954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 1



RAPPORT 2004

Nano-Bio-Info-Cogno-Socio-Anthro-Philo-

**Groupe d'Experts de Haut Niveau**

**"Foresighting the New Technology Wave"**

# Technologies convergentes – Façonner l'avenir des sociétés européennes

*Alfred Nordmann, Rapporteur*

**Rapport 2004**

Geo-Eco-Urbo-Orbo-Macro-Micro-Nano-

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 2

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 3





# Remerciements

La Présidente, le rapporteur et les membres du groupe d'experts tiennent à remercier le personnel de la Commission européenne pour son soutien tout au long des travaux du groupe. Nous sommes particulièrement redevables à Paraskevas Caracostas, chef de l'unité Prospective scientifique et technologique de la Direction K – Sciences humaines et sociales, Prospective –, à la Direction générale de la recherche. Sa tolérance et son calme se sont révélés précieux durant toutes les phases de ce travail.

Nous sommes aussi extrêmement redevables envers Elie Faroult et Mike Rogers, de l'unité Prospective scientifique et technologique. Elie Faroult est parvenu à dynamiser et stimuler la créativité du groupe. La diligence et les contributions constantes de Mike Roger ont stimulé et fait progresser nos travaux du début à la fin.

Nous voudrions également remercier les nombreux visiteurs d'autres Directions et de la communauté scientifique qui nous ont fait part de leur point de vue. Enfin, nous savons gré au Conseil de la recherche norvégien d'avoir accueilli le groupe à Oslo, et plus spécialement d'avoir organisé une fructueuse journée de discussion.

Le contenu du rapport n'engage que la responsabilité du groupe de travail, dont les opinions ne reflètent pas nécessairement celles de la Commission européenne.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 4



# Table des matières


**Remerciements** 3

**Résumé** 6

**Introduction**

Le défi 10
Composition et mission du groupe d'experts 11
Le travail du groupe d'experts 12
Le rapport du groupe d'experts 13

**Première partie**

*Des TC aux TCSCE – Domaines d'intérêt et champs d'application* *14*
1. Une brève histoire des technologies convergentes 14
2. La définition des technologies convergentes (TC) 16
3. Les limites de la convergence 17
4. Éléments d'une approche européenne: les *TCSCE* 20
5. Caractéristiques générales des applications probables 20

**Deuxième partie**

*Les implications de la convergence* *22*
1. Contextes européens 22
   1.1. Objectifs européens 22
   1.2. Recherche pour l'Europe de 2020 23
   1.3. L'Espace européen de la recherche 24
2. Opportunités économiques, besoins sociaux 25
   2.1. Utilisation de l'outil *TCSCE* 26
   2.2. Intégration des besoins et des opportunités par les *TCSCE* 27
3. Les dimensions du risque 30
   3.1. Le revers des *TCSCE* 30
   3.2. Usage, double usage, usage abusif 33
   3.3. Risques transmis 35
4. Les *TCSCE* pour un agenda de recherche publique cohérent 35

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 5






## Troisième partie

*Avancées européennes vers la convergence* 36

1. Activités de recherche 36
   - 1.1. Mobilisation des connaissances pour les *TCSCE* 36
   - 1.2. Stimulation de la recherche par les *TCSCE* 37
   - 1.3. Défis touchant au modèle des solutions proposées pour les *TCSCE* 37
   - 1.4. Activités d'accompagnement de la recherche 38
2. Infrastructures de recherche 40
   - 2.1. Élargissement des cercles de convergence 40
   - 2.2. Excellence interdisciplinaire 42
   - 2.3. Mesure des *TCSCE* 42
   - 2.4. Éducation proactive 43
3. Gouvernance de la recherche 43
4. Prospective pour l'Europe 44

## Conclusions et recommandations 46

1. Mise en place des *TCSCE*: vision et stratégie 46
2. Exploitation des dynamiques de convergence: nouveaux agendas de recherche 47
3. Développement d'une structure pour les *TCSCE*: la recherche et les activités de soutien 48
4. Administration des *TCSCE*: Éthique et participation sociale 49

## Membres du groupe d'experts 51

## Contributions des membres du groupe d'experts 53

## Liste des contributeurs et des auditions 54

## Bibliographie 55

## Mandat du groupe 56

## Index 61

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 6



# Résumé

Nous invitons la Commission européenne et les États membres à prendre toute la mesure du nouveau potentiel des technologies convergentes (TC) à faire avancer l'Agenda de Lisbonne. Des investissements judicieux dans les TC stimulent la recherche scientifique et technologique, renforcent la compétitivité économique et contribuent à satisfaire les besoins des sociétés européennes et de leurs citoyens. Des actions préparatoires devraient être engagées pour faire des TC une priorité de recherche thématique, et afin de développer les *Technologies convergentes pour la société de la connaissance européenne* (*TCSCE*) comme une approche spécifiquement européenne des TC, et mettre en place une communauté de recherche en matière de *TCSCE*.

Telles sont les principales conclusions du groupe d'experts de haut niveau "Foresighting the New Technology Wave". Le groupe d'experts a été constitué en décembre 2003 et a remis son rapport en juillet 2004. Les 25 membres du groupe – présidé par Kristine Bruland, avec comme rapporteur Alfred Nordmann – sont issus de divers pays et travaillent dans des disciplines variées. Le groupe s'est réuni en séance plénière à quatre reprises (2-4 février, 14-15 avril, 6-7 mai, 16-17 juin 2004). Le rapport a été préparé sur la base des discussions du groupe, des contributions écrites individuelles soumises par les membres du groupe, d'un exercice d'élaboration de scénarios ainsi que de rapports établis par quatre sous-groupes. Des rapports préliminaires ont été soumis au groupe et débattus principalement lors de la réunion de juin, avant la rédaction du rapport final.

Le groupe était chargé d'explorer l'étendue du potentiel et des risques des TC. Il devait examiner une double demande, à savoir:

- délimiter les domaines d'intérêt et les champs d'application des TC, et
- mettre en relation ces TC avec les objectifs politiques et environnementaux européens.

Pour ce faire, il a proposé de mettre en place une approche européenne des technologies convergentes baptisée *TCSCE*: *Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne*.



## Le défi

Les technologies de l'information et de la communication ont contribué à de profondes modifications de la vie quotidienne au 20e siècle. Les biotechnologies transforment l'agriculture, le diagnostic et les soins médicaux, la reproduction humaine et animale. Plus récemment, le potentiel de transformation des nanotechnologies a enflammé notre imagination. Ajoutez à cela les bouleversements que la science cognitive et les neurosciences ont amenés au regard que nous portons sur nous-mêmes et les progrès des sciences sociales qui se développent en parallèle avec l'importance croissante du rôle des administrations et des formes modernes de gouvernance.

La convergence de ces technologies porteuses de changements profonds et des sciences qui les permettent constitue la première grande initiative de recherche du 21e siècle. Si ces diverses technologies, prises séparément, sont déjà sources de controverses et d'anxiétés, leur convergence représente un défi majeur non seulement pour la communauté scientifique, mais aussi, et dès le départ, pour le monde politique et les sociétés européennes. C'est dans ce défi que réside l'opportunité des *TCSCE* .

## Un potentiel de transformation

Le groupe d'experts a défini quatre caractéristiques probables des applications de ces TC. Chacune d'elle offre des opportunités en termes de résolution de problèmes sociétaux, de bénéfices pour les

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 7





citoyens et de production de richesses. Chacune d'elle comporte aussi des menaces pour la culture et la tradition, pour l'intégrité et l'autonomie humaines ainsi que pour la stabilité politique et économique, peut-être.

• *Intégration*: Les TC constitueront une infrastructure technique invisible pour les actions humaines – analogue à l'infrastructure visible formée par nos immeubles et nos cités. Mieux elles fonctionnent et moins nous remarquerons notre dépendance à leur égard ou même leur simple présence. Au cours des dernières décennies, la société en a constaté les effets sur le sens de la réalité et de la responsabilité de ceux qui se plongent totalement dans les jeux virtuels, le surf et le chat sur l'Internet. Dès lors que nous vivons tous continuellement dans l'environnement artificiel de l'informatique diffuse, des matériaux intelligents et des systèmes de détection omniprésents, la société se trouvera bien plus fréquemment confrontée à des altérations profondes de la perception que les individus et les groupes ont d'eux-mêmes.

• *Portée illimitée*: Le rêve de contrôle de chaque chose au niveau moléculaire grâce aux nanotechnologies dérive de l'aptitude croissante de l'informatique à tout transformer en information. Comme la convergence fait intervenir d'autres technologies et sciences génériques, il semblerait que rien ne peut échapper à la portée des TC et que même les interactions sociales, la communication et les états mentaux ou affectifs peuvent être soumis à leur emprise. Cette perspective est à la fois prometteuse et dangereuse. On peut s'attendre à ce que, pour chaque problème, quelqu'un propose une solution technologique plus ou moins créative, viable ou souhaitable. Toutefois, la complaisance induite par le potentiel d'universalité qu'offre la technologie pourrait se révéler extrêmement dangereuse.

• *Ingénierie mentale et physique*: Certains partisans des TC plaident pour une ingénierie de l'esprit et du corps. Les implants électroniques et les modifications physiques sont censés renforcer nos capacités humaines actuelles. Le groupe d'experts propose que la recherche sur les TC se consacre plutôt à l'ingénierie pour l'esprit et pour le corps. Les changements apportés en termes d'environnement cognitif ou d'autosurveillance médicale peuvent améliorer le processus de décision diagnostic et thérapeutique et l'état de santé. Quoi qu'il en soit, les humains risquent à terme d'abandonner une part toujours plus grande de leur liberté et de leur responsabilité à un univers mécanique agissant pour eux.



