

*Conseil général des mines
(Consejo general de minas)*

*Conseil général des technologies
de l'information
(Consejo general de tecnologías de
la información)*

**LAS NANOTECNOLOGÍAS:
ÉTICA Y PROSPECTIVA INDUSTRIAL**

TOMO 1

**Jean-Pierre DUPUY, Ingeniero general de Minas
Françoise ROURE, Inspector general de Correos y Telecomunicaciones**

SECCIÓN "INNOVACIÓN Y EMPRESA"

15 de noviembre de 2004

LAS NANOTECNOLOGÍAS:

ÉTICA Y PROSPECTIVA INDUSTRIAL

RESUMEN

Las políticas públicas deberán enfrentar un gran reto en los próximos treinta años, el de las nanotecnologías. Un relance ambicioso de los grandes programas científicos y técnicos para estimular el empleo y la competitividad está en la orden del día en Francia y en la Unión europea. Esto indica que las nanotecnologías están destinadas a ocupar un lugar importante.

En este campo, los principales países de la OCDE ya han tomado disposiciones explícitas de apoyo público a la investigación y la innovación. El Consejo de competitividad del 24 de septiembre de 2004, conciente del papel y del potencial importante de las nanociencias y las nanotecnologías en numerosos campos, ha reconocido su interés para la calidad de la vida, el desarrollo durable y la competitividad de la industria europea.

Reconociendo que el desarrollo de las nanotecnologías es inevitable, la sección “Innovación y empresa” común al *Conseil général des mines* (Consejo general de minas - CGM) y al *Conseil général des technologies de l'information* (Consejo general de las tecnologías de la información - CGTI) ha inscrito en su programa de trabajo una misión destinada a preparar los principales ejes de evaluación de la política pública francesa frente a las nanotecnologías, en base a un análisis de los contextos europeo e internacional, tomando en cuenta todas sus dimensiones, en particular de sociedad y éticas.

El enfoque prospectivo ha conducido a la misión a situar las nanotecnologías dentro de una dinámica mucho más potente de la metaconvergencia de las tecnologías de capacidad transformacional, es decir, las tecnologías de la información y de las comunicaciones, las biotecnologías, las ciencias y tecnologías cognitivas y las nanotecnologías.

El informe concluye con trece recomendaciones, las más importantes a corto plazo son, desde el punto de vista de la acción pública en Francia, la creación de una coordinación interministerial en sinergia con todas las partes participantes y en eco, la implementación de una entidad de síntesis capaz de responder a la aplicación efectiva de esta política pública.

La participación activa de Francia en los procesos emergentes, se trate de la normalización o del compromiso en un diálogo a nivel internacional destinado a definir principios comunes para un desarrollo seguro, durable, responsable y éticamente aceptable de las nanotecnologías, es absolutamente necesaria, según modos y medios que deben ser definidos.

LAS NANOTECNOLOGÍAS:

ÉTICA Y PROSPECTIVA INDUSTRIAL

CONTENIDO

Introducción	p. 6
---------------------------	------

PARTE 1 . ÉTICA Y NANOTECNOLOGÍAS

1. Las realidades industriales de las nanotecnologías	p. 10
a. Nanociencias y nanotecnologías	p. 10
b. Apoyo público a las nanotecnologías y sinergias público-privado	p. 13
c. Mercados emergentes	p. 16
2. Los riesgos creados por las nanotecnologías	p. 18
a. De la causalidad simple	p. 20
b. Naturaleza dinámica y sistémica de los riesgos relativos a las nanotecnologías	p. 21
3. Las cuestiones éticas planteadas por las nanotecnologías	p. 24
a. La ética más allá del análisis de los riesgos	p. 24
b. Hacia una consideración institucional progresiva	p. 28
c. Los obstáculos culturales al tratamiento de la cuestión ética	p. 31

PARTE 2. NANOTECNOLOGÍAS Y METACONVERGENCIA

1. El lugar de las nanotecnologías en la próxima ola tecnológica	p. 35
a. Las convergencias por combinaciones simples	p. 35
b. Las convergencias por combinaciones múltiples	p. 37
c. El lugar singular de la ciencia cognitiva y de las neurotecnologías	p. 37

2. Las divergencias de puntos de vista sobre las tecnologías convergentes NBIC	p. 39
a. La NSF y la problemática del aumento de las prestaciones	p. 39
b. El informe de peritos de la Comisión europea y la cuestión de la finalidad	p. 40
c. La cuestión abierta de las tecnologías duales y la calidad de la competencia	p. 42
3. Los riesgos relativos a la innovación y los intercambios	p. 43
a. La evolución necesaria del marco reglamentario	p. 44
b. La cuestión crucial de las normas y derechos de propiedad intelectual	p. 45

PARTE 3. PROSPECTIVA Y SUBSIDIARIDAD DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN LA META-CONVERGENCIA

1. La cuestión de la responsabilidad pública	p. 49
a. Observar para gestionar y comprender en los planos nacional y regional	p. 50
b. Escoger los espacios de libertad y las actividades sometidas a una reglamentación	p. 53
c. Aplicar el principio de rendir cuentas	p. 54
2. Inspirar la posición de la Unión europea de cara a las normas comunitarias	p. 56
a. Algunos requisitos previos para una posición francesa clara ante las instituciones de la Unión europea	p. 56
b. Poner en coherencia la política pública de las nanotecnologías con los otros grandes campos de la acción pública en la Unión europea	p. 57
3. Tomar su lugar en el diálogo internacional responsable	p. 58
a. Naturaleza y futuro del diálogo internacional responsable	p. 59
b. La caracterización necesaria del diálogo internacional responsable y la continuación del proceso	p. 60
Conclusión	p. 62
Recomendaciones	p. 63
Notas de fin del informe	p. 66
Lista de los anexos Tomo 1	
Anexos (continuación) Tomo 2	

INTRODUCCIÓN

Este informe resulta de una misión destinada a estudiar el impacto multidimensional de las nanotecnologías y sus implicaciones relativas a la regulación, inscrita en el programa de la sección “Innovación y empresa” común al Consejo general de minas y al Consejo general de tecnologías de la información.

Destinada a preparar los principales ejes de evaluación de la política pública francesa en el campo de las nanotecnologías, esta misión ha dado lugar, más allá de los trabajos de análisis y de síntesis normales, a una serie de intervenciones en las diferentes esferas prospectivas o de decisión, tomando en cuenta la gran aceleración que ha tenido la actualidad de este expediente en la escena internacional y al interior de la Unión europea.

Apoyándose en particular en los trabajos realizados por la Oficina parlamentaria de las posiciones científicas y técnicas, la Academia de ciencias y la Academia de las tecnologías, y por el Ministerio de Educación nacional, de la Enseñanza superior y de la Investigación sobre la evaluación de la financiación pública francesa asignada a las nanotecnologías, la misión ha deseado tomar un punto de vista más amplio y más prospectivo a fin de destacar la pertinencia y la importancia de la acción pública en este campo.

De esta manera, obtenemos de estos trabajos una definición de las nanociencias, es decir “el conjunto de las investigaciones destinadas a la síntesis y el estudio de los nanoobjetos dotados de propiedades (físicas, químicas o biológicas), así como el descubrimiento de los métodos de ensamble que permiten acceder a nanomateriales y la de los métodos de organización que permitirán ir a los materiales adaptables”¹. El prefijo “nano” designa un millonésimo de unidad, el nanómetro designa un millonésimo de metro.

Los nanomateriales pueden definirse ellos mismos como “materiales compuestos o constituidos de nanoobjetos que confieren a estos materiales propiedades mejoradas o específicas a la dimensión nanométrica (de 1 a 100 nanómetros)”². Se presentan en forma de partículas libres o fijas, de fibras o de tubos, de cristales o de láminas, o aún de porosidades; tienen un desarrollo industrial notable en el campo de los nanotubos de carbono. Los nanocristales semiconductores, de un tamaño incluido entre 2 y 10 nanómetros, se llaman *granos cuánticos*³ en la terminología de los media, debido a que sus propiedades están definidas por el cuerpo científico de la mecánica cuántica.

El principal argumento en favor de las nanotecnologías, que explica por qué su desarrollo es ineluctable, es que sólo ellas podrán resolver, contorneándolas, las dificultades inmensas (clima, envejecimiento, salud, contaminación, energía, desarrollo equitativo y durable...) que deben enfrentar las sociedades industriales y posindustriales, en sus dimensiones privada y pública. Sin embargo, su viabilidad misma está sujeta a numerosas incertidumbres conceptuales, físicas, industriales, económicas y sociales.

En particular, los riesgos asociados a las nanotecnologías no son en su misma naturaleza, comparables a los de las tecnologías que conocemos actualmente, en particular si nos referimos a las potencialidades de combinación de las nanotecnologías con otras tecnologías de capacidad transformacional. Por cierto, la manera clásica de conocer las propiedades a la escala nanométrica es la miniaturización progresiva, con los límites propios a las escalas meso, micro y nanométricas. Pero a ella sola no basta. Es necesario asociarle el proceso llamado de ingeniería inversa (*bottom up*) que se refiere a la teoría de los sistemas complejos con autoorganización. Los programas de investigación europeos ya toman en cuenta esta noción, que se traduce incluso en las denominaciones de los proyectos, tales como el “Bottom-Up Nano-calculator – BUN” cuya coordinación ha sido confiada al Centro nacional de investigación científica (CNRS)⁴.

La contrapartida exacta de las considerables ventajas esperadas de las nanotecnologías se puede estimar difícilmente. Para esto, será necesario efectuar trabajos importantes de conceptualización, de observación, de gestión y de evaluación de los riesgos junto con la comunidad académica e industrial internacional. A la metaconvergencia responde el metarriesgo⁵, es decir la enorme dificultad de imaginar procedimientos, normas o reglas que permitirían enfrentar todo tipo de riesgo engendrado, directa o indirectamente, por la interferencia de las nanotecnologías con la vida diaria, los poderes estructurales y los poderes relacionales.

En consecuencia, la calidad de la apropiación de la sociedad de las nanotecnologías depende de los principios directores, éticos, de los que se dotarán las sociedades para establecer los límites socialmente aceptables a los usos de las nanotecnologías, en particular cuando se trate de las posibilidades de aumento de las capacidades cognitivas y físicas de los hombres por la convergencia bio-nano-info y cogo, con finalidades potencialmente contrastadas.

En consecuencia, el informe de la misión se ha focalizado en la ética y la prospectiva industrial de las nanotecnologías frente a la metaconvergencia, considerando que los desafíos esenciales para Francia así como su credibilidad y su influencia futura dependerán de su capacidad de hacer prevalecer esta problemática.

Después de un recordatorio de los datos esenciales disponibles sobre las realidades industriales y de investigación, el informe abordará en una primera parte la cuestión de los riesgos emergentes inducidos por las nanotecnologías, en su dimensión dinámica y sistémica, y las cuestiones éticas levantadas por estas tecnologías, materiales sintéticos y sistemas, cuya primera característica es de estar incorporados, embarcados y diseminados de manera invisible.

En una segunda parte, el informe pondrá las nanotecnologías en perspectiva frente a la nueva ola tecnológica al horizonte 2020. Se tratará de circunscribir la utilidad social esperada de las nanotecnologías, ya no consideradas como tales, sino en su incorporación a procesos de producción antiguos o innovadores, para ofertas industriales de bienes y servicios que sean solventes en mercados públicos o privados, civiles o militares. Las problemáticas de las tecnologías duales, críticas y de soberanía se desarrollarán aquí además de las anticipaciones sobre la competitividad económica aportada por la metaconvergencia llamada “bio-nano-info-cogno”.

La síntesis de las dos primeras partes nos conducirá naturalmente a formular, en una tercera parte, elementos de respuesta a la cuestión de la subsidiaridad en la acción pública, apoyándose en las responsabilidades respectivas de cada nivel de subsidiaridad y de la calidad de los actores implicados, tales como las hemos percibido dentro de los límites de nuestra misión. Las trece recomendaciones que concluyen el informe son su resultado directo.

A partir de las contribuciones realizadas por los autores durante la fase de investigación y a fin de concentrar el informe sobre lo esencial, se le enviará sistemáticamente a los anexos donde se dan las precisiones descriptivas y los textos de fondo.

PARTE 1. ÉTICA Y NANOTECNOLOGÍAS

Existen dos enfoques bastante practicados de las relaciones entre la sociedad y la técnica, que era tentador transponer a la historia de las nanotecnologías: el primer enfoque consiste en erigir en axioma que las ciencias preceden siempre las técnicas, el segundo consiste en decir que la sociedad selecciona siempre una tecnología en base a un cálculo racional diferencial entre las ventajas y los inconvenientes esperados de su adopción.

La misión ha tomado de un golpe sus distancias con tales puntos de vista. ¿Por qué? Porque son o serán inoperantes en el tiempo.

Estas son las nuevas herramientas de observación, de simulación y de manipulación de la materia a la escala nanométrica, tales como los microscopios con efecto de túnel, que se apoyan en los desarrollos más recientes de la metrología, que abren campos totalmente nuevos de investigación fundamental, en las disciplinas tradicionales tales como la física y la química, y también en la intersección de las disciplinas científicas académicas. Cuando la acción científica experimental, además, puede realizarse a la escala del nanómetro y en un periodo del orden del femtosegundo, la escala de los tiempos de la observación define el fenómeno, en general es vibratorio y “por error” fijo, consagrando así “la primicia de la onda al corpúsculo”⁶. Así como en la femtoquímica, donde es posible filmar por estroboscopia la reacción química misma.

En consecuencia, las nanotecnologías tienen este poder de apertura de nuevos campos científicos y un atraso eventual tendría un alcance considerable en términos de riesgos de dependencia y de daño a los intereses vitales y a la soberanía nacional, en un contexto de guerra económica exacerbada.

Esta primera parte desarrollará sucesivamente las fundamentales industriales en las que se apoyan las nanotecnologías, una discusión de la naturaleza de los riesgos que inducen, y la activación de la cuestión ética con las preocupaciones legítimas de calidad y de competitividad.

1 Las realidades industriales de las nanotecnologías

Las nanotecnologías y nanomateriales no constituyen ni un sector ni una rama en el sentido de la contabilidad nacional, ni siquiera una rama de la economía industrial. Escapan a las tablas de intercambio industrial, a las estadísticas del comercio exterior, e incluso no están presentes en ninguna nomenclatura de actividad y de producto francés, europea o en las tablas de correspondencia del OCDE. No figuran directamente en las clasificaciones de las oficinas de patentes donde aparecen bajo la rúbrica de la ciencia más cercana (dominante física o química...). Son, desde fin de septiembre de 2004, el objeto de una interrogación relativa a su toma en cuenta o no en las clasificaciones existentes de las sustancias químicas en particular. Sea lo que sea, será necesario acordar en una terminología, una clasificación, una nomenclatura, un lenguaje que sea común a todas las partes en el plano mundial.

a. Nanociencias y nanotecnologías

Para la Comisión europea, las nanociencias y las nanotecnologías constituyen nuevos enfoques de la IyD tendientes a dominar la estructura fundamental y el comportamiento de la materia a nivel de los átomos y de las moléculas. Ofrecen la posibilidad de comprender fenómenos nuevos e inducir nuevas propiedades que se puedan explotar a la escala microscópica y macroscópica⁷.

Este campo está en definición y es lo que hace su lectura y su interpretación, y con mayor razón su proyección y su prospectiva, extremadamente sujetas a caución desde el punto de vista del rigor científico. Los estudios de mercado que aparecen, costosos, se basan en valores declarativos de las entidades que entran en los paneles y otras muestras. Se basan en una segmentación fina de los mercados de productos (por ejemplo cosméticos) o de procedimientos que pueden tener un carácter doble (retardador de combustión, filtración del aire por nanotubos de carbono...) y raras veces ofrecen una apreciación de conjunto. Si ellos son útiles para aclarar al responsable público sobre las intenciones y anticipaciones de los actores, en revancha no se podría, en base a sus resultados, sacar conclusiones definitivas y de alcance general teniendo en cuenta los sesgos metodológicos identificados.

De esta manera⁸, el grupo norteamericano Nano Business Alliance, que reúne los principales actores privados norteamericanos del sector, estimaba a 45,5 mil millones de dólares la dimensión del mercado mundial y contaba con un mercado de 700 mil millones en 2008. La *National Science Foundation* (NSF, Fundación de ciencia nacional) norteamericana ha publicado una previsión de 1 billón de dólares antes de 2015, que se reparten de la manera siguiente: 57 % para la informática, 32 % para los materiales, 17 % para las ciencias de la vida. Sin embargo el método de elaboración de estos datos no se ha publicado. En consecuencia, es conveniente volver a un enfoque factual, fundada en la observación.

La segmentación del mercado aún queda ampliamente por construir cubriendo campos a veces tan públicos como el textil, la cosmética o los artículos deportivos.

