

BELGISCHE KAMER VAN
VOLKSVERTEGENWOORDIGERS

13 februari 2009

VOORSTEL VAN RESOLUTIE

**betreffende nanowetenschap en
nanotechnologie**

(ingediend door
mevrouw Yolande Avontroodt c.s.)

CHAMBRE DES REPRÉSENTANTS
DE BELGIQUE

13 février 2009

PROPOSITION DE RÉOLUTION

**relative aux nanosciences et aux
nanotechnologies**

(déposée par Mme Yolande Avontroodt
et consorts)

cdH	:	centre démocrate Humaniste		
CD&V	:	Christen-Democratisch en Vlaams		
Ecolo-Groen!	:	Ecologistes Confédérés pour l'organisation de luttes originales – Groen		
FN	:	Front National		
LDD	:	Lijst Dedeker		
MR	:	Mouvement Réformateur		
N-VA	:	Nieuw-Vlaamse Alliantie		
Open Vld	:	Open Vlaamse liberalen en democraten		
PS	:	Parti Socialiste		
sp.a	:	Socialistische partij anders		
VB	:	Vlaams Belang		

<i>Afkortingen bij de nummering van de publicaties:</i>		<i>Abréviations dans la numérotation des publications:</i>	
DOC 52 0000/000:	Parlementair document van de 52 ^e zittingsperiode + basisnummer en volgnummer	DOC 52 0000/000:	Document parlementaire de la 52 ^{ème} législature, suivi du n° de base et du n° consécutif
QRVA:	Schriftelijke Vragen en Antwoorden	QRVA:	Questions et Réponses écrites
CRIV:	Voorlopige versie van het Integraal Verslag (groene kaft)	CRIV:	Version Provisoire du Compte Rendu intégral (couverture verte)
CRABV:	Beknopt Verslag (blauwe kaft)	CRABV:	Compte Rendu Analytique (couverture bleue)
CRIV:	Integraal Verslag, met links het definitieve integraal verslag en rechts het vertaald beknopt verslag van de toespraken (met de bijlagen) (PLEN: witte kaft; COM: zalmkleurige kaft)	CRIV:	Compte Rendu Intégral, avec, à gauche, le compte rendu intégral et, à droite, le compte rendu analytique traduit des interventions (avec les annexes) (PLEN: couverture blanche; COM: couverture saumon)
PLEN:	Plenum	PLEN:	Séance plénière
COM:	Commissievergadering	COM:	Réunion de commission
MOT:	Moties tot besluit van interpellaties (beigekleurig papier)	MOT:	Motions déposées en conclusion d'interpellations (papier beige)

<i>Officiële publicaties, uitgegeven door de Kamer van volksvertegenwoordigers</i>	<i>Publications officielles éditées par la Chambre des représentants</i>
<i>Bestellingen:</i>	<i>Commandes:</i>
Natieplein 2	Place de la Nation 2
1008 Brussel	1008 Bruxelles
Tel. : 02/ 549 81 60	Tél. : 02/ 549 81 60
Fax : 02/549 82 74	Fax : 02/549 82 74
www.deKamer.be	www.laChambre.be
e-mail : publicaties@deKamer.be	e-mail : publications@laChambre.be

TOELICHTING

DAMES EN HEREN,

Inleiding

Nanowetenschap en nanotechnologie dragen bij tot de versterking van het economisch weefsel en de concurrentiepositie en zij bieden mogelijke oplossingen voor problemen op het gebied van bijvoorbeeld het milieu, de gezondheidszorg, voeding, een duurzamere energievoorziening en veiligheid. Via onderzoek, ontwikkeling en productie draagt België, samen met de gewesten, zelf actief bij aan het vinden en realiseren van dergelijke oplossingen. Daarmee sluit men aan bij de internationale ontwikkelingen, maar is er nood aan een gecoördineerde aanpak, een multidisciplinaire benadering en het bevorderen van een beter onderzoeksklimaat om de kansen te versterken voor het concurrentievermogen van de onderzoekswereld, het bedrijfsleven en van talrijke maatschappelijke gebieden.

Het Adviescomité voor Wetenschappelijke en Technologische Vraagstukken van de Kamer van volksvertegenwoordigers organiseerde op 28 juni 2008 een reeks hoorzittingen over mogelijke toepassingen en implicaties van nanotechnologie, evenals mogelijke beleidsaanbevelingen ter zake. De in deze hoorzitting beschreven activiteiten sluiten aan bij de resultaten van de Europese Raad van Lissabon van 2000, waarop besloten werd een dynamische kenniseconomie en maatschappij te ontwikkelen, die van Gothenburg van 2001, met als doel duurzame ontwikkeling, en die van Barcelona van 2002, waarop werd besloten ernaar te streven 3% van het BBP te besteden aan onderzoek.

Op basis van deze hoorzittingen worden in deze resolutie een aantal elementen aangereikt inzake coördinatie en kadering van nanotechnologie in de Lissabon-doelstellingen.

De wereld van de nanotechnologie

Nanotechnologie is een nieuwe benadering voor het begrijpen en beheersen van de eigenschappen van materie tussen 0.1 en 100 nanometer (nm): één nanometer (een miljardste meter) is de grootte van een kleine molecule. De nanoafmeting is bijzonder, omdat de controle van individuele atomen en moleculen de ultieme beheersing van de materie en haar eigenschappen betekent. Op dit niveau vertoont materie andere eigenschappen en vervagen de scheidslijnen tussen

DÉVELOPPEMENTS

MESDAMES, MESSIEURS,

Introduction

Les nanosciences et les nanotechnologies contribuent au renforcement de la structure économique et de la compétitivité, et proposent en outre des solutions pour les problèmes concernant, par exemple, l'environnement, les soins de santé, l'alimentation, l'approvisionnement plus durable en énergie et la sécurité. Par les voies de la recherche, du développement et de la production, la Belgique participe activement, avec ses régions, au dégagement et à la réalisation de solutions dans ces domaines. S'il est vrai que la Belgique se rallie, ce faisant, aux progrès internationaux, elle a néanmoins besoin d'une approche coordonnée et multidisciplinaire, ainsi que d'un meilleur climat en matière de recherches en vue du renforcement de la compétitivité du monde de la recherche, des entreprises et de nombreuses activités sociales.

Le Comité d'avis pour les questions scientifiques et technologiques de la Chambre des représentants de Belgique a organisé, le 28 juin 2008, plusieurs auditions consacrées aux applications et aux implications éventuelles des nanotechnologies, auditions où des recommandations ont en outre été formulées pour la politique à mener dans ces matières. Les activités décrites lors de ces auditions se situent dans le prolongement des conclusions du Conseil européen de Lisbonne de 2000, où il a été décidé de développer une économie et une société de la connaissance dynamiques, des conclusions du Conseil de Gothenburg de 2001 axé sur le développement durable, et des conclusions du Conseil de Barcelone de 2002, où il a été décidé de tendre à consacrer 3% du PIB à la recherche.

Forte de ces auditions, la présente résolution propose plusieurs éléments en matière de coordination et d'encadrement des nanotechnologies dans le cadre des objectifs de Lisbonne.

Le monde des nanotechnologies

Les nanotechnologies constituent une nouvelle approche pour la compréhension et la maîtrise des propriétés de la matière entre 0.1 et 100 nanomètres (nm): un nanomètre (un milliardième de mètre) est la grandeur d'une petite molécule. La nanodimension est particulière, étant donné que le contrôle des molécules et des atomes un à un signifie la maîtrise ultime de la matière et de ses propriétés. À ce niveau, la matière présente d'autres propriétés et les lignes de démarcation entre

de gevestigde wetenschappelijke en technische disciplines. Vandaar het duidelijk interdisciplinaire karakter van nanotechnologie.

Er zijn goede redenen waarom wij steeds kleinere voorwerpen, machines en computers willen. Allereerst betekent het verkleinen van afmetingen een beter gebruik van grondstoffen; minder afval en vervuiling, een lager energiegebruik en daardoor lagere kosten. Maar kleinere afmetingen kunnen ook leiden tot nog snellere computers, nieuwe toepassingsgebieden en zelfs tot nieuwe eigenschappen van de materie.

Door individuele atomen en moleculen te manipuleren kunnen naar eigen ontwerp grotere structuren worden gebouwd. Deze structuren hebben een fundamenteel nieuwe atomaire of moleculaire organisatie en zijn daarmee totaal anders dan materialen die nu voorhanden zijn. De nanotechnologie zal in de toekomst systemen kunnen realiseren met revolutionair nieuwe, fysische, chemische en biologische eigenschappen – eigenschappen die nauw samenhangen met de manier waarop de materialen op nanoschaal geprepareerd zijn.

De uitdaging van deze eeuw zal zijn om deze nanowereld te ontwikkelen en bovenal om deze te verbinden met onze wereld.

(Voor meer informatie en referenties zie het 2008 Rapport van BACAS «*Nanotechnology: hype or opportunity*», <http://www.kvab.be/CAWET.aspx>)

Langetermijnvisie is noodzakelijk

De verwachtingen rondom nanotechnologie zijn hooggespannen. Vaak wordt beweerd dat deze, samen met de biotechnologie, zal zorgen voor de industriële revolutie van de XXI^{ste} eeuw. Ook wordt een grote impact verwacht op allerhande maatschappelijke en economische sectoren. Volgens sommigen is het de vraag of de nanowetenschappen hun beloften kunnen waarmaken. Volgens anderen is de vraag eerder wanneer nanowetenschappen voor grote doorbraken gaan zorgen. Deze diversiteit aan opvattingen en verwachtingen leidt tot een warrig toekomstbeeld. De realiteit is echter dat «de nanotechnologie» niet bestaat. Het is, net als ICT en biotechnologie, een verzamelbegrip van onderliggende kennis- en toepassingsdomeinen. Vanuit verscheidene hoeken wordt kennis ontwikkeld en kunnen nieuwe producten ontstaan. Dit wordt soms beïnvloed door gemeenschappelijke en soms door heel verschillende factoren. Deze complexiteit maakt dat er rondom nanotechnologie behalve enthousiasme ook misvattingen bestaan. Ook zijn er onvervulde of onterechte verwachtingen over de

les disciplines scientifiques et techniques établies s'estompent, d'où le caractère clairement multidisciplinaire des nanotechnologies.

Il existe de bonnes raisons de vouloir des objets, des machines et des ordinateurs de plus en plus petits. Tout d'abord, la réduction des dimensions implique une meilleure utilisation des matières premières, moins de déchets et de pollution, une consommation énergétique plus faible et, de ce fait, des coûts plus bas. Mais une réduction des dimensions peut également conduire à la fabrication d'ordinateurs encore plus rapides, à l'exploration de nouveaux domaines d'application et même à la découverte de nouvelles propriétés de la matière.

En manipulant les molécules et les atomes un à un, on peut construire des structures plus grandes selon un concept spécifique. Ces structures possèdent une organisation atomique ou moléculaire fondamentalement nouvelle et sont de ce fait totalement différentes des matériaux qui sont disponibles actuellement. Dans le futur, les nanotechnologies pourront réaliser des systèmes dotés de propriétés physiques, chimiques et biologiques révolutionnaires – des propriétés étroitement liées au mode de préparation des matériaux à l'échelle nano.

Le défi de ce siècle consistera à développer ce nanomonde et surtout à le relier au nôtre.

(Pour plus d'informations et de références, voir le Rapport 2008 de la BACAS «*Nanotechnology: hype or opportunity*», <http://www.kvab.be/CAWET.aspx>)

Nécessité d'une vision à long terme

Les attentes en matière de nanotechnologies sont énormes. On affirme souvent qu'avec la biotechnologie, elles seront à la base de la révolution industrielle du vingt et unième siècle. On prévoit également qu'elle aura un impact important sur divers secteurs économiques et sociaux. Selon certains, la question est de savoir si ces nanosciences seront en mesure de tenir leurs promesses. Selon d'autres, la question est plutôt de savoir quand les nanosciences vont permettre de grandes avancées. Cette diversité d'opinions et d'attentes entraîne une vision diffuse de l'avenir. En réalité, toutefois, «la nanotechnologie» n'existe pas. Il s'agit, tout comme les TIC et la biotechnologie, d'un terme générique recouvrant des domaines d'application et de connaissance sous-jacents. Des connaissances sont développées de différents côtés et de nouveaux produits peuvent être créés. Cette évolution est influencée tantôt par des facteurs communs et tantôt par des facteurs très différents. Du fait de cette complexité, les nanotechnologies provoquent non seulement de l'enthousiasme mais suscitent aussi

mogelijkheden en de impact van de technologie zelf, en over de termijn waarop deze merkbaar zullen worden. Voor beleidsmakers is het daarom de vraag wat er nodig is voor een doordachte visie.

Het Adviescomité poogt deze vraag mee te beantwoorden. Dit doen we door stil te staan bij mogelijke toepassingen van nanotechnologie, bij onderwijs en sociale impact, en bij de Belgische omgeving waarbinnen deze gerealiseerd moeten worden.

«Om resultaat te boeken in wetenschappelijk opzicht is het van groot belang een langetermijnvisie te formuleren. Het is niet perse gezegd dat je dat doel precies zult bereiken, maar het helpt enorm in je focus.» Zo verklaart dr. Mihail Roco, mede-oprichter van het «*USA National Nanotechnology Initiative*», het contrast tussen de nog prille beginfase van nanotechnologie en de stelligheid waarmee hij de toekomst in beeld brengt. Rond 2020, zo is Roco overtuigd, zijn we in een vierde fase van onderzoek beland waarin we moleculaire nanosystemen beheersen en we ze kunnen sturen.

De langetermijnvisie heeft de ontwikkeling van nanotechnologie in de Verenigde Staten van Amerika versneld, zoveel mag duidelijk zijn. Er is geen land waar zoveel onderzoek wordt gedaan, waar zoveel citaties zijn te noteren en waar nanotechnologie zo nadrukkelijk haar weg in producten heeft weten te vinden. Het is van essentieel belang om op de gebieden waarin je naam hebt opgebouwd, extra in te zetten. Tevens is het van belang een zo open mogelijk netwerk te creëren om gebruik te maken van elkaars kennis.

Een van de cruciale verschillen tussen de EU/België en haar belangrijkste concurrenten is dat het O&O-landschap in Europa/België voor nanotechnologie relatief versnipperd dreigt te raken als gevolg van de onevenwichtige verdeling van zich snel ontwikkelende programma's en financieringsbronnen. De O&O-programma's voor nanotechnologie van onze voornaamste concurrenten zijn beter gecoördineerd en/of gecentraliseerd.

Het is onwaarschijnlijk dat de EU/België wereldwijd concurrerend kan blijven zonder een betere afstemming en coördinatie op het niveau van de Federale Overheid en de Gemeenschappen.

Het interdisciplinair karakter

Vanwege het interdisciplinaire karakter van de nanowetenschap en nanotechnologie zullen het belang van

des opinions erronées. Il existe également des attentes non comblées ou injustifiées concernant les possibilités et l'impact de la technologie elle-même et concernant le délai dans lequel ils pourront être observés. Pour les décideurs, la question est dès lors de savoir ce qui est nécessaire à l'élaboration d'une vision réfléchie.

Le Comité d'avis tente d'apporter sa réponse à cette question, et ce, en s'intéressant aux applications potentielles des nanotechnologies, à l'enseignement et aux répercussions sociales, et à l'environnement belge dans lequel elles devront être réalisées.

«Pour enregistrer des résultats sous l'angle scientifique, il est de la plus haute importance de développer une vision à long terme. Il n'est absolument pas dit que ce but précis sera atteint, mais cela aide énormément à se focaliser.» C'est ainsi que M. Mihail Roco, cofondateur de la *USA National Nanotechnology Initiative*, explique le contraste existant entre les nanotechnologies encore naissante et la fermeté avec laquelle il présente l'avenir. Roco est convaincu que, vers 2020 nous aurons abouti à une quatrième phase de la recherche, dans laquelle nous pourrions contrôler et guider des nanosystèmes moléculaires.

Il est évident que la vision à long terme a accéléré le développement dans le domaine des nanotechnologies aux États-Unis. Il n'y a pas d'autre pays où la recherche est à ce point importante, où les citations sont aussi nombreuses et où les nanotechnologies sont aussi présente dans les produits. Il est capital de faire des efforts supplémentaires dans les domaines où l'on s'est fait un nom. Par ailleurs, il est important de créer un réseau le plus ouvert possible afin de tirer réciproquement profit des connaissances de chacun.

L'une des différences cruciales observées entre l'Union européenne/la Belgique et ses principaux concurrents est qu'en Europe/en Belgique, le paysage de la R&D en nanotechnologie risque d'être relativement morcelé en raison du déséquilibre dans la répartition de programmes au développement rapide et de sources de financement. Les programmes de R&D en nanotechnologie de nos principaux concurrents sont mieux coordonnés et/ou centralisés.

Faute d'une meilleure harmonisation et coordination au niveau du pouvoir fédéral et des Communautés, il est improbable que l'Union européenne/la Belgique puisse demeurer compétitive à l'échelle mondiale.

Le caractère interdisciplinaire

Eu égard au caractère interdisciplinaire des nanosciences et des nanotechnologies, l'importance et la

en de vraag naar onderzoekers met kennis die verder gaat dan één vakdiscipline, sterk stijgen. Om de verwerking van nanotechnologie in applicaties te stimuleren en het interdisciplinair karakter van O&O op gebied van nanotechnologie te versterken en te benutten, is het van belang dat onderzoeksprogramma's die (dikwijls) op verschillende disciplines steunen en uiteenlopende zwaartepunten kennen, zo worden gecoördineerd dat de inspanningen worden gebundeld om te zorgen voor een kritische massa bij het toegepast O&O en om verschillende wetenschappelijke vaardigheden te combineren. Dit moet ertoe bijdragen dat in alle Europese regio's kennis snel in innovatie kan worden omgezet.

Dit kan resulteren in toepassingen op vele gebieden, zoals informatietechnologie, voedingsmiddelentechnologie, gezondheid, energie en consumentenproducten.

Waarom is nanotechnologie zo belangrijk?