• *Spécificité*: Les recherches sur l'interface entre nano- et biotechnologies permettent l'administration ciblée de médicaments conçus sur mesure pour le génome d'un individu afin de parvenir à un traitement sans effets secondaires. D'une manière plus générale, la convergence des technologies et des sciences génériques peut être orientée vers des tâches très spécifiques. Le recours à des solutions hautement spécifiques peut cependant avoir aussi des effets imprévus. La non visibilité des TC suscite des questions sur leur absence ou leur présence. Ce n'est pas moins troublant quand elles sont nécessaires au bon fonctionnement d'une tâche donnée et qu'on ne sait pas si, à l'instar des virus informatiques, elles ne risquent pas d'apparaître à tout moment pour attaquer un système technique ou organique délicat à un endroit où on ne les attend pas. Même quand elles sont aussi fiables et opérationnelles qu'on pourrait l'espérer, les TC peuvent avoir un impact déstabilisateur sur le plan social puisque l'amélioration du rendement économique se traduit par des pertes d'emploi, les traitements médicaux ciblés augmentent la longévité et les TC exacerbent la fracture entre les riches et les pauvres, entre les cultures technologiquement avancées et les sociétés traditionnelles.

Ce formidable potentiel de transformation s'accompagne de craintes tout aussi énormes, qui doivent être prises en considération. Quand c'est le cas, les technologies convergentes peuvent contribuer à créer un climat propice. Dans la mesure où les inquiétudes de l'opinion publique sont prises en compte dans le processus, les chercheurs et les investisseurs peuvent avancer sans risquer de voir leur travail rejeté ou soumis à des restrictions excessives.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 8



### Les *TCSCE*

Les technologies convergentes s'orientent vers un but commun et comportent toujours un aspect relatif à la définition des objectifs. À cet égard, elles se prêtent particulièrement bien à la prise en considération des préoccupations du public et du monde politique. Le choix d'un programme d'action en matière de TC peut donc contribuer à faire progresser des objectifs stratégiques comme ceux de l'Agenda de Lisbonne.

Les objectifs de convergence peuvent aussi bien porter sur les "Technologies convergentes pour l'amélioration des performances humaines" que sur les "Technologies convergentes pour la suprématie militaire". Le groupe d'experts ne préconise aucun programme de ce genre. En proposant de privilégier les "Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne (*TCSCE*)", il met l'accent sur le processus même de définition des objectifs. Il suggère que divers programmes européens de recherche sur les TC soient élaborés, portant chacun sur un problème distinct et regroupant des technologies et des sciences génériques différentes. Il pourrait s'agir par exemple de "TC pour le traitement du langage naturel", de "TC pour le traitement de l'obésité" ou de "TC pour les habitations intelligentes".

La définition des objectifs des *TCSCE* n'est pas une initiative qui doit partir du sommet, mais une démarche intégrée au processus créatif de développement technologique. Elle s'appuiera sur l'intérêt scientifique et l'expertise technologique pour s'ouvrir vers l'extérieur, en étroite collaboration avec les sciences humaines et sociales et les nombreux acteurs concernés dans le cadre de l'initiative WiCC (Widening the Circles of Convergence – Élargissement des cercles de convergence), proposée dans ce rapport. Pour la même raison, les considérations éthiques et sociales ne seront pas extérieures et purement réactives, mais viseront à éclairer la recherche et le développement en matière de TC à travers le processus EuroSpecs que nous préconisons.

La définition d'objectifs pour la recherche sur les TC est un instrument politique, intégré aux programmes de recherche, susceptible de créer un climat de confiance parmi les investisseurs et les consommateurs. Elle apportera aussi un soutien à la communauté scientifique en exerçant un effet catalyseur et en concentrant l'énergie créatrice. Elle peut doter la recherche et le développement scientifique et technologique d'une imagination sociale en lui apportant une vision élargie.



## Recommandations

### Le groupe d'experts formule 16 recommandations

Les technologies convergentes (TC) présentent des opportunités considérables et des défis non moins importants. Les TC s'orientent vers des buts communs ou des visions partagées et la formulation de ces objectifs vient au premier rang des opportunités et des défis. Le projet de "Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne (*TCSCE*)" correspond à l'approche européenne des TC. Il met en avant le processus créatif et délibératif de définition des objectifs pour la recherche sur les TC.

#### *Mise en place des TCSCE: Vision et stratégie*

1. La Commission européenne devrait adopter l'initiative WiCC d'élargissement des cercles de convergence pour mettre en place une communauté de recherche sur les *TCSCE*, en commençant par instaurer un bureau de coordination WiCC.
2. La Commission devrait intégrer une dimension TC dans les appels du 6e PC (en particulier pour les priorités thématiques des nanotechnologies, des sciences de la vie, des technologies de l'information, des sciences humaines et sociales).
3. Les États membres sont encouragés à promouvoir le processus des *TCSCE* en lançant des prototypes d'initiatives de recherche sur les TC dans le cadre de leurs activités nationales de prospective et de leurs programmes de financement.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 9





4. Dans le contexte du 7e Programme-cadre de recherche européen, les États membres devraient être invités à prendre part à une Compétition européenne pour les centres d'excellences en *TCSCE*; le Conseil européen de la recherche devrait proposer des bourses de recherche dans ces centres.

***Exploitation des dynamiques de convergence: nouveaux agendas de recherche***

5. L'interdisciplinarité devrait être renforcée, au-delà des collaborations prévues ou institutionnelles, dans les appels à propositions et les politiques de recherche de la Commission et des nations européennes.
6. La Commission et les États membres devraient élargir et approfondir l'attention qu'ils portent aux sciences cognitives.
7. La Commission et les États membres doivent reconnaître et encourager les contributions des sciences humaines et sociales en matière de TC, avec une attention toute particulière pour l'anthropologie évolutionniste, l'économie de la recherche et du développement technologique, les méthodologies de prospective et la philosophie.

***Développement d'une structure pour les TCSCE: la recherche et les activités de soutien***

8. Un observatoire social permanent devrait être créé pour assurer un suivi et une évaluation en temps réel de la recherche internationale sur les TC, y compris les *TCSCE*.
9. La Commission devrait lancer une action de recherche "EuroSpecs" pour l'élaboration de spécifications européennes relatives au modèle des technologies convergentes, traitant de certains aspects normatifs afin de préparer un "code de bonne conduite".
10. L'intégration de la recherche sociale dans le développement des TC devrait être encouragée par des efforts de *Begleitforschung* ("recherche d'accompagnement" parallèle à la R&D scientifique et technologique).



***Administration des TCSCE: éthique et participation sociale***

11. Une ligne de démarcation nette devrait être conservée entre les orientations militaires relatives aux TC et leur développement en Europe.
12. Sur l'avis du Groupe européen d'éthique (GEE), le mandat d'examen éthique des propositions de recherche européennes devrait être étendu en vue d'inclure les dimensions morales et sociales des TC. Les organismes de financement des États membres sont invités à prendre des dispositions similaires.
13. Au vu des nouveaux modèles de gouvernance de la recherche participative, des processus de décision transparents doivent être développés et mis en œuvre.
14. La question des droits de propriété intellectuelle doit être abordée de façon proactive et au niveau international.
15. Les États membres et les pays associés sont encouragés à stimuler les débats nationaux sur les TC et la perspective des *TCSCE*.
16. Des modules relatifs aux TC devraient être introduits dans l'enseignement secondaire et supérieur pour créer des synergies entre les disciplines et favoriser les interactions entre les sciences humaines et les sciences exactes.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 10



# 1. Introduction

## Le défi

Tout est prêt pour l'entrée en scène des "Technologies convergentes" (TC). Les technologies de l'information et de la communication, les biotechnologies et les nanotechnologies comptent parmi les dernières grandes initiatives du 20e siècle en matière de technologies. Les technologies de l'information ont préparé le terrain pour les ordinateurs, les téléphones cellulaires et l'Internet. Les progrès biotechnologiques nous ont apporté la fertilisation in vitro, le dépistage génétique, les médicaments plus ciblés et les cultures génétiquement modifiées. Les chercheurs en nanotechnologies manipulent des atomes individuels, développent des matériaux aux propriétés améliorées et tentent de miniaturiser à peu près tout.

La première grande initiative de recherche du 21e siècle est la convergence de ces technologies génériques. Les info-, bio- et nanotechnologies se complètent mutuellement et ont déjà commencé à établir des liens avec les sciences cognitives, la psychologie sociale et d'autres sciences sociales. Cette convergence promet de transformer chaque aspect de notre existence.

- Les nanotechnologies ouvrent la porte à l'ingénierie à l'échelle moléculaire. Ainsi, certaines molécules dans une cellule nerveuse peuvent être combinées avec celles d'un capteur artificiel afin de rendre la vue dans certains cas de cécité.
- Une autre technologie convergente pourrait faire intervenir des substrats biologiques, comme dans les puces à ADN, pour permettre des diagnostics en matière de santé ou d'environnement.
- Les recherches en sciences sociales peuvent influencer l'informatique appliquée à l'environnement de façon à permettre aux utilisateurs d'acquérir plus rapidement des données sur les lieux et les situations dans lesquels ils évoluent.