A menudo, las nanociencias reciben la calificación de horizontales, pues pueden ser tomadas en múltiples campos auditados por la Comisión europea:

- las tecnologías de la información y de las comunicaciones, debido a los medios de almacenamiento de datos con densidades de registro muy elevados (1 terabit por pulgada cuadrada); también están implicadas las actividades de nanoelectrónica molecular o biomolecular, de espintrónica y de informática cuántica que permiten entrever una ruptura tecnológica con desarrollos constitutivos de la miniaturización o que la acompañan; están incluidos los métodos de criptografía para la transmisión de los datos, o aún la nanolitografía;
- las tecnologías de la energía: en este campo, varios aportes fundamentales se esperan; tanto para la contribución a las economías de energía (por aislamiento, transporte y rendimiento del alumbrado), como para la energía renovable (células solares fotovoltaicas) o embarcada en “móviles” (pilas de combustible, sólidos nanoestructurados ligeros con potencial de almacenamiento del hidrógeno);
- las tecnologías médicas (*medtech*) y neurotecnologías: cirugía, ingeniería tisular y de materiales biomiméticos, implantes bioactivos y biocompatibles, tratamiento térmico circunscrito de células tumorales, confección de válvulas cardíacas, ayuda para los tests con uso de chips de ADN, ayuda para el diagnóstico precoz de las enfermedades. El mercado de las neuroprótesis ha sido estimulado por la demanda (implantes cocleares y retinianos, desarrollo de matrices de electrodos flexibles...);

- las ecotecnologías y en particular las del agua: detección y neutralización de microorganismos y pesticidas, descontaminación de las aguas y de los suelos, posibilidad de nanomarcados de productos), reducción de la producción de desechos en los ciclos de vida de los productos fabricados;
- las tecnologías de seguridad: sensores implantables en el entorno o en lugar hostil para detectar la presencia de agentes químicos o biológicos, selectivos a escala molecular, seguridad alimenticia por nanomarcado.

Para completar esta lista, se deberían incluir sectores muy importantes para un país industrial, tales como el transporte, los materiales de construcción, las cerámicas y vidrios, el textil, los cosméticos, la química, el ocio a través de nuevos servicios llamados de realidad incrementada (*augmented reality*), la educación.

Los nanomateriales merecen un desarrollo particular pues constituyen los “ladrillos de base” de los productos fabricados. Todos los sectores económicos se benefician de su puesta a punto y de su inclusión en los procesos de fabricación. Las empresas que desarrollan nanomateriales son tanto grandes grupos tales como EADS, Rhodia, Michelin, Atofina, Saint-Gobain, Air Liquide o Snecma, como PyME (DGTec, Alchimer, Inanov...) ⁹. En Francia se ha realizado una base de datos de los actores de los nanomateriales bajo el impulso de DiGITIP (*Direction générale de l'industrie, des technologies de l'information et des postes*, Dirección general de industria, tecnologías de la información y correos) ¹⁰.

Son el objeto de intercambios bilaterales bajo el impulso de los poderes públicos, en particular en 2004 con Alemania y Austria para su contribución al vehículo limpio y sobrio y al desarrollo durable ¹¹.

Francia ha reconocido oficialmente en Bruselas que las aplicaciones de las nanotecnologías son transversales en el mundo industrial y económico y tocarán a todos los sectores ¹².

b. Apoyo público a las nanotecnologías y sinergias público-privado

Las iniciativas públicas de apoyo a las nanociencias y nanotecnologías se encuentran en Europa (Reino Unido, Alemania, Francia esencialmente), en Estados Unidos (*National Nanotechnology Initiative* [NNI, iniciativa nanotecnológica nacional] de la NSF), en Japón, en Corea del Sur y en Taiwán. La República Popular de China ha identificado estos progresos como críticos y también invierte de manera creciente, como lo indican las referencias a los asociados académicos e industriales señalados por la segunda conferencia SINC¹³ de Shangai de diciembre de 2004.

El apoyo público a las nanotecnologías, en todos los países, representó 3,5 mil millones de euros en 2003. Ha crecido a un ritmo del 40% al año. En comparación con los 350 millones de euros del presupuesto de la Unión europea en 2003, los países miembros y asociados han gastado 800 millones de euros (Alemania ha dedicado 250 M€, Francia 180 M€ y el Reino Unido 130 M€). El gasto público japonés ha sido de 810 M€, el de Estados Unidos de 1 070 M€ de los cuales 300 tomados a cargo por los Estados y 770 procedentes de programas federales. Los otros países han realizado un esfuerzo presupuestario de 511 M€ (en particular China, Brasil, India, Israel, Corea del Sur, Taiwán).

El proyecto de presupuesto norteamericano presenta una dotación provisional de 982 millones de dólares para la NNI en 2005, a repartir entre 10 agencias federales, incluida la NSF, no incluidas las financiaciones públicas por agencias no civiles. Como ejemplo, la Agencia federal para la protección del medio ambiente (EPA) ha estimado a 5 millones de dólares en 2005 los fondos necesarios para estudiar la toxicidad de los nanomateriales y su interacción con su medio; el *National institute for occupational safety and health* (NIOSH, Instituto nacional para la seguridad y salud ocupacional) debería dedicar 2,3 millones de dólares para una mejor comprensión de las nanopartículas libres en el aire y ver si los nanotubos de carbono pueden atacar los pulmones y el corazón. El Departamento de la Defensa (DoD) prevé gastar 5,5 millones de dólares en 2005 para desarrollar un modelo de simulación y de prevención de la toxicidad de las nanopartículas, además de los 20 millones reservados al estudio de nanoestructuras empleadas para detectar y proteger de las radiaciones ionizantes y de los agentes bacteriológicos. El programa nacional de toxicología ha lanzado un estudio de 5 años, dotado de 3 millones de dólares, sobre la toxicidad y el potencial cancerígeno de las nanopartículas.

El Estado de California, anticipando la necesidad de un “segundo impulso” para el relevo de su especialización internacional en tecnologías del silicio, amenazado por la deslocalización y las consecuencias de la explosión de la burbuja financiera de la nueva economía, ha invertido 100 millones de dólares para la creación del *California Nanosystems Institute* (CNSI, Instituto de nanosistemas de California), cuyos principales ejes de investigación son los diodos blancos de alto rendimiento para reemplazar las lámparas de filamento, las estructuras fotónicas para las conexiones ópticas y la manipulación de la luz a partir de cristales fotónicos; los TIC (electrónica molecular, espintrónica, fotónica y cálculo cuántico), los métodos de cribado farmacéutico por las nanotecnologías y el desarrollo de herramientas de diagnóstico médico¹⁴.

La comparación de los esfuerzos efectuados por Francia y Estados Unidos no tiene un gran sentido en la medida en que los grandes agregados macroeconómicos de nuestro país le sitúan más bien a la altura del Estado de California. Sólo los agregados de la Unión europea ofrecen un elemento de comparación pertinente con Estados Unidos. Aún debemos entendernos sobre la calidad de las cifras: por ejemplo, con o sin incorporación de la masa salarial de los investigadores.

Francia no ha anunciado en realidad ninguna iniciativa comparable con la de la NNI norteamericana. Sin embargo, las financiaciones existen y se reparten entre el Ministerio delegado a la Investigación, el Ministerio de Economía, Hacienda e Industria (MiNEFI), la Dirección general para el armamento (DGA) y la Agencia nacional para la valorización de la investigación (ANVAR), según programas de finalidades específicas¹⁵. Los poderes públicos lo han expresado desde 2003 y confirman en las perspectivas 2005 a la vez su interés y su apoyo al desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías. La imbricación de las funciones de investigación en micro y nanotecnologías no permiten distinguirlas claramente, en particular en las estadísticas relativas a los investigadores¹⁶. Sería conveniente para ser precisos completar los datos por lo menos con los presupuestos del Instituto nacional de la salud y de la investigación médica (INSERM), de la Oficina nacional de estudios e investigaciones aeroespaciales (ONERA) y del Centro nacional de estudios espaciales (CNES) que se refieran a las nanotecnologías, aunque ellos no aparezcan como tales.

El Ministerio delegado a la Investigación sigue siendo, de hecho, el piloto en este campo, así como lo muestra su posición privilegiada en la elaboración de la posición francesa para el debate sobre las conclusiones del Consejo de competitividad del 24 de septiembre de 2004 que pasa a ser mucho más interministerial en la medida en que las aplicaciones se desarrollan en numerosas direcciones (en particular en la industria, interior, salud, agricultura), e implican ahora tanto el MiNEFI como el Ministerio de la Ecología y del Desarrollo durable (MEDD).

Se ha previsto que la futura Agencia nacional para la investigación (ANR) haga figurar las nanociencias y las nanotecnologías (nanoobjetos, nanocomponentes, nanobiociencias y nanomateriales) entre los grandes temas tecnológicos identificados como prioritarios. La Red de investigación en micro y nanotecnologías (RMNT) debería con este fin beneficiarse de un presupuesto de 4,1 M€, de los cuales 2,3 corresponden a las acciones conjuntas con la delegación general para el armamento.

El estatuto de GIP (grupo de interés público) anunciado¹⁷ por el Ministro delegado a la Investigación para esta agencia parece adaptado a un periodo transitorio de externalización de las financiaciones de la investigación prioritaria orientada por el gobierno, con fondos no abiertos en ley de presupuestos (empréstitos, asociaciones público-privado). Sin embargo, la dimensión europea debería imponerse a corto plazo, pues abre la vía a la puesta en marcha de una recomendación del *Conseil stratégique des technologies de l'information* (Consejo estratégico de tecnologías de la información), según modos a definir, como una Agrupación europea de interés económico por ejemplo¹⁸, que asociaría en una asociación público-privado, civil y militar, las financiaciones de la IyD juzgada prioritaria y estratégica desde el punto de vista del conocimiento, del empleo y de la competitividad.

Le 6^{to} Programa marco de investigación y desarrollo prevé un presupuesto de 1,3 mil millones de euros para las nanociencias y nanotecnologías. La Comisión europea prevé proponer la triplicación de este presupuesto para el 7^{mo} PMID, cuyas grandes orientaciones están en estudio. También convendría añadir a estos datos los presupuestos financiados por fondos comunitarios para las nanotecnologías relativos a las tecnologías de la información y de las comunicaciones, biotecnologías, tecnologías médicas y tecnologías para el desarrollo durable, o aún proyectos reservados para los conceptos avanzados del futuro (programa NEST). Aquí aún se puede explotar una pista de investigación de los mejores criterios para una evaluación rigurosa, fiable y perenne.

La construcción del Espacio europeo de la investigación (EEI) abrirá nuevas oportunidades de externalización de la coordinación de los proyectos europeos de gran envergadura. En el caso de programas prioritarios llevados por la ANR, se observa un recubrimiento cierto con las prioridades bosquejadas por el 7^{mo} PMID. Es por esto que la ANR debería obtener el estatuto que le permita beneficiarse de una desconcentración de la acción de la DG Investigación desde la primera llamada a licitación del 7^{mo} PMID.

Tomando en cuenta las exigencias de implementación de programas de excelencia dotados del tamaño crítico para una credibilidad internacional incontestable, parece más indicado un estatuto que asocie dos o varios asociados europeos (Alemania, Reino Unido para comenzar) que un estatuto jurídico solamente nacional.

c. Mercados emergentes

La identificación de los mercados emergentes civiles, duales o militares, y su segmentación a partir de la investigación aplicada sólo se puede realizar, en estado actual de las estadísticas, por enfoques y paneles en las empresas, de la start-up al gran grupo integrado mundialmente, importadoras o productoras de tecnologías de la información, de biotecnologías y de tecnologías médicas, en un campo altamente competitivo donde existen secretos de negocios. Las estadísticas de uso intragrupo son prácticamente inaccesibles.

Es por esto que nuestra misión ha recomendado que se ponga a disposición de los poderes públicos y del ejecutivo europeo una herramienta (por ejemplo un observatorio europeo), para poder conocer el impacto de los avances científicos y tecnológicos, en términos de implicaciones económicas, sociales, éticas así como el impacto sobre el comportamiento de los actores. Esta recomendación ha sido indicada en los elementos de la posición oficial de Francia en el debate del Consejo de competitividad en relación con el desarrollo responsable de las nanotecnologías. Ha despertado un gran interés durante su presentación en la conferencia del 14 y 15 de septiembre de 2004 sobre las tecnologías convergentes para una Europa variada.

La oficina C5 de la DREE (Dirección de relaciones económicas exteriores) ha inscrito en su programación 2004, en relación con la red Ciencias de la vida, un informe sobre el futuro de las nanotecnologías en prácticamente todos los mercados mundiales (exceptuando África subsaheliana y América del Sur). Previsto para noviembre de 2004, este informe debería aportar múltiples informaciones sobre el desarrollo de las biotecnologías por las nanotecnologías.

Con anterioridad a los mercados de empresa o público, son los mercados de instrumentación y de equipamiento científico de los laboratorios los que conducen tecnologías críticas.

La instrumentación y la metrología son herramientas que dan potencia al desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías. Constituyen **campos en los que el riesgo de dependencia estratégica es actual y mayor**. En consecuencia, merecen que se de una fuerte prioridad a la IyD de punta así como a la verificación de las capacidades industriales de producción en Francia o, al menos, en el territorio de la Unión europea, con la garantía de no verse objetar un rechazo de venta de los últimos instrumentos disponibles a un precio accesible. Ya constituyen un mercado considerable, pero dual, donde pueden aparecer rechazos temporales de exportación de bienes y de transferencia de tecnologías. El mercado mundial está estimado por la NSF al horizonte 2012 a 22 mil millones de dólares al año.

Actualmente se desarrollan ofertas de servicios a las industrias en el campo de la metrología dimensional sin contacto, en particular en los sectores automóvil, aeroespacial, nuclear o investigación (sincrotrones). Integradas por equipos multidisciplinarios, permiten un servicio “sin costura” desde el sensor hasta la ingeniería y la informática asociadas¹⁹.

Actualmente hay en curso investigaciones importantes en el campo de la microscopia subnanométrica corregida y cuantitativa, cuyas aplicaciones permitirán medir con certeza objetos del tamaño de un ángstrom, es decir un décimo de nanómetro, con un solo tiempo de pausa y en consecuencia el mínimo de distorsiones. Este avance autoriza la discriminación de los materiales isotropos y anisotropos, por obtención de la firma del anisótropo (por ejemplo un cristal, cuyas propiedades varían según la dirección implicada). El desarrollo y el mercado de las nanopartículas y materiales nanoestructurados dependen estrechamente de los avances científicos y técnicos procedentes de la observación y de la simulación.

El factor tiempo es aquí capital desde el punto de vista del depósito de patentes sobre los nuevos materiales y sus propiedades. Todo atraso tomado por razones presupuestarias o más estratégicas, en la puesta a disposición de los equipos correspondientes a los laboratorios sería muy penalizador para la comunidad científica y académica, para la industria y la economía en general. La situación actual es aquella en la que las PyME francesas y europeas ya no encuentran pedidos de los grandes laboratorios, que prefieren abastecerse “en el comercio” en Japón (cf. el posicionamiento del grupo JEOL^{20, 21}) o en Estados Unidos.

Los mercados militares y de seguridad también están presentes y se asiste a una financiación de las tecnologías duales por las agencias norteamericanas tales como la Agencia de proyectos de investigación avanzada para la defensa (DARPA), el Departamento de la Energía, el Departamento de la Salud o el de la Seguridad interior²². Las aplicaciones civiles potenciales procedentes de estas financiaciones son extremadamente amplias (por ejemplo los sensores biológicos en red).

La carrera a las nanoarmas, que ya se ha iniciado, constituye un mercado en sí. Comporta cambios estratégicos y tácticos intensos en la medida en que la diseminación será la regla y la disuasión imposible.

La búsqueda de un acceso a los primeros golpes circunscritos a las poblaciones a vencer, así como a las máximas protecciones asociadas a medios específicos de aumento de las capacidades sensoriales y motrices, aliadas al cuestionamiento de los conceptos procedentes de la disuasión nuclear, bastaría para establecer que la carrera a las armas de destrucción masiva basadas en las nanotecnologías será prácticamente sin límites²⁴.

2 Los riesgos creados por las nanotecnologías

Para que haya riesgo, en principio deben estar presentes tres elementos: a) una eventualidad de daño, afectada normativamente de un signo menos; b) un nivel de verosimilitud asignado en principio a la ocurrencia de este daño; c) una población de individuos tocados potencialmente por el daño y cuyas “utilidades” (o “satisfacciones”, “ofelidades”, etc.) sirven de patrón para la apreciación del daño. El debate sobre el “principio de precaución” ha introducido una distinción del orden *epistémico*, es decir el tipo de conocimiento que los participantes tienen o no del nivel de verosimilitud de la ocurrencia del daño, por ejemplo bajo la forma de probabilidades objetivas. La definición de los riesgos es muy restrictiva, y es claro que una nueva tecnología tiene en general efectos que no son riesgos en este sentido. Cuando la *National Science Foundation* dice de las nanotecnologías que van a “provocar un cambio de civilización”, sería muy difícil poner un signo más o menos delante de esta eventualidad, o pronunciarse sobre su nivel de verosimilitud o aún evaluar las consecuencias adicionando los diferenciales de “utilidades” en toda la población. El análisis de los riesgos es un elemento importante de la evaluación normativa de una nueva tecnología, pero no podría representar a ella sola toda esta evaluación. Existe un “riesgo de tiranía del análisis de los riesgos”, tomando una frase de la Agencia británica del medio ambiente²⁶. Nuestra misión juzga esencial ampliar la evaluación ética del programa nanotecnológico, sobre todo considerado en el marco de la metaconvergencia, mucho más allá del análisis de los riesgos.

