possibles des innovations sur la société, la mise en place d'espaces d'information et de dialogue avec la société.