Dans la mesure où les TC s'inscrivent dans une tendance toujours plus forte à la miniaturisation, elles se fondront dans l'environnement et deviendront omniprésentes. Étant donné qu'elles interagissent les unes avec les autres, elles peuvent former une infrastructure technique invisible pour l'action humaine – analogue à l'infrastructure visible que constituent les immeubles et les cités. Un tel environnement artificiel recèle la promesse d'un accès plus large et plus équitable à la connaissance et à l'information, de nouvelles interventions thérapeutiques, d'un meilleur contrôle environnemental, de plus de sûreté et de sécurité, de capacités de communications étendues…

Toutefois, les bénéfices potentiels de cette convergence s'accompagnent d'un certain nombre de risques. On pourrait citer d'éventuels effets nocifs pour la santé des nouveaux appareils et matériaux, les intrusions dans la vie privé, les troubles sociaux résultant de profondes transformations du monde du travail et des loisirs, la transformation de la nature telle que nous la connaissons par un environnement artificiel ainsi que certains aspects préjudiciables à l'intégrité humaine, à l'autonomie et à la moralité. En conséquence, les premières réactions à une initiative en matière de TC aux États-Unis ont soulevé des inquiétudes face aux ambitions transhumanistes visant à "améliorer les performance humaines" en transformant les êtres humains en machines.

*Tout est prêt aussi pour l'entrée en scène des "Technologies convergentes" dans la politique européenne.* La politique industrielle européenne appelle une intégration des efforts de recherche dans les secteurs hautement compétitifs des technologies de l'information et de la communication, des biotechnologies et des nanotechnologies, de l'aéronautique et des technologies énergétiques de l'hydrogène[1]. La politique scientifique européenne exige un accroissement substantiel des

(1) "Communication de la Commission: La science et la technologie, clés de l'avenir de l'Europe – Orientations pour la politique de soutien à la recherche de l'Union", COM (2004) 353, sec 1.2., prop. 5, p. 2.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 11





investissements dans les nanotechnologies pour être en mesure de concentrer ses efforts sur les deux "secteurs où les défis sont les plus grands, et notamment l'innovation industrielle fondée sur la connaissance ("nanofabrication"), l'intégration au niveau de l'interface macro-micro-nano et la R&D interdisciplinaire ("convergente")[2]".

### Pour ouvrir le débat

Trois extraits de *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science – NSF/DOC-sponsored report (2002):*

"Des interfaces rapides, à haut débit, entre le cerveau humain et les machines transformeront le travail en usine, contrôleront les automobiles, assureront la suprématie militaire et rendront possibles de nouvelles formes d'art, de sport et d'interaction entre les personnes. [...] La capacité de contrôler la génétique humaine, animale et végétale bénéficiera grandement au bien-être humain; un large consensus sur les questions éthiques, juridiques et morales se constituera au cours du processus." (p. 5)

"Dans certains domaines de la vie humaine, les coutumes et l'éthique traditionnelles persisteront, mais il est difficile de prédire quels seront ces champs d'action et d'expérience. Peut-être des principes moraux entièrement nouveaux régiront-ils les avancées technologiques radicales, comme les implants cérébraux, le rôle des robots dans la société humaine et l'ambiguïté de la notion de mort dans une ère d'expérimentation croissante en matière de clonage." (p. 22).

"Un nouveau sens, une perception par la bande passante qu'on pourrait appeler le sens GULP (Giant UpLoad Process). Imaginez un sixième sens qui nous permettrait de prendre un livre et de l'assimiler de telle façon que l'information contenue fasse soudain partie de notre "cogniciel", prêt à s'y référer, interférer, etc., avec une perception résiduelle globale intégrée à l'expérience GULP. [...] Le processus de création de nouveaux organes sensoriels qui fonctionnent en tandem avec nos cerveaux est vraiment en train de naître, quoique les implants cochléaires et rétiniens apparaissent déjà comme des orientations prometteuses. (p. 95f.)"

## Formation et mission du groupe d'experts



C'est dans le numéro de juin 2003 du bulletin d'information *Foresighting Europe* que la Commission européenne a pour la première fois attiré l'attention sur les TC. Il y était question d'un rapport consacré à deux conférences "NBIC" (Nano-, Bio-, Info-, Cogno-) organisées aux États-Unis sur le thème des *Technologies convergentes pour l'amélioration des performances humaines*. L'éditorial ajoutait:

*"Afin de traiter les questions abordées par le rapport américain sur les NBIC, la Commission envisage de mettre en place un groupe d'experts de haut niveau sur les technologies convergentes."*[3]

Après des réunions exploratoires en septembre et décembre 2003, ce groupe d'experts de haut niveau intitulé "Foresighting the New Technology Wave" a été constitué. Le groupe s'est réuni en séance officielle à quatre reprises (2-4 février, 14-15 avril, 6-7 mai, 16-17 juin 2004).

Le groupe d'experts a été chargé d'explorer l'étendue du potentiel et des risques des TC. Plutôt que de préparer simplement une réponse européenne au rapport américain, le groupe d'experts devait aussi prendre en considération les limites des approches précédentes de la convergence des NBIC. Il s'est donc trouvé en présence d'une double demande, à savoir

- délimiter les domaines d'intérêt et les champs d'application des TC, et
- mettre en relation ces TC avec les objectifs politiques et environnementaux européens.

(2) "Communication de la Commission: Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies", COM (2004) 338, section 3.1.1., p. 10.

(3) *Foresighting Europe*, juin 2003, numéro 2 du bulletin d'information de l'Unité de prospective scientifique et technologique, Commission européenne, Direction générale de la recherche, pp. 2-4.



Cette demande apparaissait déjà dans le bulletin d'information de juin 2003, qui suggérait que le groupe d'experts s'efforce "d'améliorer notre compréhension du savoir humain et de la cognition au sens large" et aussi d'aider l'Europe à anticiper les problèmes et récolter les bénéfices considérables de la convergence des NBIC. Le groupe a répondu à cette demande en replaçant les TC dans le contexte plus large de la Stratégie de Lisbonne pour une société de la connaissance européenne diversifiée et confrontée au vieillissement de sa population, qui cherche à mettre en place des modes de vie équitables et durables. Il a développé une vision élargie de la convergence, qu'il résume par le sigle *TCSCE*: ***"Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne".***

Le rapport du groupe d'experts montre comment cette vision élargie peut servir à façonner les activités de recherche et développement (R&D) dans le contexte de la Stratégie de Lisbonne. *Le but du rapport est de soumettre un avis à la Commission et aux États membres sur les opportunités et les défis présentés par la convergence des principales technologies génériques*. Dans un environnement mondial hautement concurrentiel, l'identification précoce de ces opportunités et de ces défis permettra à l'Europe d'investir à bon escient dans la R&D sur les technologies convergentes et d'acquérir des atouts économiques en harmonie avec les valeurs de diversité, de justice sociale, de sécurité internationale et de responsabilité environnementale.

## Le travail du groupe d'experts

Le groupe d'experts a commencé par prendre la mesure de la dimension européenne en matière de création et de diffusion de nouvelles technologies en général et des TC en particulier. Pour ce faire, il s'est basé sur une approche historique de la dynamique sociale des processus d'innovation. Il a aussi élaboré quatre scénarios pour l'Europe de 2020 en vue de cerner des domaines d'intérêt importants pour la R&D sur les technologies convergentes. Tout au long du processus, le groupe s'est employé à clarifier les bénéfices de la recherche sur les TC pour la société civile et de les replacer dans le contexte de dynamiques sociales positives. Son travail était guidé par dix principes directeurs qui comprenaient le souci de réalisme, l'intégration des hypothèses, l'éthique et la durabilité.[4]



La vaste étendue des préoccupations qui semblent devoir se faire jour avec le développement des TC se reflétait dans la composition du groupe d'experts et dans ses travaux. Ses domaines d'expertise incluaient les bio- et les nanosciences, les sciences de l'information et les sciences cognitives, les nano- et les biotechnologies, les technologies informatiques, l'économie et l'innovation, l'histoire et la philosophie des sciences et des technologies, l'étude des aspects éthiques, juridiques et sociaux, l'éducation, l'évaluation technologique et la politique scientifique. L'une des constatations du groupe est que la l'intégration efficace et profitable de la R&D et des technologies cognitives requiert un cadre inter-disciplinaire. Le groupe a pu se rendre compte par lui-même de la difficulté de la tâche, mais aussi de son caractère enrichissant, en apprenant à franchir les premières étapes menant à cette interdisciplinarité.

Qui plus est, les discussions au sein du groupe d'experts ont permis d'avoir un avant-goût des futurs débats publics sur les TC. Les divers risques qui accompagnent les TC sont-ils plus importants que leurs bénéfices? Une prospective prudente doit-elle se risquer à aborder des incertitudes métaphysiques troublantes? Au vu des frontières poreuses et de l'internationalisation des marchés, les citoyens européens peuvent-ils espérer façonner les TC? Ces questions ne trouveront pas de réponses au stade actuel où un progrès technologique commence à peine à se profiler. Le groupe ne doute pas que ces débats continueront à enrichir le développement des TC et qu'ils en font partie intégrante, mais il a néanmoins tenu à souligner dans son rapport les opportunités de la recherche sur les TC pour l'Europe.

D'autres questions qui se poseront encore concernent la portée des TC et le rôle que les spécialistes des sciences sociales ou les philosophes ont à jouer dans le développement de la recherche européenne en matière de TC. Quelle est la crédibilité de certaines prédictions sur l'état de la technologie en 2020?