Dicho esto, el enfoque normal del riesgo contiene una fase de identificación, de gestión y de evaluación. Existe una abundante literatura sobre el sujeto y las instituciones, al menos en Francia y en el mundo occidental, han tomado en cuenta correctamente, cada una y en lo que la concierne, esta dimensión. Las empresas también han debido integrar la dimensión financiera de los riesgos industriales como dato obligatorio de los informes de actividad.

El sector de seguros y reaseguros ha invertido desde hace tiempo en las modelizaciones que permiten calcular las probabilidades y los importes para fijar el precio de sus servicios. Uno de los reaseguradores muy proactivos en este campo es la sociedad Swiss Re, que plantea los problemas en estos términos: para reducir las incertidumbres asociadas a las nanotecnologías, el análisis y la gestión del riesgo y las opciones para una transferencia de riesgo aceptable deben ser estudiados según una plataforma común, compartida entre los industriales, los científicos, los responsables de las políticas públicas y los aseguradores²⁷. El campo del seguro social puede servir aquí de contramodelo, puesto que los efectos macroeconómicos desastrosos de los problemas relacionados con los polvos de carbón, el amianto, los residuos de combustión del diesel, etc. son el resultado de la ausencia de este tipo de plataforma.

La relación del riesgo con la responsabilidad está asegurada normalmente por la expresión y la demostración de una falta, lo que implica una responsabilidad de naturaleza subjetiva. Los riesgos inducidos por las nanotecnologías abren un campo de reflexión sobre las condiciones de la cobertura de seguro de riesgos, abierto por el Consejo económico y social (CES) en estos términos: al principio de responsabilidad subjetiva, podría sustituirse el de la responsabilidad objetiva, haciendo del riesgo, y no de la falta, el fundamento de la responsabilidad²⁸. Las implicaciones para la legitimidad como para los modos de la intervención pública son en este caso importantes, desde la toma en consideración del **nanoerror**, que caracteriza la noción de responsabilidad sin falta, a la del nanoterror²⁹, que se refiere al “riesgo mayor”, que su ocurrencia esté ligada o no a una acción deliberada.

a) De la causalidad simple

El enfoque intuitivo en materia de riesgos inducidos por las nanotecnologías consiste en escoger el desarrollo o la limitación en función de una minimización de los costes o de una maximización de los beneficios. Ella es de naturaleza causal y se concentra en los estudios, aún muy recientes y poco desarrollados, de toxicología relativa al cuerpo humano. Los estudios del Dr Vicky Colvin (*Rice University*, Estados Unidos), son la referencia mundial en este campo, apoyados por la NNI.

Este enfoque es absolutamente necesario y merece ser desarrollado fuertemente, en enlace con la industria química que dispone de los referenciales adecuados para los riesgos relacionados con la creación, el revestimiento y la diseminación de los productos finales (en el rango de los cuales colorantes, perfumes industriales, cosméticos, aerosoles y pesticidas que figuran en los productos en contacto cotidiano con los organismos vivientes). La presión de los consumidores es aquí un factor clave para que se creen regulaciones adecuadas, por ejemplo, partiendo por la atribución de un nuevo número de registro CAS (*Chemical abstract safety registry number*) a las nanopartículas producidas.

Sin embargo, este tipo de enfoque causal simple, aunque sea muy indispensable, merece ser insertado en el panorama pertinente más amplio que es el de la ecotoxicología, sobre todo en el de la especificidad de los riesgos inducidos, directamente o indirectamente, por las nanotecnologías.

Entre los dos enfoques se sitúa el proyecto NANOSAFE en su primera versión. La Unión europea ha tratado de unir los fenómenos de causalidad simple y el análisis sistemático desde el 5^{to} PMID, con el proyecto NANOSAFE del programa GROWTH. Dotado de 300 k€, se llama *“Risk assessment in production and use of nanoparticles with development of preventive measures and practice codes”*, y ha rendido sus conclusiones en junio de 2004. La principal de ellas pide la creación de un marco reglamentario único para la Unión europea en este campo donde más vaga es la información, más miedos y escepticismo engendra. La llamada a licitación del 6^{to} PMID se llama *“Impact of nanoparticles on human health and the environment”*.

b) Naturaleza dinámica y sistémica de los riesgos relativos a las nanotecnologías

La primera mejora del enfoque causal simple consiste en optar por un enfoque sistémico de los riesgos inducidos por las nanopartículas y productos nanoestructurados, según un corpus metodológico bien demarcado en los estudios de ecotoxicología. Una representación sinóptica de los entornos que rodean la emisión de nanopartículas, el transporte, la exposición y los efectos se ha intentado dentro del marco de un grupo de trabajo de la DG Salud y protección de los consumidores de la Comisión europea³⁰. Ella destaca la utilidad de un enfoque sistémico de los riesgos.

Las políticas públicas son solicitadas de manera creciente en la gestión de las crisis medioambientales, lo que implica competencias cuantitativas y cualitativas en la comprensión de la naturaleza de los riesgos y de los impactos a fin de optimizar los dispositivos públicos. La evaluación del riesgo medioambiental se efectúa según la cadena “identificación del peligro – exposición – relación entre la dosis y el efecto – caracterización del riesgo”.

El enfoque ecotoxicológico se concentra en las nanopartículas y materiales nanoestructurados libres o fijos, fabricados o desechados por un proceso de fabricación que tenga otras finalidades, con o sin revestimiento, con periodo de vida variable.

En esta etapa existe un consenso de los expertos sobre la imprevisibilidad de las propiedades de las nanopartículas fabricadas, o naturalmente presentes en el medio ambiente por periodos muy largos (oxidación de los polvos, expulsiones volcánicas...), y materiales nanoestructurados. En estas condiciones y si no hay progresos apreciables en este campo, no se puede pretender en la exhaustividad de la evaluación de los riesgos por un enfoque de tipo dosis-respuesta o por el censo de los datos de exposición.

Aquí aún, el enfoque sistémico no se limita a los riesgos en sentido estricto y debe tomar en cuenta las soluciones que las nanotecnologías puedan aportar a los grandes desafíos del desarrollo durable. Los nanomateriales, gracias a las nuevas propiedades de las que están dotados, permiten la reducción de la ecocontaminación, no sólo por lo que aporta el mejor conocimiento de los contaminantes en el medio ambiente, sino también por el uso de filtros funcionalizados o aún cerámicas nanoporosas.

Las necesidades a corto plazo para incrementar los conocimientos sobre la ecotoxicidad de las nanopartículas son la caracterización y la clasificación, la elaboración de las normas, la inversión en la nanometrología y la instrumentación.

Pero más allá del enfoque sistémico, se debe franquear otra etapa cualitativa, si es posible en colaboración internacional muy inclusiva, la del enfoque dinámico, que sólo permite, tomando en cuenta las dimensiones espaciotemporales, acceder a una *metodología de evaluación normativa de la combinatoria de los riesgos, o metarriesgos* inducidos por las nanotecnologías.

La necesidad de este tipo de metodología es urgente. En su ausencia, se observa ya una lucha de comunicación bastante estéril entre los promotores y los críticos de las nanotecnologías.

Por un lado, algunos alaban en términos hiperbólicos los beneficios para la humanidad de la revolución científica y técnica en curso. El informe norteamericano de la NSF que ha lanzado el programa nano con el título “*Converging Technologies for Improving Human Performances*” (2002) bate sin duda todos los récords. Promete a plazo nada menos que la unificación de las ciencias y las técnicas, el bienestar material y espiritual universal, la paz mundial, la interacción pacífica y mutuamente ventajosa entre los humanos y las máquinas inteligentes, la desaparición completa de los obstáculos a la comunicación generalizada, en particular los que resultan de la variedad de los idiomas, etc.

Sin embargo, los investigadores en el terreno son bastante lúcidos para comprender esto. A fuerza de destacar las consecuencias positivas “fabulosas” de la revolución en curso, se expone a lo que los críticos no menos hipertrofiados se esfuerzan matarla en el huevo.

El riesgo más corrientemente evocado por los críticos, y que ya ha sido escenarizado por la literatura y pronto por el cine³¹, es el de una autorreplica salvaje de los nanorobots con motivo de un accidente de programación o de un acto terrorista. Todo o parte de la biosfera sería destruido por agotamiento del carbono necesario para la autorreproducción de los nanoingenios en cuestión. La posibilidad de tales nanorobots ha sido pensada por Eric Drexler, el creador del concepto de nanotecnología y el fundador del *Foresight Institute*. Drexler mismo ha echado un poco marcha atrás sobre sus posiciones en un artículo de junio de 2004 titulado “*Safe exponential manufacturing*”³². De todas maneras, este riesgo sólo puede atemorizar al que cree a la posibilidad de la existencia de estas máquinas. Basta negar esta posibilidad para descartar el seudorriesgo con un alzado de los hombros.

Oscilando entre estos extremos, el debate sobre los riesgos del programa nanotecnológico ha comenzado mal. A poner en los platos de una misma balanza los costes y las ventajas enormes y muy mal definidos, la evaluación normativa está condenada a la indecidabilidad. Antes de desplazar la problemática, conviene destacar sin embargo lo que singulariza las tecnologías emergentes en relación con la cuestión de la prudencia, lo que nos permite hablar de riesgos de un nuevo tipo.

La crítica corriente de las derivas de la técnica consiste en deplorar que el sueño de Descartes – “hacerse maestro y propietario de la naturaleza” –, o bien la ambición “prometeana” del hombre, haya fracasado. Sería urgente volver al “control del control”. Se puede pensar que esta crítica falta aquí de lo esencial. La meta imaginaria que subtiende el programa nanobiotecnológica, en particular, es la ingeniería, y luego a plazo, la fabricación de la vida. Y el que desea fabricar la vida no puede no desear reproducir su capacidad esencial, que es de crear a su vez algo radicalmente nuevo.

Como ya lo había previsto John von Neumann, en su reflexión de 1948 sobre los autómatas autorreproductores, el ingeniero será en el futuro tanto un explorador y un experimentador como un realizador. Sus éxitos se medirán, al menos, tanto al alba de las creaciones que lo sorprenderán a él mismo como por la conformidad de sus realizaciones con pliegos de condiciones preestablecidos. Disciplinas como la vida artificial, los algoritmos genéticos, la robótica, la inteligencia artificial distribuida ya responden a este esquema. Es dentro de esta perspectiva, que tiende a borrar las diferencias corrientes entre la ciencia y la técnica, el descubrimiento y la invención, lo científico y la ingeniería, que se debe situar la cuestión de los riesgos.

Los media públicos han empezado a tomar en cuenta los grandes riesgos científicos causados por las biotecnologías y su cohorte de conflictos (moratorio sobre los organismos genéticamente modificados, posiciones de los consejos de ética sobre la investigación en el campo de las células sueltas en particular). Al contrario de lo que sucede en Estados Unidos y en algunos países de Europa del Norte, las nanotecnologías aún no forman parte en Francia de los sujetos de vulgarización pública. Los comentarios vienen esencialmente de los analistas observadores de la vida económica, bajo el ángulo de la competitividad y del posicionamiento de los actores. Sin embargo, esta situación debe evolucionar rápidamente. Los grandes actores del programa nanotecnológico deben estar listos, lo que implica que deben organizar sin tardar espacios de debate y de discusión, según una metodología y reglas que esencialmente se deben inventar.

3 Las cuestiones éticas planteadas por las nanotecnologías

Abordaremos sucesivamente la cuestión de la ética más allá de los riesgos, así como los obstáculos culturales que se oponen a esta cuestión.

a) La ética más allá del análisis de los riesgos

La misión ha destacado cinco grandes dimensiones según las que se pueden identificar las grandes cuestiones éticas originadas por el programa nanotecnológico. Para desprendernos de la problemática de los riesgos en el sentido estricto, hablaremos de *efectos* de las nanotecnologías. Conviene distinguir los efectos sobre las relaciones de dominación, los efectos sobre la relación con la naturaleza, los efectos en relación con el conocimiento, los efectos éticos y los efectos metafísicos.

a1) Los efectos sobre las relaciones de dominación (efectos de poder)

Son estos efectos los que movilizan la opinión y explican lo esencial de sus rechazos. Van de la apropiación por un muy pequeño número de empresas de las condiciones de producción y de reproducción de la vida a la dominación que ejercen la ciencia y la técnica sobre poblaciones que en su gran mayoría no tienen acceso a la cultura científica y técnica; de la humillación que los científicos sienten de deber entregarse a operaciones de relaciones públicas para conquistar una “aceptabilidad” cada vez más evanescente a la cólera de los que ya no tienen el control de lo que comen; de la profundización de las diferencias mundiales a las pobrezaas generadas por el monopolio que ejercen las nuevas técnicas sobre los actos o relaciones que normalmente escapaban a la técnica, etc.

a2) Los efectos relacionados con la naturaleza (efectos ontológicos)

El debate actual sobre la transformación de la relación con la naturaleza provocado por las nuevas técnicas se presenta en general así. Por un lado, la ecología profunda hace de la naturaleza un modelo inmutable de equilibrio y de armonía, y del hombre un predador irresponsable y peligroso. Por el otro, el proyecto humanista moderno tiende a arrancar el hombre a la naturaleza y hacerlo maestro y poseedor del mundo y de él mismo. En un caso, la “trasgresión” está vilipendiada, en el otro ella está reivindicada.

La misión considera este debate muy insatisfactorio. En plano de fondo de todo “paradigma” científico y técnico, existe lo que Karl Popper llamaba un “programa metafísico de investigaciones” – conjunto que no se puede probar de propuestas que se consideran verdaderas sin tratar de cuestionarlas, marco teórico que limita el tipo de preguntas que nos planteamos pero también que da la primera inspiración. El programa metafísico de investigaciones de las nanotecnologías, consideradas dentro del marco de la metaconvergencia donde las ciencias cognitivas tienen un papel muy singular, se resume en dos propuestas que, en principio, podrían parecer contradictorias:

- 1) hay que tender a naturalizar el espíritu y la vida para que encuentren su lugar en el seno de la naturaleza que los ha engendrado;
- 2) esta naturalización pasa por una mecanización y una artificialización, tanto de la naturaleza como de la vida y el espíritu.

Si las nanotecnologías ambicionan tomar el relevo de la naturaleza y de la vida, sólo es porque antes han redefinido completamente estas últimas a su imagen. La expresión “naturaleza artificial” ya no es una contradicción en los términos.

Una vez admitido este tipo de visión del mundo, sólo hay un paso para llegar a formar el proyecto de hacerse el maestro de estas máquinas informacionales o algorítmicas, primero estimulándolas y reproduciéndolas (nacimiento de la inteligencia, luego de la vida artificial), luego interviniendo en ellas como un ingeniero (biotecnologías, tecnologías cognitivas, nanobiotecnologías, etc.). El problema no consiste en saber hasta qué punto se puede o se debe “transgredir” la naturaleza. El problema es que la noción misma de trasgresión está a punto de perder todo sentido. Ahora bien, no hay ética posible en una sociedad democrática fundada en la ciencia y la técnica sin procedimientos libremente consentidos por todos los ciudadanos para fijar **los límites** a lo que se pueda realizar. Una tensión fundamental se manifiesta en consecuencia aquí entre lo imaginario que gobierna los avances tecnológicos y las condiciones mismas de la ética. Habrá que hacer prueba de mucha lucidez en esta tensión si se desea evitar a término reacciones violentas de rechazo.

Evidentemente, es sobre todo frente a sí mismo y a su propia naturaleza, si reconoce que tiene una, que el hombre deberá decidir sobre los umbrales de transformación de ella más allá de los cuales no desea ir.

El astrónomo real Sir Marin Rees resume las cosas de la manera siguiente: “la novedad más importante es que los seres humanos mismos son ahora capaces de cambiar. Durante estos últimos diez mil años, el carácter del hombre, su físico, no han cambiado mucho. Pero en los cien próximos años, con remedios orientados, modificaciones genéticas y quizás la implantación de microordenadores en el cerebro, el ser humano podría a comenzar a cambiar. Lo que hace que el siglo actual sea aún menos predecible que el precedente”³³.

La cuestión del hombre biónico está aquí al interior de la cuestión ética. El debate ya ha comenzado con la terapia génica, con una conclusión favorable cuando se trata de reparar una función deficiente, y desfavorable cuando la mejora de las prestaciones sensoriales y motrices del hombre se ha previsto. Las nanobiotecnologías harán seguramente explotar las distinciones demasiado sumarias en las que se apoyan tales conclusiones contrastadas.

a3) Los efectos relacionados con el conocimiento (efectos epistémicos)

Al alba del siglo dieciocho, el filósofo italiano Jean-Baptiste Vico formula en estos términos célebres el postulado de lo que llama la “nueva ciencia”: “*Verum et factum convertuntur*” (lo que es verdadero y lo que hacemos son convertibles). Sólo podemos conocer racionalmente lo de que somos la causa, lo que hemos fabricado. Por orden decreciente de perfección del conocimiento, las matemáticas, según este criterio, se clasificaban en primer lugar, seguidas no por las ciencias de la naturaleza, sino por las ciencias morales y políticas. Sin embargo, la ciencia de la naturaleza ella misma debía ser desde el inicio orientada por la convicción que sólo se puede conocer haciéndolo. La insistencia sobre el cómo del proceso más que en el ser de las cosas se explica así, pero también y sobre todo el papel considerable dado a la experimentación y a la modelización por la ciencia.

