

AMBASSADE DE FRANCE AUX ETATS-UNIS
MISSION POUR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE
CONSULAT GENERAL DE HOUSTON

LA POLITIQUE DE R&D EN NANOTECHNOLOGIES AUX ETATS UNIS

Mai 2005

Roland Hérino
Attaché pour la Science et la Technologie

RESUME

La recherche et le développement dans le domaine des Nanotechnologies aux Etats-Unis sont coordonnés au niveau fédéral par la National Nanotechnology Initiative mise en place en 2001. Ce rapport décrit l'évolution et la répartition du budget qui lui est attribué, ainsi que la stratégie de financement adoptée pour le soutien à la recherche fondamentale et appliquée, le développement de réseaux d'excellence et de centres technologiques. Les relations avec le secteur industriel et les actions dans le domaine de la formation sont également brièvement décrites.

Introduction.

La possibilité de manipuler et de contrôler la matière à l'échelle nanométrique ouvre de nouvelles perspectives de développement technologique dont l'impact sur le secteur économique et sur notre vie quotidienne sera sans aucun doute très important. Nanotechnologie est le terme générique adopté pour désigner l'ensemble des moyens développés pour fabriquer, manipuler, imager, mesurer, modéliser des objets dont au moins une dimension est dans l'échelle des 1 à 100 nanomètres. A ce niveau, les propriétés physiques, chimiques ou biologiques de la matière s'avèrent souvent fort différentes de celles des matériaux massifs ou des propriétés des atomes ou molécules individuels : les nanosciences ont pour objet de comprendre, d'interpréter et de contrôler ces nouvelles propriétés. La recherche et le développement (R&D) en nanotechnologie visent à élaborer de nouveaux matériaux, dispositifs et systèmes aux performances améliorées en exploitant ces nouvelles propriétés. Cette recherche qui est par essence fortement multidisciplinaire exige la mise en œuvre de moyens technologiques nouveaux très élaborés dans un environnement rigoureusement contrôlé, et nécessite donc des investissements financiers particulièrement importants. Les grandes nations industrialisées ont fortement augmenté leur soutien à cette recherche au cours des dernières années, et l'objet de ce rapport est de décrire la politique scientifique des Etats-Unis dans ce domaine. On détaillera tout d'abord les institutions qui définissent et mettent en œuvre la politique fédérale, et la mise en place de la National Nanotechnology Initiative (NNI). On présentera ensuite le budget de la R&D en nanotechnologie et la stratégie d'investissement adoptée par la NNI. On décrira enfin brièvement les relations avec l'industrie et le volet éducation.

Organisation et mise en œuvre de la politique scientifique en nanotechnologies.

Les efforts de R&D aux Etats-Unis se répartissent entre trois principaux acteurs, le gouvernement fédéral, les universités et l'industrie. Les financements venant du secteur privé sont les plus importants, mais ils concernent principalement la recherche appliquée et le développement. La recherche fondamentale est conduite essentiellement dans les universités et les organismes gouvernementaux. Le budget global de R&D dans les universités américaines se situe entre 30 et 35 milliards de dollars par an, dont 60% sont attribués par le gouvernement fédéral et près de 20% par les états ou par un financement public local. Ainsi, les priorités de recherche dans les universités sont-elles fortement déterminées par la politique et les programmes du gouvernement fédéral, qui apporte la majeure partie du soutien financier.

La politique scientifique du gouvernement est définie avec l'aide de l'OSTP (Office of Science and Technology Policy, fondé en 1976) qui est rattaché au bureau exécutif de la Maison Blanche. L'OSTP est une source d'analyse et de jugement pour le Président en ce qui concerne les grandes orientations de politique scientifique, les plans et les programmes. Il est dirigé par John Marburger, véritable conseiller scientifique du Président, qui préside également le President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST). Ce conseil comprend 23 membres désignés par le Président qui sont des personnalités du monde industriel, du secteur académique et des institutions de recherche, ou d'autres organismes non gouvernementaux. Le National Science and Technology Council (NSTC) est le conseil qui sous l'autorité de l'OSTP prépare la stratégie de R&D qui est ensuite mise en œuvre dans les agences fédérales pour le soutien de la science, des études spatiales et de la technologie. Six programmes prioritaires inter-agences ont été définis et approuvés par le Président : ce sont Homeland Security, Networking and Information Technology,

Nanotechnology, Priorities of the Physical Sciences, Biology of Complex Systems, Climate, Water, and Hydrogen.