(4) Voir le mandat du groupe d'experts, pp. 56 et ci-après.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 13





Les nanotechnologies se révèleront-elles essentielles à la recherche sur les TC? Les sciences sociales et naturelles peuvent-elles être réunies dans la formulation et l'évaluation de programmes de recherche? Encore une fois, seul le temps peut apporter des réponses ces questions. En attendant, le groupe d'experts a opté pour une démarche proactive qui ne ferme pas la porte aux débats à venir.

Le but du rapport est d'esquisser les opportunités et les défis des TC, non d'établir une étude d'impacts. Ce rapport ne porte pas sur des produits et procédés qui existent déjà ou sont sur le point d'être lancés et qui auront une incidence sur les sociétés européennes d'une manière ou d'une autre. Il envisage plutôt les TC en fonction de leur potentiel spécifique, susceptible de générer à moyen et à long terme de nouvelles formes d'applications technologiques. Bien qu'il soit prématuré de parler de leurs impacts probables, il n'est pas trop tôt pour envisager la manière dont le développement créatif des TC pourrait aborder et résoudre des problèmes sociétaux, comment elles pourraient exploiter les points forts existants en Europe, s'orienter vers les besoins sociaux et environnementaux, et promouvoir le débat éthique. Il n'est pas non plus trop tôt pour évaluer les promesses qui sont faites au nom des TC et d'examiner les inquiétudes liées aux risques qu'elles présentent.

Quelles que soient les limites actuelles des connaissances, une chose est sûre: la vie quotidienne des sociétés européennes futures sera façonnée par les technologies convergentes.

Les TC contribueront à transformer les interactions sociales entre les citoyens européens, les bases économiques de leurs moyens de subsistance, les systèmes de soins de santé, les modèles de vieillissement, la vie urbaine, les modes de participation politique. Comme le montre ce rapport, bien plus que des progrès technologiques qui suivent des trajectoires isolées, leur convergence impose des choix et une volonté de définir des objectifs. Autrement dit, la manière dont les technologies convergent pour façonner l'avenir des sociétés européennes doit elle-même être façonnée.

## Le rapport du groupe d'experts

Ce document a été préparé par le rapporteur sur la base des discussions du groupe, des contributions écrites individuelles soumises par les membres du groupe, d'un exercice d'élaboration de scénarios ainsi que de rapports rédigés par quatre sous-groupes[5]. Des rapports préliminaires ont été soumis au groupe et débattus principalement lors de la réunion de juin, avant la rédaction du rapport final.

- La 1re partie donne une définition des Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne (*TCSCE*), la compare à d'autres visions et définitions de la convergence technologique et présente les caractéristiques générales des applications probables des TC.
- La 2e partie examine les opportunités économiques, les perturbations potentielles et les risques des *TCSCE* dans le contexte des politiques et des besoins de l'Europe.
- La 3e partie traite des défis et des opportunités des *TCSCE* en recommandant des actions spécifiques pour l'Europe d'aujourd'hui.

Les conclusions résument les défis lancés par les TC et proposent 16 recommandations en vue d'une action immédiate dans le contexte d'une stratégie à moyen terme.



(5) Les rapports des quatre *Groupes d'intérêt spéciaux* (GIS) considèrent les TC en fonction des thèmes suivants: "Qualité de la vie", "Aspects éthiques, juridiques et sociétaux des technologies convergentes", "Nouvelle vague technologique: l'effet transformateur des technologies NBIC sur l'économie" et "Les technologies convergentes et le monde naturel, social et culturel".

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 14



# Première partie

# Des TC aux *TCSCE* – Domaines d'intérêt et champs d'application

Le groupe d'experts définit les TC comme "des technologies génériques et des systèmes de connaissance qui par leur combinaison permettent de poursuivre un but commun". Les *TCSCE* constituent l'approche européenne des TC proposée par le groupe. Cette approche est axée sur la nécessité de définir des objectifs ou des buts communs pour la convergence. Cette partie du rapport présente ces concepts, ainsi que les opportunités, les limites et les caractéristiques probables des TC.

## 1. Une brève histoire des technologies convergentes

Le terme "convergence" est suffisamment vague et engageant pour être appliqué dans des sens très variés à la science et à la technologie. La biochimie, la biologie moléculaire, la médecine évolutionniste, la linguistique computationnelle, la psychologie cognitive, la mécatronique sont autant de domaines qui peuvent être considérés comme le résultat de la convergence de disciplines autrefois séparées. Dans le domaine des technologies de l'information, la notion de "convergence" sert généralement à désigner la multifonctionnalité comme c'est le cas lorsqu'un même appareil combine un téléphone, un écran, un ordinateur, un accès à l'Internet et une caméra vidéo. Les journalistes parlent de convergence quand un seul processus éditorial intègre l'impression, la diffusion d'émissions et la publication sur l'Internet. Les historiens de la technologie évoquent la convergence à propos de progrès technologiques induisant un changement social au fil du temps. Au regard de l'évolution des disciplines scientifiques et technologiques, la convergence fait référence parfois à la fusion de concepts dérivés de différents systèmes de connaissance, parfois à l'unification de domaines d'étude auparavant distincts, parfois au partage de méthodes et d'équipement et parfois à un but commun vers lequel tendent des efforts provenant d'horizons différents.



Depuis quelques années, l'expression "technologies convergentes" a pris un nouveau sens spécifique avec le développement des nanotechnologies et l'élaboration ultérieure du concept de "convergence NBIC". On peut dire que le domaine des nanotechnologies a, en lui-même, débouché sur une convergence de disciplines. Après tout, chacun sait que toutes les choses matérielles sont composées d'atomes et de molécules. Les nanotechnologies permettent d'intervenir à l'échelle nanométrique et donc, peut-être, de tout reconfigurer au niveau moléculaire. Du point de vue des nanotechnologies, les domaines autrefois séparés de la biomédecine, de l'informatique, de la chimie, de la photonique, de l'électronique, de la robotique et de la science des matériaux se rejoignent en un seul paradigme d'ingénierie.

Toutefois, l'unification de ces domaines n'a pas été qualifiée de convergente et ce n'est pas dans ce sens que nous envisageons ici les TC. Pour évoquer le potentiel des nanotechnologies, on parlera plutôt de technologie-clé ou de *technologie générique*.

Une technologie générique permet un développement technologique sur un large front. Elle n'est pas limitée à un objectif spécifique ou à un ensemble particulier d'applications. Si les nanotechnologies font partie des technologies génériques, c'est aussi le cas des technologies de l'information et des biotechnologies. On peut aussi parler de systèmes de connaissances diffusants ou de savoir scientifique contribuant à la diffusion des technologies.

Par exemple, les sciences sociales et les sciences cognitives ont accumulé des connaissances remarquables sur les interactions sociales, les communications efficaces, etc. Dans la mesure où ce savoir scientifique peut être intégré dans des systèmes développés par ingénierie, il peut aussi rendre possibles des progrès technologiques d'une portée considérable. Une étape importante dans l'histoire des TC a été franchie avec la prise de conscience qu'il existe, à côté des nanotechnologies, d'autres technologies et systèmes de connaissances génériquesqui sont ouverts aux nouveaux défis de la R&D et qui peuvent s'enrichir réciproquement.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 15





## Deux exemples de recherches sur les TC aujourd'hui

Dans le cadre du programme général "Technologies convergentes pour l'amélioration des performances humaines," des recherches menées par le **MIT Institute for Soldier Nanotechnology** (ISN) ont reçu une attention toute particulière, peut-être à tort :

L'ISN a été fondé en mars 2002 et 44 professeurs du MIT participent à ses travaux. Sa mission est de développer une vision à long terme sur les moyens technologiques permettant de rendre les soldats moins vulnérables aux attaques de l'ennemi et aux menaces environnementales. L'objectif final est de mettre au point une tenue de combat du 21e siècle combinant des technologies de pointe avec des critères de légèreté et de confort. L'ingénierie biologique, la robotique et les nanotechnologies convergent pour fabriquer un exosquelette. Comme une carapace blindée qui serait en même temps une seconde peau, il assiste les échanges métaboliques du corps avec l'environnement tout en augmentant sa force musculaire et en ajoutant une protection contre les balles. Les chercheurs de l'ISN ont aussi été encouragés à explorer des applications civiles.

Au sein du Réseau d'excellence européen "Nano2Life", des chercheurs de l'Université de Lund, en Suède, travaillent sur un **projet de main artificielle** :

Le but est de mettre au point des prothèses contrôlées par le cerveau. Cela suppose le développement de stratégies de motorisation basées sur des signaux électriques générés par de multiples électrodes musculaires ou des micropuces implantées dans le système nerveux central ou périphérique. Lors des premières expérimentations, des patients ont appris à contrôler une main virtuelle au moyen de signaux cérébraux. Pour être fonctionnelles, les prothèses doivent aussi comporter une sensibilité artificielle. Des capteurs intégrés collectent des informations sur les textures des surfaces qui sont ensuite traduites en stimuli cérébraux. Les chercheurs associés à ce projet proviennent des départements de mesures électriques, de chirurgie de la main, de sciences physiologiques, de physique des états solides et de sciences cognitives. Des projets similaires sont menés dans d'autres instituts de recherche en Europe, aux États-Unis et au Japon.

Cette interprétation des "technologies convergentes" a été adoptée lors d'un atelier organisé en décembre 2001 par la Fondation nationale de la science et le département du Commerce des États-Unis.