De nanowetenschap wordt dikwijls aangeduid als «basiswetenschap», omdat zij tot in praktisch alle sectoren van de technologie doordringt. Zij vertegenwoordigt een combinatie van verschillende gebieden van wetenschap en maakt gebruik van een interdisciplinaire of «convergerende» benadering. Analisten zijn van mening dat de markt voor nanotechnologische producten momenteel een omvang van circa 2,5 miljard euro heeft maar zou kunnen groeien tot honderden miljarden euro's in 2015 en daarna zelfs tot 1 biljoen euro. Welke nieuwe toepassingen van nanotechnologie kunnen we verwachten? De nano-elektronica zal steeds krachtiger computers leveren. Goedkope zonnecellen, kleinere batterijen en nieuwe materialen zijn vooruitzichten op de korte termijn. Mogelijke toekomstige toepassingen van nanotechnologie zijn moleculaire elektronica en biosensoren. De echte verrassingen zullen echter pas volgen als we fundamenteel nieuwe eigenschappen van de nanomaterialen en componenten beginnen te onderzoeken en te beheersen.

Het besef is gegroeid dat nanowetenschap en nanotechnologie belangrijke gevolgen hebben voor de meeste, zonet alle industriële sectoren:

- materiaalwetenschappen op basis van het gebruik van nanotechnologie zullen gevolgen hebben voor bijna alle sectoren. De ontwikkeling van nieuwe, betere materialen is determinerend voor de ontwikkeling van nieuwe marktproducten en geeft eveneens aanleiding tot de creatie van nieuwe materiaalbehandelingen en productietechnologieën. In de toekomst verwacht men

demande de chercheurs dont les connaissances iront au-delà d'une spécialité augmenteront fortement. Afin de stimuler l'intégration des nanotechnologies dans des applications et de renforcer et d'utiliser le caractère interdisciplinaire de la R&D en nanotechnologies, il importe de coordonner les programmes de recherche se fondant (souvent) sur des disciplines différentes et aux accents différents, de manière telle que les efforts soient unis afin de dégager une masse critique dans la R&D appliquée et de combiner différentes aptitudes scientifiques. Cela doit contribuer à permettre de convertir rapidement les connaissances en innovation dans toutes les régions d'Europe.

Cela peut déboucher sur des applications dans de nombreux domaines, tels que la technologie de l'information, la technologie en matière de denrées alimentaires, de santé, d'énergie et de produits de consommation.

Pourquoi les nanotechnologies sont-elles si importantes?

Les nanosciences sont souvent considérées comme «sciences de base», parce qu'elles concernent pratiquement tous les secteurs de la technologie. Elles combinent différents domaines de la science et utilise une approche interdisciplinaire ou «convergente». Certains analystes estiment que le marché des produits nanotechnologiques représente actuellement près de 2,5 milliards d'euros, mais qu'il pourrait représenter des centaines de milliards d'euros en 2015, et même jusqu'à mille milliards d'euros dans un avenir plus lointain. À quelles nouvelles applications des nanotechnologies pouvons-nous nous attendre? La nano-électronique donnera naissance à des ordinateurs de plus en plus puissants. On prévoit, à court terme, des cellules solaires à prix modique, des piles plus petites et de nouveaux matériaux. L'électronique moléculaire et les biosenseurs constituent de possibles applications futures des nanotechnologies. Cependant, nous ne serons confrontés aux véritables surprises qu'au moment où nous commencerons à étudier et à maîtriser des propriétés fondamentalement neuves des nanomatériaux et nanocomposantes.

On a pris de plus en plus conscience du fait que les nanosciences et les nanotechnologies auront des conséquences importantes pour la plupart des secteurs industriels, voire pour l'ensemble d'entre eux:

- les sciences des matériaux se basant sur l'utilisation des nanotechnologies auront des effets sur presque tous les secteurs. Le développement de nouveaux matériaux de meilleure qualité est déterminant pour la création de nouveaux produits sur le marché et donne également lieu à l'élaboration de nouveaux traitements des matériaux et de nouvelles technologies de production. À l'avenir,

dat geavanceerde materialen verder zullen leiden tot de productie en ontwikkeling van kleinere, lichtere, sterkere, «slimmere», multifunctionele, op maat aanpasbare en zelfs programmeerbare componenten, materialen en producten. Het onderzoek naar nieuwe en geavanceerde materialen vormt trouwens de motor voor innovatie in heel wat hightech-domeinen, zoals ICT en micro-elektronica, maar evenzeer in meer traditionele sectoren, zoals de energievoorziening-, bouw-, textiel- en de verpakkingindustrie;

– *fabricage* op nanoschaal vergt een nieuwe interdisciplinaire benadering van zowel het onderzoek als het fabricageproces. In conceptueel opzicht zijn er twee fundamenteel verschillende benaderingen: bij de eerste gaat het om een verdere miniaturisering van bestaande microsystemen («*top-down*») en bij de tweede wordt de natuur nagebootst door het bouwen van structuren uitgaande van de atomaire en moleculaire schaal («*bottom-up*»). De eerste kan worden geassocieerd met assemblage, de tweede met synthese. De *bottom-up* benadering staat nog in de kinderschoenen, maar biedt verstreckende mogelijkheden die de huidige productieroutes volledig op hun kop kunnen zetten;

– *informatietechnologieën* zoals data-opslagmedia met zeer hoge opslagdichtheid en nieuwe technologie voor flexibele kunststofdisplays. Op lange termijn zou de ontwikkeling van moleculaire of biomoleculaire nano-elektronica, spintronica en quantumcomputers nieuwe mogelijkheden kunnen ontsluiten die verder gaan dan wat de huidige computertechnologie ooit te bieden zal hebben. Van meet af aan werd het nanotechnologisch onderzoek vooral gedreven door de elektronica-sector. Men poogt de eigenschappen die materialen op nanoschaal vertonen te gebruiken om steeds meer informatieverwerking en -opslag te bundelen op een steeds kleiner wordend volume. Merk op dat doorbraken in het nano-elektronisch onderzoek dikwijls meer dan één toepassing kennen in meer dan één sector. In de toekomst zullen tal van nano-elektronische applicaties effectief realiteit worden;

– *medische toepassingen* van nanotechnologie behoren tot de meest belovende technologiedomeinen. Men doelt hiermee op de diagnostiek, regeneratieve geneeskunde en gerichte geneesmiddelen therapie, miniatuurimplantaten, intelligent medisch textiel, celgroeistimulerend verband, enz. Producten op het vlak van het toedienen van geneesmiddelen hebben de markt al bereikt. Het gebruik van nanopartikels kan de oplosbaarheid of gecontroleerde vrijgave van

on s'attend à ce que les matériaux avancés permettent encore la production et le développement de composants, de matériaux et de produits plus petits, plus légers, plus solides, plus «intelligents», multifonctionnels, adaptables sur mesure et même programmables. La recherche de nouveaux matériaux avancés constitue d'ailleurs le moteur de l'innovation dans de nombreux domaines de la haute technologie, comme l'ICT et la micro-électronique, mais également dans des secteurs plus traditionnels, comme l'industrie de l'approvisionnement énergétique, de la construction, du textile et de l'emballage;

– *la fabrication* à nanoéchelle exige une nouvelle approche interdisciplinaire tant de la recherche que du processus de fabrication. D'un point de vue conceptuel, il existe deux approches fondamentalement différentes: selon la première approche, on continue à miniaturiser des microsystèmes existants («*top-down*») et selon la deuxième, on imite la nature en construisant des structures en partant de l'échelle atomique et moléculaire («*bottom-up*»). La première approche peut être associée à l'assemblage, la seconde à la synthèse. L'approche «*bottom-up*» en est encore à ses premiers balbutiements, mais offre des possibilités étendues susceptibles de bouleverser complètement les circuits de production actuels;

– *les technologies de l'information*, comme les moyens de stockage de données présentant des densités d'enregistrement très élevées et les nouvelles technologies pour des dispositifs d'affichage en matière plastique souples. À long terme, les activités de nano-électronique moléculaire ou biomoléculaire, de spintronique et d'informatique quantique pourraient ouvrir des voies nouvelles au-delà de la technologie informatique telle qu'elle existe aujourd'hui. Depuis le début, la recherche nanotechnologique a surtout été stimulée par le secteur de l'électronique. On tente d'utiliser les propriétés des matériaux à l'échelle nanoscopique pour concentrer un traitement et un stockage toujours plus grand de l'information dans un volume de plus en plus petit. On notera que les percées dans la recherche nano-électronique connaissent souvent plus d'une application dans plus d'un secteur. À l'avenir, un grand nombre d'applications nano-électroniques deviendront effectivement réalité;

– *les applications médicales* des nanotechnologies appartiennent aux domaines les plus prometteurs de la technologie. On vise par là le diagnostic, la médecine régénératrice et la thérapie médicamenteuse ciblée, les implants miniatures, le textile médical intelligent, les pansements qui stimulent la croissance cellulaire, etc. Les produits utilisés au niveau de l'administration des médicaments ont déjà gagné le marché. L'utilisation de nanoparticules peut accroître la solubilité ou la libération

geneesmiddelen doen toenemen. Nanostructuuroppervlakken en -coatings kunnen de biocompatibiliteit van implantaten versterken. Er worden nieuwe systemen ontwikkeld voor gerichte toediening van medicijnen en recentelijk konden nanodeeltjes in tumorcellen worden ingebracht, bijvoorbeeld om deze een warmtebehandeling te geven. Nanobio, dat zich op de kruising van biologie en nano- en microtechnologie beweegt, tracht zeer uiteenlopende gebieden als biologie, micro- en nanotechnologie, oppervlaktechemie, optische en elektronisch detectiemethoden, modellisatie en bioinformatica -bijeente brengen;

– *biomimetica*, waarbij traditionele chemische technieken worden gebruikt om nanopartikels met specifieke toepassingsmogelijkheden te produceren. Het omvormen van nanopartikels tot grotere structuren daarentegen blijkt veel moeilijker. Een oplossing hiervoor ligt in het nabootsen van de natuur («biomimetica»). Wetenschappers concentreren zich momenteel op het analyseren van de wijze waarop de natuur doordachte structuren of eigenschappen bouwt. Deze kennis hoopt men dan aan te wenden of te kopiëren in een poging om nieuwe of betere producten te vervaardigen. Mogelijke toepassingen ervan vindt men in verschillende domeinen, zoals onder meer in medische beeldvorming, levenswetenschappen, energieopslag. Biomimetica zal hoogstwaarschijnlijk de weg leiden naar deze nieuwe producten en processen. Zelfassemblerende platformstructuren maken de weg vrij voor nieuwe generaties van materialen die geschikt zijn voor weefseltechniek en biomimetica welke op lange termijn uitzicht bieden op de synthese van orgaanvervangingen;

– *energieopwekking en -opslag* kan baat hebben bij bijvoorbeeld de ontwikkeling van nieuwe brandstofcellen of lichtgewicht vaste stoffen met nanostructuur die mogelijkheden bieden voor een efficiëntere «opslag» van elektriciteit in accu's condensatoren en in de vorm van waterstof. Eveneens worden efficiënte en goedkope fofovoltaïsche zonnecellen ontwikkeld. Met dezelfde nanotechnieken die worden gebruikt om steeds meer transistors op een vierkante millimeter te persen, kunnen ook draagbare elektriciteitscentrales worden gemaakt. De behoefte aan mobiele microcentrales komt voort uit de groeiende energiebehoefte van mobiele telefoons, elektronische agenda's en foto- en videoalbums. Verwacht wordt dat dankzij nanotechnologische ontwikkelingen die tot efficiëntere isolatie-, vervoers- en verlichtingssystemen leiden, energie kan worden bespaard. Met duurzame energiebronnen als zon en wind, kunnen industrielanden hun afhankelijkheid van fossiele energie verminderen;

contrôlée de médicaments. Les surfaces et revêtements nanostructurés peuvent renforcer la biocompatibilité d'implants. De nouveaux systèmes d'administration ciblée de médicaments sont développés et récemment, des nanoparticules ont pu être introduites dans des cellules tumorales, afin de les traiter thermiquement. Nanobio, qui se trouve à la croisée de la biologie, de la nanotechnologie et de la microtechnologie, tente de rassembler des domaines très variés, comme la biologie, la microtechnologie et les nanotechnologies, la chimie de surface, les méthodes de détection optique et électronique, la modélisation et la bio-informatique;

– *la biomimétique*, qui utilise des techniques chimiques traditionnelles pour produire des nanoparticules présentant des possibilités d'application spécifiques. Mais la transformation de nanoparticules en structures plus grandes s'avère bien plus difficile. À cet égard, une solution consiste à imiter la nature («biomimétique»). Actuellement, des scientifiques s'attachent à analyser la manière dont la nature construit des structures ou propriétés réfléchies. On espère ensuite utiliser ou copier ces connaissances pour tenter de fabriquer des produits nouveaux ou meilleurs. On en retrouve des applications possibles dans différents domaines, comme notamment dans l'imagerie médicale, les sciences de la vie, le stockage de l'énergie. La biomimétique ouvrira très probablement la voie à ces nouveaux produits et processus. Les échafaudages capables de s'auto-organiser ouvrent la voie à de nouvelles générations de matériaux pour l'ingénierie tissulaire et de matériaux biomimétiques, avec la perspective à long terme de synthétiser le remplacement d'organes;

– *la production et le stockage d'électricité* peuvent profiter, par exemple, du développement de nouvelles piles à combustible ou de matériaux solides de faible masse à nanostructure, qui ouvrent des perspectives pour un «stockage» plus efficace de l'électricité dans des batteries des condensateurs et sous la forme d'hydrogène. Des cellules solaires photovoltaïques efficaces et bon marché sont également développées. Ces mêmes nanotechniques qui sont utilisées pour concentrer un nombre croissant de transistors par millimètre carré permettent aussi de produire des centrales électriques portables. La demande de microcentrales mobiles provient des besoins croissants d'énergie des téléphones portables, des agendas électroniques et des albums photo et vidéo. Grâce aux développements nanotechnologiques qui permettent d'améliorer l'efficacité des systèmes d'isolation, de transport et d'éclairage, on espère pouvoir réaliser des économies d'énergie. Les énergies durables telles que le solaire et l'éolien permettent aux pays industrialisés de réduire leur dépendance aux énergies fossiles;

– *sensoren* brengen de wereld van de biologie en elektronica met elkaar samen en maken toepassingen mogelijk die ondenkbaar zouden zijn met de beperkingen van beide disciplines afzonderlijk. Potentiële toepassingen zijn instrumenten met nano-afmetingen die als sensor kunnen worden gebruikt voor vroegtijdige diagnose en detectie van ziektes, technieken voor diagnose en *monitoring* op nanoniveau eventueel zelfs van op afstand. De huidige biochiptechnologie is nog steeds op millimeterschaal, de introductie van biochips op nanoschaal wordt in de toekomst verwacht. In biosensoren brengen biologen, scheikundigen en elektronici de sterke punten van hun vakgebieden samen. Nog een stap verder in de combinatie van biologisch en elektronisch materiaal is het verenigen van zenuwcellen en microchips wat moet leiden tot een beter inzicht in de werking van zenuwcellen met het oog op toepassingen voor de genezing van bvb Alzheimer en Parkinson;

– *voedsel, water en milieu* zullen baat hebben bij op nanotechnologie gebaseerde ontwikkelingen, zoals instrumenten voor het opsporen en neutraliseren van de aanwezigheid van micro-organismen of pesticiden. De herkomst van ingevoerd voedsel kan worden achterhaald met nieuwe geminiaturiseerde nanolabellingstechnieken. Dankzij de ontwikkeling van op nanotechnologie gebaseerde saneringstechnieken (bijvoorbeeld fotokatalytische technieken) kan milieuschade en -verontreiniging worden hersteld of opgeruimd. Verder kunnen milieuontwikkelingen beter gemonitord en geremedieerd worden aan de hand van kwaliteitsvolle gegevens over de snelheid en het niveau van de milieuvervuiling. Zulke gegevens kan men bekomen door het toepassen van nanogebaseerde filtratie- en zuiveringstechnieken (membranen, katalyse) en (fotovoltaïsche) nanomeetsensoren.

De markt voor nanotechnologie

Na twee decennia onderzoek en ontwikkeling heeft commercialisering op industriële schaal nog steeds een lange weg af te leggen. Eénmaal een technologische horde genomen, volgt de haalbaarheidsstudie naar productie op industriële schaal. Die valt in de meeste gevallen negatief uit. Dat heeft volgens insiders te maken met de vaststelling dat het onderzoek zich nog te veel concentreert op de technologie en niet op de reproduceerbaarheid en de productiemethoden. In de jaren tachtig van vorige eeuw was het ook lang wachten op de aangekondigde technologische doorbraak van biotechnologie. Die is er uiteindelijk ook gekomen, ondermeer onder impuls van de academische wereld. Het is de mogelijke analogie van bio- met nanotechnologie, die de interesse van de potentiële investeerders warm

– *les senseurs* se situent au croisement du monde de la biologie et de celui de l'électronique et rendent possibles des applications qui seraient impensables au regard des limites des deux disciplines prises isolément. Les applications potentielles sont des instruments de nanodimensions qui peuvent être utilisés comme senseurs pour le diagnostic précoce et le dépistage de maladies, les techniques de diagnostic et de *monitoring* à l'échelle nano, éventuellement même à distance. La technologie actuelle en matière de biopuces reste encore à l'échelle millimétrique, l'introduction de biopuces d'échelle nano devrait être réalisable dans le futur. Les biosenseurs concentrent les atouts des domaines respectifs des biologistes, des chimistes et des électroniciens. L'étape suivante dans la combinaison de matériel biologique et électronique sera de réunir des cellules nerveuses et des micropuces, ce qui devrait permettre de mieux comprendre le fonctionnement des cellules nerveuses en vue d'applications dans la guérison de maladies telles qu'Alzheimer et Parkinson;

– *l'alimentation, l'eau et l'environnement* bénéficieront des applications basées sur le développement des nanotechnologies, comme les instruments de détection et de neutralisation de la présence de micro-organismes ou de pesticides. L'origine des produits alimentaires importés peut être retracée grâce aux nouvelles techniques de nano-étiquetage miniaturisé. Grâce aux techniques d'assainissement basées sur les nanotechnologies (comme les techniques photocatalytiques), les dégradations et les pollutions de l'environnement peuvent être réparées et assainies. Les évolutions environnementales peuvent en outre être mieux contrôlées et corrigées au moyen de données de qualité concernant la vitesse et le niveau de la pollution. Ces données peuvent être obtenues en appliquant des techniques d'épuration et de filtration basées sur les nanotechnologies (membranes, catalyse) et des nanosenseurs pour la mesure (photovoltaïque).