Pour deux de ces domaines stratégiques, les actions au niveau fédéral sont coordonnées par des IWG (Interagency Working Groups) qui rassemblent les principaux responsables des agences fédérales impliquées et où sont discutés les projets et les programmes de chacune. Le Interagency Working Group on Nanotechnology (IWGN), mis en place officiellement par le NSTC en septembre 1998, a publié en fin d'année 1999 deux rapports décisifs, l'un intitulé "Nanostructure Science and Technology: A Worldwide Study" à la suite d'une enquête menée dans le monde entier par des experts du domaine, et le second intitulé "Nanotechnology Research Directions" à la suite d'un atelier rassemblant des acteurs du monde académique, industriel et des organismes gouvernementaux, qui ont conduit l'administration Clinton à mettre en place en 2001 le programme national intitulé National Nanotechnology Initiative (NNI).

La NNI rassemble ainsi les efforts de 22 départements et agences fédérales, dont 11 qui ont un budget spécifique pour les nanotechnologies, les autres étant plus des partenaires aussi bien dans la conduite de certaines études que dans le développement d'applications. La responsabilité de la NNI est assurée par le Nanoscale Science, Engineering and Technology (NSET) Subcommittee (qui a remplacé le IWGN) qui regroupe des représentants des départements et des agences engagés dans la NNI et des responsables de l'OSTP, et son rôle est de coordonner tous les programmes du gouvernement fédéral relatifs à la R&D en nanosciences et nanotechnologies. Le NNCO (National Nanotechnology Coordination Office) fournit le support technique et administratif nécessaire au fonctionnement du NSET Subcommittee. Il sert de plus de point de contact pour les activités fédérales dans le domaine des nanotechnologies, organise la communication extérieure et fait la promotion des résultats obtenus. Le NSET Subcommittee a également mis en place des sous groupes de travail sur des sujets importants qui doivent retenir plus particulièrement l'attention et l'action des agences, au nombre de 3 actuellement : le Nanotechnology Environmental and Health Implications Working Group (NEHI WG), le Industry Liaison Working Group et le Manufacturing Working Group. L'évaluation de la NNI revient au PCAST, sous la forme du National Nanotechnology Advisory Panel (NNAP) qui fournit un rapport au moins tous les deux ans.

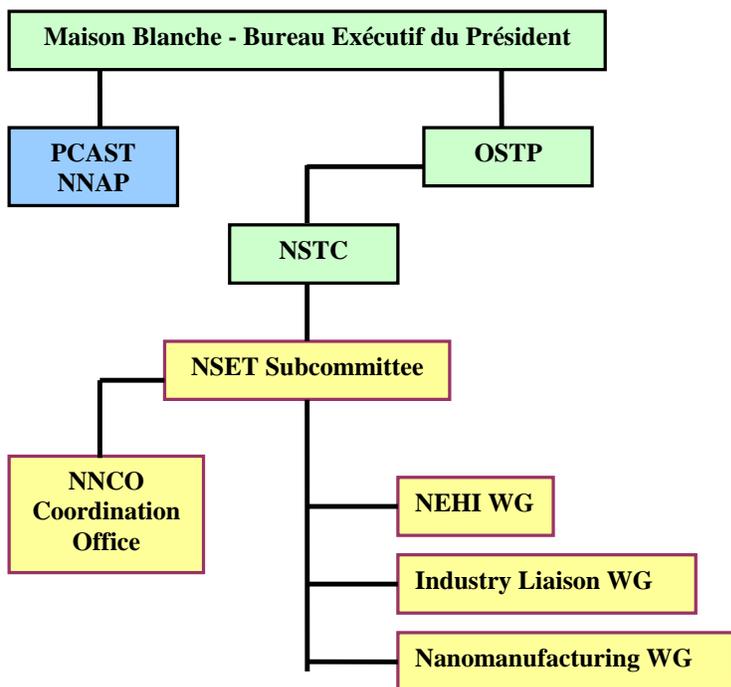


Tableau 1 :
Organigramme représentant les différents conseils et comités intervenant dans la définition de la politique de R&D en nanotechnologies (on a représenté en jaune ce qui relève directement de la mise en place de la NNI)