- Le titre du rapport publié à l'issue de cet atelier indique que les technologies convergentes se renforcent mutuellement dans la poursuite d'un objectif commun: "Converging Technologies for Improving Human Performance – Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science"[6].
- Un rapport du Conseil national de la recherche canadien sur la prospective scientifique et technologique est venu peu après proposer une approche comparable: "Converging technologies for bio-health, eco and food system integrity and disease mitigation – nanotechnology, ecological science, biotechnology, information technology and cognitive sciences"[7].
- Un troisième exemple a été apporté par un chercheur norvégien. Il suit le même modèle: "Converging technologies for salmon-productive aquatic environments – bioinformatics, environmental science, systems theory, salmon genomics, production biology, economics"[8].
- D'autres recherches sur les TC ont été prises en considération par le groupe d'experts. On peut citer "Les technologies convergentes pour le traitement du langage naturel – information et nanotechnologies, linguistique, sciences cognitives et sociales", "Les technologies convergentes pour le traitement de l'obésité" et "Les technologies convergentes pour les habitations intelligentes."



(6) Mihail Roco et William Bainbridge, éd., Arlington, juin 2002.

(7) Raymond Bouchard, *Bio-Systemics Synthesis; Science and Technology Foresight Pilot Project*, Conseil national de la recherche canadien, juin 2003, p. 8.

(8) Dans la présentation de ses travaux au Conseil de la recherche norvégien, le 5 mai 2004, Stig Omholt (Université d'agronomie de Norvège) a proposé un agenda de recherche sur les TC quelque peu étendu: "Converging technologies for a new production biology to revert world-wide habitat fragmentation and loss of biodiversity on land and at sea."



Tous ces programmes dressent une liste de technologies et de sciences génériques, en constatant que ces technologies convergent vers la réalisation d'un but plus ou moins général. Ce modèle commun a permis d'esquisser la définition des "technologies convergentes" adoptée par le groupe d'experts.

## 2. La définition des technologies convergentes (TC)

*Les technologies convergentes sont des technologies et des systèmes de connaissance génériques qui se renforcent mutuellement dans la poursuite d'un objectif commun*[9]. Cette définition restitue le potentiel scientifique et technique des TC et laisse entrevoir des opportunités pour la R&D européenne. Les première et deuxième parties de ce rapport présentent certaines de ces opportunités. Simultanément, la définition appelle des précisions qui doivent être apportées par la politique scientifique et les différentes initiatives de R&D: vers quels objectifs les technologies et les systèmes de connaissances génériques devraient-ils converger? Les deuxième et troisième parties du rapport aborderont cette question en la replaçant dans le contexte social plus large de la recherche sur les TC en Europe.

Dans le cas des nanotechnologies, des biotechnologies et des technologies de l'information, il est très facile de voir comment ces technologies génériques se renforcent mutuellement:

- Du point de vue conceptuel, les *nanotechnologies* renforcent d'autres technologies en créant un cadre de référence commun pour tous les problèmes d'ingénierie au niveau matériel. Tous les systèmes composés de molécules peuvent, en principe, être intégrés les uns avec les autres. La compréhension des propriétés à l'échelle nanométrique permet de réaliser les architectures souhaitées au niveau micro- ou macroscopique. Du point de vue instrumental, les nanotechnologies apportent quelque chose aux biotechnologies en développant de nouvelles techniques d'imagerie, des sondes et des capteurs.
  Elles contribuent aux demandes de miniaturisation des technologies de l'information. Par ailleurs, les nanopuces et les nanocapteurs sont appelés à rendre possibles des progrès dans le nouvel univers de la bioinformatique.



- Du point de vue conceptuel, les *biotechnologies* renforcent d'autres technologies en identifiant des processus chimico-physiques et des structures algorithmiques dans les systèmes vivants dont on peut remonter la trace jusque dans la base matérielle de leur organisation cellulaire et génétique. Du point de vue instrumental, les biotechnologies apportent quelque chose aux nanotechnologies en proposant des mécanismes de reconnaissance cellulaire et de transport ciblé. Elles sont appelées à contribuer aux progrès des technologies de l'information en jetant, par exemple, les bases d'une informatique fondée sur l'ADN. La biomimétique et les travaux sur les moteurs cellulaires peuvent aussi favoriser la R&D nano-info en matière de nanorobotique.
- Du point de vue conceptuel, les *technologies de l'information* renforcent d'autres technologies par leur capacité à représenter toujours plus d'états physiques sous forme de traitements de données et de modèles grâce à diverses méthodes informatiques. Du point de vue instrumental, les ordinateurs apportent une puissance de calcul essentielle au processus de recherche dans toutes les disciplines techniques. Elles contribuent aux progrès des nanotechnologies grâce au contrôle précis des schémas et des interventions. Elles procurent aux biotechnologies les moyens de modéliser des procédés complexes et, donc, de résoudre des problèmes de recherche difficiles. Les logiciels de simulation peuvent aussi favoriser la R&D nano-bio en matière de surveillance environnementale.

Cette liste de technologies et de systèmes de connaissance diffusants qui se complètent mutuellement pourrait être étendue aux sciences cognitives, aux sciences de l'environnement, à la théorie des systèmes ainsi qu'aux sciences humaines et sociales, notamment la philosophie, l'économie et le droit.

(9) On notera que le terme "système de connaissances (générique)" peut toujours être remplacé par l'expression "savoir scientifique qui contribue à la diffusion des technologies".

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 17





• Du point de vue conceptuel, les *sciences sociales* et *humaines* peuvent être utiles à la science et à la technologie de diverses façons. Des exemples souvent cités sont les stratégies tirées de la théorie des jeux pour maximaliser les bénéfices et minimaliser les coûts, les modèles de représentation de l'économie et d'autres formes d'échanges, les modèles de reconnaissance basés sur la théorie de la *gestalt* dans la perception humaine ou sur l'intelligence artificielle, la sémiotique comme théorie générale des signes d'origine humaine et naturelle, etc. Du point de vue instrumental, elles apportent des techniques de raisonnement probabiliste et d'interférence statistique, des méthodologies de recherche qualitative, ou une compréhension de la dynamique sociale de la création et de la diffusion de l'innovation technologique. L'économie et le droit contribuent aux progrès de la R&D technologique en façonnant des structures d'encouragement pour le financement et la dissémination. La philosophie, les études culturelles et l'éthique peuvent constituer des points de repère lorsque les nouvelles technologies viennent bouleverser les modes de vie traditionnels. Et bien sûr, une technologie lancée sans aucune compréhension du contexte social risque fort de se révéler inappropriée et d'être rejetée par la société.

### Une limite en termes de connaissances: L'avenir du système de santé publique

**Les TC peuvent préparer le terrain d'une révolution du système de santé publique:** La technologie "lab-on-a-chip" permettra d'obtenir instantanément et n'importe où des milliers de mesures relatives à l'état de santé d'une personne. Ce système d'autosurveillance produit non seulement un diagnostic immédiat mais formule aussi des suggestions sur ce qu'il conviendrait de faire pour améliorer la condition physique actuelle d'un individu: réduire les graisses dans l'alimentation pendant une semaine, faire un peu de marche ou manger des oranges. Les TC permettront un dépistage rapide des sujets qui présentent des problèmes physiques ou psychologiques et une personnalisation des traitements en fonction du génome ou de la gravité de la maladie. Une dépression simple sera traitée par des consultations individuelles entre le patient et un "contact personnel" virtuel, convenablement programmé et hautement sophistiqué – capable d'écouter, de répondre intelligemment et efficacement aux besoins du patient dans le cadre d'une relation suivie. Les hospitalisations ne seront plus nécessaires que pour le traitement de blessures graves et dans les cas où la chirurgie invasive n'aura pas encore été remplacée.

**Peut-être** ces progrès de la technologie médicale auront-ils pour effet d'aggraver les causes sociales notoirement insaisissables du bien-être physique. Le système de santé publique ne représente pas simplement un environnement de soins, il s'agit aussi d'une importante institution sociale. Cette institution apporte une attention personnelle et une reconnaissance publique à des personnes dans le besoin, dont certaines sont peut-être malades en partie par manque d'attention ou de reconnaissance. L'autosurveillance ouvre aussi une boucle de réactions négatives qui amplifie les angoisses et les obsessions. Comme l'anxiété peut avoir des effets mesurables sur des variables physiques, il existe un risque d'aggravation pour les personnes qui se surveillent constamment, à l'affût du moindre changement de leur état de santé.

**Ou peut-être** ces progrès de la technologie médicale réussiront-ils là où le système de santé publique actuel accuse un échec. Les TC pourraient répondre plus efficacement aux besoins sociaux grâce à la disponibilité des médecins d'une réalité virtuelle, pouvant passer un temps illimité à écouter leur patient, à leur parler, à apaiser leurs angoisses et leurs obsessions.



## 3. Les limites de la convergence

La définition des TC comme des technologies et des systèmes de connaissances diffusants qui se complètent mutuellement peut donner à penser que leur potentiel est illimité. Cette impression est renforcée par l'adjonction d'autres disciplines issues des sciences et des sciences appliquées, voire des sciences sociales et humaines, qui paraissent chaque fois étendre le champ d'action des autres.

L'ampleur même d'une telle promesse suscite à elle seule des problèmes. Les nanotechnologies et les sciences cognitives, les technologies de l'information et les sciences sociales sont donc nécessaires non seulement pour se compléter réciproquement, mais aussi pour mettre en lumière les limites actuelles et théoriques de la convergence.