Le marché des nanotechnologies

Après deux décennies de recherche et développement, on est encore loin de la commercialisation à l'échelle industrielle. Une fois la barrière technologique franchie, il s'agit de procéder à l'étude de faisabilité de la production à l'échelle industrielle. Dans la plupart des cas, elle se révèle négative. Selon les initiés, cela tient au fait que la recherche se concentre encore trop sur la technologie et non sur les possibilités de reproduction et les méthodes de production. Au cours des années quatre-vingt du siècle dernier, la percée technologique annoncée de la biotechnologie s'est également longtemps fait attendre. En fin de compte elle s'est également concrétisée, notamment sous l'impulsion du monde universitaire. C'est l'analogie éventuelle entre la biotechnologie et les nanotechnologies qui entretient l'intérêt des

houdt. Toch beginnen de eerste nanotoepassingen op commerciële schaal het levenslicht te zien. Het marktonderzoeksbureau Cientifica heeft berekend dat de omzet van bedrijven uit met een nanocomponent gefabriceerde producten dit jaar oploopt tot 106 miljard euro. Tegen 2015 zou dan 1 biljoen euro kunnen zijn. Volgens het bureau begint nanotechnologie over de hype heen te groeien en volwassen te worden als «*business opportunity*». Zowel kleine bedrijfjes en jonge starters als multinationals, gereputeerde laboratoria en universiteiten slagen er dus in fondsen los te weken voor hun onderzoek.

Investeren in mensen

Om het potentieel van de nanotechnologie te realiseren moet de EU beschikken over een grote groep interdisciplinaire wetenschappers en ingenieurs die kennis kunnen genereren en ervoor kunnen zorgen dat deze weer wordt doorgegeven aan de industrie. Om de risico's van de nanotechnologie voor de volksgezondheid goed te kunnen inschatten en beheersen, heeft de EU echter ook behoefte aan goed opgeleide toxicologen en risicoanalisten. De nanotechnologie biedt, als een jong en dynamisch vakgebied, een gouden kans om een hoger aantal jongere wetenschappers en ander gekwalificeerd personeel warm te maken voor een loopbaan in het onderzoek. Volgens een recent rapport (Ref X) zijn er in Europa 5,68 actieve onderzoekers op elke 1 000 leden van de beroepsbevolking, vergeleken met 8,08 in de VS en 9,14 in Japan. Gelet op het niveau van de menselijke hulpbronnen dat nodig is om in 2010 de 3%- norm van Lissabon te halen, kan worden geschat dat voor het onderzoek in Europa ongeveer 1,2 miljoen mensen (waarvan 700 000 onderzoekers) extra nodig zijn (Ref Y). Het is essentieel maatregelen te treffen om in Europa onderzoekers aan te trekken en te behouden, onder meer door gebruik te maken van het onderbenutte potentieel van vrouwelijke onderzoekers. Een essentieel onderdeel is de jongere generatie te stimuleren al vanaf jonge leeftijd deel te nemen aan de discussies over wetenschap.

Eenvoudige concepten van de nanotechnologie kunnen worden voorgesteld aan de hand van concrete wetenschappelijke experimenten en demonstraties. Nanotechnologie is uitermate geschikt voor onderwijs op pre-universitair niveau, aangezien het dikwijls op geïntegreerde wijze wordt onderwezen in plaats van per vakgebied. Het is echter essentieel dat de jongere generatie niet alleen een indruk krijgt van het onderzoek, maar ook van wat de onderzoekers eigenlijk «doen». Dit kan ertoe bijdragen dat de studenten een weloverwogen keuze kunnen maken door «onderzoek» te presenteren

investisseurs potentiële. Les premières nanoapplications à l'échelle commerciale commencent toutefois à voir le jour. Le bureau d'études de marché Cientifica a estimé que le chiffre d'affaires d'entreprises réalisé grâce à des produits qui incorporent nanocomposant atteindrait cette année le montant de 106 milliards d'euros. D'ici 2015, ce montant pourrait s'élever à un billion d'euros. Le bureau estime que les nanotechnologies commencent à dépasser le stade de phénomène de mode pour devenir matures en tant que *business opportunity*. C'est ainsi que tant des petites entreprises et des entreprises débutantes que des multinationales, des laboratoires réputés et des universités parviennent à récolter des fonds pour leur recherche.

Investir dans les ressources humaines

Pour concrétiser le potentiel que recèlent les nanotechnologies, l'Union européenne doit disposer d'une communauté de chercheurs et d'ingénieurs pluridisciplinaires capable de produire des connaissances et de veiller à ce qu'elles soient ensuite transférées vers l'industrie. Afin d'évaluer et de gérer correctement les risques que présentent les nanotechnologies pour la santé humaine, l'Union européenne a également besoin de toxicologues et de spécialistes en évaluation des risques qui soient correctement formés. Les nanotechnologies, domaine d'activités récent et dynamique, constituent une occasion unique d'attirer davantage de jeunes scientifiques et d'autres personnels qualifiés vers les carrières de la recherche. Selon un rapport récent (Réf X), on compte 5,68 chercheurs en activité pour 1 000 actifs en Europe, contre 8,08 aux États-Unis et 9,14 au Japon. Étant donné le niveau de ressources humaines nécessaire pour atteindre l'objectif des «3% d'ici à 2010» fixé à Lisbonne, on peut estimer le déficit en Europe à environ 1,2 million de personnels de recherche (dont 700 000 chercheurs) (Réf Y). Il est essentiel que des mesures soient prises pour attirer et retenir des chercheurs en Europe, et notamment en puisant dans la réserve sous-exploitée des chercheuses. Une composante essentielle de l'approche exposée ici est l'encouragement de la jeunesse à participer très tôt au débat scientifique.

Des concepts simples en nanotechnologie peuvent être présentés par le biais d'expérimentations et de démonstrations scientifiques pratiques. Les nanotechnologies conviennent particulièrement bien à l'enseignement secondaire dans la mesure où celui-ci s'organise généralement de façon intégrée et non par discipline. Il est néanmoins essentiel que les jeunes se fassent une idée non seulement de ce qu'est la recherche mais également de ce que «font» les chercheurs. Présenter la «recherche» comme une possibilité de carrière enthousiasmante, sérieuse et offrant de nombreux débouchés

als een opwindende en verantwoorde invulling van de toekomst die talrijke mogelijkheden biedt.

(Ref X) «Key Figures 2003-2004», Europese Commissie, 2003, blz. 44. Het cijfer voor de EU heeft betrekking op 2001, dat voor de VS op 1997 en dat voor Japan op 2002.

(Ref Y) «Investeren in onderzoek: een actieplan voor Europa», COM(2003) 226.

Opleiding en training

Wetenschappelijke carrières zijn onlangs in Europees verband in de belangstelling komen te staan. Er werd toen gewezen op een aantal minder positieve aspecten: aanwervingsmethoden, arbeidsvoorwaarden en de verschillen in carrièremogelijkheden voor mannen en vrouwen. Vooral de obstakels voor de mobiliteit van onderzoekers en technici tussen de verschillende sectoren van onderzoek en industrie zijn een bron van zorg en kunnen nadelig zijn voor de overdracht van technologie en innovatie in de nanotechnologie. Wanneer wordt gestreefd naar een dynamische kenniseconomie is het contraproductief te denken dat de scholing is afgelopen zodra men begint te werken. Het actieplan voor vaardigheid en mobiliteit zoekt een oplossing hiervoor. Nanotechnologie is een dynamisch gebied waarop voortdurend opleiding nodig is om de laatste ontwikkelingen te kunnen volgen. Hoe dichter de nanotechnologie bij de markt komt te staan, des te belangrijker is opleiding om hulp te bieden bij bijvoorbeeld het van de grond tillen van bedrijven en *spin-off*-ontwikkelingen. Vaardigheden die van belang zijn om ervoor te zorgen dat vernieuwers zich een betere uitgangspositie verwerven voor het financieren en ontplooiën van hun initiatieven.

Coördinatie van het nanotechnologiebeleid

Regionaal beleid en programma's spelen een belangrijke rol bij de financiering van O&O op nanotechnologiegebied in België. Men beseft evenwel dat de regionale draagkracht dikwijls onvoldoende is om op nationaal en Europees vlak meetellende expertisecentra te creëren. Daarom is het van groot belang dat deze programma's zo worden gecoördineerd dat de inspanning geconsolideerd en gebundeld wordt waardoor een kritische massa ontstaat en het effect in België op de drie belangrijkste synergie-assen-onderzoek, -infrastructuur en -opleiding toeneemt. Om de verwerking van nanotechnologie in toepassingen te stimuleren en het interdisciplinair karakter van O&O op nanotechnologiegebied te versterken en te benutten, is het van belang dat nationale programma's die op verschillende disciplines steunen en uiteenlopende zwaartepunten kennen, zo worden gecoördineerd

pourrait amener les étudiants à choisir en connaissance de cause.

(Réf X) «Chiffres clés 2003-2004», Commission européenne, 2003, p. 44. Les chiffres sont donnés pour l'année 2001 dans l'Union européenne, pour 1997 aux États-Unis et pour 2002 au Japon.

(Réf Y) «Investir dans la recherche: un plan d'action pour l'Europe», COM(2003) 226.

Formation de base et formation continuée

Les carrières scientifiques ont récemment suscité l'attention au niveau européen. Un certain nombre d'aspects moins positifs ont été mis en lumière à cette occasion: les méthodes de recrutement, les conditions de travail et les différences entre les perspectives de carrière des hommes et celles des femmes. En particulier, les obstacles à la mobilité des chercheurs et des ingénieurs entre les différents secteurs scientifiques et le secteur industriel suscitent des préoccupations et pourraient être préjudiciables au transfert de technologies et à l'innovation dans le domaine de la nanotechnologie. Dans l'optique d'une société de la connaissance dynamique, l'opinion selon laquelle la formation prend fin lorsque l'emploi commence est contre-productive. Le plan d'action en matière de compétences et de mobilité cherche à y remédier. Les nanotechnologies sont un domaine dynamique dans lequel une formation permanente est nécessaire afin de pouvoir suivre les dernières évolutions. Plus les nanotechnologies se rapprochent de l'entrée sur le marché, plus il importe d'assurer la formation en vue d'aider à la création de *start-ups* et au développement de *spin-offs* et concernant les compétences nécessaires pour permettre aux innovateurs de se placer en meilleure position pour obtenir un financement et déployer leurs initiatives.

Coordination de la politique en matière de nanotechnologies

Les politiques et les programmes régionaux occupent une place importante dans le financement de la R&D sur les nanotechnologies en Belgique. Il est néanmoins admis que les capacités régionales s'avèrent souvent insuffisantes pour créer des pôles d'excellence d'envergure nationale et européenne. Il est donc urgent que ces programmes soient coordonnés de façon à consolider et à concentrer les efforts afin d'obtenir une masse critique et un plus grand impact en Belgique sur les trois principaux axes synergiques que sont la recherche, les infrastructures et l'enseignement. Afin de stimuler l'exploitation des nanotechnologies sous la forme d'applications et de renforcer et rentabiliser le caractère interdisciplinaire de la R&D dans ce domaine, il importe que les programmes nationaux, qui privilégient des disciplines et des options différentes, soient coordonnés de façon à concentrer les

dat de inspanningen worden gebundeld om te zorgen voor een kritische massa bij O&O en om verschillende wetenschappelijke vaardigheden te combineren.

Overheidsinspanningen voor O&O

Op de Europese Top in Lissabon in maart 2000 werd als doel gesteld om van Europa de meest competitieve, kennisgebaseerde economie ter wereld te maken tegen eind 2010. Daarom werd in een verdere stap op de Top van Barcelona (maart 2002) het streefdoel gesteld om tegen 2010 de O&O-uitgaven in de EU te verhogen tot 3% van het BBP. Als bijkomende doelstelling werd vastgelegd dat één derde van de O&O-bestedingen moet worden gefinancierd door de overheid; andere twee derden door de industrie.

Vergelijken we de meest recente cijfers van enkele geselecteerde landen met België, dan zien we in 2007 dat België met 0,61% O&O-overheidskredieten lager scoort dan ondermeer Nederland, Denemarken, en het EU27-gemiddelde (zie 2008 *EWI-Speurgids*).

Wat betreft de evolutie van de O&O-uitgaven van overheid en industrie (% O&O/BBP-België) is er een duidelijke opwaartse trend tot 2001 (2,1%), gevolgd door een neerwaartse trend tot 2006 (1,9%), gevolgd door een quasi stagnatie tot heden. (zie Focus Europa, bijlage bij Infor VBO-Nr. 18 van 22 mei 2008). Voortgaande op deze resultaten lijkt de 3%-norm voor ons land nog veraf.

Bovendien toont Europees onderzoek aan dat België achteraan hinkt wat de aanwerving van onderzoekers op bedrijfsniveau betreft. Het moet gezegd dat in ons land de onderzoekers zijn geconcentreerd in een relatief beperkt aantal ondernemingen.

Net als de Verenigde Staten heeft ook de Europese Unie een strategie en een actieplan ontwikkeld (Actieplan voor Nanowetenschappen en Nanotechnologieën 2005-2009), ruim gesteund door de lidstaten en het Europees parlement. Intussen werd veel vooruitgang geboekt met de implementatie van het actieplan.

De Europese Unie trekt met het Zevende Kaderprogramma inzake onderzoek (periode 2007-2013) bijna 7,5 miljard euro uit voor nanowetenschappen, nanotechnologie en nanomaterialen. De Europese Commissie is nu de grootste openbare financier van nanotechnologie wereldwijd. Opmerkelijk is dat de EU veel aandacht besteedt aan de veiligheidsaspecten, ook op financieel vlak. Tachtig miljoen euro is daarvoor opzijgezet.

efforts en vue d'obtenir une masse critique dans la R&D et à combiner des compétences scientifiques diverses.

Efforts publics en faveur de la R&D

Le Sommet européen de Lisbonne en mars 2000 s'était fixé pour objectif de faire de l'Europe l'économie de connaissances la plus compétitive au monde d'ici 2010. À cet effet, dans une phase ultérieure, le Sommet de Barcelone (mars 2002), s'est fixé pour objectif de porter d'ici 2010 les dépenses de R&D dans l'Union européenne à 3% du PIB. En guise d'objectif supplémentaire, il était prévu qu'un tiers des dépenses de R&D devrait être financé par les autorités, et les deux tiers restants par l'industrie.

En comparant les chiffres les plus récents de quelques pays sélectionnés à ceux de la Belgique, on constate qu'en 2007, la Belgique, dont la part des crédits publics à la R&D s'élève à 0,61%, fait notamment moins bien que les Pays-Bas, le Danemark et la moyenne des 27 États membres de l'Union européenne (voir *EWI-Speurgids* 2008).

En ce qui concerne l'évolution des dépenses R&D des autorités et de l'industrie (% R&D/PIB Belgique), on constate une nette tendance à la hausse jusqu'en 2001 (2,1%), suivie d'une tendance à la baisse jusqu'en 2006 (1,9%), suivie d'une quasi-stagnation jusqu'à ce jour (voir Focus Europe, annexe au FEB-Infor n° 18 du 22 mai 2008). À la lumière de ces résultats, la norme de 3% semble encore loin pour notre pays.

Il ressort en outre d'analyses européennes que la Belgique est à la traîne en ce qui concerne le recrutement de chercheurs dans les entreprises. Force est de dire que, dans notre pays, les chercheurs sont concentrés dans un nombre relativement restreint d'entreprises.

À l'instar des États-Unis, l'Union européenne a également développé une Stratégie et un Plan d'action (Plan d'action pour les nanosciences et nanotechnologies 2005-2009), bénéficiant du large soutien des États membres et du Parlement européen. Entre-temps, la mise en œuvre du plan a considérablement progressé.

Dans son septième programme-cadre pour la recherche (période 2007-2013), l'Union européenne prévoit près de 7,5 milliards pour les nanosciences, les nanotechnologies et les nanomatériaux. La Commission européenne est actuellement le principal financier public des nanotechnologies au monde. Il est à noter que l'Union européenne consacre beaucoup d'attention aux aspects sécuritaires, y compris sur le plan financier. Quatre-vingts millions d'euros sont dégagés à cet effet.

In dit kader is het van belang te verwijzen naar de Aanbeveling voor een Gedragscode voor Verantwoordelijk Onderzoek op het gebied van de Nano-wetenschappen en de Nanotechnologie en naar de Mededeling van de Europese Commissie over Regelgevende Aspecten betreffende Nanomaterialen.

De Europese Unie streeft naar een systematische en gecoördineerde aanpak. Daartoe werden twee instrumenten ontwikkeld met name de Geïntegreerde Projecten en de Netwerken van Uitmuntendheid. Het Europees programma kent een belangrijke tekortkoming. Inzake publieke financiering is er geen probleem: op dat vlak presteert de Europese Unie bijzonder goed. Alles bij mekaar geven de lidstaten en de Europese Commissie meer uit dan de VS en veel meer dan Japan. De Europese Commissie alleen is de grootste sponsor van onderzoek naar en ontwikkeling van nanotechnologie. Europa was een voorloper en treedt op een proactieve en vooruitziende manier op. Maar als we kijken naar de inspanningen van de private sector, dan blijven die ondermaats. Slechts één derde van al het onderzoek wordt gefinancierd door het bedrijfsleven. In de VS is dat meer dan 52% en in Japan bijna twee derde. Het aantal nanotechondernemingen ligt dan ook lager in Europa, veel lager. Het niveau van het aantal *start-ups* ligt in de VS verschillende malen hoger dan in de EU. Nu kan dit ook een weerspiegeling zijn van een bewuste maatschappelijke keuze eerder dan van een gebrek aan dynamisme, maar het blijft een feit dat met deze gegevens Europa zich moeilijk kan voorstellen als de meest competitieve kenniseconomie van de wereld. Na ICT, en gedeeltelijk ook met de biotechnologie, dreigen we immers ook inzake de nanotechnologie de boot te missen. En dit ondanks alle forse inspanningen vanwege de overheid.