AGENCY	2001	2003	2004	2005
National Science Foundation	150	221	254	338
Defense	125	322	315	257
Energy	88	134	203	210
Health and Human Services (NIH)	40	78	80	145
Commerce (NIST)	33	64	63	75
NASA	22	36	37	45
Agriculture	0	0	1	3
Environmental Protection	5	5	5	5
Justice	1	1	2	2
Homeland Security	0	1	1	1
TOTAL	464	862	961	1081

Tableau 2 : Evolution du budget de la NNI depuis sa création en 2001 et répartition des crédits entre les différentes agences (montants en millions de dollars).

Le budget de la NNI.

Le financement fédéral des nanotechnologies a plus que doublé depuis la mise en place de la NNI en 2001, pour atteindre le niveau estimé de 1081 millions de dollars pour l'année fiscale 2005, dont 65% sont consacrés au financement de la recherche académique. Cette forte croissance est d'autant plus remarquable dans un contexte général de soutien à la recherche fondamentale plutôt morose actuellement aux Etats-Unis. Il est évident que la R&D dans le domaine bénéficie également d'autres soutiens, en particulier de la part des états ou encore d'entités régionales et locales, et on estime cet investissement à environ 20% de l'investissement du gouvernement fédéral. Quant au secteur privé, son engagement est au moins équivalent à celui de l'état : plusieurs grandes entreprises du secteur automobile, aérospatial, de la chimie ou encore des semiconducteurs s'apprêtent à introduire les nanotechnologies dans certains de leurs produits ou de leurs procédés. Il faut aussi compter avec les investissements des sociétés de capital risque qui soutiennent des "start-up" développant de nouvelles approches et de nouveaux produits en s'appuyant sur les nanotechnologies, comme par exemple dans le domaine bio-médical.

La majeure partie du budget fédéral accordé à la NNI est attribuée à 6 agences (tableau 2), et les trois quarts vont aux trois principaux acteurs que sont la NSF (National Science Foundation), le DoD (Department of Defense) et le DoE (Department of Energy). Les investissements les plus importants vont à la NSF (plus de 30% du budget), ceci traduisant bien l'engagement de cette agence de soutenir la recherche fondamentale dans toutes les disciplines concernées. Second dans la liste des mieux lotis, le DoD, avec près du quart du budget de la NNI, met l'accent sur le développement de nouveaux matériaux, dispositifs et systèmes en relation avec les questions de défense. Le DoE, qui reçoit environ 20% du budget est notamment en train de terminer la mise en place de cinq Nanoscale Science Research Centers (NSRC) mettant à la disposition de la communauté scientifique un ensemble de moyens de fabrication et de caractérisation à l'échelle nanométrique. On doit noter aussi pour 2005 une forte augmentation du budget attribué au Health and Human Services (145 millions de dollars en comparaison des 80 millions accordés en 2004) qui représente maintenant 14% du budget de la NNI. Cette augmentation vient appuyer les nouveaux programmes des NIH (National Institutes of Health) qui mettent l'accent sur une recherche bio-médicale qui permette d'exploiter les apports des nanotechnologies, à la frontière de la biologie et des sciences physiques, comme par exemple la National Cancer Institute's Alliance for Nanotechnology in Cancer, ou encore le programme National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) qui concerne les implications et les applications des nanotechnologies pour la

santé et la sécurité sur le lieu de travail. Les deux autres contributions importantes de la NNI vont au DoC (Department of Commerce), qui est principalement concerné au niveau des activités de ses laboratoires du NIST (National Institute of Standard and Technology), et à la NASA, qui soutient quatre centres de recherches spécifiques dans le domaine.

La stratégie de financement de la NNI.