• Les TC créent un nouveau défi pour l'allocation des ressources de R&D. Le dilemme décisionnel en matière S&T n'a sans doute jamais été aussi dramatique que dans le cas des TC. Des décisions



dictées par l'évolution rapide de la recherche devront être prises, ne serait-ce qu'en raison des efforts déployés dans ce même domaine aux États-Unis, au Japon et ailleurs. Que ce soit pour préserver notre compétitivité ou pour veiller à la protection et aux intérêts des citoyens européens, les administrations responsables devront consacrer des ressources substantielles à des initiatives de recherche qui ne peuvent encore s'exprimer sous la forme de programmes de travail standard. Pour justifier l'allocation de fonds publics, il convient de mesurer pleinement la faisabilité à moyen et long terme des TC et les limites des promesses dont elles sont porteuses du point de vue des bénéfices sociaux et de la rentabilité.

- Les TC peuvent servir à faire progresser les objectifs de développement durable. Par la même occasion, elles risquent néanmoins de susciter une foi excessive en une solution technologique toute puissante. On pourrait en conclure qu'il n'y pas lieu de réduire notre consommation et nos émissions nocives dès lors que les TC peuvent alléger les contraintes générales qui pèsent sur l'environnement. Face aux dangers extrêmes d'une complaisance induite par le potentiel de remède universel qu'on a tendance à prêter à la technologie, une saine politique environnementale requiert une prise de conscience des limites techniques, surtout à court et à moyen terme.
- Les limites de la recherche sur les TC doivent être mesurées pour mieux cerner les risques perçus. Les nanotechnologies laissent entrevoir la possibilité d'exploiter les processus d'auto-organisation physique et de fabriquer des matériaux aux propriétés nouvelles. Devant tant d'incertitudes, une société de réassurance, au moins, en est arrivée à douter du caractère assurable des nanoparticules, par exemple[10]. Pour parvenir à une véritable nouveauté au moyen de processus complexes d'auto-organisation, il paraît indispensable que les chercheurs aient les mains libres et que les propriétés nouvelles soient réellement inconnues. Or, des propriétés nouvelles complètement inconnues peuvent évidemment comporter des dangers insoupçonnés.

Dès lors que les chercheurs qui se consacrent aux TC entreprennent vraiment de produire des résultats imprévisibles, leurs travaux doivent être contrôlés et encadrés en conséquence. Les philosophes de la science ont ici un rôle à jouer pour étudier les limites du processus de recherche en matières de TC. Ils peuvent examiner dans quelle mesure les scientifiques et les ingénieurs ont véritablement recours aux théories de la complexité et de l'auto-organisation et apprécier l'utilité technique de ces théories pour la création d'une véritable nouveauté.



## Une limite à la connaissance : L'avenir des perfectionnements

Les visionnaires des TC et leurs détracteurs ont tendance à aller au-delà des suppositions sur la faisabilité technique des implants cérébraux pour renforcer les facultés mentales. Ils échafaudent aussi des hypothèses sur leur diffusion: puisque de tels perfectionnements offrent un avantage sur les humains "non améliorés", tout le monde les voudra ou en aura besoin. Le petit exercice de science-fiction qui suit entend illustrer combien de telles conjectures sont sujettes à caution.

**Les implants cérébraux sont enfin disponibles dans le commerce.** Les expérimentations animales ont montré qu'ils sont sans danger, des essais controversés sur des volontaires dans l'armée ont montré qu'ils fonctionnent. Ces implants donnent à l'utilisateur un accès à une grande quantité d'informations et ils peuvent être adaptés pour inclure des banques de données portant sur des connaissances très spécialisées. La demande est très forte pour ce produit de grande consommation attendu depuis longtemps. Mais au terme des deux premières années, les statistiques ne sont pas très engageantes: 5% des implants ne semblent pas fonctionner du tout (pour une raison quelconque, l'utilisateur n'est jamais parvenu à y accéder), pour une autre tranche de 5% d'utilisateurs, l'accès à l'implant a été perdu dans le courant des trois premiers mois. Le reste des utilisateurs se divise en deux groupes: ceux qui ont accès instantanément à l'implant alors qu'ils effectuent d'autres opérations mentales et ceux qui doivent fermer les yeux ou prendre le temps de se concentrer pour accéder aux informations. Il y a aussi un faible pourcentage d'utilisateurs qui ont subi des lésions cérébrales irréversibles ou qui sont devenus fous.

Quelques années avant que l'implant devienne commercialement viable, une autre technologie a fait son apparition: un appareil à commande vocale que l'on porte au poignet et qui fournit les mêmes services.

Il s'ensuit que les implants cérébraux subissent un échec commercial, au grand dam des fabricants et des actionnaires.

(10) Swiss Reinsurance Company, "Nanotechnology - Small Matter, Many Unknowns" (2004).

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 19





## Terminologie

Les "**technologies génériques ou diffusantes**" préparent le terrain pour une grande variété de solutions techniques. Comme elles libèrent un vaste potentiel et ouvrent la porte à des développements technologiques radicalement nouveaux, on les appelle aussi "technologies-clés". Les nanotechnologies sont au premier rang des technologies génériques. Les biotechnologies et les technologies de l'information en font aussi partie, de même que la base de connaissances des sciences cognitives, sociales et autres.

Les "**technologies convergentes**" (TC) font référence à la convergence vers un but commun des découvertes et des techniques de la science fondamentale et de la technologie: les TC sont des technologies et des systèmes de connaissances diffusants qui se complètent mutuellement en vue de la réalisation d'un objectif partagé. Ensemble ou isolément, les technologies NBIC (nano, bio, info, cogno) sont susceptibles de contribuer à cette convergence.

La "**convergence NBIC pour l'amélioration des performances humaines**" est le nom d'un programme ambitieux de recherche en matière de TC aux États-Unis. La "**synthèse bio-systémique**" se rapporte à un autre agenda de recherche sur les TC qui a été formulé au Canada.

Les "**Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne**" (TCSCE) constituent l'approche européenne des TC. Elles donnent la priorité à l'adoption d'un objectif particulier pour la recherche en matière de TC. Cette démarche présente des défis et des opportunités tant du point de vue de la recherche qu'en termes de gouvernance, car elle intègre tout à la fois le potentiel technologique, la reconnaissance des limites, les besoins européens, les opportunités économiques et les intérêts scientifiques.

- S'il est possible de concevoir, de fabriquer et de fixer une jambe artificielle sans guère de connaissances en anatomie, en physiologie, en dynamique de la marche, il est clair cependant que le résultat serait sans intérêt d'un point de vue technique et économique. De la même façon, certaines visions de la convergence NBIC imaginent des perfectionnements cognitifs en sous-estimant la complexité des processus cognitifs. La recherche en matière de TC doit donc inclure une étude des limites actuelles. Pour éviter des investissements publics inconsidérés, des recherches doivent être menées dans le domaine des sciences cognitives en vue d'une évaluation des moyens de développer le plus efficacement des nano-, micro- ou biotechnologies spécifiques.
- Dans la mesure où l'ingénierie des TC s'opère à partir de la base dans les domaines nano, micro- ou biotechnologiques, on part du principe que les problèmes peuvent être résolus au niveau de la base matérielle. Cette approche est limitée par les problèmes qui n'ont pas de propriétés physiques. On peut avancer que la cognition, les questions de sens, les modèles d'interaction sociale et les réponses émotionnelles dérivent plus de la socialisation que de phénomènes physiques. Par conséquent, il se pourrait que la véritable dimension des origines sociales et peut-être psychosomatiques d'une maladie ne devienne apparente que lorsque des TC d'autosurveillance médicale donneront au patient un bilan de santé irréprochable, qui le laissera encore plus désemparé.
- Le vaste potentiel de transformation des TC impose des limites à leur acceptation par le public. Le rythme de diffusion des nouvelles technologies est réfréné par le temps nécessaire aux sociétés pour les accepter et, le cas échéant, s'y adapter. C'est là que les sciences sociales et humaines doivent intervenir pour éclairer et accompagner la recherche en matière de TC et servir d'intermédiaires. Elles devraient créer un contexte propice aux échanges entre la recherche scientifique et technologique, d'une part, et les divers publics concernés par ses résultats, de l'autre.

Les nanotechnologies et les sciences cognitives, les technologies de l'information et la philosophie, les biotechnologies et les sciences sociales sont appelées à coopérer, une fois déterminées les perspectives des programmes de recherche sur les TC, notamment leurs limites à court et à moyen terme.



## 4. Eléments d'une approche européenne: les *TCSCE*

Une approche européenne des TC doit être éclairée par la prise de conscience de leur potentiel et de leurs limites. Elle reconnaît le rôle crucial des technologies génériques ou diffusantes nano-, bio- et info-, mais seule une définition scrupuleuse des objectifs peut les réunir dans le cadre d'une recherche convergente viable et socialement profitable. Les "Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne" ou TCSCE tirent parti du potentiel des nano- et bio-technologies, ainsi que des technologies de l'information. Elles englobent également:

- les sciences sociales et humaines, à côté d'autres technologies et systèmes de connaissances diffusants;
- la prise de conscience explicite et l'étude des limites, notamment en ce qui concerne la cognition;
- une orientation vers des buts communs dans le cadre d'une politique européenne basée sur des procédures publiques et des valeurs partagées.

