

# NOTE RAPIDE

DE L'INSTITUT D'AMÉNAGEMENT ET D'URBANISME - ÎLE-DE-FRANCE N° 726

ÉCONOMIE

Février 2017 • www.lau-idf.fr

## ANNEXE 4

### USINE DU FUTUR/NUMÉRISATION DE L'INDUSTRIE

# NANOTECHNOLOGIES

# NANOMATÉRIAUX

# NANOMÉDECINE

#### DÉFINITION

« Les nanosciences et nanotechnologies, ou NST, peuvent être définies *a minima* comme l'ensemble des études et des procédés de fabrication et de manipulation de structures (électroniques, chimiques, etc.), de dispositifs et de systèmes matériels à l'échelle du nanomètre (nm), ce qui est l'ordre de grandeur de la distance entre deux atomes. Les NST présentent plusieurs acceptions liées à la nature transversale de cette jeune discipline. En effet, elles utilisent, tout en permettant de nouvelles possibilités, des disciplines telles que l'optique, la biologie, la mécanique et la micro-technologie. Ainsi, comme le reconnaît le portail français officiel des NST, "les scientifiques ne sont pas unanimes quant à la définition de nanoscience et de nanotechnologie" »<sup>1</sup>.

« Les objets nanométriques possèdent souvent des propriétés très recherchées par les industriels, de nature chimique, électrique, magnétique, différentes de celles des objets, de même composition, mais de taille macro ou microscopique. Les lois de la physique classique ne permettent pas d'expliquer leur comportement, et l'on doit alors faire appel aux lois de la physique quantique pour comprendre et identifier ces nouvelles propriétés.

Les NST se décomposent en trois secteurs principaux :

- la nanoélectronique, qui s'inscrit dans le prolongement de la microélectronique, plus particulièrement pour les ordinateurs, mais à des échelles nettement plus petites (ordinateur quantique) ;
- la nanobiotechnologie, qui combine l'ingénierie nanométrique et la biologie pour manipuler des organismes vivants ou construire des matériaux inspirés des systèmes moléculaires biologiques ;
- les nanomatériaux, qui supposent de contrôler précisément, aux dimensions nanométriques, la morphologie de substances ou particules en vue de construire des matériaux nanostructurés. Les nanomatériaux constituent les « briques de base » des produits manufacturés, et l'ensemble des secteurs économiques bénéficient de leur mise au point et de leur inclusion dans les processus de fabrication. Ils peuvent se définir comme des matériaux composés ou constitués de nano-objets qui confèrent à ces matériaux des propriétés améliorées ou spécifiques de la dimension nanométrique. Ils se présentent sous forme de particules libres ou fixées, de fibres ou de tubes, de cristaux ou de lamelles. Les nanotubes de carbone connaissent un développement industriel remarquable. »<sup>2</sup>

#### MARCHÉ ET ÉVOLUTION ATTENDUE

Le revenu mondial généré par les produits issus des nanotechnologies est passé de 339 milliards de \$US en 2010 à plus de 1 600 milliards de \$US en 2014.

À cette même date, les États-Unis représentent un tiers du marché mondial à eux seuls.

Les prévisions mondiales tablent sur une croissance de l'ordre de 18 % par an d'ici à 2022 pour atteindre 4 400 milliards de \$US.

Le développement des nanotechnologies pourrait générer l'emploi direct de plus de 2 millions de personnes dans le monde. La National Science Foundation (NSF, États-Unis) estime que 15 % de l'activité manufacturière mondiale serait concernée par des dispositifs ou des matériaux utilisant des avancées issues des nanotechnologies.

Les investissements mondiaux dans les nanotechnologies, issus du secteur privé (entreprises et investisseurs) et du secteur public (États), ont représenté 18,5 milliards de \$US en 2014 (+9 % comparé à 2010).

Depuis 2010, les entreprises ont augmenté leurs investissements de 21 % pour représenter deux tiers des financements, tandis que les investisseurs (venture capital/VC) ont réduit les leurs de 10 %.

avec des politiques d'investissements axées sur le développement de start-up qu'ils avaient déjà financées. Les États ont maintenu leur soutien à un niveau stable.

Les États-Unis et le Japon font partie des quelques pays qui continuent à conserver une politique nationale d'appui aux nanotechnologies, avec des financements spécifiquement dédiés.

Les États-Unis représentent 33 % du financement mondial des nanotechnologies. Les financements alloués à ce secteur y ont progressé de 40 % par an entre 2010 et 2014, pour atteindre les 6 milliards de \$US en 2014, dont un tiers issu du gouvernement fédéral. On constate un léger recul des investissements outre-Atlantique depuis 2012. À titre de comparaison, l'Union européenne et les pays membres y ont consacré 2,5 milliards d'euros en 2014, avec une progression de 10 % depuis 2012.<sup>3</sup>

#### IMPACTS POSSIBLES DE LA TENDANCE SUR L'INDUSTRIE

Les nanotechnologies permettent d'utiliser moins de matière pour des effets démultipliés. Les sites de production des nanomatériaux sont donc de taille très réduite (quelques dizaines de m<sup>2</sup>). Le coût de production des nanomatériaux est relativement faible, ce qui fait sa force.