La NNI finance un très large spectre de recherches, que ce soit dans les différentes disciplines scientifiques ou dans des projets transversaux. Les universités et instituts de recherche réalisent environ les deux tiers de la R&D soutenus par la NNI, sous la forme de subventions, d'accords de coopération ou de contrats avec les différentes agences qui sont engagées dans le programme. Environ un quart de l'activité est développée dans les laboratoires propres des agences fédérales, alors qu'un peu moins de 10% des crédits vont vers de petites entreprises ou d'autres entités du secteur privé. Il faut remarquer que certains laboratoires ont vu dans la NNI une nouvelle opportunité pour bénéficier de fonds supplémentaires. Il y a ainsi eu un effet d'habillage et de labellisation "nano" de certains projets de recherche soumis qui ne constituaient pas une véritable réorientation par rapport à des programmes précédents. Toutefois, leur soutien par la NNI est certainement de nature à infléchir les études correspondantes vers une approche qui s'inscrit plus nettement dans les objectifs du programme. Il n'en reste pas moins qu'une part des subventions accordées relève plutôt d'un certain redéploiement du soutien fédéral à la recherche.

La stratégie de financement de la NNI s'articule sur 5 modes différents d'investissement. Le premier concerne le soutien de la recherche fondamentale, toutes disciplines confondues. On peut identifier quatre secteurs scientifiques majeurs : 1- Nouveaux phénomènes, matériaux, structures, procédés et nouvelles propriétés, 2 – Nano-biosystèmes, 3 – Dispositifs à l'échelle nanométrique et architecture des systèmes, 4 – Théorie, modélisation et simulation.

Le deuxième type d'investissement est relatif aux domaines définis comme les "Grand Challenges", au nombre de 9 et qui sont plus directement orientés sur les applications des nanotechnologies dont l'impact économique, gouvernemental et sociétal a été jugé comme particulièrement important. Ces 9 thématiques ont été définies comme suit : 1 - Matériaux nanostructurés, 2 - Fabrication à l'échelle nanométrique, 3 – Protection et détection chimique - biologique - du rayonnement - des explosifs, 4 - Instrumentation et métrologie à l'échelle nanométrique, 5 - Nano-électronique, nano-photonique et nano-magnétisme, 6 - Santé, thérapie et diagnostic, 7 - Conversion et stockage efficaces de l'énergie, 8 - Micro-actionneurs et robotique, 9 - Nanotechnologies pour une amélioration de l'environnement.

Le troisième mode d'investissement de la NNI consiste à soutenir financièrement le développement de centres d'excellence qui mènent une recherche de nature pluridisciplinaire en impliquant des chercheurs de différents secteurs, académique, industriel ou gouvernemental, et qui s'impliquent dans le passage de la recherche fondamentale vers les applications. Quatorze centres de ce type ont été labellisés jusqu'à présent sur l'ensemble du territoire des Etats-Unis, sept sont directement financés par la NSF (Cornell University (2), Rice University, Northwestern University, Columbia University, Harvard University, Rensselaer Polytechnic Institute), trois par le DoD (MIT, UC Santa Barbara, Naval Research Laboratory) et quatre par la NASA (UC Los Angeles, Texas A&M, Princeton University, Purdue University).

Le quatrième type d'action vise à développer un réseau d'infrastructures offrant tous les outils de pointe de fabrication, caractérisation, calcul indispensables à la R&D dans le domaine. Ce type de financement a permis de développer le National Nanotechnology Infrastructure Network