Nanotechnologie in de wereld

Met de start van het *National Nanotechnology Initiative* (NNI) in 2000 heeft de VS een begin gemaakt met een ambitieus O&O-programma op nanotechnologiegebied. De uitgaven van de federale overheid hiervoor zijn gestegen van 220 miljoen dollar in 2000 tot ongeveer 750 miljoen dollar in 2003. Voor 2005 is een budget gevraagd van 982 miljoen dollar. Via de begroting van de staten wordt nog eens 300 miljoen dollar extra beschikbaar gesteld. Dat de federale overheid van de VS zich voor de lange termijn heeft vastgelegd wordt bevestigd door de «*21st Century Nanotechnology Development Act*», die betrekking heeft op de periode 2005-2008 en waarmee bijna 3,7 miljard dollar wordt uitgetrokken voor vijf agentschappen (NSF, DoE, NASA, NIST en EPA), zodat zij hun budget in 2008 meer dan verdubbeld zien. Let wel dat in dit bedrag geen rekening is gehouden met uitgaven voor defensie (DoD) en andere sectoren, die

Dans ce cadre, il importe de renvoyer à la Recommandation concernant un code de bonne conduite pour une recherche responsable en nanosciences et en nanotechnologies et à la Communication de la Commission européenne sur les Aspects réglementaires des nanomatériaux.

L'Union européenne tend à développer une approche systématique et coordonnée. Deux instruments ont été mis au point à cette fin, à savoir les projets intégrés et les réseaux d'excellence. Le programme européen présente une lacune importante. En matière de financement public, il n'y a pas de problème: l'Union européenne est particulièrement performante en ce domaine. Les dépenses globales des États membres et de la Commission européenne dépassent celles des États-Unis et excèdent largement celles du Japon. La Commission européenne est à elle seule le principal sponsor de la recherche et développement des nanotechnologies. L'Europe a fait œuvre de pionnier et agit de manière proactive et prévoyante. Si nous considérons toutefois les efforts réalisés par le secteur privé, ils demeurent médiocres. Un tiers seulement de l'ensemble de la recherche est financé par l'industrie. Aux États-Unis, ce taux atteint plus de 52% et au Japon, près de deux tiers. Aussi les entreprises de nanotechnologie sont-elles nettement moins nombreuses en Europe. Aux États-Unis, le nombre de *start-ups* est un multiple de ce qu'il est dans l'Union européenne. Cela pourrait toutefois également être le reflet d'un choix de société réfléchi plutôt que d'un manque de dynamisme, mais, à la lumière de ces données, l'Europe a du mal à se présenter en tant qu'économie de connaissances la plus compétitive au monde. Après les TIC, et, en partie aussi la biotechnologie, nous risquons en effet aussi de rater le coche dans le domaine des nanotechnologies. Et ce, en dépit de tous les efforts importants consentis par les pouvoirs publics.

Les nanotechnologies dans le monde

Avec la «*National Nanotechnology Initiative*» (NNI) inaugurée en 2000, les États-Unis se sont lancés dans un ambitieux programme de R&D sur les nanotechnologies impliquant une augmentation des dépenses. Elles sont passées au niveau fédéral de 220 millions de dollars en 2000 à près de 750 millions de dollars en 2003, et un budget atteignant 982 millions de dollars a été demandé pour 2005. Un soutien financier supplémentaire est accordé par les États à concurrence de 300 millions de dollars environ. L'engagement à long terme du budget fédéral américain a été confirmé par le «*21st Century Nanotechnology Development Act*», disposition qui prévoit d'allouer, durant la période 2005-2008, près de 3,7 milliards de dollars à cinq agences (NSF, DoE, NASA, NIST et EPA) dont le niveau de financement aura ainsi plus que doublé en 2008. Il faut noter que ces chiffres ne comprennent pas les dépenses en faveur de la défense

momenteel goed zijn voor ongeveer een derde van het federale budget voor nanotechnologie.

Japan heeft de nanotechnologie in 2001 tot een van de hoogste onderzoeksprioriteiten gemaakt. De financiering is scherp gestegen van 400 miljoen dollar in 2001 tot ongeveer 800 miljoen dollar in 2003, waarmee het federale budget van de VS nog wordt overtroffen. Voor 2004 is nog eens een stijging met 20% aangekondigd.

Zuid-Korea heeft een begin gemaakt met een ambitieus tienjarenprogramma waarvoor ongeveer 2 miljard dollar overheidsgeld zal worden uitgetrokken, terwijl Taiwan ongeveer 600 miljoen dollar aan overheidsgeld heeft toegezegd voor een periode van zes jaar.

China steekt steeds meer middelen in nanotechnologie, hetgeen tekenend is gelet op de koopkracht van dit land. Het aantal wereldwijd gedistribueerde publicaties van China neemt in hoog tempo – 200% aan het einde van de jaren negentig – toe, waardoor de achterstand op de EU en de VS kleiner wordt.

De Russische Federatie is een gevestigde waarde op nanotechnologiegebied, net als diverse andere nieuwe onafhankelijke staten.

Ook in diverse andere regio's en landen wordt meer en meer aandacht aan nanotechnologie besteed, zoals in Australië, Canada, de Filipijnen, India, Israël, Latijns-Amerika, Maleisië, Nieuw-Zeeland, Singapore, Thailand en Zuid-Afrika.

Nanotechnologieën in enkele Europese landen

Ter illustratie van de «top-down» inspanning en financiering in nanotechnologie worden de acties in een viertal «kleine» Europese landen kort toegelicht.

In Nederland verenigt het «*NanoNed*» de nanotechnologie initiatieven in een nationaal netwerk bestaande uit een consortium van negen partners met wetenschappelijke, economische en sociaal relevante onderzoek en infrastructuur projecten. Het programma is georganiseerd in 11 onafhankelijke «*Flagship*» onderwerpen in specifieke domeinen van de nanotechnologie. Het totale budget voor de periode 2005-2010 bedraagt 235 miljoen euro waarvan de overheid 95 miljoen euro beschikbaar stelt en de rest wordt «gematcht» door de partners.

(DoD) et d'autres secteurs d'activités qui représentent actuellement environ un tiers du budget fédéral consacré aux nanotechnologies.

En 2001, le Japon a désigné les nanotechnologies comme l'une de ses principales priorités de recherche. Les niveaux de financement ont brusquement grimpé de 400 millions de dollars en 2001 à environ 800 millions de dollars en 2003 – surpassant la contribution fédérale américaine – et doivent encore augmenter de 20% en 2004.

La Corée du Sud s'est lancée dans un ambitieux programme décennal prévoyant un financement public d'environ 2 milliards de dollars, tandis que Taïwan a engagé environ 600 millions de dollars de fonds publics sur six ans.

La Chine consacre de plus en plus de ressources aux nanotechnologies, ce qui est particulièrement significatif compte tenu de son pouvoir d'achat. Sa part dans les publications internationales augmente à un rythme rapide – le taux de croissance était de 200% à la fin des années 90 – et rattrape celle de l'Union européenne et des États-Unis.

La Fédération de Russie est en bonne position dans le domaine des nanotechnologies, de même que plusieurs nouveaux États indépendants.

De nombreuses autres régions et pays – parmi lesquels l'Australie, le Canada, les Philippines, l'Inde, Israël, l'Amérique latine, la Malaisie, la Nouvelle-Zélande, Singapour, la Thaïlande et l'Afrique du Sud – accordent une attention croissante aux nanotechnologies.

Les nanotechnologies dans quelques pays européens

Nous exposerons brièvement les actions menées dans quatre «petits» pays européens à titre d'illustration des efforts et du financement «topdown» en nanotechnologie.

Aux Pays-Bas, le «*NanoNed*» réunit les initiatives prises en matière de nanotechnologies au sein d'un réseau national constitué d'un consortium de neuf partenaires menant des projets de recherche et d'infrastructures pertinents sur les plans scientifique, économique et social. Ce programme s'articule autour de onze thèmes phares dans des domaines spécifiques des nanotechnologies. Pour la période 2005-2010, son budget s'élève, au total, à 235 millions d'euros, dont 95 millions provenant des pouvoirs publics, le solde étant «matché» par leurs partenaires.

In Denemarken werd in 2005 een nanotechnologie actieplan gestart op basis van een studie van het ministerie van Wetenschappen, Technologie en Innovatie. Het plan voorziet een publieke investering in nanotechnologie van 60 miljoen euro per jaar, een vijfvoudige verhoging in vergelijking met de reeds bestaande initiatieven.

In Zwitserland werd door de *Swiss National Science Foundation* het *National Center of Competence in Research (NCCR)* on «*Nanoscale Science*» opgericht welke zowel fundamenteel als toegepast onderzoek combineert. Het NCCR-Netwerk is samengesteld uit universiteiten, nationale en industriële onderzoekscentra. In verschillende projecten gaat de aandacht naar de impact van nanostructuren op informatie en communicatie technologie, *life sciences*, en duurzaam gebruik van energiebronnen. Het jaarlijks budget is ongeveer 10 miljoen euro.

Het Oostenrijks «*NANO Initiative*» omvat naast een 8-tal onderzoeksclusters ook transnationale projecten, netwerk opbouw, onderwijs en traininginitiatieven. De aandacht is toegespitst op materialen, sensoren, catalyse en polymeren. Voor periode van drie jaar (2004-2006) werd een budget van 80 miljoen euro opzijgezet.

Nanotechnologie in België

Onderzoek

Kennisontwikkeling binnen ons wetenschapssysteem wordt sterk gedomineerd door de universiteiten, met inbegrip van de universitaire medische centra. Wetenschappelijk onderzoek beperkt zich echter niet tot de universiteiten, de universitaire medische centra, en de onderzoeksinstituten. De bedrijven voeren ook heel wat wetenschappelijk onderzoek uit, vaak in samenwerking met universiteiten of onderzoeksinstituten.

België doet het als relatief klein land bijzonder goed in de nanotechnologie. Qua impact van wetenschappelijke publicaties (periode 1999-2004) staat het op de 5de plaats na Zwitserland, Nederland, de VS en Canada. Wil het deze positie behouden, dan zou het er goed aan doen zich te concentreren op enkele wetenschapsgebieden waar het nu al een naam in heeft en daarin te investeren. Het is bijvoorbeeld erg goed in onderzoeksgebieden als materialen, informatietechnologie en biotechnologie. De boodschap moet zijn om op de gebieden waarin je naam hebt opgebouwd, extra in te zetten. Tevens is het

Au Danemark, un plan d'action pour les nanotechnologies a été lancé en 2005 à partir d'une étude du ministère des Sciences, de la Technologie et de l'Innovation. Ce plan prévoit un investissement public en matière de nanotechnologies de soixante millions d'euros par an, ce montant étant cinq fois plus élevé que le montant des initiatives existantes.

En Suisse, le Fonds national de la recherche scientifique a créé un Centre national de compétence en recherche (CNCR) pour les nanotechnologies qui allie recherche fondamentale et recherche appliquée. Le réseau CNCR est constitué d'universités et de centres de recherche nationaux et industriels. Plusieurs projets étudient l'impact des nanostructures sur les technologies de l'information et de la communication, les sciences de la vie, et l'utilisation durable des ressources énergétiques. Son budget annuel s'élève approximativement à 10 millions d'euros.

En Autriche, la «*NANO Initiative*» prévoit, outre huit clusters de recherche, des projets transfrontaliers, la mise en place d'un réseau et des initiatives en matière d'enseignement et de formation. Elle se concentre sur les matériaux, les senseurs, la catalyse et les polymères. Un budget de 80 millions d'euros a été réservé pour une période de trois ans (2004-2006).

Les nanotechnologies en Belgique

Recherche

Le développement des connaissances au sein de notre système scientifique est fortement dominé par les universités, y compris par les centres médicaux universitaires. La recherche scientifique ne se limite toutefois pas aux universités, aux centres médicaux universitaires et aux instituts de recherche. Les entreprises mènent également de nombreux travaux de recherche scientifique, souvent en collaboration avec des universités ou des instituts de recherche.

En tant que pays relativement petit, la Belgique est particulièrement performante dans le domaine des nanotechnologies. En ce qui concerne l'impact des publications scientifiques (période 1999-2004), elle se situe au cinquième rang derrière la Suisse, les Pays-Bas, les États-Unis et le Canada. Si elle veut conserver cette position, il faudrait qu'elle se concentre sur quelques domaines scientifiques où elle a d'ores et déjà acquis une réputation et qu'elle investisse dans ces domaines. Elle se distingue, par exemple, dans des domaines de recherche tels que les matériaux, la technologie de

van belang een zo open mogelijk netwerk te creëren om gebruik te maken van elkaars kennis.

Wegens de federale structuur van België werd de primaire competentie voor wetenschap en technologie beleid overgedragen aan de gewesten en gemeenschappen. Al in een vroeg stadium is door verschillende Belgische universitaire groepen en bedrijven het belang van nanotechnologie ingezien.

Het Belgisch Federaal Wetenschapsbeleid speelt hierop in door nanotechnologische netwerken te financieren in het kader van het Interuniversitair Attractie Pool Programma. Ook voor nanotechnologisch interessante internationale onderzoeksfaciliteiten, e.g. ESRF en ILL in Grenoble, wordt het toetredingsgeld door de federale overheid verzekerd. De Vlaamse overheid heeft een kredietlijn ingesteld om deze faciliteiten zo optimaal mogelijk te ontsluiten.

Uit de hoorzittingen is gebleken dat er in Vlaanderen veel maar weinig gecoördineerde initiatieven zijn. Er is nood aan een nanoactieplan, met medewerking van alle spelers (overheid, onderzoekscentra, universiteiten, financiële instellingen, bedrijven).

Door de Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid (VRWB) werd in een uitgebreide verkenningsstudie de innovatiecluster «Nieuwe materialen – Nanotechnologie-Verwerkende industrie» onderkend ter versterking van het Vlaams economisch weefsel. (zie Smits, E., Ratinckx, E., Thoen, V., Debackere, K., Monard, E. en D. Raspoet (2006), *Technologie en innovatie in Vlaanderen: Prioriteiten, VRWB Studiereeks 18*). Ontwikkelingen worden ondersteund door de universitaire excellentiecentra en de strategische onderzoeksinstellingen IMEC (Interuniversitair Micro-Elektronica Centrum), VIB (Vlaams Interuniversitair Instituut voor Biotechnologie) en VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek).

Nanotechnologische activiteiten vinden we ook terug in de drie grote pijlers van het Vlaams wetenschapsbeleid. Het Odysseus-programma, dat bedoeld is om Vlaamse toponderzoekers terug naar Vlaanderen te halen en in één klap ook buitenlandse toponderzoekers aan te trekken. Het Methusalem-programma waarmee Vlaamse wetenschappers kunnen rekenen op langdurige en structurele financiering. Het Hercules-programma waarmee Vlaanderen een krachtig instrumentarium wenst uit te bouwen.

l'information et la biotechnologie. Le message à faire passer est que la Belgique doit investir surtout dans les domaines où elle s'est forgé une réputation. Il importe également de créer un réseau qui soit le plus ouvert possible afin de profiter des connaissances mutuelles.

En raison de la structure fédérale de la Belgique, la compétence primaire en matière de politique scientifique et de technologie a été transférée aux régions et communautés. Dès les premiers stades, différents groupes et entreprises universitaires belges ont perçu l'importance des nanotechnologies.

La politique scientifique fédérale belge en tient compte en finançant des réseaux nanotechnologiques dans le cadre du programme Pôles d'attraction interuniversitaires. L'autorité fédérale prend également en charge le paiement des droits d'accès pour les facilités de recherche internationales intéressantes d'un point de vue nanotechnologique, à savoir l'ESRF et l'ILL à Grenoble. Les autorités flamandes ont instauré une ligne de crédit pour optimiser l'accès à ces facilités.

Les auditions ont révélé qu'il existe, en Flandre, des initiatives nombreuses, mais peu coordonnées. Il est nécessaire de mettre sur pied un plan d'action nano, avec la collaboration de tous les acteurs (pouvoirs publics, centres de recherche, universités, institutions financières, entreprises).

Dans une étude exploratoire, le Conseil flamand pour la politique scientifique (VRWB) a souligné que le cluster d'innovation «Nouveaux matériaux – Nanotechnologie – Industrie de transformation» pouvait renforcer le tissu économique de la Flandre. (Voir Smits, E., Ratinckx, E., Thoen, V., Debackere, K., Monard, E. et D. Raspoet (2006), *Technologie en innovatie in Vlaanderen: Prioriteiten, VRWB Studiereeks 18*). Les développements sont soutenus par les centres d'excellence universitaires et les organismes de recherche stratégiques que sont le CIME (Centre interuniversitaire de micro-électronique), le VIB (*Vlaams Interuniversitair Instituut voor Biotechnologie*) et le VITO (*Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek*).

Nous retrouvons également les activités nanotechnologiques dans les trois grands piliers de la politique scientifique flamande: le programme Odysseus, qui vise à ramener les meilleurs chercheurs flamands en Flandre et à attirer du même coup les meilleurs chercheurs étrangers; le programme Methusalem, grâce auquel les scientifiques flamands peuvent compter sur un financement structurel et de longue durée; le programme Hercules, au moyen duquel la Flandre veut développer de puissants instruments.

Wallonië en Brussel hebben de krachten gebundeld om een netwerk voor nanotechnologie «*Nanowal*» te creëren welke deel uitmaakt van het Marshallplan voor Wallonië. Een budget van ongeveer 20 miljoen euro over een periode van vijf jaar werd voorzien door de *Direction Générale de la Technologie, de la Recherche et de l'Énergie (DGTRE)*.

Er is coördinatie nodig van de *knowhow* die door de Vlaamse en Waalse programma's en projecten wordt opgebouwd.

Onderwijs

Wat het onderwijs en vorming aangaat is er een grote nood aan het ontwikkelen van een curriculum om toekomstige ingenieurs en wetenschappers te ondersteunen in de ontwikkeling en commercialisatie van nanotechnologische toepassingen. Talrijke Belgische universiteiten hebben, in navolging van het buitenland, masterprogramma's in de nanotechnologie georganiseerd. Er zijn echter fundamentele keuzes en acties nodig als België en de Gewesten de vele inspanningen wil omzetten in gecoördineerde en «*high level*» onderwijsprogramma's. Een goed voorbeeld is de Europese masteropleiding «*Nanoscience & Nanotechnology*» erkend door de EC als een *Erasmus Mundus Master* (kortweg EMM-Nano). Aan de opleiding werken naast twee Nederlands Universiteiten (Delft en Leiden) ook een Belgische (Leuven), Duitse (Dresden) en Zweedse (Chalmers) universiteit mee. Op termijn zal ook Frankrijk deelnemen. Het *Erasmus Mundus* programma is bedoeld om de wervingskracht van het Europees hoger onderwijs buiten de Unie te vergroten. Het ondersteunt Europese consortia van instellingen voor hoger onderwijs die een gezamenlijke masteropleiding aanbieden.