Plus encore que dans le cas des nanotechnologies, il est extrêmement difficile d'obtenir des données sur le nombre de chercheurs, de brevets et de projets de recherche qui se situent dans le domaine des TC, ou encore sur les niveaux du financement, aux échelles internationale et européenne.

Pour ce qui est des nanotechnologies, cela s'explique en grande partie par les interférences avec les recherches qui touchent à la chimie, à la science des matériaux, à la biologie et à la physique. Il existe néanmoins des opportunités de financement qui peuvent inciter les chercheurs à définir leurs activités en rapport avec la recherche nanométrique. Les *TCSCE* ont besoin d'un mécanisme plus parlant pour encourager la constitution de communautés de recherche.

Un tel mécanisme d'"élargissement des cercles de convergence" (l'initiative WiCC – Widening the Circles of Convergence) sera proposé dans la 3e partie de ce rapport. Il s'agit de convier certains chercheurs à divers ateliers de réflexion pour définir les objectifs des TC dans des domaines d'application ciblés comme la santé, l'éducation, les infrastructures, l'énergie ou l'environnement. Ils publieront des appels à contributions et des invitations à des conférences sur les *TCSCE* organisées autour de thèmes spécifiques. Chaque conférence s'achèvera à son tour sur des ateliers pour l'élaboration de prototypes de propositions de financement et d'accords de partenariats. Un bureau WiCC devrait coordonner les efforts, établir et tenir à jour un répertoire de chercheurs associés, de projets *TCSCE* et de ressources institutionnelles. Dans le prolongement des "plateformes technologiques" de l'Union sur l'énergie photovoltaïque, la lutte contre le SIDA ou la nanoélectronique, les initiatives WiCC et les programmes de *TCSCE* qui en découleront réuniront divers intervenants des secteurs public et privé et solliciteront la contribution de spécialistes des sciences sociales et des questions d'éthique.[11]



## 5. Caractéristiques générales des applications probables

Le caractère novateur et spécifique des "technologies convergentes" ouvre un large espace au développement technologique. De même que certaines TC sont enracinées à l'échelle nanométrique tandis que d'autres ne le sont pas, les applications techniques résultantes ne partagent pas toutes les mêmes caractéristiques. Pourtant, la convergence de technologies ou de systèmes de connaissance qui se complètent mutuellement favorise certaines opportunités technologiques particulières. La liste suivante recense les caractéristiques probables des applications des TC, qu'elles trouvent leur origine dans le contexte européen (*TCSCE*) ou ailleurs. La deuxième partie de ce rapport prendra cette liste pour modèle et examinera les opportunités, mais aussi les risques associés à chacune de ces caractéristiques.

- *Intégration*: À la différence des équipements ou produits techniques distincts au sens classique du terme, les TC peuvent être dispersées dans l'espace, ambiantes et imperceptibles. Elles se fondront dans le décor et contribueront peut-être à structurer le cadre des actions humaines au travail, dans les loisirs, les soins de santé, la mobilité et les communications. Cette particularité accentue et exploite les tendances à la miniaturisation dans les technologies de

(11) À propos de la plateforme technologique proposée pour la nanoélectronique, voir "Vision 2020: Nanoelectronics at the Centre of Change", CE, rapport du Groupe de haut niveau, juin 2004.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 21



l'information, à l'ingénierie moléculaire dans les nanotechnologies, au ciblage de gènes spécifiques dans les biotechnologies. Les TC peuvent donc faire intervenir des implants et instruments médicaux, des capteurs "invisibles" ou des technologies d'imagerie et de communication diffuses et peu apparentes, mais la perception que nous en aurons dans notre existence obéira au principe qui prévaut pour la climatisation ou le réseau électrique: mieux ils fonctionnent et moins nous remarquerons notre dépendance à leur égard ou même leur simple présence. Plutôt que de produire des objets à importer dans l'environnement naturel (nature première), les TC favorisent la production d'un environnement artificiel.

Cette seconde nature remet en cause les frontières traditionnelles entre nature et culture. Elle rend la nature première inaccessible, sauf à travers une seconde nature conditionnée par l'homme. Cela altère considérablement l'idée que nous nous faisons de notre responsabilité envers le monde dans lequel nous vivons et agissons: cette responsabilité n'a plus grand chose à voir avec le souci de préserver la nature; elle devient de plus en plus une sorte de prise en charge des milieux que nous avons temporairement créés.

- *Portée illimitée*: Même assorties d'une étude de leurs propres limites, les TC contribuent à étendre le paradigme de l'ingénierie dans des domaines qu'on aurait crus imperméables. Quand "l'ingénierie sociale" et les technologies comportementales ont été élaborées, on ne les considérait pas comme des solutions matérielles susceptibles de servir d'interface avec des processus sociaux et cognitifs.
  Si l'on se fonde sur le rêve de contrôler chaque chose à l'échelle moléculaire grâce aux nanotechnologies et sur l'aptitude croissante de l'informatique à tout transformer en information, il semblerait que rien ne puisse échapper à l'emprise des TC et que les activités d'ingénierie peuvent s'étendre à la pensée, aux interactions sociales, à la communication et même aux états affectifs. Cette puissante heuristique des TC s'avérera productive même si elle n'est réalisée - ou ne devrait l'être – que dans une faible mesure. On peut s'attendre à ce que pour chaque problème, quelqu'un puisse proposer une solution technologique plus ou moins créative, viable ou souhaitable.
- *Ingénierie mentale et physique*: Pour ce qui est de l'esprit et du corps, on peut distinguer deux approches fondamentalement différentes des TC. L'une d'elles passe par une technologie matérielle, qui suppose une intervention au niveau de la conception moléculaire, de l'ingénierie traditionnelle à l'échelle microscopique ou encore de la régularité biochimique comme dans le cas de la réplication de la l'ADN. Lorsqu'il s'agit de l'ingénierie des facultés mentales, surtout, cela va bien au-delà des interventions chimiques ou pharmaceutiques déjà familières qui inhibent ou stimulent une activité neuronale, mais sans interférer durablement avec l'architecture du cerveau. À la différence de cette "*ingénierie de l'esprit*", la seconde approche préconise l'heuristique de l'"*ingénierie pour l'esprit*". Les jeux vidéo ont une incidence sur les capacités cognitives. Les TC peuvent suivre cette piste causale en créant de nouveaux outils qui changent les modalités de l'accès à l'information et son traitement. Ces nouveaux outils pourront alors déboucher sur la formation de nouveaux processus cognitifs au niveau organisationnel ou individuel. L'approche matérielle et l'approche logicielle ont donc en commun le fait que l'esprit sera une cible explicite ou implicite des technologies convergentes. Il existe un contraste analogue entre "*l'ingénierie du corps*" et l'"*ingénierie pour le corps*". À nouveau, que l'on passe par une intervention matérielle ou par des changements dans les systèmes d'autosurveillance, de diagnostic et d'administration des soins, le corps sera une cible explicite ou implicite des technologies convergentes.
- *Spécificité*: Les recherches sur l'interface entre nano- et biotechnologie produisent des instruments pour la reconnaissance moléculaire, cellulaire et génomique ainsi que des capteurs hautement spécifiques et perfectionnés. Ces progrès pourraient permettre par exemple l'administration ciblée de substances pharmaceutiques conçues sur mesure pour le génome d'un individu afin de produire un traitement sans effets secondaires. De manière plus générale, la convergence des technologies et systèmes de connaissances diffusants pourrait être orientée vers des tâches spécifiques. Par ailleurs, des constellations d'expertise locales et très spécifiques dans diverses disciplines complémentaires peuvent engendrer une possibilité unique de regroupement des efforts pour l'accomplissement d'un but commun.



# Deuxième partie

# Les implications de la convergence

Les *TCSCE* ont été définies en fonction de leur potentiel de créer une convergence de technologies génériques ou diffusantes pour la réalisation d'objectifs plus ou moins spécifiques. Il convient à présent de préciser ce potentiel, de spécifier les tâches et prendre la mesure des opportunités comme des risques inhérents dans le contexte européen. Le groupe d'experts a élaboré quatre scénarios pour l'Europe en 2020 afin d'inscrire le développement des TC dans un contexte approprié. Des sous-groupes ont exploré la signification des *TCSCE* pour l'Europe d'aujourd'hui et pour l'avenir qu'elle se prépare. Il s'agissait d'envisager différentes dimensions sociétales de la convergence, à savoir les opportunités économiques et technologiques, les défis culturels, les implications pour la qualité de la vie dans nos sociétés européennes diversifiées et confrontées au vieillissement de leur population ainsi que les transformations probables des interactions sociales et cognitives.[12]

La réflexion qui suit sur les implications des *TCSCE* commence donc par la formulation d'un cadre envisageant des politiques, des objectifs et des scénarios pour l'Europe. Il se poursuit avec une présentation des opportunités économiques, du potentiel ou des risques de perturbation et des défis pour la recherche. Tout au long de cette analyse, la définition d'objectifs pour les *TCSCE* apparaît comme un outil de la politique scientifique visant à faire progresser les objectifs européens.

## 1. Contextes européens



Les technologies de l'information et de la communication, les biotechnologies, et les nanotechnologies sont des pierres angulaires de la société de la connaissance telle que la conçoit la politique économique et scientifique européenne. Les agendas des *TCSCE* se polarisent sur ces technologies en les orientant vers des buts communs. Ce qui fait la nouveauté des *TCSCE*, c'est donc qu'elles apportent une réponse explicite au projet européen pour le 21e siècle, comme l'a énoncé la Millenium Declaration:

*"Au seuil d'un nouveau siècle et du troisième millénaire, l'Union doit concentrer son action sur des tâches capitales pour la sécurité et le bien-être de ses peuples."*

La formulation des agendas de recherche des *TCSCE* est un outil de la politique scientifique pour la mise en œuvre concrète de cet objectif et de la Stratégie de Lisbonne.