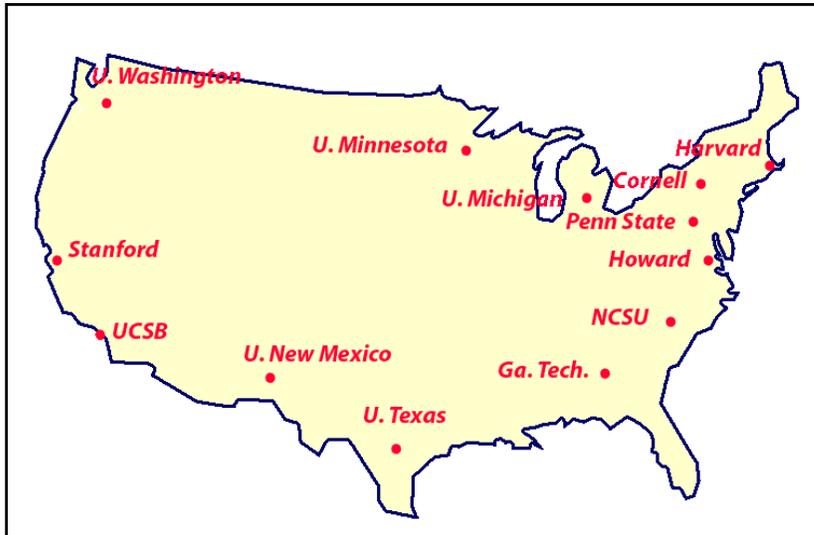


Figure 1 :
répartition
géographique
des 13 centres
technologiques
du réseau NNIN

(NNIN), réseau qui regroupe 13 centres répartis sur l'ensemble du territoire avec des équipements accessibles à l'ensemble de la communauté des chercheurs après soumission d'un projet de recherche (figure 1). Il faut aussi mentionner dans le même cadre la constitution du NCN (Network for Computational Nanotechnology), un réseau de 7 universités dont la mission est de relier expérience, théorie et simulation, allant de la description du matériau à l'échelle atomique jusqu'à celle macroscopique des nano-systèmes intégrés, en passant par l'analyse mésoscopique des dispositifs. Les domaines abordés dans ce réseau concernent la nano-électronique, les systèmes nano-électromécaniques, et la nano-bioélectronique. Au niveau infrastructure, il faut aussi relever le foisonnement de projets de construction de nouveaux bâtiments et de laboratoires un peu partout aux Etats-Unis. Ces réalisations visent notamment à regrouper les équipements lourds et les activités multidisciplinaires en nanotechnologie des campus, et constituent un pôle attractif pour l'installation de nouvelles équipes ou pour le développement de petites entreprises. Leur financement est souvent majoritairement assuré au niveau local, par les universités elles-mêmes ou par les états, qui y voient un investissement rentable pour leur développement économique.

Enfin, le cinquième et dernier mode d'investissement consiste à financer des recherches qui s'intéressent aux implications éthiques, sociologiques, légales, économiques des nanosciences et des nanotechnologies. La NNI soutient des études portant sur les risques potentiels pour la santé résultant de l'exposition aux nanomatériaux et sur les problèmes posés par leur dissémination et leur transport. Sur le plan sociétal, elle encourage des travaux qui visent à identifier (et surmonter) les réticences à l'adoption des nanotechnologies dans les domaines de la santé ou de la protection de l'environnement, ou qui s'intéressent à la perception des nanotechnologies par le grand public et au développement d'une meilleure communication de la communauté scientifique dans le domaine, afin notamment de ne pas retomber dans les problèmes rencontrés dans le passé avec les OGM.

Relations avec l'industrie.

Une des missions importantes de la NNI est de faciliter le transfert des découvertes au niveau du laboratoire au profit de produits commerciaux accessibles au grand public. Le transfert de technologies est déjà bien organisé au sein des universités, et les échanges industrie/monde

académique sont dans la culture des établissements américains. Il s'agit donc pour la NNI de renforcer les interactions entre les acteurs de la R&D en nanotechnologie et ceux qui fabriquent et vendent. Ainsi a-t-on créé un groupe de liaison Industrie - NNI pour développer l'échange d'information sur les programmes de recherche soutenus par la NNI et sur les besoins de l'industrie en terme de nanotechnologie (Industry Liaison Working Group). D'autres moyens d'action consistent soit à financer des équipes de recherche multidisciplinaires qui associent des chercheurs venant de l'université et de l'industrie, au moyen de programmes spécifiques comme GOALI (Grant Opportunities for Academic Liaison with Industry) ou PFI (Partnership For Innovation), soit à favoriser des échanges de chercheurs entre instituts de recherches académiques ou gouvernementaux et laboratoires industriels, ou encore à soutenir financièrement des rencontres rassemblant industriels et chercheurs du monde académique.

La NNI encourage aussi les industriels à développer des activités dans le secteur des nanotechnologies en leur ouvrant l'accès aux centres de ressources du réseau technologique NNIN. Afin de faciliter la commercialisation de produits dérivés des nanotechnologies, elle les incite à faire beaucoup plus appel à des programmes comme SBIR (Small Business Innovation Research), dans lesquels le gouvernement fournit diverses aides pour le développement de sociétés innovantes sur des projets à haut risque, ou STTR (Small Business Technology Transfer). Il y a déjà plusieurs exemples de lancement réussi de nouvelles entreprises par des universitaires aux Etats-Unis. C'est le cas déjà un peu ancien de Nanogen, dans le domaine du diagnostic biomédical fondée par Howard Birndof de Wayne State University, plus récemment de Carbon Nanotechnologies et de C Sixty, lancées par le Pr Smalley de Rice University (Prix Nobel de Chimie 1996), ou encore de Nanosys, fondée en 2001 à partir des travaux sur les "quantum dots" du Pr Alivisatos de l'UCLA. Il s'agit de renforcer sensiblement ces créations de sociétés à partir de transferts technologiques venant de l'université.