Industrie

Omdat dit onderzoeksdomein relatief nieuw is, is de technologische activiteit nog niet volledig ontwikkeld en zijn de industriële toepassingen nog beperkt. In het algemeen zijn de elektronicabedrijven en de scheikundige en farmaceutische sector de grootste patenthouders, maar de nanotechnologie trekt de aandacht van verschillende industrietakken. Met het aantal patenten als maatstaf, blijkt Vlaanderen actiever in de nanotechnologie dan Brussel of Wallonië. Het totale aantal patenten dat heel België heeft genomen in Europa of Amerika is klein vergeleken met de top drie, die bestaat uit de Verenigde Staten, Japan en Duitsland, maar toch staat ons land op de elfde plaats en binnen Europa zelfs op de achtste plaats. Van de bedrijven in België zijn Umicore, Agfa-Gevaert, Solvay, Bekaert, UCB, Innogenetics, Nanocyl,

La Wallonie et Bruxelles ont uni leurs forces pour créer un réseau pour les nanotechnologies «*Nanowal*», qui fait partie du plan Marshall pour la Wallonie. La Direction générale de la Technologie, de la Recherche et de l'Énergie (DGTRE) a prévu un budget d'environ 20 millions d'euros sur une période de cinq ans.

Il est nécessaire d'assurer la coordination du *know-how* développé par les programmes et les projets wallons et flamands.

Enseignement

En ce qui concerne l'enseignement et la formation, il serait absolument nécessaire de développer un programme d'études afin de soutenir les futurs ingénieurs et scientifiques dans le développement et la commercialisation d'applications nanotechnologiques. De nombreuses universités belges ont organisé, à l'exemple de l'étranger, des programmes de *master* en nanotechnologie. Cependant, si la Belgique et ses Régions souhaitent traduire leurs nombreux efforts en programmes d'enseignement coordonnés et de haut niveau, il faudra qu'elles effectuent des choix et des actes fondamentaux. Un bon exemple est le *master* européen «*Nanoscience & Nanotechnology*» reconnu par la CE en tant qu'*Erasmus Mundus Master* (en bref, EMM-Nano). Outre deux universités néerlandaises (Delft et Leiden), des universités belge (Leuven), allemande (Dresden) et suédoise (Chalmers) participent à la formation. À terme, la France apportera également sa participation. Le programme *Erasmus Mundus* vise à rendre plus attrayant l'enseignement supérieur européen à l'extérieur de l'Union. Il soutient des consortiums européens d'institutions d'enseignement supérieur qui proposent une formation commune de *master*.

Industrie

Comme ce domaine de recherche est relativement neuf, l'activité technologique n'est pas encore entièrement développée et les applications industrielles sont encore limitées. En général, les entreprises spécialisées dans l'électronique et le secteur chimique et pharmaceutique sont les principaux titulaires de brevets, mais les nanotechnologies attirent l'attention de plusieurs branches industrielles. Si l'on se base sur le critère du nombre de brevets, il s'avère que la Flandre est plus active dans les nanotechnologies que Bruxelles ou la Wallonie. Le nombre total de brevets déposés pour l'ensemble de la Belgique en Europe ou en Amérique est peu élevé en comparaison avec le top trois, constitué par les États-Unis, le Japon et l'Allemagne, mais notre pays figure tout de même à la onzième place et même à la huitième place

Ablynx, NanoMEGAS, TopChim, Europlasma, en Xenics daarbij het meest actief.

(Ref.: «*Nanotechnology: hype or opportunity*», <http://www.kvab.be/CAWET.aspx>)

(Ref.: «*Nanotechnology. Analysis of an Emerging Domain of Scientific and Technological Endeavour*» Report by W. Glänzel et al., Steunpunt O&O Statistiek, July 2003, <http://www.steunpuntoos.be>)

Mogelijke risico's van nanotechnologie

Door hun kleine omvang en afwijkende eigenschappen (onder andere de hoge reactiviteit) kunnen nanoproducten schadelijker zijn voor mens en milieu dan grotere vormen van dezelfde chemische stof. Er is echter nog een groot gebrek aan kennis over risicoaspecten. Het bestaan van kennislacunes is een situatie die nog zeker jaren gaat voortduren. Op relatief korte termijn wordt vooruitgang verwacht in het afspreken van standaarden voor wat betreft definities, maar wat betreft meetmethoden, normen en eventueel te verwachten toxicologische effecten is de verwachting dat er pas over vele jaren duidelijkheid zal zijn. Aangezien het bestaan van lacunes in kennis over de risico's nog zeker enige tijd voort gaat duren, maar er op dit moment al wel gewerkt wordt met nanodeeltjes of producten die nanodeeltjes bevatten, ligt het voor de hand voorzorgsmaatregelen te nemen.

We sommen enkele maatschappelijke, ethische en juridische problemen op.

– Milieu

Nanodeeltjes komen van nature voor in het milieu. Nanotechnologie betekent evenwel produceren van nieuwe nanodeeltjes en het bewerken van natuurlijke nanodeeltjes. Kenners beweren dat hoge concentraties aan dergelijke kunstmatige nanodeeltjes in het milieu een bedreiging kunnen vormen. Het risico hiervan is echter bijzonder moeilijk vast te stellen omdat op zich veilige deeltjes zich kunnen binden met schadelijke stoffen en zo grote schade kunnen veroorzaken aan het milieu en een bedreiging kunnen vormen voor de volksgezondheid, tot genetische beschadiging toe. Het is dan ook noodzakelijk om snel aan kennisopbouw te doen. Meten is weten. Helaas weten we (nog) niet wat we moeten meten. Een totaalanalyse, over de hele levenscyclus, van productie tot afval, is bijgevolg cruciaal om een vertekend beeld te vermijden.

au niveau européen. Les entreprises belges les plus actives dans ce domaine sont Umicore, Agfa-Gevaert, Solvay, Bekaert, UCB, Innogenetics, Nanocyl, Ablynx, NanoMEGAS, TopChim, Europlasma, et Xenics.

(Réf.: «*Nanotechnology: hype or opportunity*», <http://www.kvab.be/CAWET.aspx>)

(Réf.: «*Nanotechnology. Analysis of an Emerging Domain of Scientific and Technological Endeavour*» Report by W. Glänzel et al., Steunpunt O&O Statistiek, juillet 2003, <http://www.steunpuntoos.be>)

Risques possibles des nanotechnologies

Par leur petitesse et leurs propriétés particulières (e.a. une haute réactivité), les nanoproducts peuvent être plus nuisibles pour l'homme et l'environnement que des formes plus grandes de la même substance chimique. Toutefois, les connaissances relatives aux risques sont encore très lacunaires. Il faudra encore certainement plusieurs années pour combler ces lacunes. À relativement court terme, on s'attend à des avancées en ce qui concerne la fixation de standards pour les définitions, mais en ce qui concerne les méthodes de mesurage, les normes et les effets toxicologiques éventuels, les choses ne devraient se clarifier que dans de nombreuses années. Comme les lacunes au niveau de la connaissance des risques subsisteront encore un certain temps, mais qu'on utilise déjà actuellement des nanoparticules ou des produits qui en contiennent, il est évident qu'il faut prendre des mesures de précaution.

Nous énumérons quelques défis sociaux, éthiques et juridiques.

– Environnement

Les nanoparticules sont présentes naturellement dans l'environnement. Les nanotechnologies consistent toutefois à produire de nouvelles nanoparticules ou à transformer des nanoparticules naturelles. Les spécialistes affirment que des concentrations élevées de telles nanoparticules artificielles dans l'environnement peuvent constituer une menace. Ce risque est toutefois particulièrement difficile à établir étant donné que des particules intrinsèquement sûres peuvent se combiner à des substances nocives et ainsi causer de grands dégâts à l'environnement et constituer une menace pour la santé publique, jusqu'à induire des détériorations génétiques. Il est dès lors nécessaire d'accumuler rapidement des connaissances. Mesurer, c'est savoir. Malheureusement, nous ne savons pas (encore) ce que nous devons mesurer. Une analyse globale, tout au long du cycle de vie, de la production au déchet, est par conséquent cruciale pour éviter d'avoir une image faussée.

– Volksgezondheid

Als gevolg van een aantal incidenten – zoals het gebruik van «Magic Nano», een reinigingsspray, in Duitsland in 2006 – is het duidelijk geworden dat met nanotechnologie er potentiële gevaren kunnen ontstaan voor de volksgezondheid. Niet alle nanodeeltjes zijn per definitie onschadelijk. In het tijdschrift *Science* werd onder meer de alarmbel geluid over nanotubes die gevaarlijk zouden zijn voor de volksgezondheid. De mogelijke risico's voor de volksgezondheid moeten dan ook in kaart worden gebracht.

Tijdens de hoorzittingen werd er door professor Wautelet op gewezen dat nano niet gelijk staat met risico. Het hangt af van veel verschillende factoren of nanodeeltjes al dan niet gevaarlijk zijn. Zowel de fysische als de chemische eigenschappen van het bewuste deeltje spelen een rol. Veruit de meeste nanodeeltjes zijn toegenaamd niet schadelijk. Bovendien moeten we in staat zijn om deeltjes te maken waarvan de risico's minimaal of onbestaande zijn. We hebben daar invloed op. Toch moeten we alert blijven voor de onverwachte risico's.

Het inschatten van de risico's is niet vanzelfsprekend. Niet alleen verschilt dit van deeltje tot deeltje, er is evenmin een lineair verband tussen de dosissen waaraan men wordt blootgesteld en de mogelijke schade die het deeltje aanricht. Grote hoeveelheden kunnen schadelijk zijn, terwijl hetzelfde deeltje in kleine hoeveelheden gunstige uitwerkingen kan hebben. Er is dus een behandeling per geval nodig.

– Privacy

Door het gebruik van nanotechnologie wordt het mogelijk om individuen op elk moment te detecteren, te lokaliseren en op te volgen. De intelligente omgeving, tot stand gebracht via ICT, maar met behulp van nanotechnologie, wordt alomtegenwoordig en onzichtbaar. Hoe kunnen we de privacy van individuen en groepen beschermen, met een «big brother» die werkelijk overal is, en zelfs in staat geacht moet worden onze gedachten en emoties te scannen?

– Filosofische vragen

De grens tussen mens en machine lijken meer en meer te vervagen. Waar, hoe, en door wie wordt bepaald hoe de toekomstige mens eruit gaat zien. Mag technologie ook gebruikt worden om de mens te «verbeteren»? Of enkel om te genezen, te «herstellen»? En kan men wel een grens tussen die twee mogelijkheden trekken?

– Santé publique

Un certain nombre d'incidents – tels que l'utilisation du «Magic Nano», un spray nettoyant, en 2006, en Allemagne – ont clairement montré que les nanotechnologies peuvent générer des dangers potentiels pour la santé publique. Toutes les nanoparticules ne sont pas par définition inoffensives. Le magazine *Science* a notamment tiré la sonnette d'alarme sur les nanotubes, qui présenteraient un danger pour la santé publique. Les risques potentiels pour la santé publique doivent dès lors être recensés.

Au cours des auditions, le professeur Wautelet a souligné que le terme «nano» n'est pas synonyme de risque. La dangerosité ou non des nanoparticules dépend de nombreux facteurs différents. Tant les propriétés physiques que chimiques de la fameuse particule jouent un rôle. De très nombreuses nanoparticules ne sont absolument pas nocives. En outre, nous devons être en mesure de produire des particules qui présentent des risques minimaux ou inexistantes, un domaine dans lequel nous exerçons une influence. Nous devons toutefois rester vigilants face aux risques imprévus.

Il n'est pas évident de faire une estimation des risques. Non seulement cela diffère d'une particule à l'autre, mais il n'existe pas davantage de relation linéaire entre la dose d'exposition et les dégâts éventuels provoqués par la particule. De grandes quantités peuvent être nocives, alors que la même particule peut avoir des effets bénéfiques en petites quantités. Il est donc nécessaire de procéder à un examen au cas par cas.

– Vie privée

L'usage des nanotechnologies permet à tout moment de détecter, de localiser et de suivre des individus. L'environnement intelligent, mis en place grâce aux TIC, mais avec l'aide des nanotechnologies, est omniprésent et invisible. Comment pouvons-nous protéger la vie privée des individus et des groupes avec un «big brother» qui est réellement partout et qui est même censé devoir scanner nos pensées et nos émotions?

– Questions philosophiques

La limite entre l'homme et la machine semble s'estomper de plus en plus. Où et comment définira-t-on l'homme de demain et qui le fera? Peut-on également utiliser les technologies pour «améliorer» l'être humain? Ou uniquement pour guérir, «réparer»? Et parviendra-t-on vraiment à tracer une ligne de démarcation entre ces deux possibilités?

Er zijn, kortom, misschien beperkingen aan de toepassingen van nanotechnologie, alleen weten we nog niet waar de grens precies ligt; en evenmin weten we wie die grens mag of moet trekken.

– Een nieuwe kloof?

Naast een digitale kloof kan ook een nanokloof ontstaan. Net zoals ICT is nanotechnologie een revolutionaire technologie. Niet iedereen is in staat om zich aan te passen aan de nieuwe omgeving. Niet iedereen is in staat om mee te evolueren.

Door een ongelijke toepassing kan nanotechnologie bovendien ook bijdragen tot een vergroten van de kloof tussen rijk en arm, binnen landen, en tussen landen. De machtsverhoudingen tussen landen kunnen fundamenteel wijzigen. Ontwikkelingslanden kunnen dankzij nanotechnologie misschien een grote sprong voorwaarts realiseren, maar evengoed kan het resultaat een nog grotere achterstand zijn.

In dit verband moet ook de aandacht worden gevestigd op het gebruik van octrooien. Aan de ene kant lijken octrooien nodig voor het stimuleren van innovatie, zeker in speerpunttechnologieën als nanotechnologie. Zoals reeds toegelicht, is het nodig de private sector nauwer te betrekken bij innovatie rond nanotechnologie, en octrooien zijn daarvoor een belangrijk hulpmiddel. Aan de andere kant kunnen octrooien ook een hinderpaal vormen voor de verspreiding van technologie. Landen die niet beschikken over de nodige middelen en infrastructuur om aan innovatie en onderzoek te doen, dreigen dan nog meer achterstand op te lopen.

Het zoeken naar een optimaal evenwicht in deze problematiek en het formuleren van voorstellen terzake zou één van de opdrachten kunnen zijn voor een nog op te richten stuurgroep rond nanotechnologie.

– Vragen rond oorlog en vrede

Moet een land als België militaire toepassingen van nanotechnologie verbieden, indien andere landen dat niet doen? Is het mogelijk nanotechnologie enkel te gebruiken voor defensieve toepassingen? Wat met *dual use*? Ook hier vervagen de grenzen tussen militaire en niet-militaire toepassingen. Is het nog mogelijk om puur militaire toepassingen uit te sluiten? Hoe dan ook lijkt het noodzakelijk dat een nieuwe wapenwedloop wordt voorkomen.

Bref, il y a peut-être une limite aux applications des nanotechnologies, mais nous ne savons pas encore où se situe précisément cette limite, et encore moins qui peut ou doit la tracer.

– Une nouvelle fracture?

En marge de la fracture numérique peut apparaître une fracture nanotechnologique. Tout comme les TIC, les nanotechnologies sont des technologies révolutionnaires. Tout le monde n'est pas en mesure de s'adapter au nouvel environnement. Tout le monde n'est pas en mesure de suivre cette évolution.

À cause de cette inégalité parmi leurs utilisateurs, les nanotechnologies peuvent en outre contribuer à creuser le fossé entre riches et pauvres, à l'intérieur des pays et entre les pays. Les rapports de force entre pays peuvent être fondamentalement modifiés. Les nanotechnologies permettront peut-être aux pays en développement de réaliser un grand bond en avant, mais le résultat peut tout aussi bien se traduire par un recul encore plus grand.

À cet égard, il y a également lieu d'être attentif à l'utilisation des brevets. D'un côté, les brevets paraissent nécessaires pour stimuler l'innovation, certainement dans les technologies de pointe comme les nanotechnologies. Comme cela a déjà été expliqué, il est nécessaire d'associer plus étroitement le secteur privé à l'innovation dans le domaine des nanotechnologies et les brevets constituent un important moyen pour ce faire. De l'autre côté, les brevets peuvent également constituer un obstacle à la diffusion de la technologie. Les pays qui ne disposent pas des moyens et de l'infrastructure nécessaires pour se lancer dans l'innovation et la recherche risquent de se trouver encore plus à la traîne.

La recherche d'un équilibre optimal dans cette problématique et la formulation de propositions dans ce domaine pourraient être une des missions à confier à un groupe de pilotage qu'il faudrait encore mettre sur pied en matière de nanotechnologies.

– Questions liées à la guerre et à la paix

Un pays tel que la Belgique doit-il interdire des applications militaires de nanotechnologie si d'autres pays ne le font pas? Est-il possible d'utiliser exclusivement les nanotechnologies pour des applications défensives? Qu'en est-il de l'usage dual? Ici aussi, la frontière s'estompe entre les applications militaires et non militaires. Est-il encore possible d'exclure des applications purement militaires? Quoi qu'il en soit, il semble nécessaire de prévenir une nouvelle course aux armements.

– Robotisering/automatisering en de gevolgen daarvan.

Nanotechnologie zal wellicht leiden tot een nieuwe fase in de automatisering van een hele reeks productieprocessen, misschien zelfs van bepaalde vormen van dienstverlening. Wat zullen de gevolgen hiervan zijn op vlak van werkgelegenheid?

Nanobots zijn ultrakleine robotten die voor heel wat taken kunnen worden ingezet, wat positief is. Maar dergelijke robotten kunnen misschien ook een eigen leven gaan leiden, en zich bovendien massaal repliceren, zonder menselijke tussenkomst. De mogelijke gevolgen hiervan zijn nog nauwelijks besproken, laat staan in kaart gebracht.

– Regulering en controle

Bovenstaande maakt reeds duidelijk dat het niet eenvoudig een evenwicht te vinden op vlak van regulering en controle. Onvoldoende regulering kan leiden tot onoverzienbare ongelukken, te veel controle kan leiden tot een verstikking van innovatie en het verloren gaan van toepassingen met potentieel veelbelovende effecten. Het zoeken naar dit evenwicht is eveneens een taak voor de reeds eerder aangehaalde stuurgroep.