#### ENJEUX PRINCIPAUX

##### Industrialisation des procédés de production

« Le principal défi à relever pour l'avenir est d'étendre les méthodes de nanofabrication à la grande production de l'industrie. »

##### Impact des nanoparticules sur l'environnement et la santé humaine

« Certains nanomatériaux ont été reconnus comme toxiques pour les tissus humains et les cellules en culture. La nanotoxicologie étudie les risques environnementaux et sanitaires liés aux nanotechnologies. »

##### Enjeux éthiques

« La dissémination à large échelle de nanoparticules dans l'environnement est sujette à des questions éthiques. » Dans le domaine de la médecine, les possibilités futures de régénération, voire d'augmentation de l'humain, posent question.<sup>2</sup>

#### SECTEURS LES PLUS CONCERNÉS EN 2015

Les domaines principaux d'application des nanotechnologies sont :

- les technologies de l'information et nanoélectronique : possibilités de stockage accrues des nanomatériaux, informatique quantique ;
- la santé : implants bioactifs, nouveaux outils de diagnostic médical précoce, traitement ciblé de cellules malades, nanovaccins, régénération, etc. ;
- les écotechnologies : dépollution de l'eau et des terres (détection et neutralisation de micro-organismes, de pesticides et de matières dangereuses) ;
- les technologies de l'énergie : stockage d'énergie, panneaux photovoltaïques (graphène), piles à combustible, carburants diesel (oxyde de sésium additif qui permet une combustion parfaite du diesel).

En 2011, au niveau mondial, on comptait plus de 1 300 produits commercialisés pour lesquels le constructeur mentionne au moins un élément dérivé des nanotechnologies. Parmi eux, on compte des cosmétiques, des systèmes électroniques et des produits ménagers et sportifs. En France, en 2014, 400 000 t de nanoparticules ont été produites ou importées. À cette date, les premiers produits concernés sont les revêtements et peintures, les cosmétiques et produits de soins personnels, et les produits phytopharmaceutiques issus du secteur agriculture, sylviculture et pêche.<sup>2,4,5</sup>

## NATIONAL

### ACTION DE L'ÉTAT CONCERNANT CETTE TENDANCE

Action : réseau recherche micro et nanotechnologies créé en 1999, repris en 2005 par l'Agence nationale de la recherche (ANR, R3N), qui finance les projets de recherche collaborative dans les nanotechnologies. Création d'un réseau national de six centres d'excellence en nanosciences (C'Nano).

Pôles de compétitivité : Minalogic à Grenoble, notamment, pôle de référence national en nanotechnologies électroniques.

Création de trois réseaux de thématique recherche avancée (RTRA).

Plan industrie du futur : nanoélectronique.

## ÎLE-DE-FRANCE

### ACTION EN COURS DE LA RÉGION ÎLE-DE-FRANCE/PÔLES

- Un des axes de la stratégie de spécialisation intelligente (S3 ÎdF) ;
- Un des domaines d'intérêt majeur (DIM) de l'Île-de-France : « Des atomes froids aux nanosciences » renommé C'Nano Île-de-France, qui rassemble 23 organismes, avec 114 labos regroupant 3 284 chercheurs, dont 1 700 chercheurs permanents.

## POSITIONNEMENT DE LA FRANCE<sup>7</sup>

La France est un des cinq leaders mondiaux, avec 300 PME orientées nano, 7 000 chercheurs, une R&D de 45 Mds d'euros, derrière :

1. États-Unis : 50 % des entreprises mondiales, 36 % de la R&D mondiale, 1,4 Md\$ en 2011 ;
2. Japon : 0,71 Md\$ en 2011 ;
3. Allemagne : 985 PME, les deux tiers des brevets de l'Union européenne, 0,4 Md\$ en 2011 ;
4. Chine : 400 entreprises, 26 000 chercheurs, une R&D d'1,6 Md\$ en 2011.

## POSITIONNEMENT DE L'ÎLE-DE-FRANCE

Premier pôle français parmi les trois principaux pôles nationaux de recherche (Île-de-France, Auvergne-Rhône-Alpes, Occitanie).

En Île-de-France : C'Nano ÎdF, est l'un des trois réseaux thématiques de recherche avancée (RTRA) français (le triangle de la physique à Orsay avec aussi le grand accélérateur de particules synchrotron soleil).