Il ne faut pas sous estimer non plus dans ce cadre les initiatives mises en place dans les états, comme par exemple en Californie, au Texas, au Minnesota, dans le Colorado, etc... Leur action consiste à la fois à réaliser des levées de fonds auprès des autorités locales, des corporations, des individus même, et à soutenir financièrement des actions permettant le développement à plus long terme d'une activité industrielle créatrice d'emplois : cela va du financement de stages postdoctoraux, de l'invitation de scientifiques de renom, à l'organisation de rencontres scientifiques entre chercheurs et industriels, sans oublier bien sûr le soutien du lancement de start-up.

Formation.

Le volet éducation fait aussi partie des préoccupations de la NNI. On estime en effet qu'à l'horizon 2015, plus de 2 millions de personnes dans le monde auront une activité dans le domaine des nanotechnologies, et il y a ainsi un besoin sans cesse croissant de formation à tous niveaux. La NNI s'implique donc pour contribuer au développement de la formation. L'ensemble des centres du réseau technologique NNIN offre aux étudiants doctorants et aux jeunes chercheurs l'accès à des moyens modernes exceptionnels, de haute technicité, utilisés en recherche : les centres proposent différents programmes de stage comme le Research Experience for Undergraduates Program qui permet à des étudiants en sciences de passer 10 semaines l'été dans l'un des centres et de se familiariser ainsi avec l'instrumentation utilisée en nanotechnologie.

Les universités de leur côté développent aussi l'enseignement dans le domaine des nanosciences : beaucoup proposent des cours d'introduction qui donnent la possibilité aux étudiants qui poursuivent des études approfondies dans leur discipline d'aborder ce domaine, et de peut-être leur donner l'envie de s'y investir pour leurs études doctorales. Encore très peu d'universités délivrent des diplômes en nanotechnologies ; ce sont jusque là des formations au niveau technicien,

ou dans certains cas au niveau Master, et seulement 3 universités sur l'ensemble des Etats-Unis proposent à ce jour un doctorat en nanosciences ou nanotechnologie.

D'autres actions visent par ailleurs à renforcer le niveau moyen des connaissances dans les nanotechnologies avec l'objectif de toucher non seulement les étudiants, niveau graduate ou undergraduate, mais aussi les élèves des High Schools et des Middle Schools. Ce sont par exemple à Harvard des chercheurs qui viennent faire une présentation d'une heure de leurs recherches en nanoscience dans les High Schools, ou ailleurs des élèves de High Schools qui sont accueillis un jour par semaine dans un laboratoire de l'université, ou encore l'organisation de stages de formation dans les laboratoires de recherche en nanotechnologie, destinés pour certains à des étudiants "undergraduate" et pour d'autres à des professeurs de High Schools.

Conclusion.

En conclusion, la politique américaine place les Etats-Unis comme le pays qui investit le plus dans la recherche et le développement en matière de nanoscience et de nanotechnologie. Même si l'Europe et le Japon investissent aussi à des niveaux qui ne sont pas si éloignés de l'effort américain, la différence principale se trouve dans le niveau de coordination dans la définition des programmes et dans l'attribution des moyens, qui s'est nettement renforcé avec la mise en place de la NNI. A l'actif de la NNI depuis sa création, il faut bien sûr compter des avancées dans notre connaissance de la matière à l'échelle nanométrique, qui résultent du soutien apporté aux laboratoires (par exemple, plus de 2500 projets de recherche soutenus par la NNI en 2004 dans plus de 500 laboratoires, universitaires, gouvernementaux ou privés), mais aussi le développement d'une communauté scientifique multidisciplinaire, la mise en place d'une forte infrastructure rassemblant plus de 35 centres de recherches en nanotechnologies, de réseaux et de centrales technologiques. Bien que les prévisions budgétaires pour 2006 annoncent une stabilisation de son budget, la NNI va poursuivre son action de soutien fort à la recherche, fondamentale et appliquée, tout en mettant plus fortement l'accent sur le développement des échanges et des interactions entre les instances fédérales et l'industrie, en renforçant la coordination avec les états. Ses responsables souhaitent également renforcer l'action de la NNI dans le domaine de l'éducation à tous les niveaux, notamment en mettant en place une coordination avec les 2 départements concernés, Department of Education et Department of Labor.