Con las nanotecnologías, esta filosofía de la ciencia debería encontrar su logro último. Ya no sólo es haciendo experiencias sobre ella, o modelizándola que los hombres conocerán la naturaleza. Es literalmente volviéndola a hacer. Pero, de hecho, ya no es la naturaleza que conocerán, sino lo que habrán hecho. O más bien, es la idea misma de la naturaleza, es decir datos exteriores a sí, que aparecerá como obsoleta. La distinción misma entre conocer y hacer tenderá a perder su sentido, así como la que separa aún el sabio del ingeniero. Ya vemos hoy sólo con las biotecnologías que la distinción entre descubrimiento e invención, en la que se apoya el derecho de las patentes, es cada vez más delicada a trazar, así como lo demuestran los debates sobre la posibilidad de patentar lo viviente.

a4) Los efectos sobre la posibilidad misma de la ética (efectos éticos)

Las nanotecnologías abren un continente inmenso que el hombre deberá normalizar si desea darles un sentido y una finalidad. Será necesario que el sujeto humano recurra a un sobresalto de voluntad y de conciencia para determinar, no sólo lo que puede hacer, sino lo que *debe* hacer. Será necesaria toda una ética, infinitamente más exigente que la que hoy se implementa lentamente para contener el ritmo y las derivas posibles de las biotecnologías.

Quién dice “ética”, “conciencia”, “voluntad” dice el triunfo del sujeto. ¿Pero qué significa este triunfo en una concepción del mundo que trata la naturaleza, incluido el hombre, como una máquina computacional o como un algoritmo? Este hombre, que así se hizo máquina ¿en nombre de qué o de quién ejercerá su inmenso poder sobre la naturaleza y sobre él mismo? ¿En el nombre del mecanismo al que se identifica? ¿En el nombre de un sentido del que pretende que sólo es una apariencia o fenómeno? Su voluntad y sus opciones sólo pueden estar suspendidas en el vacío. La ampliación sin límites del campo de la ética amenaza a plazo la posibilidad misma de la ética.

a5) Los efectos sobre las categorías (efectos metafísicos)

Podemos considerar que las metáforas mecanistas e informacionales sobre las que se construyeron tanto las ciencias cognitivas como la biología molecular son científicamente y filosóficamente falsas y conceder que nos dan una potencia de actuar y un dominio radicalmente inéditos sobre lo dado natural y viviente. Si este es el caso, los éxitos mismos que tendrán las nuevas tecnologías harán incontestables estas representaciones mecanistas e informacionales de la naturaleza y de la vida y ya nadie podrá ver que son ilusorias. No es exagerado hablar de efectos metafísicos.

El efecto más perturbador es sin duda la perturbación de las diferencias de categoría gracias a las que la humanidad, desde que existe, siempre se ha orientado en el mundo. El natural no viviente, viviente y el artefacto están en buen camino de fusionar.

Cada uno de los elementos de esta tipología, aquí bosquejada brevemente³⁴, merecería una inscripción en el programa de investigación pública incluido en el departamento de ciencias humanas y sociales del CNRS. Los resultados podrían enriquecer útilmente los debates de los diferentes comités éticos. Repetimos que el desafío aquí es esencial, es el de los límites que una sociedad, en un momento dado de su evolución, desea fijar para que el camino de la investigación y la tecnología sea aceptable, y en consecuencia efectivamente apropiable por los ciudadanos que la componen.

b) Hacia una consideración institucional progresiva

El Comité europeo de ética ha inscrito en su programa de 2004 las cuestiones éticas generadas por el desarrollo de los nuevos medios de comunicación y de información y las nanotecnologías. Según este comité, la modificación del concepto de identidad del ser humano estará al centro de los debates, tomando en cuenta las perspectivas abiertas por nuevas interfaces, no invasoras y biocompatibles aportadas por las nanotecnologías, entre el hombre y la máquina.

Estas preocupaciones se unen a las prioridades de las llamadas a licitación de la Comisión europea en el campo de los conceptos del futuro en el programa NEST. Al lado de la complejidad de la ciencia y de la biología de síntesis, este programa identifica una tercera prioridad que se refiere a las ciencias cognitivas en relación con el progreso tecnológico, con este texto singular “¿Qué significa ser humano?”. Tomando conocimiento de la NNI y de los avances financiados en particular por la DARPA, trata de estimular las investigaciones en este campo, adoptando al mismo tiempo un enfoque prudente cuando se trata de aprehender el funcionamiento del cerebro en sus dimensiones relacionales y emocionales.

Las llamadas a licitación del 6^{to} PMID en nanociencias/nanotecnologías imponen a los proyectos sometidos que incluyan una parte “ética”. Sin embargo, ninguno de los actores está preparado para satisfacer esta exigencia, ni sus creadores, ni los licitadores o los evaluadores. En consecuencia, quedan márgenes de perfeccionamiento considerables en este campo. Es muy importante que las opciones de investigación financiadas con los fondos públicos se efectúen con conocimiento de causa, en base a criterios de evaluación explícitos, elaborados con la participación de las partes integrantes, en base a principios éticos claramente definidos.

Tomando conocimiento de los límites inherentes al método de evaluación de los riesgos y de los impactos sociales y éticos, la comunidad internacional ha comenzado a buscar un espacio de diálogo para un desarrollo responsable en este campo. La reunión celebrada en Alejandría a la iniciativa de la NSF en junio de 2004, sobre el tema del desarrollo internacional responsable de las nanociencias y nanotecnologías, había inscrito en su programa un grupo de trabajo sobre los aspectos económicos y éticos (Cf parte 3 del informe, infra).

Este grupo ha reconocido que las nanotecnologías comienzan a ser un sujeto de diálogo en la sociedad, que la producción de datos factuales, la medida de la percepción y la explicación de los valores serán parte integral de las discusiones entre los científicos, los gobiernos, las empresas, los representantes de la sociedad civil, los responsables de políticas públicas, los media y cualquier otra parte integrante.

También se ha destacado la cuestión ética planteada por el “aumento” de las prestaciones humanas, como opciones libremente consentidas o no. Por ejemplo, ¿qué debería hacerse si un país decidía optar en favor de una técnica o un producto particularmente en controversia? ¿Crearía esto una presión sobre los otros países, obligados a elegir o excluir (*opt in* u *opt out*) esta técnica o este producto? ¿Se ejercerían presiones sobre el país que haya decidido avanzar y de qué recursos se beneficiarían unos y otros sobre esta cuestión³⁵?

La posición de Austria publicada en el Consejo de competitividad del 24 de septiembre de 2004 es muy clara sobre esta cuestión: “considerando que los primeros resultados sobre las cuestiones inducidas por las nanotecnologías disponibles en los campos del impacto sobre la salud pública, la seguridad y la protección de los consumidores y del medio ambiente, la investigación sobre la seguridad debe seguir siendo sostenida en Europa. Un acceso público a los resultados así como su difusión activa y su aplicación son de la mayor importancia para evitar los errores que se efectuaron en otros campos de investigación. Se debe instaurar³⁶ un diálogo responsable con las partes implicadas (investigación, industria, sector público, consumidores y representantes profesionales)”.

Sin embargo, esta posición es optimista de cara a la naturaleza y la calidad de los resultados disponibles, las herramientas de observación aún están muy fragmentadas y en consecuencia inaptas actualmente para ofrecer un panorama satisfactorio. Sobre todo, parece prestar poca atención a la falta de conceptualización y de herramientas metodológicas adecuadas para proceder a una auténtica evaluación normativa, según las líneas bosquejadas más arriba.

En Francia, el Comité consultivo nacional de ética (CCNE) ha creado en 2004 un grupo de trabajo especializado en las nanotecnologías. Nuestra misión ha contribuido a relacionar este grupo con la RMNT por una parte³⁷, con el comité nacional de ética del CNRS por otra parte, pero las iniciativas topan, aquí también, con la ausencia de metodología de evaluación.

La investigación sobre la evaluación de los riesgos y los estudios de toxico/ecotoxicología son por cierto bienvenidos y útiles, pero sólo contribuirán en una pequeña parte a aportar a los consumidores y ciudadanos la prueba de seguridad necesaria para poder sostener el desarrollo de las nanotecnologías, así como las respuestas a las preguntas que inevitablemente se plantearán sobre el sentido y las finalidades de los avances tecnológicos.

Un riesgo importante reside en negar la existencia misma de todo riesgo sobre la base facticia de que faltan los datos factuales medibles e interpretables. Fácil de mantener, la confianza del público es prácticamente imposible a reconstruir antes de una generación cuando se descubre que ha sido abusada. La dimensión ética aparece en este caso como un punto fundamental no sólo de la aceptabilidad sino de la orientación y la materialización futura de los avances esperados por las nanotecnologías.

Prácticamente, los industriales reconocen que los riesgos sanitarios relacionados con la producción y el uso de nanotubos de carbono no están claramente establecidos y podrían constituir un punto bloqueador que conviene evitar. Una coordinación de la consideración de estos riesgos y una comunicación apropiadas son particularmente necesarias sobre este sujeto, estima un representante de ATOFINA³⁸, sociedad que dispone de un demostrador de producción de 10t/día de nanotubos de carbón a un precio de coste inferior a 10 €/kg, es decir 10 veces menos que el coste de referencia de la sociedad Nanoledge.

La toma de conciencia institucional de los desafíos éticos a través de la cuestión de los límites ha comenzado recientemente. A medida que se conocerá mejor los riesgos industriales y que se sepa evaluarlos mejor, esta toma de conciencia progresará. Esto seguirá siendo insuficiente mientras los desafíos éticos más allá del análisis de los riesgos no sean mejor controlados. De todas maneras, se deben prever resistencias en gran parte de orden cultural.

c) Los obstáculos culturales al tratamiento de la cuestión ética

Hoy existen obstáculos importantes a la introducción de una problemática ética en el campo de las nanotecnologías. Estos obstáculos están relacionados por una parte con el miedo de un moratorio en las relaciones transatlánticas, y por otra parte con los desafíos industriales y culturales subyacentes.

Todos los países no desvelan a la observación pública internacional las tendencias de fondo que estructuran su sociedad. Los Estados Unidos, desde este punto de vista, son más accesibles al análisis que otros. En este país, dos corrientes positivas se refuerzan para acelerar el desarrollo de las aplicaciones posibles gracias a las nanotecnologías, incluso si tienen diferencias importantes de comunicación³⁹.

Por una parte, se manifiesta una corriente que nosotros calificaremos como “progresista conoedora”, que desea promover el progreso en los campos de interés general adoptando una actitud responsable relativa a las aplicaciones de los descubrimientos y de sus combinaciones pluridisciplinarias. Estos últimos se presentan en un contexto histórico-filosófico positivo: su amplitud y sus ondas de choque conllevarían un nuevo Renacimiento. La promoción de la actitud responsable se acompaña de una inversión mínima en los estudios de toxicidad y de ecotoxicidad, pero no considera, en realidad, la cuestión de la ética como fundamental. El subentendido es que la ética se adaptará, porque debe hacerlo, a la nueva condición generada por la tecnología. Lo positivo es superior a lo negativo de manera *casi* axiomática.

Por otra parte, una corriente que calificaremos de “libertaria” que tiende a afirmar el derecho inalienable de cada individuo a escoger, por sí mismo, una capacidad puntual o combinada, reversible o irreversible, de aumento de sus prestaciones sensoriales y motrices, vía una interfaz hombre-máquina “hecha común” por las nanotecnologías, visión llevada por los “transhumanos”⁴⁰. Según esta corriente, toda forma de límite es ilegítima y en consecuencia la cuestión ética no se plantea. El positivo individual se impone al enfoque colectivo y eventualmente negativo, de manera *absolutamente* axiomática. O más precisamente, la cuestión ética se resuelve en la negación de la intervención pública, percibida como liberticida, llegando hasta ser contraria a la constitución norteamericana.

En la Unión europea, el desafío ético no es suficientemente percibido, como lo muestra este proyecto del 6^{to} PMID, llamado “Hoja de ruta nano” (NanoRoadMap)⁴¹ sobre el periodo enero 2004 - junio 2006. Este proyecto trata de las aplicaciones previsibles de las nanotecnologías en sectores tan importantes como la energía, los materiales y las tecnologías médicas, tomando en cuenta su contribución esperada a la competitividad, al crecimiento y al empleo. Sin embargo los desafíos éticos están ausentes del pliego de condiciones de esta hoja de ruta, como si la sociedad pudiera olvidarlos.

La cuestión eminentemente ética de los límites a las posibilidades abiertas por las nanotecnologías no se plantea o se plantea mal, la consecuencia inmediata es el riesgo de desfase fuerte y a corto plazo de las percepciones de las opiniones públicas en la Unión europea y en el resto del mundo, con efectos muy inciertos sobre la continuación del apoyo público a los desarrollos científicos y tecnológicos en este campo.

La cuestión de la relación entre la ética y la aceptación social puede recibir tratamientos muy variados. Los realistas y los cínicos realzan que la lógica de los intereses, de todas maneras, ganará, conduzca o no a violar las exigencias éticas muy ancladas en la conciencia común, pues este anclaje, piensan ellos, es contingente, en parte arbitrario y en consecuencia no es perenne. Sin embargo, la experiencia histórica muestra que cuando la divergencia es demasiado grande entre la técnica y la ética, las tensiones sociales que resultan crean daños y sufrimientos a veces irreversibles. Los especialistas de la ética evocan sobre este sujeto un principio de “divergencia tolerable” entre los hechos y los valores. Por esto, incluso los realistas deberían evitar de olvidar la cuestión ética.

Es notable desde este punto de vista que Japón prevé establecer una reflexión sobre los aspectos éticos al oficializar su iniciativa nacional en favor de las nanotecnologías, ya cerca de su finalización a escala interministerial. El Dr Kazuharu SHIMIZU, director general adjunto del consejo para la ciencia y la política tecnológica (*Cabinet Office*) escribía el 4 de abril de 2004: “*by applying nanotechnology (...) these progresses may cause a drastic change of social systems, industrial structure and individual life. In order to be ready for such drastic change, innovation and education system, and effective measure in social scientific field such as economy, legal matter, ethic and culture, have to be discussed*”⁴².

Rusia no parece dotarse a corto plazo de este punto de vista. En cuanto a la posición oficial norteamericana, tal como la expresa el subsecretario de Estado al Comercio para las tecnologías (M. Philip J. Bond), ella consiste primero en exigir un retorno significativo de la inversión efectuada por la NNI, estando dadas las prioridades de las aplicaciones a la seguridad interior y a la lucha contra el terrorismo por una parte, a la creación de empleos cualificados e el suelo norteamericano por otra parte.

Sin embargo, es conveniente notar que el 1% de las sumas federales asignadas a la investigación nanotecnológica deben ir a la investigación sobre las implicaciones sociales y éticas. Gracias a esta fuente de ingreso, universidades tales como Stanford o la universidad de Carolina del Sur en Columbia están implementando institutos de investigación dedicados a estas cuestiones, a los que participan eminentes investigadores en ciencias humanas y filosóficas. Por esto, se debe prever que en este campo también EEUU tomarán el liderazgo. Los dos infrascritos de esta misión colaboran, en un tema u otro, en este esfuerzo del otro lado del Atlántico.

Sin embargo, se puede decir que de manera general, en la carrera a la competitividad como en la carrera a las armas, la cuestión de los límites a las aplicaciones de las nanotecnologías sigue siendo el pariente pobre. Es posible que sea una opción a corto plazo, y que a futuro una ventaja competitiva se encuentre precisamente en la capacidad de *anticipación* y de acompañamiento de la tolerancia social, de los mecanismos de apropiación y de los modos de expresión.

Repetimos que los efectos de las nanotecnologías que nos interesan aquí no son sólo los efectos de la tecnología como tal, sino también los efectos de las ideas que desarrollan las tecnologías, se efectúen o no realizaciones tecnológicas⁴³. Los modos de representación colectiva y las fuerzas presentes en su evolución son aquí un desafío mayor, cuyo alcance justifica una atención estructurada y continua de los poderes públicos, aunque sólo fuera para comprenderlas mejor.

Las dificultades mencionadas en la justa consideración de la dimensión ética y de su puesta en tensión frente a los desafíos geoestratégicos y de competitividad aumentan considerablemente si se consideran las nanotecnologías en su biotopo natural, es decir al interior de un proceso de metaconvergencia industrial. La segunda parte del informe será dedicada a la realidad de esta metaconvergencia, a las diferencias de puntos de vista de los dos lados del Atlántico y a las consecuencias potenciales sobre la innovación y los intercambios.

PARTE 2. NANOTECNOLOGÍAS Y METACONVERGENCIA

La problemática de la convergencia es tradicional en el campo de las tecnologías de la información: telecomunicación e informática, luego estas dos con las tecnologías audiovisuales y el paso a la movilidad de los bienes y servicios. Las combinaciones citadas aquí son mucho más “contraintuitivas” en la medida en que ellas trascienden las ramas científicas y tecnológicas tradicionalmente muy separadas, del diseño a la puesta en el mercado.