Publiek debat

Deze stuurgroep moet ook een aanzet geven tot het publiek debat. Hoe dan ook zal nanotechnologie enkel maar negatief worden ontvangen, indien er geen informatiedoorstroming is en indien het grote publiek onvoldoende bewust wordt gemaakt van zowel de gevaren als de mogelijkheden. Er is dan ook een dialoog nodig tussen wetenschappers, beleidsmakers, belangengroepen en de burgers. In het kader van dit publiek debat moet wel worden gewezen op de mogelijks polariserende rol die ngo's hierin kunnen spelen, en reeds hebben gespeeld. Bovendien zal het debat noodzakelijkerwijs een hoge technische en wetenschappelijke kennis vereisen.

Ethische principes moeten in acht worden genomen en, voor zover nodig, door middel van regelgeving worden afgedwongen. Deze uitgangspunten zijn vastgelegd in het Handvest van de grondrechten van de Europese Unie (ref. 1) en andere Europese en internationale documenten (ref. 2). Ook moet rekening worden gehouden met de mening van de Europese Adviesgroep inzake de ethiek van wetenschappen en nieuwe technologieën (ref. 3), die de ethische aspecten van medische toepassingen van de nanotechnologie bestudeert. Een open, traceerbare en controleerbare ontwikkeling van nanotechnologie op basis van democratische

– La robotisation/l'automatisation et leurs conséquences

Les nanotechnologies inaugureront sans doute une nouvelle phase dans l'automatisation de toute une série de processus de production, voire peut-être de certaines formes de fourniture de services. Quelles en seront les répercussions en termes d'emploi?

Les nanobots sont des robots miniatures qui peuvent être utilisés pour accomplir de nombreuses tâches, ce qui est positif. Mais ces robots seront peut-être également capables de mener leur propre existence et de se reproduire en masse, sans l'intervention de l'homme. Les effets possibles sont à peine évoqués, et encore moins inventoriés.

– Régulation et contrôle

Ce qui précède montre d'ores et déjà la difficulté de trouver un équilibre en matière de régulation et de contrôle. Si une régulation insuffisante peut donner lieu à des accidents imprévisibles, un contrôle excessif peut asphyxier l'innovation et entraîner la perte d'applications aux effets potentiellement prometteurs. Rechercher cet équilibre est également une mission du groupe de pilotage précité.

Débat public

Ce groupe de pilotage doit également amorcer le débat public. Quoi qu'il en soit, les nanotechnologies recevront toujours un accueil négatif si les informations ne circulent pas et si le grand public n'est pas suffisamment conscientisé aux dangers et aux possibilités des nanotechnologies. Il faut dès lors instaurer un dialogue entre les scientifiques, les décideurs politiques, les groupements d'intérêts et les citoyens. Dans le cadre de ce débat public, il convient toutefois de souligner le rôle polarisant que les ONG peuvent jouer et ont déjà joué à cet égard. Le débat requerra, en outre, nécessairement des connaissances techniques et scientifiques poussées.

Les principes éthiques doivent être respectés et, au besoin, leur respect doit être imposé par une réglementation. Ces principes de base sont arrêtés dans la Charte des droits fondamentaux de l'Union européenne (réf. 1) et d'autres documents européens et internationaux (réf. 2). Il faut également tenir compte de l'opinion du Groupe européen d'éthique des sciences et des nouvelles technologies (réf. 3), qui étudie les aspects éthiques des applications médicales des nanotechnologies. Un développement ouvert, traçable et contrôlable des nanotechnologies fondé sur les principes démocratiques est indispensable. Bien que d'aucuns appellent

beginselen is onmisbaar. Ofschoon sommigen oproepen tot een moratorium op nanotechnologisch onderzoek, is de Europese Commissie ervan overtuigd dat dit uiterst contraproductief zou zijn. Behalve dat de maatschappij de mogelijke voordelen ervan worden ontzegd, kan dit ook leiden tot het ontstaan van «technologieparadijzen», dit wil zeggen gebieden waar dit soort onderzoek kan plaatsvinden zonder dat er daarvoor een wettelijk kader bestaat zodat misbruik mogelijk is. Omdat wij dan in het geheel niet in staat zouden zijn de ontwikkelingen te volgen en te sturen, zouden de gevolgen nog ernstiger kunnen zijn. Mochten reële en ernstige risico's worden ontdekt, dan zou het voorzorgsbeginsel kunnen worden toegepast, zoals dat tot nu toe meestal is gebeurd.

Ref. 1: http://www.europarl.eu.int/charter/default_en.htm.

Ref. 2: http://europa.eu.int/comm/research/science-society/ethics/legislation_en.html.

Ref. 3: http://europa.eu.int/comm/european_group_ethics/index_en.htm.

Aanbevelingen

Er wordt niet alleen voorgesteld om in België meer en gecoördineerd onderzoek en ontwikkeling te doen op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologieën, maar ook rekening te houden met een aantal andere onderling afhankelijke factoren.

De volgende punten zijn te overwegen in het kader van de komende nanogolf:

1. nanotechnologie is op de eerste plaats een verzameling van productiviteit-verhogende technologieën, die een ingrijpende invloed zullen hebben op talrijke industriële activiteiten. Om dit te verwezenlijken is multidisciplinair onderzoek nodig waarbij ondermeer fysici, chemici, biologen en ingenieurs samenwerken. Nieuwe producten en processen zullen voortkomen uit de convergentie met andere disciplines, in het bijzonder met de cognitieve wetenschappen;

2. een betere coördinatie van de onderzoeksprogramma's en meer investeringen zijn noodzakelijk om ervoor te zorgen dat de onderzoeksteams en -infrastructuren in België internationaal meetellen;

3. tegelijkertijd is het essentieel dat er meer samenwerking komt tussen zowel de gewesten als de onderzoeksorganisaties in de openbare en de particuliere sector voor het bereiken van een kritische massa;

à un moratoire sur la recherche nanotechnologique, la Commission européenne est convaincue qu'une telle mesure serait extrêmement contreproductive. Outre que la société serait privée des éventuels avantages de cette recherche, ce moratoire pourrait également donner lieu à l'apparition de «paradis technologiques», c.-à-d. de régions où ce type de recherche peut être menée en l'absence de tout cadre légal, ce qui constituerait la porte ouverte aux abus. Comme nous ne serions alors plus du tout en mesure de suivre et d'orienter les développements, les conséquences pourraient être encore plus graves. Si on devait découvrir des risques réels et graves, on pourrait appliquer le principe de précaution, comme cela a toujours été fait jusqu'à présent.

Réf. 1: http://www.europarl.eu.int/charter/default_fr.htm.

Réf. 2: http://europa.eu.int/comm/research/science-society/ethics/legislation_fr.html.

Réf. 3: http://europa.eu.int/comm/european_group_ethics/index_fr.htm.

Recommandations

Il est non seulement proposé que la Belgique mène une politique de recherche et de développement plus active et plus coordonnée dans le domaine des nanosciences et des nanotechnologies, mais également que l'on tienne compte à cet égard de plusieurs autres facteurs interdépendants.

Il convient de considérer les points suivants dans le cadre de la future «nanovague»:

1. les nanotechnologies sont en premier lieu un ensemble de technologies de nature à accroître la productivité qui auront une influence importante sur de nombreuses activités industrielles. La réalisation de cet objectif nécessite une recherche pluridisciplinaire associant notamment des physiciens, des chimistes, des biologistes et des ingénieurs. De nouveaux produits et processus résulteront de la convergence avec d'autres disciplines, en particulier avec les sciences cognitives;

2. une meilleure coordination des programmes de recherche et des investissements plus importants seront nécessaires pour que les équipes et les infrastructures de recherche de la Belgique soient présentes sur la scène internationale;

3. il convient également de renforcer la collaboration entre les régions et les organismes de recherche du secteur public et du secteur privé pour atteindre une masse critique;

4. vanwege de vakoverstijgende aard van de nanowetenschap en nanotechnologie zullen het belang van en de vraag naar onderzoekers en technici met vakoverschrijdende kennis, sterk stijgen. Het is wellicht noodzakelijk nieuwe benaderingen te ontwikkelen voor onderwijs en opleiding die afgestemd zijn op het onderzoek en de industrie;

5. maatschappelijke aspecten (zoals publieksvoorlichting, gezondheids- en milieu-aspecten, en risicoanalyse) zijn sleutelfactoren voor een verantwoorde ontwikkeling van nanotechnologie die aansluit bij de verwachtingen van de bevolking. Het vertrouwen van het publiek en van investeerders in nanotechnologie is van cruciaal belang voor de langetermijntoewijding en vruchtbare toepassing ervan;

6. tenslotte moet het O&O in de nanotechnologie zich concentreren op enkele speerpunten en een duidelijke focus hebben op innovatie met meetbare en grote economische impact. Het formuleren van prioriteiten dient te passen in het door de EU terzake aangegeven kader. Het moet zich sneller ontwikkelen dan in het verleden en voldoende middelen kunnen mobiliseren om de noodzakelijke kritische massa aan onderzoekscapaciteit, creatieve medewerkers, innovatieteams en ondernemingen te creëren.

Uiteindelijk moet het de bedoeling zijn dat deze en andere thema's en acties deel uitmaken van een globaal «nanoplan» naar analogie van het buitenland. De nanotechnologie is een technologie van de toekomst, die kan bijdragen tot het realiseren van moeilijke doelstellingen. De ontwikkeling van nanotechnologie brengt een drive van knowhow op gang. Het inzetten op de ontwikkeling van dit soort revolutionaire technologieën is dan ook essentieel voor een competitief statuut van België in het Europa dat zichzelf een ambitieuze Lissabon-doelstelling oplegde.

4. eu égard au caractère interdisciplinaire des nanosciences et des nanotechnologies, l'importance et la demande de chercheurs et de techniciens dont les connaissances iront au-delà d'une spécialité augmenteront fortement. Il convient sans doute de développer de nouvelles approches pour l'enseignement et la formation qui soient axées sur la recherche et l'industrie;

5. les aspects sociaux (tels l'information du public, les aspects sanitaires et environnementaux et les analyses de risques) sont des éléments essentiels pour un développement responsable des nanotechnologies répondant aux attentes de la population. La confiance du public et des investisseurs dans les nanotechnologies est d'une importance déterminante pour le développement à long terme et pour que leurs applications portent leurs fruits;

6. enfin, la recherche et le développement doivent se focaliser sur quelques points prioritaires, en particulier sur les innovations ayant un impact économique mesurable et important. Les priorités définies doivent s'inscrire dans le cadre fixé par l'Union européenne en la matière. Ils doivent se développer plus rapidement que par le passé et pouvoir mobiliser des moyens suffisants pour créer la masse critique nécessaire en termes de capacité de recherche, de collaborateurs créatifs, d'équipes d'innovation et d'entreprises.

Enfin, comme d'autres, ces thèmes et ces actions doivent s'inscrire dans le cadre d'un «nanoplan» global analogue à ceux élaborés à l'étranger. Les nanotechnologies sont des technologies d'avenir qui peuvent aider à atteindre des objectifs difficilement accessibles. Le développement des nanotechnologies crée un mouvement de savoir-faire. Il est dès lors essentiel de miser sur le développement de ces technologies révolutionnaires pour la compétitivité de la Belgique dans le contexte d'une Europe qui s'est fixé elle-même les objectifs ambitieux de la stratégie de Lisbonne.

Met «*smaller technology*» meer mogelijk maken. Het lijkt tegenstrijdig, maar het is mogelijk. We moeten er enkel over waken dat we op dit vlak niet achtergeraken op andere landen. Investeren in technologie en haar toepassingen, motiveren van mensen en het ontwikkelen van vernieuwende ideeën en instrumenten. Daar moeten we radicaal op inzetten. Nanotechnologie is hier het mooiste voorbeeld van.

Yolande AVONTROODT (Open Vld)
Mark VERHAEGEN (CD&V)
David CLARINVAL (MR)
Christine VAN BROECKHOVEN (sp.a)
Jean CORNIL (PS)
Brigitte WIAUX (cdH)

Il semble paradoxal de vouloir en faire plus avec une technologie de plus petite taille, mais c'est de l'ordre du possible. Nous devons seulement veiller à ne pas prendre de retard sur d'autres pays dans ce domaine. Il convient d'investir dans les technologies et dans leurs applications, de motiver les personnes et de développer des idées et des instruments innovants. Nous devons nous mobiliser de manière radicale en faveur de ces objectifs. Les nanotechnologies en sont le meilleur exemple.

VOORSTEL VAN RESOLUTIE

DE KAMER VAN VOLKSVERTEGENWOORDIGERS,

1. gelet op het feit dat nanowetenschap en nanotechnologie bijdragen aan de versterking van het economisch weefsel en de concurrentiepositie van een land en een regio en dat zij mogelijke oplossingen bieden voor problemen op het gebied van bijvoorbeeld het milieu, de gezondheidszorg, voeding, een duurzamere energievoorziening en veiligheid;

2. overwegende dat nanotechnologie op de eerste plaats een verzameling is van productiviteitsverhogende technologieën, die een ingrijpende invloed zullen hebben op talrijke industriële activiteiten;

3. wijst erop dat nieuwe producten en processen zullen voortkomen uit het samengaan met andere disciplines, in het bijzonder met de cognitieve wetenschappen;

4. attendeert erop dat een langetermijnvisie evenals het stellen van onderzoeksprioriteiten essentieel zijn om wereldwijd concurrerend te blijven;

5. is zich bewust van het enorme potentieel van nanotechnologieën, onder meer in de materiaalwetenschappen, de fabricage, de informatietechnologieën, de medische toepassingen, de biomimetica, de energieopslag en opwekking, en de toepassingen inzake voedsel, water en milieu;

6. wijst erop dat om het potentieel van de nanotechnologie te realiseren de EU en België dienen te kunnen beschikken over een populatie van interdisciplinaire wetenschappers en ingenieurs, maar om de risico's van de nanotechnologie voor de volksgezondheid goed te kunnen inschatten en beheersen, is er ook behoefte aan goed opgeleide toxicologen en risicoanalisten;

7. gelet op het belang van voortdurende opleiding in het streven naar een dynamische kenniseconomie (Lissabondoelstelling);

8. wijst erop dat een bundeling van de onderzoekspanningen noodzakelijk is voor het genereren van een kritische massa op de 3 belangrijkste synergieassen: onderzoek, infrastructuur en opleiding;

9. gelet op het Lissabondoelstelling om 3% van het BBP aan O&O te besteden;

PROPOSITION DE RESOLUTION

LA CHAMBRE DES REPRÉSENTANTS,

1. considérant que les nanosciences et les nanotechnologies contribuent au renforcement du tissu économique et de la compétitivité d'un pays et d'une région et qu'elles peuvent apporter des solutions à des problèmes, par exemple, dans les domaines de l'environnement, des soins de santé, de l'alimentation, de l'approvisionnement durable en énergie et de la sécurité;

2. considérant que les nanotechnologies sont en premier lieu un ensemble de technologies de nature à accroître la productivité, qui auront une influence importante sur de nombreuses activités industrielles;

3. considérant que de nouveaux produits et processus résulteront de la convergence avec d'autres disciplines et, en particulier, avec les sciences cognitives;

4. considérant qu'une vision à long terme ainsi que la définition de priorités de recherche sont essentielles pour demeurer compétitif à l'échelle mondiale;

5. vu l'énorme potentiel des nanotechnologies, entre autres dans les sciences des matériaux, la fabrication, les technologies de l'information, les applications médicales, la biomimétique, le stockage et la production d'énergie et les applications en matière d'alimentation, d'eau et d'environnement;

6. considérant que pour concrétiser le potentiel des nanotechnologies, l'Union européenne et la Belgique doivent pouvoir disposer d'une population de scientifiques et d'ingénieurs interdisciplinaires, mais que pour pouvoir évaluer correctement et maîtriser les risques des nanotechnologies pour la santé publique, il est également nécessaire de disposer de toxicologues et d'analystes des risques bien formés;

7. vu l'importance que revêt la formation permanente dans la réalisation d'une économie de la connaissance dynamique (objectif de Lisbonne);

8. considérant qu'un regroupement des efforts de recherche est nécessaire pour générer une masse critique sur les trois principaux axes de synergie: la recherche, l'infrastructure et la formation;

9. vu l'objectif de Lisbonne de consacrer 3% du PIB à la R&D;

10. gelet op de weerslag van de recente krediet- en bankencrisis op de reële economie en de noodzaak van substantiële herstelinspanningen door de overheid om een economische recessie tegen te gaan;

VRAAGT AAN DE FEDERALE REGERING:

A. multidisciplinair onderzoek inzake nanotechnologie te stimuleren, waarbij onder meer fysici, chemici, biologen en ingenieurs samenwerken;

B. toe te zien op een betere coördinatie van de betrokken onderzoeksprogramma's, in samenwerking met de gewesten;

C. actief te streven naar meer samenwerking tussen zowel de gewesten en de onderzoeksorganisaties in de openbare en de particuliere sector, teneinde een kritische massa te kunnen bereiken;

D. in samenwerking met de gemeenschappen en de gewesten nieuwe benaderingen te ontwikkelen voor onderwijs en opleiding die afgestemd zijn op het onderzoek en de industrie;

E. toe te zien op een verantwoorde ontwikkeling van nanotechnologie die aansluit bij de verwachtingen van de bevolking, teneinde het vertrouwen van publiek en investeerders in nanotechnologie te behouden en te vergroten;

F. hiertoe het nodige te doen opdat ook werk wordt gemaakt van de maatschappelijke aspecten van nanotechnologie (publieke voorlichting, gezondheids- en milieuaspecten en risicoanalyse) en meer bepaald een risico-analyse op te maken in het kader van de wetgeving op de bescherming van de werknemers;

G. ertoe bij te dragen dat onderzoek en ontwikkeling in de nanotechnologie zich concentreert op enkele speerpunten en duidelijk focust op innovatie met meetbare en grote economische aspecten;

H. voldoende middelen te mobiliseren om de noodzakelijke kritische massa te creëren aan onderzoekscapaciteit, creatieve medewerkers, innovatieteams en ondernemingen;

10. vu les répercussions de la récente crise bancaire et du crédit sur l'économie réelle et la nécessité que les pouvoirs publics consentent des efforts de relance substantiels afin de lutter contre une récession économique;

DEMANDE AU GOUVERNEMENT FÉDÉRAL:

A. de stimuler la recherche pluridisciplinaire sur les nanotechnologies, associant notamment des physiciens, des chimistes, des biologistes et des ingénieurs;

B. de veiller à améliorer la coordination des programmes de recherche concernés, en collaboration avec les régions;

C. d'œuvrer activement au renforcement de la collaboration entre les régions et les organismes de recherche du secteur public et du secteur privé, afin de pouvoir atteindre une masse critique;

D. de développer, en collaboration avec les communautés et les régions, de nouvelles approches pour l'enseignement et la formation axées sur la recherche et l'industrie;

E. de veiller à un développement responsable des nanotechnologies répondant aux attentes de la population, afin de préserver et d'accroître la confiance du public et des investisseurs dans les nanotechnologies;

F. de faire le nécessaire pour que les implications sociales des nanotechnologies soient prises en considération (information du public, aspects sanitaires et environnementaux et analyses de risques); et plus particulièrement d'établir une analyse de risques dans le cadre de la législation sur la protection du travail;

G. de contribuer à focaliser la recherche et le développement en nanotechnologies sur quelques points prioritaires, en particulier sur les innovations ayant un impact économique mesurable et important;

H. de dégager des moyens suffisants pour créer la masse critique nécessaire en termes de capacité de recherche, de collaborateurs créatifs, d'équipes d'innovation et d'entreprises;

I. tenslotte erop toe te zien dat de geformuleerde prioriteiten passen in het terzake door de Europese Unie aangegeven kader (onder andere het zevende kaderprogramma).