Centres de Recherche et Réseaux de la NNI classés par Agence.

National Aeronautics and Space Administration (NASA)

University of California-Los Angeles :

Institute for Cell Mimetic Space Exploration (<http://www.cmise.ucla.edu/>)

Texas A&M University

Institute for Intelligent Bio-Nanomaterials & Structures for Aerospace Vehicles (<http://tiims.tamu.edu/>)

Princeton University

Biologically Inspired Materials Institute (BIMat)
(<http://bimat.princeton.edu/html/overview.html>)

Purdue University

Institute for Nanoelectronics and Computing
(http://inac.purdue.edu/wps/portal/_pagr/106)

National Science Foundation

NSEC : Nanoscale Science and Engineering center

MRSEC : Materials Research Science and Engineering Center

Cornell University

Center for Nanoscale Systems, Nanoscale Science and Engineering Center (NSEC) (<http://www.cns.cornell.edu/>)
Nanobiotechnology, Science and Technology Center
(<http://www.nbtc.cornell.edu/>)

Rice University

Center for Biological and Environmental Nanotechnology
(<http://cben.rice.edu/>)

Northwestern University

Integrated Nanopatterning and Detection (NSEC)
(<http://www.nsec.northwestern.edu/>)

Columbia University

Center for Electronic Transport in Molecular Nanostructures (NSEC)
(<http://www.cise.columbia.edu/nsec/index.html>)

Harvard University

Nanoscale Systems and their Device Applications (NSEC)
(<http://www.nsec.harvard.edu/>)

Rensselaer Polytechnic Institute

Directed Assembly of Nanostructures (NSEC)
(<http://www.rpi.edu/dept/nsec/>)

University of California-Los Angeles

Center for Scalable and Integrated Nano-Manufacturing (NSEC)
(<http://newsroom.ucla.edu/page.asp?id=4601>)

University of Illinois at Urbana-Champaign

Center for Chemical-Electrical-Mechanical Manufacturing Systems (NSEC) (<http://www.news.uiuc.edu/news/03/1009nano.html>)

University of Alabama

Center for Materials for Information Technology (MRSEC)
(<http://www.mint.ua.edu/~mint/>)

Brown University
[Center for Advanced Materials Research \(MRSEC\)](http://www.brown.edu/Departments/Advanced_Materials_Research/)
 (http://www.brown.edu/Departments/Advanced_Materials_Research/)

Columbia University
[Center for Nanostructured Materials \(MRSEC\)](http://www.cise.columbia.edu/mrsec/index.php)
 (<http://www.cise.columbia.edu/mrsec/index.php>)

Cornell University
[Cornell Center for Materials Research \(MRSEC\)](http://www.ccmr.cornell.edu)
 (<http://www.ccmr.cornell.edu>)

Johns Hopkins University
[Materials Research Science and Engineering Center \(MRSEC\)](http://www.pha.jhu.edu/groups/mrsec/)
 (<http://www.pha.jhu.edu/groups/mrsec/>)

University of Maryland
[Materials Research Science and Engineering Center \(MRSEC\)](http://mrsec.umd.edu)
 ([http://mrsec.umd.edu/](http://mrsec.umd.edu))

Massachusetts Institute of Technology
[Center for Materials Science and Engineering \(MRSEC\)](http://web.mit.edu/cmse/www/)
 (<http://web.mit.edu/cmse/www/>)

University of Massachusetts Amherst
[Materials Research Science and Engineering Center on Polymers \(MRSEC\)](http://www.pse.umass.edu/mrsec/)
 (<http://www.pse.umass.edu/mrsec/>)

Michigan State University
[Center for Sensor Materials \(MRSEC\)](http://www.pa.msu.edu/csm/) (<http://www.pa.msu.edu/csm/>)

University of Minnesota
[Materials Research Science and Engineering Center \(MRSEC\)](http://www.mrsec.umn.edu/index.shtml)
 (<http://www.mrsec.umn.edu/index.shtml>)