R&D : 7,2 % des effectifs européens, 5,8 % des publications scientifiques et 8,1 % de la dépense intérieure de recherche et développement (DIRD) européenne en nanotechnologie.<sup>2,6</sup>

## ÉCOSYSTÈME EN ÎLE-DE-FRANCE

**Nanomédecine :** Nanobiotix (40 salariés, dont 12 à Paris) dans le traitement du cancer à partir de nanotech. L'un des tout premiers leaders mondiaux dans son domaine. Genewave (biopuces ADN).

**Nanoélectronique (2<sup>e</sup> pôle national derrière Grenoble) :** producteurs d'équipements Alcatel, Thales, United Monolithic Semiconductors (UMS), STMicroelectronics, Screen LASSE (laser haute intensité), Quantel, Amplitudes Technologies, Riber, Soitec, Altis Semiconductor, Cameca, Spectracom/Oroliia, Horiba Jobin Yvon, AdvEOTec, 3S Photonics, Aveni, Serma, etc.

**Recherche privée :** Alcatel Thales, laboratoire commun de classe mondiale sur le III-V, laboratoire d'Altis Semiconductor et de STMicroelectronics.

**Pôle:** Systematic.

**Acteurs académiques:** LPICM (laboratoire de physique des surfaces et couches minces, Polytechnique/CNRS), la centrale de technologie universitaire IEF-Minerve, LPN (laboratoire de photonique et de nanostructure CNRS), création récente du laboratoire MiNaO (micro-nano-optique, Onera-CNRS/LPN).<sup>6,8,9</sup>

## AFOM ÎLE-DE-FRANCE

### ATOUTS

- L'Île-de-France est la cinquième région mondiale pour le dépôt de brevets en nanotechnologies.
- L'un des principaux pôles français de recherche dans ce domaine, avec les principales thématiques présentes : matériaux, électronique, santé.
- L'Île-de-France est le deuxième pôle français en microélectronique.
- Une des priorités régionales (figure dans la stratégie de spécialisation intelligente – S3 ÎdF).

### FAIBLESSES

#### France

- Faiblesse relative des investissements dans ce domaine comparé aux leaders mondiaux, notamment de la part des acteurs privés. Dynamique moins forte que celle des principaux concurrents mondiaux et européens (effritement du positionnement francilien dans ce domaine).

#### Île-de-France

- Faibles retombées économiques par rapport à la capacité de recherche française et francilienne (huit brevets en Île-de-France seulement en 2009).
- Les nanotechnologies ne constituent une thématique centrale pour aucune structure de type pôle de compétitivité ou grappe, même si elle figure parmi les thématiques abordées par le pôle Systematic.
- Il existe une dispersion des financements régionaux dans ce domaine.
- Les PME franciliennes du secteur souffrent d'un manque de coopération avec les grands groupes, ce qui les fragilise.

### OPPORTUNITÉS

- Spécificité francilienne dans la santé et le vieillissement, ainsi que l'optique et l'électronique.
- Le plan Nano-INNOV et la création du MiNaO en 2015 renforcent la visibilité de l'Île-de-France dans ce domaine.
- Miser sur l'approche française du principe de précaution pour se positionner en leader mondial de l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux, en lien avec les industriels franciliens et en amont de la création des produits, afin de contribuer à fixer des standards (moins de 1 % des dépenses de recherche mondiale dans les nanotechnologies sont consacrées aux risques).

### MENACES

- Monde et France : rejet de ces technologies par la population, risques sanitaires et environnementaux non ou mal évalués.
- France : les capitaux-risqueurs ne financent pas assez les PME des nanotechnologies.
- Île-de-France : second pôle français mal connu en microélectronique/nanoélectronique derrière Grenoble.

La méconnaissance des potentiels franciliens risque de conduire à son étiolement, au profit d'autres régions qui apparaîtront comme plus attractives car ayant mieux su valoriser leurs atouts.<sup>2,6,8</sup>

**Thierry Petit**, économiste  
sous la responsabilité de Vincent Gollain,  
directeur du département économie

#### Sources

1. Wikipédia.
2. <http://www.economie.gouv.fr/cedef/dossier-documentaire-nanotechnologies>
3. Lux Research.
4. SCE : *Éléments issus des déclarations des substances à l'état nanoparticulaire*, rapport d'étude 2014, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, novembre 2014.
5. <http://www.cea.fr/jeunes/themes/micro-nanotechnologies/le-nanomonde/nanomateriaux>
6. Dire Île-de-France, *Enjeux et défis de l'industrie en Île-de-France : nanotechnologies*, 2010.
7. « Pourquoi la France n'arrive pas à percer dans la course aux nanotechnologies », *Usine nouvelle*, 25 novembre 2013.
8. « Définition de la déclinaison régionale de la S3 pour la mise en œuvre du PO francilien 2014/2020, stratégie de spécialisation intelligente de l'Île-de-France », Technopolis Group, 2013.
9. Onera : <http://www.onera.fr/fr/actualitescreation-de-minao-laboratoire-onera-cnrs-de-micro-nano-optique?page=1>