17 december 2008

Yolande AVONTROODT (Open Vld)
Mark VERHAEGEN (CD&V)
David CLARINVAL (MR)
Christine VAN BROECKHOVEN (sp.a)
Jean CORNIL (PS)
Brigitte WIAUX (cdH)

I. de veiller enfin à ce que les priorités définies s'inscrivent dans le cadre fixé en la matière par l'Union européenne (notamment le septième programme-cadre).

17 décembre 2008

BIJLAGE

**GEDRAGSCODE VOOR VERANTWOORD
NANOWETENSCHAPPELIJK EN
NANOTECHNOLOGISCH ONDERZOEK
(EUROPESE COMMISSIE)**

Deze gedragscode biedt lidstaten, werkgevers, onderzoeksfinanciers, en meer algemeen alle particulieren en organisaties uit het maatschappelijke middenveld die betrokken zijn of belang hebben bij nanowetenschappelijk en nanotechnologisch (N&N) onderzoek («alle stakeholders»), richtsnoeren voor het bevorderen van een verantwoorde en open aanpak van N&N-onderzoek in de Gemeenschap.

De gedragscode vult de bestaande voorschriften aan. De lidstaten blijven volledig vrij om met betrekking tot N&N-onderzoek méér bescherming te verlenen dan in deze gedragscode is vastgelegd.

Stakeholders die zich bij deze gedragscode aansluiten, moeten zich zo nodig ook laten inspireren door de beginselen die zijn opgenomen in het Handvest van de grondrechten van de Europese Unie.

De gedragscode wordt door de Commissie gemonitord en op geregelde tijdstippen, namelijk om de twee jaar, geëvalueerd om rekening te houden met de N&N-ontwikkelingen wereldwijd en de integratie ervan in de Europese maatschappij.

1.— WERKINGSSFEER EN DOELSTELLING

De gedragscode nodigt alle stakeholders uit tot verantwoord handelen en samenwerken in overeenstemming met de Strategie en het Actieplan van de Commissie inzake N&N om ervoor te zorgen dat het N&N-onderzoek in de Gemeenschap binnen een veilig, efficiënt en ethisch kader wordt ondernomen en gericht is op duurzame economische, sociale en ecologische ontwikkeling.

De gedragscode heeft betrekking op alle in de Europese Onderzoeksruimte ondernomen N&N-onderzoeksactiviteiten.

Aansluiting bij de gedragscode gebeurt op vrijwillige basis. De code omvat een geheel van algemene beginselen en richtsnoeren voor maatregelen die door N&N-stakeholders zullen worden genomen. De gedragscode

ANNEXE

**CODE DE BONNE CONDUITE POUR UNE
RECHERCHE RESPONSABLE EN
NANOSCIENCES ET NANOTECHNOLOGIES
(COMMISSION EUROPÉENNE)**

Le présent code de bonne conduite fournit aux États membres, aux employeurs, aux organismes de financement de la recherche et, plus généralement, à toutes les personnes et organisations de la société civile (ci-après «toutes les parties prenantes») qui participent ou s'intéressent à la recherche en nanosciences et nanotechnologies (ci-après «N&N»), des lignes directrices favorisant une approche responsable et ouverte pour la recherche en N&N au sein de la Communauté.

Le code de bonne conduite complète les réglementations existantes. Les États membres gardent toute liberté d'instaurer un niveau de protection pour la recherche en N&N supérieur à celui défini dans le présent code de bonne conduite.

Les parties prenantes qui y adhèrent veilleront par ailleurs à s'inspirer, le cas échéant, des principes énoncés dans la Charte des droits fondamentaux de l'Union européenne.

Le code de bonne conduite fera l'objet d'un suivi et d'une révision à intervalles réguliers, en l'occurrence tous les deux ans, par la Commission, de façon à tenir compte des avancées réalisées dans les N&N à l'échelle internationale et de leur intégration dans la société européenne.

1. — PORTÉE ET OBJECTIF

Le code de bonne conduite invite toutes les parties prenantes à agir de manière responsable et à coopérer entre elles, conformément au plan d'action et à la stratégie de la Commission en faveur des N&N, afin de garantir que la recherche dans la Communauté s'effectue dans un cadre sûr, efficace et respectueux des principes éthiques, et porteur d'un développement économique, social et environnemental durable.

Le code de bonne conduite couvre toutes les activités de recherche en N&N entreprises dans l'Espace européen de la recherche.

Le code de bonne conduite est adopté sur une base volontaire. Il énonce un éventail de principes généraux et de lignes directrices pour les actions menées par toutes les parties prenantes dans les N&N. En outre, il devrait

moet de in het N&N-Actieplan voor Europa 2005-2009 geschetste regulerende en niet-regulerende benaderingen vergemakkelijken en onderbouwen, de uitvoering van de huidige regelgeving verbeteren en wetenschappelijke onzekerheden ondervangen.

De gedragscode moet eveneens een Europese grondslag vormen voor dialoog met derde landen en internationale organisaties.

2. — DEFINITIES

In het kader van deze gedragscode zijn de volgende definities van toepassing:

a) «Nano-objecten»: wegens het ontbreken van een algemeen gangbare internationale terminologie wordt overal in de gedragscode de algemene term nano-object gebruikt om uit N&N-onderzoek resulterende producten aan te duiden. Nano-objecten omvatten nanodeeltjes en de samenvoeging ervan op nanoschaal, nanosystemen, nanomaterialen, nanogestructureerde materialen en nanoprodukten.

b) «N&N-onderzoek»: in ruime zin omvat N&N-onderzoek alle onderzoeksactiviteiten die betrekking hebben op materie op nanometerschaal (1 tot 100 nm). Het behelst alle door de mens gemaakte nano-objecten, ongeacht of die geconstrueerd dan wel onwillekeurig gegenereerd zijn. Natuurlijk voorkomende nano-objecten vallen niet onder de gedragscode. N&N-onderzoek omvat onderzoeksactiviteiten die variëren van fundamenteel tot toegepast onderzoek, alsook technologische ontwikkeling en normvoorbereidend en -begeleidend onderzoek voor het onderbouwen van wetenschappelijk advies, normen en voorschriften.

c) «N&N stakeholders»: lidstaten, werkgevers, onderzoeksfinanciers, onderzoekers en meer algemeen alle particulieren en organisaties uit het maatschappelijk middenveld die zich bezighouden met, betrokken zijn of belang hebben bij N&N-onderzoek.

d) «Organisaties uit het maatschappelijk middenveld»: in de context van de gedragscode wordt hieronder verstaan elke niet-gouvernementele nonprofiit juridische entiteit die geen commerciële belangen vertegenwoordigt en die een gemeenschappelijk doel in het publieke belang nastreeft.

faciliter et renforcer les approches réglementaires et non réglementaires définies dans le plan d'action pour l'Europe 2005-2009 en faveur des N&N, améliorant ainsi l'application de la réglementation existante et apportant une réponse aux incertitudes scientifiques.

Le code de bonne conduite doit également devenir l'un des fondements européens du dialogue avec les pays tiers et avec les organisations internationales.

2. — DÉFINITIONS

Aux fins du présent code de bonne conduite, on entend par:

(a) «Nano-objets»: en l'absence d'une terminologie consensuelle à l'échelle internationale, le terme générique «nano-objet» désigne dans l'ensemble du code de bonne conduite les produits issus de la recherche en N&N. Il couvre les nanoparticules et leur aggrégation à l'échelle nanométrique, les nanosystèmes, les nanomatériaux, les matériaux nanostructurés et les nanoproduits.

(b) «Recherche en N&N»: au sens le plus large entendu dans le présent document, la recherche en N&N comprend toutes les activités de recherche traitant de la matière à l'échelle nanométrique (1 à 100 nm). Elle inclut tous les nano-objets produits par l'homme de manière intentionnelle ou involontaire. Les nano-objets générés naturellement ne relèvent pas du code de bonne conduite. La recherche en N&N comprend les activités allant de la recherche la plus fondamentale à la recherche appliquée, ainsi que le développement technologique et la recherche prénormative et conormative qui sous-tend les avis scientifiques, les normes et les réglementations.

(c) «Parties prenantes dans les N&N»: les États membres, les employeurs, les bailleurs de fonds en faveur de la recherche, les chercheurs et, plus généralement, toutes les personnes et organisations de la société civile qui participent ou s'intéressent à la recherche en N&N.

(d) «Organisations de la société civile»: dans le cadre du code de bonne conduite, on entend par organisation de la société civile toute entité juridique non gouvernementale à but non lucratif, qui ne représente pas des intérêts commerciaux et qui poursuit un objectif commun dans l'intérêt général.

3. —ALGEMENE BEGINSELEN

Deze gedragscode is gebaseerd op een geheel van algemene beginselen die maatregelen vereisen die gericht zijn op het garanderen van naleving ervan door alle stakeholders.

3.1. Betekenis

N&N-onderzoeksactiviteiten moeten begrijpelijk zijn voor het publiek. Zij moeten grondrechten respecteren en qua opzet, uitvoering, verspreiding en gebruik gericht zijn op het welzijn van particulieren en de maatschappij.

3.2. Duurzaamheid

N&N-onderzoeksactiviteiten moeten veilig en ethisch zijn en bijdragen tot duurzame ontwikkeling, door de duurzaamheidsdoelstellingen van de Gemeenschap te beogen en bij te dragen tot de realisatie van de millenniumdoelstellingen voor ontwikkeling van de Verenigde Naties. Zij mogen nu of in de toekomst geen schade berokkenen of een biologische, fysieke of morele dreiging creëren voor mensen, dieren, planten of het milieu.

3.3. Voorzorg

N&N-onderzoeksactiviteiten moeten worden uitgevoerd overeenkomstig het voorzorgsbeginsel, door te anticiperen op de potentiële milieu-, gezondheids- en veiligheidseffecten, door passende voorzorgsmaatregelen te nemen die evenredig zijn met het beschermingsniveau en door vooruitgang te stimuleren die de maatschappij en het milieu ten goede komt.

3.4. Inclusiviteit

N&N-onderzoeksactiviteiten moeten worden beheerd met inachtneming van de beginselen van openheid tegenover alle stakeholders, transparantie en naleving van het legitieme recht van toegang tot informatie. Alle stakeholders van N&N-onderzoeksactiviteiten moeten in staat worden gesteld deel te nemen aan het besluitvormingsproces.

3.5. Excellentie

N&N-onderzoeksactiviteiten moeten voldoen aan de beste wetenschappelijke normen, inclusief normen die de integriteit van onderzoek onderbouwen en normen betreffende goede laboratoriumpraktijken.

3. — PRINCIPES GÉNÉRAUX

Le présent code de bonne conduite se fonde sur une série de principes généraux préconisant des actions destinées à garantir le respect des principes par tous les acteurs.

3.1 Signification

Les activités de recherche en N&N doivent être compréhensibles par le public. Elles respectent les droits fondamentaux et leur conception, leur mise en oeuvre, leur diffusion et leur exploitation servent le bien-être des personnes et de la société.

3.2 Durabilité

Les activités de recherche en N&N sont sûres, respectent les principes éthiques et contribuent au développement durable. Elles concourent aux objectifs de durabilité de la Communauté et contribuent aux objectifs du Millénaire pour le développement des Nations Unies. Elles ne nuisent ni aux personnes, ni aux animaux, ni aux végétaux, ni à l'environnement et ne constituent pas une menace biologique, physique ou morale à leur égard, à l'heure actuelle comme à l'avenir.

3.3 Précaution

Les activités de recherche en N&N sont menées en respectant le principe de précaution, en anticipant les incidences éventuelles de leurs débouchés sur l'environnement, sur la santé et sur la sécurité et en prenant toute précaution utile en fonction du niveau de protection, tout en stimulant le progrès au bénéfice de la société et de l'environnement.

3.4 Inclusion

La gouvernance des activités de recherche en N&N est guidée par les principes d'ouverture à toutes les parties prenantes, de transparence et de respect du droit légitime d'accès à l'information. Elle permet la participation aux processus de décision de toutes les parties prenantes participant à des activités de recherche en N&N ou concernées par celles-ci.

3.5 Excellence

Les activités de recherche en N&N répondent aux meilleures normes scientifiques, notamment à celles qui sont le fondement de l'intégrité de la recherche et à celles relatives aux bonnes pratiques de laboratoire.

3.6. Innovatie

In het kader van het beheer van N&N-onderzoeksactiviteiten moeten maximale creativiteit, flexibiliteit en planvermogen voor innovatie en groei worden bevorderd.

3.7. Aanspreekbaarheid

De onderzoekers en onderzoeksorganisaties moeten aanspreekbaar blijven op de sociale, milieu- en menselijke gezondheidseffecten die hun N&N-onderzoek op huidige en toekomstige generaties kunnen hebben.

4. — RICHTSNOEREN BETREFFENDE TE NEMEN MAATREGELEN

De in dit punt opgenomen richtsnoeren steunen op het geheel van in punt 3 beschreven algemene beginselen. Zij beogen een leidraad te zijn voor het voeren van goed beheer, de passende inachtneming van het voorzorgsbeginsel, alsook de brede verspreiding en goede monitoring van de gedragscode. De hoofdverantwoordelijkheden betreffende de maatregelen worden hieronder aangegeven, maar alle N&N-stakeholders moeten binnen het kader van hun opdracht zoveel mogelijk bijdragen tot de uitvoering ervan.

4.1. Goed beheer van N&N-onderzoek

Voor een goed beheer van N&N-onderzoek moet rekening worden gehouden met de behoefte en het verlangen van alle stakeholders om op de hoogte te zijn van de specifieke uitdagingen en kansen van N&N. Er moet een algemene verantwoordelijkheidscultuur worden gecreëerd met het oog op mogelijke toekomstige uitdagingen en kansen die wij nu niet kunnen voorzien.

4.1.1. De lidstaten moeten met de Commissie samenwerken om een open en pluralistisch discussieforum voor N&N-onderzoek op communautair niveau in stand te houden, als een middel om het maatschappelijk debat over N&N-onderzoek te stimuleren, de aanwijzing en bespreking van punten van zorg en hoop aan te moedigen en het ontstaan van mogelijke initiatieven en oplossingen te vergemakkelijken. Dienovereenkomstig moeten de lidstaten de communicatie over voordelen, risico's en onzekerheden in verband met N&N-onderzoek versterken. Er moet specifiek aandacht worden besteed aan de jongere en oudere leden van de bevolking.

3.6 Innovation

La gouvernance des activités de recherche en N&N encourage au maximum la créativité, la flexibilité et l'aptitude à anticiper en faveur de l'innovation et de la croissance.

3.7 Responsabilité

Les chercheurs et les organismes de recherche demeurent responsables des incidences sur la société, l'environnement et la santé humaine que leurs recherches en N&N peuvent entraîner pour les générations actuelles et futures.

4. — LIGNES DIRECTRICES POUR LES ACTIONS À MENER

Les lignes directrices définies ci-dessous sont fondées sur l'ensemble de principes généraux décrits au point 3. Elles doivent servir de fil conducteur pour assurer une bonne gouvernance et le respect du principe de précaution, ainsi qu'une large diffusion et un suivi efficace du code de bonne conduite. Les parties auxquelles il incombe principalement d'agir sont définies ci-dessous, cependant toutes les parties prenantes des N&N contribuent autant que possible à la mise en oeuvre des lignes directrices, dans les limites de leurs attributions.

4.1 Bonne gouvernance de la recherche en N&N

La bonne gouvernance de la recherche en N&N tient compte de la nécessité et du souhait qu'ont toutes les parties prenantes d'avoir connaissance des enjeux et des opportunités spécifiques créés par les N&N. Une culture générale de la responsabilité doit être instaurée au regard des enjeux et des opportunités susceptibles d'apparaître dans le futur, pour l'heure imprévisibles.

4.1.1 Les États membres coopèrent avec la Commission afin d'entretenir un forum de discussion ouvert et pluraliste sur la recherche en N&N au niveau communautaire, permettant de favoriser le débat dans la société, en favorisant la mise au jour et l'examen des inquiétudes et des espoirs et en facilitant l'apparition des initiatives et solutions éventuelles. En conséquence, les États membres sont invités à communiquer plus efficacement sur les avantages, les risques et les incertitudes concernant la recherche en N&N. Les personnes plus jeunes et plus âgées doivent faire l'objet d'une attention particulière.

4.1.2. Met naleving van de intellectuele-eigendomsrechten worden de lidstaten, N&N-onderzoek financierende instanties, onderzoeksorganisaties en onderzoekers aangemoedigd om alle wetenschappelijke N&N-kennis alsook gerelateerde informatie zoals relevante normen, referenties, etiketten, effectenonderzoek, regel- en wetgeving, voor leken en de wetenschappelijke gemeenschap gemakkelijk toegankelijk en begrijpelijk te maken.

4.1.3. De N&N-onderzoeksorganisaties en -onderzoekers moeten ervoor zorgen dat wetenschappelijke gegevens en resultaten op passende wijze worden gepeerreviewd alvorens buiten de wetenschappelijke gemeenschap op grote schaal te worden verspreid, teneinde de duidelijkheid en evenwichtige presentatie ervan te verzekeren.