University of Nebraska-Lincoln
[Center for Quantum and Spin Phenomena in Nanomagnetic Structures \(MRSEC\)](http://www.mrsec.unl.edu/)
 (<http://www.mrsec.unl.edu/>)

Northwestern University
[Materials Research Science and Engineering Center \(MRSEC\)](http://mrcemis.ms.nwu.edu/)
 (<http://mrcemis.ms.nwu.edu/>)

North Carolina A&T State University
[Center for Nanoscience and Nanomaterials.](http://www.ncsu.edu) ([http://www.ncsu.edu/](http://www.ncsu.edu))

University of Oklahoma / University of Arkansas
[Center for Semiconductor Physics in Nanostructures \(MRSEC\)](http://www.nhn.ou.edu/cspin/)
 (<http://www.nhn.ou.edu/cspin/>)

University of Pennsylvania
[The Laboratory for Research on the Structure of Matter \(MRSEC\)](http://www.lrsm.upenn.edu/)
 (<http://www.lrsm.upenn.edu/>)

Pennsylvania State University
[Center for Nanoscale Science \(MRSEC\)](http://www.mrsec.psu.edu) ([http://www.mrsec.psu.edu/](http://www.mrsec.psu.edu))

Princeton University
[Princeton Center for Complex Materials \(MRSEC\)](http://www.princeton.edu/%7Epccm/)
 (<http://www.princeton.edu/%7Epccm/>)

Stanford University
[Center on Polymer Interfaces and Macromolecular Assemblies \(MRSEC\)](http://www.stanford.edu/group/CPIMA)
 (<http://www.stanford.edu/group/CPIMA>)

University of Virginia
[Center for Nanoscopic Materials Design \(MRSEC\)](http://www.mrsec.virginia.edu)
 ([http://www.mrsec.virginia.edu/](http://www.mrsec.virginia.edu))

University of Wisconsin-Madison
[Materials Research Science and Engineering Center \(MRSEC\)](http://www.mrsec.wisc.edu/index.php)
 (<http://www.mrsec.wisc.edu/index.php>)

Department of Defense

Central Michigan University

[National Dendrimer and Nanotechnology Center](http://www.dendrimercenter.org/)
(<http://www.dendrimercenter.org/>)

Massachusetts Institute of Technology

[Institute for Soldier Nanotechnologies](http://www.aro.army.mil/soldiernano/)
(<http://www.aro.army.mil/soldiernano/>)

University of California-Santa Barbara

[Center for Nanoscience Innovation for Defense](http://www.instdv.ucsb.edu/93106/2003/January21/new.html)
(<http://www.instdv.ucsb.edu/93106/2003/January21/new.html>)

The Naval Research Laboratory

[Nanoscience Research Laboratory](http://www.nrl.navy.mil/pressRelease.php?Y=2003&R=63-03r)
(<http://www.nrl.navy.mil/pressRelease.php?Y=2003&R=63-03r>)

REFERENCES.

Sites WEB :

- <http://www.nano.gov/> site de la National Nanotechnology Initiative
- <http://www.nsf.gov/> site de la National Science Foundation
- <http://www.texasnano.org/> site de la Texas Nanotechnology Initiative
- <http://www.ncnano.org/> site de la Northern California Nanotechnology Initiative
- <http://thor.ece.umn.edu/mni/> site de la Minnesota Nanotechnology Initiative
- <http://www.physics.purdue.edu/nanophys/nti/>
site de la Purdue Nanotechnology Initiative

Publications du National Science and Technology Council (NSTC) :

- Nanostructure Science and Technology. 1999. Worldwide study on status and trends
<http://www.wtec.org/loyola/nano/>
- National Nanotechnology Initiative : The Initiative and its Implementation Plan. 2000.
<http://nano.gov/html/res/nni2.pdf>
- National Nanotechnology Initiative; Research and Development Supporting the Next Industrial Revolution, Supplement to President's FY 2004 Budget, Oct. 2003
<http://nano.gov/html/res/fy04-pdf/fy04-main.html>
- National Nanotechnology Initiative Research Directions II Workshop, September 8 - 10, 2004
- National Nanotechnology Initiative – Strategic Plan, December 2004
http://www.nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2004.pdf