La problemática de la metaconvergencia corresponde en 2004 más a la prospectiva que a la realidad. Sin embargo, las combinaciones de entrada procedentes de al menos dos ramas diferentes comienzan a aparecer, según ritmos contrastados. El objeto de esta parte consiste en presentar sucintamente las potencialidades y su interés económico cuando resultan de la convergencia de tecnologías que tienen como característica propia una capacidad de arrastre sobre el resto de la economía.

Nuestra misión estima que **la convergencia de tecnologías de capacidad transformacional crea oportunidades nunca igualadas, para las que la adquisición voluntarista de una especialización internacional favorable se justifica.**

1. El lugar de las nanotecnologías en la próxima ola tecnológica

Abordaremos sucesivamente las convergencias por combinaciones de dos a dos, las de combinaciones múltiples y finalmente las que implican la dimensión cognitiva como una que pueda tener un papel específico.

a) Las convergencias por combinaciones simples se refieren a las producciones obtenidas a partir de la combinación de las nanotecnologías con las tecnologías de la información y de las comunicaciones, o las biotecnologías esencialmente, o aún la aproximación de la biología con las TIC a la escala submicrónica.

La miniaturización de componentes electrónicos ya ha alcanzado la escala nanométrica y es el objeto de una visión compartida en relación con los ritmos de disminución de los tamaños: 90 nanómetros para una memoria DRAM en 2004, 32 nanómetros anunciados en 2013 por ejemplo por la hoja de ruta internacional ITRS. Un componente verá su capacidad de integración pasar de mil millones de transistores a una potencia 16 veces mayor en 6 años. La reducción de los costes y de las dimensiones abre la vía a usos que irrigan toda la sociedad, así como nuevas perspectivas de puesta a punto de los servicios llamados de entorno inteligente (realidad virtual, realidad incrementada, diseminación circunscrita de la información pertinente, uso de artefactos, de avatares...).

Sin embargo, aparecen estrangulaciones en términos de cualificaciones disponibles para la ingeniería cuántica, o aún de capacidades de producción fundadas en la autoorganización y la informática molecular (*bottom up*, uso del ADN, etc.). La espintrónica maneja corrientes de espín en nanoestructuras que asocian materiales magnéticos y no magnéticos. Investigaciones importantes están en curso en dos campos: el campo de la transferencia de espín, que permite reorientar la imantación de un elemento ferromagnético *sin aplicación de campo magnético*, por transfusión de espines transportados por una corriente eléctrica, así como el campo de la nanoespintrónica. Ella evoluciona hacia las nanopartículas, las cajas cuánticas y el cálculo cuántico. La inyección de espín en las nanopartículas es uno de los ejes, sabiendo que “el periodo de vida del espín es más largo en la medida en que el tamaño de la partícula es pequeño⁴⁴”.

Las conexiones ópticas por cristales fotónicos, necesaria para la miniaturización, depende estrechamente de los progresos de las nanotecnologías. Un cristal fotónico con longitudes de onda cercanos al infrarrojo se forma de motivos del orden de 100 nanómetros, y la precisión necesaria para realizar componentes eficaces es inferior o igual a 10 nanómetros, es decir a la escala de precisión de la microelectrónica en silicio. La fabricación de cristales fotónicos tridimensionales actualmente es posible, acercándose así a un objetivo que parecía ser del campo del sueño: “manejar el flujo de luz en las tres direcciones del espacio y controlar de manera última la emisión espontánea de luz”⁴⁵.

La combinación de las nanotecnologías y de la biología también está en marcha. Se realiza principalmente en las técnicas de compresión y de enriquecimiento del ADN, la proteómica, los organismos vivientes fabricados a partir de nanoelementos sintéticos (en particular de los virus), la producción de organismos vivientes extremadamente pequeños. Las aplicaciones en tecnologías médicas son portadoras de una esperanza creciente, a relacionar con el riesgo de actitud hostil del público frente a las derivas potenciales, que corresponden más a la finalidad que al surgimiento accidental. Los biochips de alta densidad son el objeto de una competencia importante en el plano mundial.

b. Las convergencias por combinaciones múltiples expresan una realidad de la metaconvergencia industrial.

En efecto, las combinaciones dos por dos no describen a ellas solas las realidades industriales. Conviene asociar al menos tres canales para identificar las aplicaciones con mayor valor añadido.

De esta manera, la combinación de las nanotecnologías, de las biotecnologías y de las TIC, que requiere un saber-hacer interdisciplinario nuevo favorecido por una instrumentación y equipos puestos en común. Los sensores biológicos organizados en redes presentan una fiabilidad importante usable en las líneas de fabricación. Sistemas avanzados de difusión circunscrita para la detección y la destrucción de las células cancerígenas, o para el monitoreo a distancia para aplicaciones de la salud, ofrecen perspectivas de mercado significativas, al mismo tiempo que economías en los costes de seguro social. De manera más prospectiva, se podría hacer referencia a los sistemas de “piel activa” usando la percepción o la sensación de percepción a distancia del tacto (uno de los elementos de lo que se llama corrientemente la percepción de presencia a distancia).

c) El lugar singular de la ciencia cognitiva y de las neurotecnologías

Las ciencias cognitivas no se limitan al saber mas cubren todo el campo de la sicología científica y de sus contrapartes en filosofía, en lógica y en las ciencias del hombre en general.

Mientras que la sociedad de la información considera el saber como un dato, la ciencia cognitiva busca las condiciones según las cuales un agente adquiere, retiene, pierde, transforma, comunica un conocimiento, es decir el conjunto de las competencias y representaciones de las que el saber es la parte perceptible⁴⁶. Es un campo interdisciplinario que trata de comprender cómo el cerebro humano es apto para el aprendizaje, el lenguaje, el razonamiento, el pensamiento, las emociones, la acción, las relaciones sociales y el comportamiento.

La descodificación de la información en las redes neuronales para transformarla en señales de mando, por el pensamiento, de los medios externos tales como los robots u ordenadores, es un desafío clave para las aplicaciones de la metaconvergencia incluyendo la ciencia cognitiva y las neurotecnologías. Estas últimas están materializadas por un conjunto de herramientas capaces de influenciar el sistema nervioso central. El futuro de la investigación corresponde al paso de las tecnologías *in vitro* que usan electrodos tridimensionales (puntas) a las tecnologías *in vivo* que se apoyan en la implantación de baterías de electrodos flexibles. El test de estas últimas y la rapidez de su puesta a punto dependen en parte de la actitud social frente a las células madre y al clonado de los organismos vivos, comprendidos como un acelerador.

Las aplicaciones industriales de la convergencia de las ciencias cognitivas con las tecnologías de gran capacidad transformacional que son las nanotecnologías, las TIC y las biotecnologías son extremadamente útiles en las problemáticas de reparación de funciones vitales afectadas (enfermedades de Parkinson, de Alzheimer, hemiplejia debida a un accidente cerebrovascular...) cualesquiera que sean las causas (violenta para el combatiente, accidental o debida a la edad para los otros). De esta manera abren la vía a los aumentos de capacidad, por vía de consecuencia, a las modificaciones de productividad, de creatividad, de actitud, véase de personalidad. Ellas son más bien más susceptibles que otras a ser sometidas a la cuestión de los límites.

La educación en la sociedad de la información es ella misma susceptible de beneficiarse de la metaconvergencia centrada en la metodología de la repetición cognitiva (*cognitive walkthrough*). Esta seleccionada espacios semánticos adaptados al público implicado en la base de análisis semántico latente más bien que en la de evaluadores subjetivos, incrementando así la eficacia del aprendizaje. Incluida en un asistente personal solicitable a distancia y a voluntad, ella permite prever múltiples aplicaciones en la formación inicial, continuada, y en las prácticas profesionales en medio pluricultural y multilingüístico.

2. Las divergencias de puntos de vista sobre las tecnologías convergentes NBIC

El año 2004 vio la expresión, bajo la responsabilidad de un grupo de expertos reunidos por la Comisión europea, de una respuesta al informe de la *National Science Foundation* sobre la Convergencia NBIC. En esta subparte relataremos las especificidades del informe NSF desde el punto de vista de la ética y de la metaconvergencia, presentaremos en contrapunto la originalidad del enfoque europeo, que se traduce por conceptos diferentes de los que implica el acrónimo NBIC, esta diferencia refiriendo a diferentes finalidades. Terminaremos este desarrollo por una síntesis sucinta de los desafíos de las tecnologías duales y por un examen de las consecuencias potenciales sobre la competitividad y la cohesión social de esta diferencia de enfoque.

a) La NSF y la problemática del aumento de las prestaciones

La problemática del aumento de las prestaciones humanas ha sido acogida como uno de los ejes que pueden asegurar la promoción de la iniciativa NNI, aportando al mismo tiempo, al menos en los discursos mediatizados, “la parte de sueño” en toda seguridad. Sin embargo, el árbol aquí, no debe ocultar el bosque. La NNI norteamericana dedica el 45 % de sus medios presupuestarios a la investigación sobre las nanoestructuras sintéticas (físicas, biológicas, electrónicas, ópticas y magnéticas), y el 20 % a la arquitectura de sistemas (interconexión, integración). La nanoelectrónica, la optoelectrónica y la electrónica magnética representan por su parte el 39% de los programas identificados como portadores de los grandes desafíos a los que se añaden los materiales nanoestructurados por un 22%. En contrapunto, la investigación sobre los biosistemas a la escala nanométrica sólo representa el 14% del esfuerzo financiado por la NNI.

La miniaturización de los productos y servicios procedentes de la rama electrónica queda así bien en el corazón y en la prolongación de la especialización internacional de los Estados Unidos en las tecnologías avanzadas de la sociedad de la información. Las opciones de defensa estratégica contra los efectos del arma electromagnética en lo que corrientemente se llama guerra electrónica también están presentes en filigrana en la orientación de la investigación fundamental.

El acompañamiento del mercado también está presente al origen del proceso de apoyo público a la investigación, con una dotación dedicada a los procesos de fabricación a la escala nanométrica y la inversión en la instrumentación y la metrología.

El nuevo paradigma inaugurado por el siglo XXI será inducido por la convergencia NBIC, según un esquema propuesto por los señores Roco y Bainbridge en sus obras de 2001 y 2003 citados en anexo. La aprehensión completa de la realidad o de la naturaleza (comprendida como un algoritmo en el que el hombre puede ejercer su control), objetivo en el que han topado todos los antiguos paradigmas, serán accesibles por la primera vez gracias a la convergencia, “con la ayuda de la interfaz hombre-ordenador que permita a los hombres aprender a diseñar y realizar máquinas y sistemas de información capaces de ayudarles a usar el máximo de su potencial”.

La artificialización de la naturaleza y la naturalización del hombre se tratan como un hecho ya cumplido por el enfoque norteamericano de la NSF, bajo reserva de la apreciación de los riesgos en el sentido de la causalidad simple o eventualmente sistémica de la ecotoxicología. En consecuencia, la vía está abierta al progreso rápido en todos los campos de las tecnologías de capacidad transformacional y en su convergencia. El papel de los poderes públicos consiste en establecer un conjunto de condiciones favorables a la iniciativa probada garantizando al mismo tiempo la aceptación por la opinión pública.

b. El informe de peritos de la Comisión europea y la cuestión de la finalidad

La Comisión europea ha reunido de octubre 2003 a septiembre 2004 un grupo multidisciplinario de expertos para establecer un referencial europeo sobre las cuestiones evocadas por el informe NBIC de la NSF, avanzando otras opciones que este último, y esto dentro del marco de un ejercicio de prospectiva de las tecnologías convergentes al horizonte 2020. Los infrascritos de este informe han participado a este grupo de expertos y han sido conducidos a producir, bajo su responsabilidad propia de autores, contribuciones de base citadas en anexo. Los resultados de este grupo no comprometen la Comisión europea. Sin embargo, según la opinión del Sr. Theodius Lennon, director de la prospectiva en la DG Investigación, tienen vocación a ser incorporados en el proceso de la revisión de la agenda de Lisboa y a proporcionar elementos para la orientación de las políticas públicas comunitarias sobre la sociedad del conocimiento.

Los efectos económicos de las tecnologías convergentes, que no estaban al centro de los trabajos, han sido aclarados a nuestro pedido en base a escenarios en un documento específico⁴⁷, preparado en cuanto a sus recomendaciones principales en base a los trabajos animados por uno de los dos autores de este informe⁴⁸. El documento final conserva una fuerte connotación social en el contexto del análisis histórico de la apropiación de las tecnologías.

Los modelos de sociedades, con sus valores, el sentido de los objetivos que se dan y las prioridades y límites que se fijan, son vulnerables al aumento de la potencia de la metaconvergencia industrial proyectada en el medio siglo venidero.

La artificialización de la naturaleza ha mostrado los límites de su aceptabilidad con las reacciones a veces violentas contra los OGM. ¿Que decir del proceso de la naturalización del hombre, si por ella entendemos que “somos naturales en la exacta medida en que podemos convertirnos en artificios, productos científicos, que podemos ser transformados, mejorados, economizados, explotados usando las leyes de la naturaleza”?⁴⁹

La combinación de los nanoimplantes biocompatibles, aliada a la posibilidad de crear por bioingeniería nodos neuronales e influenciar el funcionamiento del cerebro a distancia, dota a los tecnólogos de herramientas de intervención sobre la “conciencia”, vista como la globalización de la memoria, de la percepción de presencia, de la finalidad del actuar y de la voluntad. La comunidad científica cantona por el instante sus intenciones a la actividad reparadora (no se modificará el pensamiento, sino sólo cortocircuitar lo que no funciona). ¿Pero que pasa con las intenciones sociales?

El grupo europeo de expertos se ha distanciado esencialmente del informe de la NSF sobre un punto, el de la **finalidad** perseguida en la orientación de la investigación fundamental y aplicada.

El grupo ha estimado que, considerando el mosaico cultural estructural de la Unión europea, la aportación de la metaconvergencia industrial se debería usar *al servicio del hombre* por las autoridades públicas. Se ha representado, por bien o mal, la finalidad propia al enfoque de la NSF como la prioridad al servicio de la competitividad económica, en detrimento eventual del hombre, de sus valores y de sus derechos fundamentales.

Si hay una conciliación posible entre los enfoques norteamericano y europeo, ella queda a construir completamente.

El grupo también ha considerado que el ritmo de los descubrimientos era tal que ya excede la capacidad de evaluar la tecnología *antes* de su difusión, optando así implícitamente por un deber de vigilancia colectivo. Ha deseado que se pueda acompañar, a la misma velocidad que su desarrollo y, si es posible, anticipándolo, la marcha adelante de las nanotecnologías, por estudios de impacto y un seguimiento permanente, no menos interdisciplinario que las nanociencias mismas. Una especie de puesta en reflexión en tiempo real del cambio científico y técnico sería así una novedad en la historia de la humanidad. Ella se ha hecho inevitable por la aceleración de los fenómenos.

c) La cuestión abierta de las tecnologías duales y la calidad de la competencia

Los mercados civiles y militares son diferentes desde el punto de vista de las especificaciones y de los segmentos. Las innovaciones creadas por unos pueden a veces ser transferidas a los otros al menor coste. En relación con la defensa, se espera la contribución de las nanotecnologías en múltiples campos⁵⁰, entre los cuales: los nanomateriales energéticos, la protección del soldado, la detección y la transmisión de la información y la gestión de las comunicaciones, las acciones mandadas a distancia, los aparatos aeronáuticos y espaciales y el suministro de energía.

La capacidad transformacional de las tecnologías convergentes se obtiene potencialmente de la continuación de la baja de los costes de los TIC. Según una visión *prospectiva*, de aquí al 2024, un ordenador individual será 8 000 veces más potente que los de 2004... o costará, para la misma potencia que la disponible en 2004, sólo 20 céntimos y cabría en el volumen del botón de una camisa⁵¹. Sin embargo también es conveniente estimar la amplitud del coste de una línea de fabricación de transistores en una parrilla de 7 nm, prevista en 2018 por la versión 2003 de la hoja de ruta ITRS que será a priori más cara que el coste actual (2,5 G\$) Como información, la inversión de Crolles II se estima a 3,5 mil millones de euros.

Las nanotecnologías ya se usan para crear redes de sensores que pueden detectar e identificar contaminantes químicos o agentes bacteriológicos prácticamente desde su surgimiento en un entorno dado. Si esta tecnología se usa primero para la defensa militar, ella se puede adaptar a las tecnologías médicas en algunos años.

Los procesos industriales destinados a las aplicaciones civiles y fundadas en la fabricación molecular tendrían, según Chris Phoenix y Eric Drexler, el potencial suficiente para desorganizar profundamente la economía y las relaciones internacionales. Estos autores estiman que un país que usara plenamente este potencial vería su []* multiplicado por un factor de 10 o más cada año, obligando a los responsables de las políticas públicas a componer con las evoluciones considerables y rápidas en la producción de riquezas y recursos.