4.1.4. Gegeven het potentieel ervan moeten lidstaten en N&N-onderzoeksorganisaties ervoor zorgen dat N&N-onderzoek op het hoogste niveau van wetenschappelijke integriteit wordt verricht. Twijfelachtige N&N-onderzoekspraktijken (niet beperkt tot plagiaat, vervalsing en verzinning van gegevens) moeten worden bestreden aangezien zij risico's voor gezondheid, veiligheid en milieu met zich mee kunnen brengen, publiek wantrouwen kunnen wekken en de verspreiding van onderzoeksvoordelen kunnen vertragen. Particulieren die ongepaste onderzoekspraktijken signaleren, moeten door hun werkgever en nationale of regionale wetten worden beschermd.

4.1.5. De lidstaten moeten ervoor zorgen dat passende menselijke en financiële middelen worden besteed aan de toepassing van bestaande wet- en regelgeving die op N&N-onderzoek van toepassing is. Organisaties die N&N-onderzoeksactiviteiten verrichten, moeten op transparante wijze aantonen dat zij aan de relevante regelgeving voldoen.

4.1.6. De nationale en lokale ethische comités en de bevoegde autoriteiten moeten de wijze evalueren waarop eisen inzake ethische toetsing worden toegepast op onderzoek inzake nanotechnologie voor tweëerlei gebruik. Zij moeten met name de implicaties voor de grondrechten behandelen van alle mogelijke beperkingen van geïnformeerde toestemming en publicatie van onderzoeksresultaten in verband met menselijke gezondheid.

4.1.2 Les États membres, les organismes de financement de la recherche en N&N, les organismes de recherche et les chercheurs sont encouragés à assurer que toutes les connaissances scientifiques sur les N&N, ainsi que toutes les informations y afférentes, telles que les normes, les références, les étiquettes, les recherches sur les incidences, les réglementations et les législations soient facilement accessibles et compréhensibles pour les personnes non initiées et pour la communauté scientifique, et ce dans le respect des droits de la propriété intellectuelle.

4.1.3 Les organismes de recherche et les chercheurs en N&N s'assurent que les données et résultats scientifiques font l'objet d'une évaluation en bonne et due forme par les pairs avant d'être largement diffusés en dehors de la communauté scientifique, par souci de clarté et d'équilibre de leur présentation.

4.1.4 Étant donné le potentiel de la recherche en N&N, les États membres et les organismes de recherche s'assurent que celle-ci est menée en toute intégrité scientifique. Les pratiques douteuses (le plagiat, la falsification et la fabrication de données n'étant que des exemples) doivent être combattues, car elles sont susceptibles d'entraîner des risques pour la santé, la sécurité et l'environnement, de susciter la méfiance du public et de ralentir la diffusion des bénéfices de la recherche. Toute personne signalant une usurpation de propriété dans le domaine de la recherche est protégée par son employeur et par le droit national ou régional.

4.1.5 Les États membres veillent à ce que des ressources humaines et financières soient consacrées à l'application des lois et réglementations en vigueur dans le domaine de la recherche en N&N. Les organismes menant des activités de recherche en N&N établissent de manière transparente leur respect des réglementations applicables.

4.1.6 Les comités d'éthique et les autorités compétentes au niveau national et local évaluent la façon dont les critères d'évaluation éthiques sont appliqués à la recherche sur les nanotechnologies à double usage. Ils étudient notamment les incidences sur les droits fondamentaux de toutes les restrictions éventuelles en matière de consentement éclairé et de publication de résultats de recherches sur la santé humaine.

Bevordering van een inclusieve aanpak

4.1.7. Over de grote lijnen van N&N-onderzoek moet op inclusieve wijze worden beslist en alle stakeholders dienen inspraak te krijgen bij de voorbesprekingen van deze grote lijnen.

4.1.8. De lidstaten, N&N-onderzoek financierende instellingen, onderzoeksorganisaties en onderzoekers worden aangemoedigd om in de vroegste stadia en via participerende toekomstplanningsexercities na te denken over de toekomstige implicaties van technologieën of objecten die wetenschappelijk worden onderzocht. Dit zou de ontwikkeling mogelijk kunnen maken van oplossingen voor potentiële negatieve effecten van het gebruik van een nieuw object of nieuwe technologie in een later stadium. Overleg met relevante ethische comités moet naarmate dit nodig is een onderdeel zijn van dergelijke toekomstplanningsexercities.

4.1.9. Het N&N-onderzoek zelf moet open staan voor bijdragen van alle stakeholders, die dienen te worden geïnformeerd en ondersteund zodat zij binnen het bestek van hun opdracht en mandaat actief aan onderzoeksactiviteiten kunnen deelnemen.

Kernprioriteiten

4.1.10. De onderzoeksautoriteiten en normalisatieinstanties moeten pogen gestandaardiseerde N&N-terminologie te gebruiken om de communicatie van wetenschappelijk bewijs te vergemakkelijken. Zij moeten standaardmeetprocedures alsook het gebruik van passende referentiematerialen stimuleren om de vergelijkbaarheid van wetenschappelijke gegevens te verbeteren.

4.1.11. De N&N-onderzoek financierende instellingen moeten een passend deel van N&N-onderzoek wijden aan de ontwikkeling van methoden en instrumenten voor risicobeoordeling, de verfijning van metrologie op nanoschaal en normalisatieactiviteiten. In deze context moet bijzondere aandacht worden besteed aan de ontwikkeling van methoden om het risico van actieve nanostructuren van de tweede generatie te beoordelen.

4.1.12. De N&N-onderzoek financierende instellingen geven in de jaarrekeningen en jaarverslagen met betrekking tot hun financieringsactiviteiten aan welke bedragen zij in elk van die domeinen hebben besteed.

4.1.13. De lidstaten, N&N-onderzoek financierende instellingen en organisaties moeten N&N-onderzoeksgebieden met de breedst mogelijke positieve impact

Favoriser une approche inclusive

4.1.7 Les orientations générales pour la recherche en N&N sont arrêtées suivant le principe de l'inclusion, qui permet à tous les acteurs de contribuer aux discussions préalables portant sur ces orientations.

4.1.8 Les États membres, les organismes de financement de la recherche en N&N, les organismes de recherche et les chercheurs sont invités à examiner, au stade le plus précoce et moyennant des exercices participatifs de prospective, les incidences futures des technologies ou objets à l'étude. Des solutions pourraient ainsi être trouvées afin d'éviter les éventuelles retombées négatives résultant de l'utilisation de technologies ou objets nouveaux à un stade ultérieur. Des consultations avec les comités d'éthique compétents sont menées dans le cadre de ces exercices de prospective, le cas échéant.

4.1.9 La recherche en N&N proprement dite est ouverte aux contributions de toutes les parties prenantes, qui sont informées et encouragées de manière à pouvoir jouer un véritable rôle dans les activités de recherche, dans les limites de leur mission et de leur mandat.

Priorités essentielles

4.1.10 Les autorités de la recherche et les organismes de normalisation s'efforcent d'adopter la terminologie normalisée relative aux N&N, afin de faciliter la diffusion des éléments scientifiques probants. Ils encouragent l'utilisation de procédures de mesure normalisées et de matériaux de référence appropriés, en vue d'améliorer la comparabilité des données scientifiques.

4.1.11 Les organismes de financement de la recherche en N&N consacrent une part satisfaisante de la recherche à la conception de méthodes et d'instruments d'évaluation des risques, à l'établissement d'une métrologie plus précise à l'échelle nanométrique et aux activités de normalisation. Dans ce contexte, une attention particulière est accordée à la mise au point de méthodes d'évaluation du risque lié aux nanostructures actives de seconde génération.

4.1.12 Les organismes de financement de la recherche en N&N indiquent les montants dépensés pour chacun de ces domaines dans les états financiers et rapports de gestion relatifs à leurs activités de financement.

4.1.13 Les États membres, les organismes de financement de la recherche en N&N et les organismes de recherche soutiennent les domaines de recherche en

stimuleren. Prioriteit moet worden gegeven aan onderzoek dat is gericht op de bescherming van het publiek en het milieu, de consumenten of werknemers en op de vermindering, verfijning of vervanging van dierexperimenten.

4.1.14. De N&N-onderzoek financierende instellingen moeten op basis van de beste beschikbare wetenschappelijke gegevens evenwichtige beoordelingen uitvoeren en publiceren van de potentiële kosten, risico's en voordelen van onderzoeksgebieden die voor financiering in aanmerking komen.

Verbod, restricties of beperkingen

4.1.15. De N&N-onderzoek financierende instellingen mogen in de onderzoeks- noch de ontwikkelingsfase onderzoek financieren op gebieden die de schending van grondrechten of ethische grondbeginselen zouden kunnen inhouden (bv. onderzoek naar kunstvirussen met pathogeen potentieel).

4.1.16. De N&N-onderzoeksorganisaties mogen zich niet inlaten met onderzoek dat gericht is op niet-therapeutische verbetering van menselijke wezens en dat tot afhankelijkheid leidt, noch met onderzoek dat enkel gericht is op de onwettige verbetering van de prestatie van het menselijk lichaam.

4.1.17. Zolang geen risicobeoordelingsstudies over de veiligheid op lange termijn beschikbaar zijn, moet onderzoek worden vermeden dat doelbewuste indringing van nano-objecten in het menselijk lichaam en opname ervan in voeding (met name babyvoeding), voer, speelgoed, cosmetica en andere producten inhoudt, met risico's voor mens en milieu.

4.2. Passende inachtneming van voorzorg

Gezien het ontbreken van kennis over de milieu- en gezondheidseffecten van nano-objecten moeten de lidstaten het voorzorgsbeginsel toepassen om tijdens N&N-onderzoeksactiviteiten niet alleen onderzoekers, die het eerst met nano-objecten in contact zullen komen, maar ook vakmensen, consumenten, burgers en het milieu te beschermen.

4.2.1. Studenten, onderzoekers en onderzoeksorganisaties die betrokken zijn bij N&N-onderzoek moeten specifieke gezondheids-, veiligheids- en milieumaatregelen nemen die aangepast zijn aan de eigenaardigheden van de gemanipuleerde nano-objecten. Er dienen

N&N ayant les retombées positives les plus larges possibles. Priorité doit être donnée à la recherche destinée à protéger le public et l'environnement, les consommateurs et les travailleurs et à réduire, améliorer ou remplacer les expérimentations animales.

4.1.14 Les organismes de financement de la recherche en N&N réalisent et publient des évaluations équilibrées, fondées sur les meilleures données scientifiques disponibles, concernant les coûts, les risques et les bénéfices potentiels des domaines de recherche admissibles au financement.

Interdictions, restrictions ou limitations

4.1.15 Les organismes de financement de la recherche en N&N ne financent aucune activité dans des domaines susceptibles d'entraîner des violations des droits ou principes éthiques fondamentaux, tant au stade de la recherche qu'à celui du développement (tels que les virus de synthèse à potentiel pathogène).

4.1.16 Les organismes de recherche en N&N ne mènent pas de travaux visant à apporter un bénéfice non thérapeutique aux êtres humains en créant une dépendance, ni de travaux visant uniquement l'amélioration frauduleuse des performances du corps humain.

4.1.17 Tant qu'aucune étude d'évaluation des risques sur la sécurité à long terme n'est disponible, il convient de s'abstenir de mener des recherches impliquant l'intrusion volontaire de nano-objets dans le corps humain ou leur incorporation à la nourriture (notamment dans les aliments pour bébés), aux aliments pour animaux, aux jouets, aux produits cosmétiques et autres produits susceptibles d'exposer les personnes et l'environnement à des risques.

4.2 Respect du principe de précaution

Étant donné le manque de connaissances concernant les retombées potentielles des nano-objets sur l'environnement et sur la santé, les États membres appliquent le principe de précaution afin de protéger non seulement les chercheurs, qui seront les premiers au contact des nano-objets, mais également les professionnels, les consommateurs, les citoyens et l'environnement, dans le cadre des activités de recherche en N&N.

4.2.1 Les étudiants, chercheurs et organismes de recherche en N&N menant des activités dans ce domaine prennent des mesures spécifiques pour la santé, la sécurité et l'environnement, qui soient adaptées aux particularités des nano-objets manipulés. Des lignes

specifieke richtsnoeren betreffende de preventie van door nano-objecten geïnduceerde pathologieën te worden ontwikkeld, in overeenstemming met de Communautaire Strategie 2007-2014 voor de gezondheid en veiligheid op het werk.

4.2.2. De N&N-onderzoeksorganisaties moeten de bestaande goede praktijken betreffende indeling en etikettering toepassen. Bovendien moeten zij, aangezien nano-objecten door hun grootte specifieke eigenschappen kunnen bezitten, onderzoek verrichten naar systemen (en bijvoorbeeld ook specifieke pictogrammen ontwikkelen) die erop gericht zijn onderzoekers en meer in het algemeen mensen die in onderzoeksruimtes in contact kunnen komen met nano-objecten (bv. veiligheids- en hulpverleningspersoneel) te informeren, zodat zij in verband met hun opdrachten de nodige en passende beschermingsmaatregelen kunnen nemen.

4.2.3. De publieke en private N&N-onderzoek financierende instellingen moeten vragen dat samen met elk ingediend voorstel tot financiering van N&N-onderzoek een risicobeoordeling wordt ingediend.

4.2.4. De programma's van N&N-onderzoek financierende instellingen moeten monitoring van de potentiële sociale, milieu- en menselijke gezondheidseffecten van N&N gedurende een relevante periode behelzen.

De toepassing van het voorzorgsbeginsel moet het verkleinen van de verschillen inzake wetenschappelijke kennis, en derhalve het ondernemen van nieuwe acties voor onderzoek en ontwikkeling, zoals hieronder omschreven:

4.2.5. De onderzoek financierende instellingen moeten een passend deel van het N&N-onderzoek wijden aan het begrijpen van de potentiële risico's, met name voor het milieu en de menselijke gezondheid, van nano-objecten tijdens hun hele levenscyclus gaande van hun ontstaan tot hun levenseinde, inclusief recycling.

4.2.6. De N&N-onderzoeksorganisaties en -onderzoekers moeten specifieke N&N-onderzoeksactiviteiten opstarten en coördineren om meer inzicht te krijgen in fundamentele biologische processen in verband met de toxicologie en ecotoxicologie van kunstmatige of natuurlijke nano-objecten. Zij moeten positieve, negatieve of neutrale gegevens en bevindingen over de biologische effecten ervan publiceren na passende validering op brede schaal.

4.2.7. De N&N-onderzoek financierende instellingen moeten specifieke onderzoeksactiviteiten opstarten en coördineren om meer inzicht te krijgen in ethische,

directrices particuliere relaties tot de preventie van pathologies provoquées par les nano-objets seront établies conformément à la stratégie communautaire 2007-2012 pour la santé et la sécurité au travail.

4.2.2 Les organismes de recherche en N&N appliquent les bonnes pratiques existantes en matière de classification et d'étiquetage. En outre, puisque les nano-objets peuvent présenter des caractéristiques particulières en raison de leur taille, ces organismes mènent des recherches sur des systèmes (par exemple la conception de pictogrammes spécifiques) destinés à informer les chercheurs et, plus généralement, les personnes susceptibles de se trouver au contact de nano-objets dans des locaux de recherche (personnel de sécurité et d'intervention par exemple), afin de leur permettre de prendre les mesures de protection qui s'imposent, dans le cadre de leurs attributions.

4.2.3 Les organismes publics et privés de financement de la recherche en N&N demandent la présentation d'une analyse des risques pour chaque proposition de financement de travaux.

4.2.4 Les programmes des organismes de financement de la recherche en N&N incluent le suivi des incidences potentielles des N&N sur la société, l'environnement et la santé humaine, et ce sur une durée suffisante.

L'application du principe de précaution consiste notamment à combler les lacunes des connaissances scientifiques et, partant, à réaliser des actions supplémentaires de recherche et développement telles que décrites ci-dessous.

4.2.5 Les organismes de financement consacrent une part suffisante de la recherche en N&N à la compréhension des risques potentiels liés aux nano-objets, notamment pour l'environnement et la santé humaine, en couvrant l'intégralité de leur cycle de vie, y compris le recyclage.

4.2.6 Les organismes de recherche et les chercheurs en N&N lancent et coordonnent des activités spécifiques visant à mieux comprendre les processus biologiques fondamentaux qui entrent en jeu dans la toxicologie et l'écotoxicologie des nano-objets fabriqués par l'homme ou naturels. Ils diffusent largement, une fois celles-ci dûment validées, les données et les conclusions relatives à leurs effets biologiques, qu'ils soient positifs, négatifs ou nuls.

4.2.7 Les organismes de financement de la recherche en N&N lancent et coordonnent des activités de recherche spécifiques en vue de mieux comprendre les

juridische en maatschappelijke effecten van de nieuwe door N&N ontsloten gebieden. Informatie- en communicatietechnologieën en biotechnologie, alsook de convergentie tussen deze gebieden, de cognitieve wetenschappen en N&N moeten speciale aandacht krijgen.

4.3. Brede verspreiding en monitoring van de gedragscode

4.3.1. De lidstaten moeten de brede verspreiding van deze gedragscode, met name via nationale en regionale publieke onderzoek financierende instellingen, ondersteunen.

4.3.2. Behalve het bestaan van deze gedragscode moeten de N&N-onderzoek financierende instellingen ervoor zorgen dat N&N-onderzoekers van alle relevante wetgeving alsook van ethische en sociale kaders op de hoogte zijn.

4.3.3. Aangezien de toepassing van de gedragscode overall in de Gemeenschap moet worden gemonitord, moeten de lidstaten met de Commissie samenwerken om adequate maatregelen uit te werken om die monitoring op nationaal niveau uit te voeren en synergieën met andere lidstaten te garanderen.

incidences sur le plan éthique, juridique et sociétal des nouveaux domaines créés par les N&N. Les technologies de l'information et de la communication ainsi que la biotechnologie font l'objet d'une attention particulière, tout comme la convergence entre ces domaines, les sciences cognitives et les N&N.

4.3 Diffusion à grande échelle et suivi du code de bonne conduite

4.3.1 Les États membres soutiennent la diffusion à grande échelle du présent code de bonne conduite, notamment par l'intermédiaire de leurs organismes publics nationaux et régionaux de financement de la recherche.

4.3.2 Outre l'existence du présent code de bonne conduite, les organismes de financement de la recherche en N&N s'assurent que les chercheurs en N&N ont connaissance de la législation pertinente, des principes éthiques et du cadre social.

4.3.3 Étant donné que l'application du code de bonne conduite doit faire l'objet d'un suivi dans l'ensemble de la Communauté, les États membres collaborent avec la Commission à l'établissement de mesures appropriées permettant d'assurer ce suivi au niveau national et de créer des synergies avec les autres États membres.