Dentro del mismo orden de ideas, Bill Joy, uno de los principales informáticos norteamericanos, inventor del programa Java y cofundador de Sun Microsystems, ha evaluado que la combinación de los TIC y del uso físico de las nanotecnologías crearía en el siglo XXI una riqueza de mil billones de dólares, es decir el equivalente de 100 veces la economía de Estados Unidos en el mercado mundial.

La dualidad de las nanotecnologías en la metaconvergencia industrial plantea la pregunta de la ventaja competitiva producida por la financiación militar de posibilidades civiles. Además de la protección absoluta de los avances científicos y la prohibición de publicar los elementos que pudieran afectar la seguridad nacional, y las transferencias de tecnología circunscritas que permiten, esta ventaja competitiva se dobla de una orientación potencialmente fuerte de las finalidades de la investigación incluido en su impacto social.

Así, la DARPA disponía en 2004 de un presupuesto de 445 millones de dólares para el apoyo a los nanomateriales, nanociencias y técnicas asociadas, con un importante anclaje de la convergencia NBIC. El programa LifeLog de esta agencia, rebautizado luego oficialmente por razones de controversia en la opinión pública, tenía como ambición crear una nueva generación de sistemas cognitivos en forma de asistentes personales.

3. Los riesgos relativos a la innovación y los intercambios

La inversión necesita visibilidad, legibilidad de las reglas del juego y confianza en la actuación de los actores para que se realice. La innovación y los intercambios merecen por cierto ser animados por las políticas públicas para asegurar el éxito de las nanotecnologías. En consecuencia conviene identificar las limitaciones a la inversión a fin de proponer las acciones públicas más apropiadas. Nuestra misión no ha realizado un panorama exhaustivo, sin embargo, puede con una garantía razonada destacar dos pistas: la inadaptación de la ley, en primer lugar, la dificultad relativa a las patentes y a la protección de la propiedad intelectual, en segundo lugar.

* NdT. : Il manque un mot ou une expression à cet endroit du texte dans le rapport original français.

a) La evolución necesaria del marco reglamentario

El mercado necesita un marco estable y lo más previsible posible para desarrollarse en el tiempo, excepto si se quiere privilegiar comportamientos altamente especulativos. Las exigencias relativas a la seguridad y la prevención de los riesgos industriales cuestan caras a respetar, sobre todo cuando ocurren cuando los procesos ya están implementados. Es más económico crear e implementar sistemas de prudencia al mismo tiempo que los procesos mismos cuando esto es posible. Sin embargo, topamos colectivamente sobre la indisponibilidad de los resultados de los estudios de impacto, sobre la ausencia de caracterización de los riesgos, sobre la dificultad de aprehender su naturaleza, su contraparte financiera de seguro o litigiosa, y sobre el déficit flagrante de conceptualización adecuada.

Las implicaciones jurídicas de las nanotecnologías son en la práctica completamente desconocidas en la actualidad. Lo mismo vale *a fortiori* para la metaconvergencia industrial. Al interior de la Unión europea, las empresas deben respetar la obligación de publicar en su informe anual, con la presentación de las cuentas, la estimación de los costes que serían soportados por la empresa en caso de daños al medio ambiente debido a su actividad.

Los inversionistas tratan de minimizar la incertidumbre. ¿Cómo interesar la bolsa, o, con anterioridad a las introducciones en la bolsa, el capital-riesgo para las inversiones necesarias en investigación aplicada y a la emergencia de jóvenes empresas? Entidades tales como Sofinnova Partners, la CdC-PME o BioMérieux tienen el derecho de conocer con precisión las regulaciones públicas que se aplicarán a las producciones de las que esperan obtener un justo retorno de la inversión.

Para esto parece necesario cooperar en el plano europeo e internacional para la determinación de los componentes del marco reglamentario que pueda enmarcar un desarrollo de las nanotecnologías digna de la confianza de todos, con los procedimientos de control y de sanción a determinar en concertación con todas las partes implicadas. Si la sobrerregulación tiene un efecto negativo en la innovación, la ausencia de regulación agrava directamente el mercado. En consecuencia se debe buscar y encontrar activamente un equilibrio, dentro de un ambiente cooperativo, porque se acuerda con el interés general.

b) La cuestión crucial de las normas y derechos de propiedad intelectual

Dado la importancia del mercado potencial abierto por las nanotecnologías, los fundamentos de las normas apropiadas se deben implementar para asegurarse de que los organismos encargados de la comercialización en Europa puedan beneficiarse plenamente de esta evolución una vez alcanzados los umbrales de rentabilidad. Desde el punto de vista de la normalización, las nanotecnologías se consideran como una disciplina transversal por naturaleza, envolviendo u combinando sectores pertinentes tales como las tecnologías químicas, físicas, biológicas y de la información.

Dentro del marco del Centro europeo de normalización (CEN), los campos pertinentes identificados son la normalización de la metrología de base en apoyo de la nanotecnología, la determinación de propiedades físicas, la caracterización de las estructuras y las propiedades biológicas y la evaluación, a la escala del nanómetro.

La terminología y la clasificación se incluyen en los ejes de trabajo explorados por el WG 166, nuevo grupo de trabajo europeo del CEN sobre las nanotecnologías. Este grupo ha producido un cuestionario de evaluación del interés encontrado por su objeto ante las partes participantes potenciales al proceso. Sin embargo, mientras las nanotecnologías no estén firmemente ancladas en las prácticas industriales, es poco probable que un comité técnico de normalización europea pueda pilotar y dominar los trabajos sólo sobre financiaciones privadas. Fondos públicos de apoyo a la clasificación y a la normalización serán en consecuencia verdaderamente necesarios para asegurar que no se tome ningún atraso.

Al mismo tiempo, reflejando un consenso emergente y apoyado por la administración federal, el *Nanotechnology Terminology Steering Panel* de la ANSI (*American National Standards Institute*) ha tenido su primera reunión en septiembre 2004 en Estados Unidos. Según el Dr Peter Hatto, observador británico del CEN, un consenso bastante amplio se ha obtenido para proponer el paso directo a una normalización internacional dentro del marco del ISO, con secretariado norteamericano. La misión de la sección común, entonces, ha intervenido ante un cierto número de interlocutores para que al mínimo se prevea un secretariado compartido EEUU-UE, posición que ha sido establecida, *in extremis*, durante la reunión del grupo de trabajo de CEN a principio de octubre 2004. Esta posición se apoyará sobre los acuerdos llamados “de Viena”, que permiten gestionar y coordinar las iniciativas ISO/CEN⁵².

La AFNOR ha tenido un papel activo que merece ser animado por los poderes públicos franceses, estableciendo un panel de entidades que puedan contribuir prácticamente a la elaboración de las normas, marcando sus posiciones al interior del CEN, y difundiendo el primer cuestionario específico a las nanotecnologías⁵³. Sin embargo, encuentra dificultades relacionadas con el carácter a la vez emergente y transversal de las nanotecnologías, que se alojan en la intersección de “territorios de normalización” con fronteras bien establecidas.

A pesar de estas dificultades, conviene evitar todo atraso en el proceso que comienza, siendo el riesgo más grande una separación de la dimensión internacional hacia la que se dirige, de entrada, la normalización en el campo de las nanotecnologías.

La AFNOR dirige por otro lado desde marzo 2004 grupos de trabajo europeos y nacionales sobre la evaluación de los riesgos (CEN WG 160 “*Risk assessment*”, y CNRISQUE, o comisión nacional “evaluación de los riesgos”).

Sería bueno que la dimensión “riesgos industriales” de las nanotecnologías se tome en cuenta de una manera o de otra por las instancias de normalización, y que los resultados a los que llegan se puedan usar sin plazo en el diálogo internacional. Otros puntos de entrada en esta problemática están abiertos o se deben suscitar (higiene y seguridad en el trabajo, orientación de los programas de acción del Instituto nacional de investigación y seguridad [INRS] para la prevención de los accidentes del trabajo y de las enfermedades profesionales, del Instituto nacional del entorno industrial y de los riesgos [INERIS] y del Instituto francés de vigilancia sanitaria [IFVS] en particular, a partir de 2005).

La propiedad intelectual es una fuente de remuneración de las inversiones acordadas en el diseño y la innovación. En consecuencia, su protección es una condición importante para la movilización de los fondos. Tratándose de nanotecnologías, las **patentes** son aceptadas por las oficinas nacionales sin que ellas hayan implementado una parrilla fina de clasificación que permita a los observadores aislar lo que corresponde stricto sensu a las nanotecnologías. La lectura de las patentes depositadas se efectúa en las rúbricas corrientes. Tomando en cuenta el crecimiento de las demandas de patentes que incorporan nanotecnologías, EEUU decidió en octubre 2004 estudiar la definición de una nueva clase de patentes que respondan a los criterios combinados de nanotecnologías y de innovación. Una clasificación comparable a la Oficina europea de patentes (OEP) como para la patente comunitaria debería ser prevista sin tardar.

Las estadísticas de la *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) y de la OEP muestran que el origen científico de las patentes de nanotecnología está dispersado en varias ciencias en las cuales ninguna es dominante. Las tres fuentes más importantes son la química (21 % de las patentes), la categoría multidisciplinaria, que refleja concretamente la convergencia (16 %) y la física aplicada. La ciencia de los materiales recoge el 4% de las patentes. Los grandes grupos norteamericanos tales como DuPont de Nemours, Dow Chemical, Procter y Gamble, IBM, se constituyen una cartera de patentes que optimizan. L'Oreal también deposita patentes en su campo.

La patentabilidad es una cuestión ética que aún no se ha planteado claramente en el campo de las nanotecnologías y de su metaconvergencia, en particular cuando lo viviente entra en cuenta. Numerosas cuestiones jurídicas, después de la ética, serán levantadas a medida que se introducen en el mercado si un marco reglamentario que proteja las inversiones (la opción de depositar una patente firma una inversión...) no se define rápidamente. Los campos situados en el confluente de los nanotecnologías, neurotecnologías y tecnologías de la información podrían ver su ascensión frenada brutalmente por la ausencia de visibilidad en las reglas del juego.

Al contrario, una patentabilidad admitida, sin “límites”, en el campo de las neurociencias, por ejemplo, podría bloquear el desarrollo de aplicaciones de tecnologías médicas de gran utilidad social, en caso de restricción voluntaria del uso y del precio tal que se produjera una fractura económica.

Prácticamente, sociedades especializadas en la gestión de carteras de patentes se instalan para el paso a la comercialización, particularmente en Suiza. Una especificidad de las estructuras que incluyen nanofabricaciones es que apilan bloques de propiedad intelectual en un mismo soporte físico. En consecuencia, una competencia particular en la gestión jurídica de este apilado de propiedad intelectual es necesaria para evitar los litigios. De la misma manera, se deben dejar espacios *généricos* suficientes a la disposición de todos los que lo deseen, para no bloquear partes enteras de la innovación, empobreciendo así la colectividad.

De manera general, un espacio de diálogo⁵⁴ se debería crear para que los científicos puedan expresar precisamente las nuevas posibilidades o “al alcance de la mano” en un futuro cercano, incluso cuando ellas requieren pruebas in vivo dentro del marco de la convergencia, a fin de permitir a los industriales, a los economistas, a los juristas, a los éticos, a los parlamentarios y a las autoridades públicas de comprender mejor de qué se trata antes de expresar una opinión, una recomendación, una norma, un marco reglamentario o un código de buenas prácticas.

En conclusión de esta segunda parte, citaremos la señal fuerte dada por MEDEA+, para amplificarlo en la medida del alcance de la metaconvergencia industrial. Partiendo de la constatación que el éxito europeo de la rama microelectrónica se mide en el liderazgo adquirido en los campos de los servicios GSM, y de los servicios ofrecidos por las tarjetas chips para las transacciones financieras y la seguridad, MEDEA+ estima que para mantener el liderazgo, la potente base industrial europea construida debe evolucionar de la micro a la nanotecnología. Pero, aunque los resultados hayan sido impresionantes, el futuro de la industria (nano)electrónica en Europa está lejos de ser garantizado⁵⁵, lo que abre la cuestión de la responsabilidad de los actores públicos y privados para la creación de un contexto favorable.

PARTE 3. PROSPECTIVA Y SUBSIDIARIDAD DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN LA METACONVERGENCIA: ¿QUÉ POLÍTICA PÚBLICA?

En estos tiempos de apertura generalizada a los asociados público-privado, es necesario pensar el principio de subsidiaridad en las responsabilidades públicas con anterioridad a la definición de la política pública.

Del desarrollo económico regional, donde las preocupaciones legítimas de eficacia y de adecuación del territorio están siempre buscando el mejor equilibrio, a los actores globales gubernamentales, industriales o simplemente representantes de grupos de interés específico en el nombre de una ciudadanía bien comprendida, las nanotecnologías y su inserción en las tecnologías de capacidad transformacional merecen un estudio exhaustivo, en base al concepto de subsidiaridad.

Hemos escogido para esta parte un enfoque que va de lo local a lo global, integrando los elementos de actualidad disponibles el 1^{ro} de noviembre de 2004. En consecuencia, serán abordados sucesivamente los niveles local y regional, luego europeo y finalmente el diálogo internacional emergente a la búsqueda de un óptimo entre la cooperación y la competencia.

El desarrollo se concluye por una serie de recomendaciones operacionales que se quieren en armonía con las palancas de política pública disponibles en Francia para la inteligencia industrial institucional.

1. La cuestión de la responsabilidad pública

Ser responsable se puede definir como el hecho de aceptar y de sufrir las eventuales consecuencias negativas de sus propias acciones. Al opuesto de la responsabilidad, el “juego” de los “actores” podría ser considerado como una actividad “sin gravedad”, que no llega a consecuencias, que no molesta a nadie, directa o indirectamente. En el caso de las nanotecnologías, las propiedades de “ladrillos de base” aún son ampliamente desconocidas *ab initio*, *a fortiori* en sus combinaciones entre ellos y en su diseminación a lo largo de su periodo de vida. Tanto, la toma en cuenta pública del factor “riesgo” es absolutamente necesaria, en un contexto marcado por una demanda explícita de moratorio sobre el fundamento de un conjunto de argumentos inspirado del de los oponentes a los OGM.

Los desafíos sociales e industriales son muy importantes para que esta cuestión se trate “en caliente”, con los únicos recursos de lo que se llama la “comunicación”, en un contexto más o menos pánico de salida de crisis. Es necesario no llegar hasta este punto. Y hoy es aún posible.

La acción propuesta en este informe es original en la medida en que propone *fundar* el consenso social alrededor del apoyo público a las nanotecnologías sobre una reflexión ética inclusiva suficientemente anterior al aumento de la potencia de los mercados. Ella conduce a pensar en el lugar de los actores en el proceso, sabiendo que muy rápido, la dimensión ética hará intervenir toda una batería de herramientas de observación, de intervención y de comunicación.

La responsabilidad pública está comprometida en la elaboración y conservación del consenso social, y también en la protección de las poblaciones y personas en situación de trabajo contra los riesgos científicos e industriales. La experiencia muestra que tratándose de riesgos mayores (radiaciones ionizantes, amianto cuya cobertura del riesgo de la enfermedad se elevará a mil millones de euros en 2005), es el Estado que responde *en último lugar*. Por esto, tiene interés en el más alto grado en que los límites, y en consecuencia las responsabilidades, se repartan de manera más precisa y justa a medida que las propiedades de las nanopartículas o nanoestructuras sean identificadas, caracterizadas y modelizadas para su uso industrial.

Abordaremos sucesivamente los límites de la observación en los planos nacional y regional, las opciones previsibles en el campo del marco reglamentario, y finalmente la aplicación del principio de rendir cuentas (*accountability*) en la acción pública relativa a las nanotecnologías.

a. Observar para gestionar y comprender en los planos nacional y regional

El fin de la implementación del programa de las cinco grandes centrales tecnológicas especializadas en las nanotecnologías será relevado, según los modos que están en definición, por los polos regionales de competitividad decididos por el Comité interministerial de habilitación y desarrollo del territorio (CIADT) de septiembre de 2004, sin que se pueda, actualmente, determinar si las lógicas de territorio y de excelencia se oponen o se combinan. Sería deseable que el criterio de tamaño crítico para las asociaciones europeas o mundiales sea considerado como el factor determinante en esta dialéctica.

Actualmente las centrales tecnológicas en cuestión se han beneficiado de una financiación de 140 M€ en tres años, de los cuales 100 del Ministerio de la Investigación y 40 del CNRS y del Comisaría de la energía atómica (CEA). Están implantadas en:

- Lille: IEMN – Universidad de Lille (micro y nanooptoelectrónica rápida, microsistemas);
- Besançon: FEMTO ST (microsistemas y microelectrónica);
- París-sur: IEF/LPN (nanofotónica, nanoelectrónica y nanofísica);
- Toulouse: LAAS (electrónica de potencia, nano y microsistemas);
- Grenoble: polo Minatec para las nanociencias, micro y nanotecnologías: 4 000 personas a término, de las cuales 2 000 investigadores y profesores investigadores, 1 000 estudiantes, 1 000 empleos en las empresas asociadas de IyD; inserción en una cuenca industrial de 16 600 empleos de los cuales 3 500 en la investigación; presencia de 30 sociedades internacionales y de 30 jóvenes empresas de gran potencial; CEA, INP Grenoble y Universidad Joseph Fourier están asociados al CNRS en el sitio.

Un proyecto de fundación soportando el futuro polo de cáncer de Toulouse podría incluir una plataforma bio-nanotecnológica, así como lo ha anunciado el Primer Ministro en abril de 2004.

La Agencia nacional para la investigación debería reforzar los medios públicos de acción en favor de las nanotecnologías, y en particular la puesta en relación de las grandes centrales tecnológicas con asociados europeos e internacionales, que no se ha podido desarrollar por falta de recursos presupuestarios. Es importante que con motivo de la creación de este GIP, no se imponga ninguna discontinuidad presupuestaria a la RMNT, cuyo campo de aplicación cubre la metaconvergencia⁵⁶.

Un factor de conflicto entre los administradores de estas plataformas que se benefician de recursos públicos resulta del éxito de la fórmula: PyME y empresas jóvenes perciben como un racionamiento las posibilidades de acceso con respecto al tiempo que ellas necesitan. Los responsables de las plataformas estiman que deben reservarse el 70% del tiempo de uso de las plataformas y que el 50% del tiempo para otros participantes sería un límite más allá del cual renunciarían.

Bajo la iniciativa del CEA/Léti y del CNRS se ha creado una herramienta de observación en Francia.

El Observatorio de las micro y nanotecnologías (OMNT) tiene por objeto detectar las señales débiles anunciadoras de rupturas tecnológicas. Esta herramienta es un ejemplo de asociación público-privado, en el límite de los objetivos precisos fijados al origen. El éxito de las jornadas anuales del OMNT demuestra el interés creciente de los industriales, científicos y otros actores del capital-riesgo para una conferencia sobre el avance científico y su progreso de un año a otro. Estructura ligera, red de 150 expertos científicos y técnicos, ella ha demostrado su eficacia. En 2003, el CNES, la DGA y la Dirección de las aplicaciones militares del Ministerio de Defensa se han unido al grupo de los abonados de esta red⁵⁷.

El OMNT ha previsto el desarrollo a corto plazo de su monitoreo en cuatro direcciones: las microfuentes de energía, las biotecnologías, la electrónica molecular y las nanotecnologías. Una dimensión queda por explorar desde el punto de vista del responsable público, es la de la observación social y de las ciencias humanas y sociales aplicadas a las tecnologías emergentes.

Otra herramienta de observación previa a la orientación de las políticas públicas es la asociación de los industriales de la microelectrónica y de las microtecnologías en Francia (JEMI), cuyas competencias serían útilmente afinadas y completadas por un conocimiento de las actividades industriales emergentes de las nanotecnologías.

La armonización de las herramientas de observación presentes en los Estados miembros de la Unión europea podría ser “tirada” útilmente por un programa europeo científico, bajo la forma de un observatorio social de nanotecnologías y de su inserción en las tecnologías de capacidad transformacional, cuyo cuadro de instrumentos sería definido en función de las necesidades de los participantes, responsables públicos y privados, tomando en cuenta la subsidiaridad de los actores.

b. Escoger los espacios de libertad y las actividades sometidas a una reglamentación

Esta opción, si naturalmente está sometida en un momento dado a las regulaciones externas europeas e internacionales, no es sufrida si la anticipación y la movilización de los actores parecen ser eficaces. Un margen de apreciación existe siempre en la aplicación nacional y regional.

Los poderes públicos disponen en Francia de una sólida reglamentación y de un dispositivo de control de los riesgos industriales (por ejemplo los establecimientos clasificados SEVESO y la acción de los direcciones regionales de industria, investigación y medio ambiente (DRIRE). En el campo de la prevención de la toxicología y de la ecotoxicología por las nanopartículas sintéticas, se trata en consecuencia más de sensibilizar y orientar los programas de acción que de crear nuevas herramientas. Las dotaciones presupuestarias deberían ser ajustadas a las necesidades emergentes en relación con el conocimiento de los riesgos.

En cambio, es importante que los poderes públicos acepten y saquen las consecuencias de la complejidad y de la incertidumbre específicas a las nanotecnologías⁵⁸ y al metarriesgo inducido por la metaconvergencia: duda y modestia son necesarias frente a estos fenómenos, donde conviene aceptar la construcción de una comunicación que anote esta situación para poder asegurar mejor la cooperación de todos los participantes, pero también esfuerzo conceptual que sepa ir más allá de algunas simplificaciones abusivas propias a la noción de “precaución”.

El futuro de las nanotecnologías depende de la manera en que reaccionará la sociedad a las anticipaciones que se efectúan acerca de este tema. Estas anticipaciones dependen ellas mismas a su vez de las imágenes y representaciones difundidas y esto, ya destinadas a la edad más joven (cf el modelo *sugerido* de la *hormiga obediente*⁵⁹).

El dejar-hacer, necesario hasta un cierto punto a la libertad de emprender, de innovar, de experimentar, debe en todo momento acompañarse, si desea contribuir a la construcción de una imagen suficientemente positiva, optimista y creíble de las nanotecnologías, de la prueba que merece la confianza acordada *a priori*. Para esto, nuestra misión preconiza crear, tomando los trabajos de Alexei Grinbaum y J-P. Dupuy⁶⁰, una metodología radicalmente nueva de evaluación, llamada de evaluación normativa dinámica (*ongoing normative assessment*), por la que cada conocimiento nuevo de las propiedades descubiertas a la escala nanométrica permite adaptar sin plazo la evaluación y orientar la acción pública. Este punto es a la vez original y capital: original pues no está encerrado en ningún escenario, toma en cuenta en cada etapa las realidades científicas e industriales e inicia un círculo sistémico virtuoso al servicio del número más grande, capital porque contiene probablemente la clave de la confianza razonada a largo plazo.

La fabricación molecular, el uso de “clusters” de átomos, son ahora posibles y el debate entre Eric Drexler y Richard Smalley (premio Nobel de química, descubridor de los fullerenes) de una cierta manera está detrás de nosotros. Frente a los riesgos potenciales, la responsabilidad pública consiste aquí en asegurarse que la línea de separación entre el dejar-hacer y la reglamentación se fija de manera conciente y puede ser modificada en el tiempo. A corto plazo, son las reglamentaciones existentes o en adopción que debieran aplicarse, en el rango de las cuales los tratados internacionales firmados por Francia (Protocolo de Cartagena) para la bio-nanotecnología, y la futura reglamentación comunitaria REACH, bajo reserva de su adaptación a los elementos nanométricos o nanoestructurados.

c. Aplicar el principio de rendir cuentas

Tratándose del dinero público, el principio de rendir cuentas de las actividades sostenidas por el contribuyente es de derecho al primer euro, como lo recuerda la divisa del Tribunal de Cuentas. Más allá del aspecto presupuestario, que tiene su importancia, el principio de rendir cuentas se aplica diferentemente en el orden civil y en el orden militar. Algunas acciones públicas pueden, debido al reconocimiento de un interés mutuo, concebirse en asociación entre las esferas civil y militar.

Sin embargo, la identificación de las responsabilidades, del nivel de transparencia y de los modos de información de los poderes legislativo, ejecutivo y judicial levanta tantos problemas que ella tiende a desanimar estas asociaciones (ejemplo de los tests clínicos a realizar por los servicios de salud pública y/o militar), excepto si se encuentran fórmulas contractuales adecuadas (caso del Instituto de nanotecnologías para el soldado en el MIT, que desarrolla su programa con los hospitales civiles).

El principio de rendir cuentas también tiene su utilidad en la esfera industrial y comercial, aunque sólo fuera para evitar todo fenómeno de desconfianza de los consumidores, cuya manifestación última es la llamada al *boycott*. Las cartas profesionales de mejores prácticas y otros códigos de deontología constituyen acciones interesantes, movilizadoras que interesan a todos los participantes. Tiende a probar que los actores de la oferta hacen sus mejores esfuerzos, dentro del marco de la competencia, para conciliar sus intereses con los de las preferencias colectivas (prevención, salud y desarrollo durable en particular).

Tienen por efecto aumentar la cantidad de los conocimientos accesibles al público, sin que esto permita medir la calidad. Ellas no cuentan la precisión científica en el sentido que ellas representan herramientas de comunicación. Corresponde a los tribunales juzgar, eventualmente, la verdad de la comunicación y pronunciar el importe de los daños. Sonia Miller, presidente de la *Converging Technologies Bar Association*, abogada en el Colegio de Abogados de Nueva-York, ha publicado lo siguiente: ***“As products incorporate more complex and multidisciplinary technologies integrated at the nanoscale, greater precautions and proactive measures must be incorporated before nanomaterials enter the market place and appear before the court”***⁶¹.

Tomando acto de la recomendación de la Comisión europea de ir hacia un código de conducta en materia de desarrollo responsable de las nanotecnologías, sin embargo consideramos que, por muy útil y deseable que sea, sólo constituye uno de los vectores del “rendir cuentas”, y no basta a él solo, a aclarar y repartir las responsabilidades. En consecuencia, en el momento oportuno, deberá ser acompañado de actas reglamentarias precisas que garanticen el rigor, la eficacia y los modos de control.

Observar, orientar, decidir, actuar, evaluar, son los elementos secuenciales de una misma cadena operacional. En un contexto mundializado de la investigación, de la producción y de los intercambios, es indispensable pensar estas secuencias globalmente y, si es posible, influenciarlas de acuerdo con las preferencias colectivas democráticamente expresadas. Nuestro territorio interior pertinente es de ahora en adelante el de la Unión europea con veinticinco Estados miembros.

2. Inspirar la posición de la Unión europea de cara a las normas comunitarias

Dado que la política de la competencia y la política comercial común deben seguir siendo medios propios de la Comisión europea, con o sin tratado constitucional, conviene interrogarse sobre las palancas de acción en nuestro poder desde Francia ante las instituciones comunitarias (Consejo, Parlamento europeo y Comisión esencialmente). Pero para estar en situación de inspirar la posición de la Unión europea, es deseable hablar de una sola voz, reflejando dentro de lo posible el consenso nacional.

a) Algunos requisitos previos para una posición francesa clara ante las instituciones de la UE

Hemos visto que hasta hoy, la posición francesa ha sido formulada por el jefe de fila natural, tratándose de campos científicos, es decir el Ministerio de la Investigación.

Esta situación, eficaz dentro del marco de la preparación del 5^{to} y 6^{to} PMID, podría serlo menos a partir de 2005 y esto por dos razones: la primera corresponde a la multiplicación de los interlocutores sobre las nanotecnologías al interior de la comisión, puesto que la DG Investigación no es la única, tomando en cuenta la metaconvergencia, a tomar este sujeto; la segunda razón es que los laboratorios ya no son los únicos implicados, numerosas industrias de bienes y servicios, el sector de seguros y del capital-riesgo, el comercio internacional y numerosos campos de la acción pública (justicia, industria, transporte, defensa, ecología y desarrollo durable, educación, aduanas, en particular) también lo están.

Una **coordinación interministerial continua**, delegada ante el Primer Ministro, capaz de llevar el desarrollo de las nanotecnologías como canales económicos de arrastre emergente y de asegurar la calidad de la interacción con todas las partes integrantes es indispensable desde hoy. Esta función, a crear, debería poder apoyarse en una **entidad de síntesis operacional**, encargada de la aplicación efectiva de la política pública en materia de nanotecnología, recomendación bosquejada en el informe de la Academia de ciencias y de la Academia de tecnologías.

b) Poner en coherencia la política pública de las nanotecnologías con los otros grandes campos de la acción pública en la Unión europea

De la prospectiva a largo plazo a la evaluación, existen múltiples vías de interacción y de influencia de la acción comunitaria. Un conjunto de propuestas más concretas se podrían formular en este campo por la función de síntesis operacional que hemos identificado *supra*.

Entre las vías importantes y previsibles que favorecen la inserción de las nanotecnologías en las dinámicas existentes, para las que una actitud francesa clara es deseable, podemos citar:

- la participación a la orientación del método y de los sujetos de prospectiva horizontales o circunscritos y el impacto sobre el programa de trabajo del *Joint Research Center* (JRC) y del *Institute for prospective technological studies* (IPTS); esta acción es capital en la construcción de una visión común, y en consecuencia de anticipaciones, suficientemente positivas para afirmar la voluntad, incluso la prioridad de acción, aunque los resultados se obtengan a largo plazo;

- la participación a la elaboración del 7^{mo} PMID en **todos** los campos implicados por las nanotecnologías, en primer rango de los cuales las tecnologías de la información y de las comunicaciones (y no solamente a la especificación del programa nanociencias de la DG Investigación), la evaluación de los resultados del 6^{to} PMID en una perspectiva de *feedback*. Se debe pedir un esfuerzo particular en el campo de la convergencia tecnológica pues es un punto focal de la competitividad futura, acompañando la definición de los criterios de evaluación de los proyectos en su dimensión ética;

- la participación a los grupos de trabajo de alto nivel de la Comisión europea en el campo de las cuatro tecnologías convergentes (bio, info, nano, cogno) y la propuesta de crear tales grupos cuando no existen, teniendo como hilo conductor para el futuro la metaconvergencia;

- la participación a los seminarios especializados de prospectiva a 10 años en todos los sectores que pueden incluir las nanotecnologías en sus procedimientos de fabricación o en sus productos;
- el apoyo activo a la política comunitaria de la DG SANCO para la creación de una red de entidades cargadas de los estudios de toxicología y de ecotoxicología;
- la promoción de la problemática de la ética de las nanotecnologías ante el STOA [*Scientific and Technological Options Assessment* - Evaluación de las opciones científicas y tecnológicas] (Parlamento europeo);
- la promoción de los instrumentos financieros europeos en favor de las empresas jóvenes y de las PyME en este campo.

En último lugar, conviene interesarse a los programas de cooperación internacional de la Unión europea, en particular con Estados Unidos y China, en el campo de la nanotecnología. Una participación proactiva francesa al enriquecimiento del diálogo internacional responsable en el campo de las nanotecnologías se ha construido durante el primer semestre 2004. Es indispensable darle a esta oportunidad una continuación.

3. Tomar su lugar en el diálogo internacional responsable

La iniciativa para un diálogo internacional responsable vino del coordinador de la NNI norteamericana, Sr. M.C. Roco⁶². Encuentra su fundamento en la obligación de rendir cuentas al legislador norteamericano del respeto del principio de prudencia en las financiaciones públicas federales de las nanociencias y nanotecnologías. La intuición de M. Roco, tal como se expresa sucintamente durante el Euronanoforum de diciembre 2003 en Trieste, era que convenía poner los países interesados en el trabajo para encontrar un código de conducta común que permita construir la confianza necesaria para la movilización de las inversiones (públicas-privadas), evitando al mismo tiempo elaborar actas demasiado restrictivas. Esta iniciativa ha permitido el lanzamiento del “proceso de Alejandría”.

a. Naturaleza y futuro del diálogo internacional responsable

Se realizó una primera reunión informal en Alejandría (VA) los 17 y 18 de junio de 2004, a la invitación de la NSF. La participación a esta reunión que tenía por objeto la expresión de un interés por un diálogo internacional sobre las nanotecnologías “responsables” ha sido fuerte (25 países más la Comisión europea-DG Investigación) y variada tanto en términos de repartición geográfica como de niveles de desarrollo (Estados Unidos, Japón, Canadá, México, Brasil, Argentina, India, Francia, Alemania, Reino Unido, Países Bajos, Austria, Bélgica, República Checa, Rumania, Suiza, Israel, Rusia, Corea del Sur, Taiwán, Australia, Nueva Zelanda y África del Sur).

Ella permitió una mejor concientización de los beneficios y de las inquietudes generados por la emergencia de las nanotecnologías en la sociedad civil. Durante la sesión de conclusión, se estableció claramente un acuerdo de los participantes para reconocer una necesidad de la comunidad internacional de implementar de manera urgente un diálogo dinámico, una cooperación y una coordinación en el campo de las nanociencias y nanotecnologías. Se ha decidido acordarse en los términos de referencia que podrían ser confiados a un *grupo preparatorio*, él mismo informal, que estaría encargado de construir las bases de un diálogo internacional y de una cooperación.

Es claro que la naturaleza de este grupo aún no se ha decidido. Varias opciones están abiertas a este nivel para asegurar el paso de esta dinámica: asociación científica *sui generis* o adosada a una entidad existente tal como el Consejo internacional para la ciencia (ICSU), foro al interior de la OCDE (pero esto no concierne todos los países), *Task Force* de las Naciones Unidas, ... las opciones están abiertas, no siendo previsto por ningún tratado el lugar de acogida diplomática “natural” en este campo emergente.

El Grupo de acción sobre erosión, tecnología y concentración (ETC), organización no gubernamental que promueve la biodiversidad y los derechos del hombre, ha acogido favorablemente el lanzamiento del proceso de Alejandría, calificándolo de primera etapa importante⁶³ en el reconocimiento por los gobiernos de los impactos globales de las nanotecnologías. Se pronuncia en favor de un mecanismo bajo la égida de las Naciones Unidas.

El representante de la OCDE en Alejandría, Sr. Stefan Michalowski (secretario ejecutivo, *Global Science Forum*), estima que existe un precedente interesante en la IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), que ha sido creado por la Organización meteorológica mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente.

Según las conclusiones de la reunión de Alejandría, este grupo deberá explorar las diferentes posibilidades de estructuración del diálogo por la acción, los mecanismos, el calendario, los marcos institucionales más apropiados y los principios de este diálogo y de esta cooperación, que puedan ser aceptados por todos los países y todos los continentes. Deberá preparar un proyecto de plan de acción para un diálogo continuo y una cooperación, y una declaración conjunta acompañada de un procedimiento para su adopción. También se ha previsto que otros países interesados puedan juntarse a los 25 países participantes.

La posición sostenida por los representantes de los Estados miembros de la Unión europea (Francia y Alemania en particular) según la que este diálogo debería a futuro ser lo más inclusivo posible, en particular respecto a China, se ha apoyado constantemente por los representantes de la Comisión europea. Esta posición ha sido confirmada por las conclusiones del Consejo de competitividad del 24 de septiembre de 2004.

b) La caracterización necesaria del diálogo internacional responsable y la continuación del proceso

Se ha informado en detalle de esta reunión por correspondencia diplomática del 23 de junio de 2004. Los representantes para Francia han organizado en París una reunión de información interministerial⁶⁴ el 29 de junio de 2004, a la que los representantes del CEA, de la Secretaría general de la defensa nacional (SGDN) y del Ministerio de Ecología y del Desarrollo durable, en particular, han participado. Una amplia difusión del dossier ha sido efectuada en el CGM, en el CGTI, en el Gabinete del Primer Ministro, en la Secretaría general del comité interministerial para los asuntos de cooperación económica europea (SGCI), en el Ministerio de Asuntos extranjeros, en el Ministerio de la Investigación (gabinete y servicios) en el Ministerio de la Industria (gabinete y DiGITIP), en el servicio de inteligencia económica del alto funcionario de defensa/MiNEFI y en el servicio científico de la Embajada de Francia en Washington.

Las prolongaciones más probables son a corto plazo la creación de una estructura de pilotaje informal de un primer grupo de aplicación (*Task force*), de la que M. Roco sugiere que vaya más adelante sin esperar la formación del “grupo preparatorio” que tarda a concretizarse.

Este primer grupo de aplicación se llama provisionalmente “*International Working group on Databases, Norms and methodologies for risk assessment in Nanotechnology*”. Sus coanimadores previstos son una Norteamericana, (*Environment Protection Agency*), un Japonés (*Council for Science and Technology Policy*), una Francesa (miembro del CGTI) y una de Formosa (*Advisor, Ministry of Education for Nanotechnology*).

La hoja de ruta de este grupo se bosqueja en cuatro puntos: la promoción de los intercambios de información, la armonización de las diferentes tendencias, la organización de un encuentro anual y la identificación de las prioridades para la cooperación.

Queda por definir rápidamente los modos de aplicación para Francia, sabiendo que el interés de continuar ha sido claramente expresado por Francia en estos términos. “El diálogo se ha instaurado (cf. la conferencia de Alejandría). Se trata de extender y continuar el diálogo con todos los países implicados por el proceso de desarrollo de las nanotecnologías (en particular con China, ausente notable a esta conferencia)” (SGCI, 23 de septiembre de 2004). Tratándose de un diálogo entre países, y en consecuencia de responsabilidad y de políticas públicas, un apoyo del proceso por la diplomacia francesa es deseable.

CONCLUSIÓN

Al término de este informe, deseamos subrayar la originalidad del ángulo de enfoque que hemos escogido. Constituye una doble ventaja comparativa para la orientación estratégica de la acción pública en favor del desarrollo de las nanotecnologías y de su convergencia industrial con las biotecnologías, las tecnologías de la información y las ciencias cognitivas, en lo que propone.

- fundar sobre la ética un consenso social razonable y durable, en Francia, alrededor de las nanotecnologías;
- orientar el diálogo internacional responsable por una contribución activa a la definición de herramientas de evaluación normativa dinámica realmente adaptadas a la realidad que se afirma de una metaconvergencia industrial.

Para esto, un refuerzo y una puesta en tensión del dispositivo público de orientación y de aplicación operacional se deberán efectuar a muy corto plazo, centrados en las nanotecnologías. Un relé y un apoyo deberán ser activamente buscados en la acción de la Unión europea, en particular en la financiación de un observatorio social de las nanotecnologías, en red con capacidades de observación reforzadas en cada Estado miembro.

Las recomendaciones de la misión, la mayoría introducidas en el informe, se resumen a continuación.

13 RECOMENDACIONES PARA LA ACCIÓN

- **Rec. 1:** Crear y aplicar a muy corto plazo una función de coordinación interministerial continua, capaz de llevar a cabo el desarrollo de la convergencia de las tecnologías de gran capacidad transformacional, comenzando por las nanotecnologías.
- **Rec. 2:** Sostener el esfuerzo de normalización de la AFNOR dentro del marco del WG 166 del Centro europeo de normalización, incluso en la exigencia de un secretariado común UE/EEUU en la ISO, incitando la industria a participar.
- **Rec. 3:** Crear una red tecnológica de la metaconvergencia nano-bio-info-cogno, en complemento de las redes RMNT, RNTL, RNRT, RIAM y RNTS, que pueda favorecer, en particular, las propuestas francesas a las llamadas a licitación del 7^{mo} PMID.

- **Rec. 4:** Apoyar la recomendación del Grupo de expertos de alto nivel de la Comisión europea sobre la prospectiva de la nueva ola tecnológica (NTW) tendiente a crear un observatorio europeo social de tecnologías convergentes.
- **Rec. 5:** Promover la observación de las nanotecnologías en Francia, en todas sus dimensiones científicas, tecnológicas y sociales, aportando un apoyo público a la adaptación y a la institucionalización de la función cumplida por la OMNT, y construir sobre estos resultados un diálogo constructivo entre todas las partes implicadas.
- **Rec. 6:** Movilizar los recursos humanos y presupuestarios necesarios para la elaboración de criterios de evaluación normativa dinámica (*ongoing normative assessment*) para la comunidad nacional e internacional, a su presentación y a la aplicación de la metodología correspondiente (*criterios pertinentes para la revisión de pares*).

-
- **Rec. 7:** Abrir un programa de investigación sobre **las nuevas regulaciones y la subsidiaridad en materia de tecnologías convergentes**, incluidas las del comercio internacional y las problemáticas aduaneras.
 - **Rec. 8:** Sensibilizar los jóvenes al interés de una **formación** multidisciplinaria y mejorar la imagen de las nanotecnologías y tecnologías emergentes en los cursos secundarios generales actualizando rápidamente la formación y los soportes educativos de los profesores de tecnología en la enseñanza secundaria.
 - **Rec. 9:** Movilizar al INRS, INERIS, INVS, los actores de la salud y de la protección del consumidor en favor de la **prevención de los riesgos** físicos y sociales, comenzando por las clasificaciones de productos y los bancos de datos.

-
- **Rec. 10:** Inscribir en las **misiones de las DRIRE** la vigilancia territorial de las instalaciones de todo tipo que tratan de nanopartículas y nanomateriales y cuidar a una interacción con las autoridades reglamentarias nacionales y europeas.
 - **Rec. 11:** Asegurarse de que el **Comité consultivo nacional de ética** (CCNE) dispone de los medios necesarios para cumplir con su misión frente a las nanotecnologías y a la metaconvergencia, y para participar a los intercambios internacionales sobre estos aspectos cruciales, en relación con el consejo nacional de ética del CNRS en particular.
- Rec. 12:** Animar a los grandes organismos de investigación partiendo por el CNRS y el INSERM, a edificar **plataformas de investigación sobre las implicaciones éticas y sociales de las nanotecnologías**, consideradas bajo el ángulo de la metaconvergencia.

- **Rec. 13:** Identificar una **entidad de síntesis operacional** encargada de la instalación de la política pública en materia de nanotecnologías, en la prolongación de la propuesta bosquejada en el informe de la Academia de ciencias y de la Academia de tecnologías.

París, 8 de noviembre de 2004

Jean-Pierre DUPUY
Ingeniero general de Minas

Françoise ROURE
Inspector general de Correos
y Telecomunicaciones

NOTAS DE FIN DEL INFORME

- ¹ Informe RST n°18 – abril 2004, « Nanosciences Nanotechnologies », Ediciones Tec & Doc, p. 11
- ² « Les nano-matériaux, au cœur de la galaxie nano », Gilles Le MAROIS, Réalités industrielles, N° de febrero 2004, Les Annales des Mines, p. 64.
- ³ «Grains quantiques pour diodes électroluminescentes».
- ⁴ JOACHIM Christian, «Nanoelectronics, the Bottom-Up Nano-Calculator», CNRS, en Emerging Technologies. Empowering People in the Information Society. N° 21, septiembre de 2004.
- ⁵ DUPUY Jean-Pierre, « Impact du développement futur des nanotechnologies sur l'économie, la société, la culture et la paix économique mondiale ». Documento de trabajo, sección «Innovación y empresa».
- ⁶ Expresión de Thierry GAUDIN, Entrevistas de la sección común CGM-CGTI con la Comisión europea/DG RDT/Unidad K Prospectiva, 9 de febrero de 2004.
- ⁷ « Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies », Comunicado de la Comisión COM (2004) 338 final, p. 3.
- ⁸ Las indicaciones siguientes proceden de las fuentes citadas en ROURE F, «Economie internationale des nanotechnologies et initiatives publiques », Revista Réalités industrielles, febrero de 2004, p. 5-11.
- ⁹ « Les nanomatériaux », Gilles Le MAROIS, DIGITIP/MINEFI, 12 de julio de 2004.
- ¹⁰ <http://www.nanomatériaux.org>
- ¹¹ Seminario organizado por la DiGITIP/MINEFI el 22 de octubre de 2004, con el apoyo del BMBF alemán y del BIT austríaco.
- ¹² Nota SGCI del 23 de septiembre de 2004 para el punto 12 del Consejo de competitividad del 24 de septiembre de 2004, que establece los elementos de lenguaje de Francia.
- ¹³ 2nd Shanghai international nanotechnology cooperation Symposium, Asia Pacific Nanotechnology annual conference, <http://www.anpf.org>
- ¹⁴ En Estudio Yole Développement para la DiGITIP, « Nanotechnologies, environnement international », septiembre de 2003.
- ¹⁵ HAGEGE S., ROURE F., Contribution to the National Science Foundation international dialogue on nanotechnology », Alejandría (VA), junio de 2004.
- ¹⁶ cf. Anexo n° 4, tablas y representaciones gráficas n°1.
- ¹⁷ Discurso de M. François d'AUBERT, 12 de octubre de 2004 en <http://www.recherche.gouv.fr/budget/2005/priorite2.pdf>

¹⁸ Solución recomendada por el Consejo estratégico de las tecnologías de la información (CSTI) en <http://www.csti.pm.gouv.fr>

¹⁹ Cf. sociedad Fogale Nanotech en particular, <http://www.fogale.com>

²⁰ Jeol News, en <http://www.jeoleuro.com>

²¹ Véase Anexo 4, Tablas y representaciones gráficas n° 4.

²² Cf. Tablas y representaciones gráficas n° 5, Anexo n° 4.*

²⁶ *See-through Science*, James Wilsdon y Rebecca Willis, con un prefacio de Barbara Young, Directora de la Agencia británica del medio ambiente, Demos, Londres, 2004.

²⁷ « Small size – large impact? », Invitación a la Conferencia sobre la nanotecnología, Swiss Re.

²⁸ FITERMAN C., Conseil économique et social, 11 de mayo de 2003.

²⁹ En referencia a los « scénarios catastrophiques de Sir Martin Rees, le Pari à 1 million de morts », en *Le Monde* 2, 2 de octubre de 2004. Véase su libro *Our Final Hour. A Scientist's Warning: How Terror, Error, and Environmental Disaster Threaten Humankind's Future in this Century – on Earth and Beyond*, Basic Books, Nueva York, 2003.

³⁰ « Mapping out nano risks », Grupo de trabajo ad hoc de la Comisión europea DG SANCO, 1-2 de marzo de 2004, Anexo n° 4, Tablas y representaciones gráficas n°2.

³¹ Cf. la novela de Michael Crichton *Prey*.

³² DREXLER Eric, PHOENIX Chris, “Safe exponential manufacturing”, Institute of Physics Publishing *Nanotechnology* 15 (2004), p. 869-872.

³³ Sir Martin REES, *Our Final Hour*, op. cit.

³⁴ Véase también los documentos de acompañamiento en anexo.

³⁵ Report of the international dialogue on responsible research and development technology. Agosto de 2004, The Meridian Institute/NSF, 52 p. en <http://www.nanodialogues.org/international>

³⁶ <http://www.bmbwk.gv.at>, « Austrian comments on the questions for the public debate on nanotechnologies ».

³⁷ ROURE F., *Ethique et nanotechnologies* », Presentación a la Red micro-nanotecnologías (comité de orientación). Junio de 2004-09-30.

³⁸ Nota DiGITIP del 5 de mayo de 2004, Actividad ATOFINA en el campo de los nanomateriales, 2 p.

* NdT. : Les notes 23 à 25 ont été omises dans le rapport original français.

³⁹ “La convergence des nanotechnologies, des biotechnologies, des technologies de l’information et des sciences cognitives, pour une augmentation des performances humaines”, Françoise Roure, Informe del coloquio NBIC, Nueva York, febrero de 2004.

⁴⁰ Cf. Center for cognitive liberty and ethics, Estados Unidos.

⁴¹ <http://www.nanoroadmap.it/project/project.htm>

⁴² Official Japanese contribution to the NSF and Meridian Institute questionnaire about International dialogue on responsible R&D of nanotechnology. 4th París 2004.

⁴³ DUPUY Jean-Pierre, “ Do we shape technologies or do they shape us?”, Proceedings of the Conference “ Converging technologies for a diverse Europe”, septiembre de 2004, Comisión europea, Bruselas.

⁴⁴ FERT Alain, unidad mixta de física CNRS/Thalès y Universidad de Paris-Sur Orsay, en las 5^{tas} jornadas del RMNT, 13 de octubre de 2004.

⁴⁵ Id. LOURTIOZ Jean-Michel, Instituto de electrónica fundamental, CNRS Universidad de Paris-Sur Orsay.

⁴⁶ ANDLER Daniel, profesor de filosofía, Universidad de París Sorbonne, 19 de septiembre de 2003, “What does C stand for in the NBIC acronym”. Working paper, 2p.

⁴⁷ ROURE F., HLEG, Foresighting the new technology wave, “Economic and social effects of converging transformational technologies (CTTs)”, report on Madrid meeting, 21 de mayo de 2004, F. Roure.

⁴⁸ ROURE F., « The main economic focus of converging transformational technologies (CTTs) ». High Level expert group Foresighting the New Technology Wave, European Commission/DG RDT, unit K Foresight. Special interest group meeting 21 de mayo de 2004, Madrid.

⁴⁹ Cf DUPUY Jean-Pierre, “Do we shape technologies or do they shape us?”, loc. cit.

⁵⁰ BOILEAU Jacques, « Les aspects duaux des nanotechnologies. Peut-on envisager une initiative nanotechnologique nationale (INN) ? ». En Réalités industrielles febrero de 2004, p. 76.

⁵¹ BAINBRIDGE W.S, id, p. XXXV.

⁵² Según M. Pascal GAUTIER, responsable del proyecto AFNOR para las nanotecnologías.

⁵³ Cf. Tablas y representaciones gráficas p. 8, anexo n°4.

⁵⁴ Deseo formulado por la *American Association for the advancement of science*, Informe “Neuroscience and the Law: brain, mind and the scale of justice”, septiembre de 2004, Dana Press, summary report, 29 p.

⁵⁵ Arthur Van der Poel, MEDEA+ Chairman of the board, 19 de octubre de 2004.

⁵⁶ Cf. tablas y representaciones gráficas n° 9, anexo n° 4.

⁵⁷ Informe de actividad 2003 del CEA- Léti, p. 45.

⁵⁸ « Complexity and uncertainty, a prudential approach to nanotechnology », Jean-Pierre Dupuy, Proceedings of the meeting « Mapping out nano risks », marzo de 2004, DG Health and Consumer protection. Comisión europea, 32 p.

⁵⁹ « Bienvenue dans le nanomonde », OKAPI, nov. 2003, p.10, en Tablas y representaciones gráficas n°7, anexo n°4.

⁶⁰ Jean-Pierre Dupuy y Alexei Grinbaum, “Living With Uncertainty: Toward a Normative Assessment of Nanotechnology”, *Hyle/Techne*, en prensa.

⁶¹ MILLER, Sonia, “A matter of Torts: why nanotechnology must develop processes of risk analysis”, *New York Law Journal*, vol. 232, N°67, 10-05-2004.

⁶² Mihail Roco, *senior advisor on nanotechnology for the National Science Foundation (NSF), Chairman of the Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology (NSET) of the U.S. National Science and Technology Council.*

⁶³ “26 governments tiptoe toward global nano governance: grey goovernance?”, 30 de junio, 2004-10-22.

⁶⁴ Cf. anexo, Contenido del dossier para la reunión de información interministerial del 29 de junio de 2004.