### 1.1. Objectifs européens

En particulier, les *TCSCE* permettent à l'Union de se concentrer sur les tâches suivantes, qui ont été mises en avant par la *Millenium Declaration :*

- subvenir aux besoins d'une population vieillissante;
- développer les ressources humaines grâce à l'innovation et à la formation tout au long de la vie;
- promouvoir une économie européenne dynamique et ouverte fondée sur la connaissance;
- lutter contre la dégradation de l'environnement tant au niveau local que planétaire;

(12) Les *Groupes d'intérêt spéciaux* (GIS) ont traité des TC dans quatre rapports séparés: "Qualité de la vie", "Aspects éthiques, juridiques et sociétaux des technologies convergentes", "Nouvelle vague technologique: l'effet transformateur des technologies NBIC sur l'économie" et "Les technologies convergentes et le monde naturel, social et culturel".

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 23



- faire du développement durable une réalité et garantir aux générations futures une qualité de vie meilleure;
- protéger les citoyens contre la criminalité;
- œuvrer en faveur d'une économie internationale plus ouverte et plus stable qui profite également aux peuples de régions moins favorisées du monde;
- doter l'Union des capacités nécessaires pour gérer les crises internationales et apporter une aide humanitaire à ceux qui ont besoin.[13]

Si les *TCSCE* se prêtent bien à la réalisation de ces objectifs européens en tant qu'outil de la politique scientifique, c'est parce qu'elles ne se conçoivent pas sans l'adoption d'un agenda explicite ou la formulation d'un objectif commun. La Communication de la Commission "Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies" affirme que "l'élaboration d'un échéancier général pour les nanotechnologies n'est pas réaliste compte tenu de l'étendue du domaine[14]". Si la portée encore plus vaste des technologies génériques ou diffusantes et de leur convergence rend tout aussi irréaliste la formulation d'échéanciers généraux, elle nous invite néanmoins à développer des feuilles de routes spécifiques pour des domaines ciblés de la R&D en matière de *TCSCE*.

## 1.2. Recherche pour l'Europe de 2020

La méthode des scénarios a été utilisée par le groupe d'experts afin de cerner des domaines d'intérêts solides pour le développement des TC. Quatre scénarios évoquent la situation de l'Europe en 2020[15]. Ces scénarios ont été élaborés en considérant trois options fondamentales et la façon dont elles pourraient se combiner en Europe:

1) La résistance du public aux progrès scientifiques et technologiques peut rester sans grandes conséquences pour l'innovation et le développement technologique ou elle peut devenir un facteur déterminant pour l'Europe de 2020.
2) Les politiques européennes peuvent respecter et favoriser la diversité culturelle de l'Europe ou tenter de la surmonter au nom de l'égalité des conditions économiques, juridiques, éducatives et culturelles.
3) L'Europe peut accorder plus de prix à la compétitivité et à la croissance économique qu'à tout le reste ou chercher à garder un équilibre avec les valeurs de justice sociale et de protection de l'environnement.



Parmi les quatre scénarios développés, la résistance du public ne tire à conséquence que dans le scénario "Styles de vie alternatifs". Les scénarios "Europe compétitive" et "Calme régional" privilégient la diversité, mais le premier donne la priorité à la croissance économique, tandis que le deuxième met l'accent sur la cohésion sociale. Dans la quête de la croissance économique, le scénario "Capitalisme mondial" représente une Europe fortement homégénéisée en 2020.

La principale conclusion de l'exercice de construction de scénarios était que certaines priorités de recherche ne dépendront pas de l'orientation spécifique que l'Europe prendra. En 2020, l'Europe restera fermement attachée à la recherche dans les trois domaines de la *santé*, de *l'éducation* et des *infrastructures (principalement les infrastructures d'information et de communication ou TIC)*. La recherche en rapport avec ces questions pourra généralement compter sur l'appui de l'opinion publique. Par ailleurs, l'Europe de 2020 continuera à porter un grand intérêt à *l'environnement* et à *l'énergie*. Les recherches dans ces domaines seront contestées et alimenteront des débats publics, du moins selon certains scénarios.[16]

(13) Déclaration du Millénaire d'Helsinki, voir aussi l'article 3 du projet de Constitution européenne.
(14) "Communication de la Commission: Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies", COM (2004) 338, section 3.1.4., p. 13.
(15) Comparer les documents séparés qui détaillent les Résultats des ateliers de scénario du groupe d'experts.
(16) Voir le rapport séparé sur la "Qualité de la vie", p. 14.



Ces cinq sujets d'étude peuvent donc servir à échafauder un agenda pour la recherche sur les *TCSCE*. Dans ces domaines largement définis, la recherche devrait contribuer à faire avancer les objectifs européens tels qu'ils sont énoncés dans la Millenium Declaration et le projet de Constitution européenne.

Dans le cas des technologies reproductives, du clonage, et de la recherche sur les cellules souches, c'est sur la perspective de l'utilisation des TC pour l'amélioration des performances humaines que le débat public paraît appelé à exercer l'incidence la plus forte. Dans le scénario "Styles de vie alternatifs", au moins, les technologies d'amélioration des humains seraient activement découragées.

## 1.3. L'Espace européen de la recherche

Selon la Stratégie de Lisbonne, "l'économie de la connaissance est en train de devenir réalité" grâce, en partie, "au développement progressif de l'Espace européen de la recherche". Cette évolution est censée résoudre le "paradoxe européen", à savoir la contradiction entre l'excellence de la recherche scientifique et l'incapacité à l'exploiter pour en tirer des bénéfices technologiques et économiques.[17]

### Contextes économiques

Le commerce se réalise sur un marché de biens. Ce qui appartenait au vendeur appartient désormais à l'acheteur. La connaissance, les solutions ou les produits basés sur la connaissance et les services ne peuvent être marchands puisque les fournisseurs conservent les biens, même s'ils les vendent. La composante non marchande de toute économie couvre des secteurs comme les systèmes de santé, d'éducation, de protection de l'environnement, les loisirs, la sécurité, la justice ou encore les transports publics et l'administration. Ils sont sources d'emploi et de revenus pour une part appréciable de la population. Ces systèmes non marchands absorbent des biens marchands. Si les services non marchands peuvent être délivrés dans un contexte de marché, les décisions relatives à leur fonctionnement sont enracinées dans le contexte social.

**Un produit TC marchand.** La mise au point de la main artificielle (voir page 15) comme produit marchand n'a d'intérêt économique que si elle débouche sur un marché bien plus large que le créneau des options thérapeutiques pour les personnes handicapées. La main artificielle sera développée au départ comme une aide thérapeutique – avec des applications envisagées pour des usages militaires, le spectacle et les divertissements ou encore l'amélioration générale des performances humaines.

**Ou un service TC non marchand?** La mise au point de la main artificielle comme bien non marchand revêt un intérêt économique dans le secteur des soins de santé. Comme le contrôle par le cerveau est très difficile et comporte un taux d'échec élevé, la main artificielle a peu de chances de devenir un produit fabriqué en série. Il s'agira plutôt d'une solution hautement personnalisée lorsque aucune autre option n'existe. Un long entraînement sera nécessaire pour apprendre à utiliser la prothèse ainsi qu'un calibrage méticuleux de la main pour l'adapter à chaque utilisateur. La main artificielle présuppose ici un régime socioéconomique qui crée des emplois et des sources de revenus grâce au financement d'un système de santé coûteux par le secteur public. Dans ce contexte économique, la distinction entre les prothèses thérapeutiques et l'industrie de l'amélioration des performances humaines sera maintenue.

La reconnaissance de l'importance croissante des biens non marchands est une des caractéristiques de ce que l'Agenda de Lisbonne désigne sous l'expression de "Société de la connaissance européenne" et c'est aussi l'une des raisons qui ont motivé le choix de l'appellation *TCSCE* (Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne). Les entreprises pharmaceutiques, par exemple, évoluent pour passer de la fabrication de médicaments au développement d'outils de diagnostic. Pour les sidérurgistes aussi, la production du matériau de base devient accessoire par rapport à la création de solutions ciblées. Ces solutions fondées sur la connaissance englobent tout le cycle de vie des réponses technologiques aux besoins spécifiques de la clientèle.

La politique scientifique peut aussi recourir à la définition d'objectifs pour les *TCSCE* pour adapter les infrastructures de recherche existantes en fonction des ambitions de l'EER. En particulier, les *TCSCE* peuvent servir:



(17) "Communication de la Commission: La science et la technologie, clés de l'avenir de l'Europe – Orientations pour la politique de soutien à la recherche de l'Union", COM (2004) 353, section 1.3., prop. 11, p. 4: "La capacité de l'Europe à transformer les connaissances en produits et services, notamment commerciaux, et en succès économiques, est par ailleurs insuffisante."

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 25





- à créer une plus grande cohésion européenne dans la recherche et à regrouper les communautés scientifiques, les entreprises et les chercheurs d'Europe occidentale et orientale;
- à stimuler l'intérêt des jeunes pour la recherche et les carrières scientifiques;
- à améliorer l'attrait de l'Europe aux yeux des chercheurs du reste du monde;
- à promouvoir des valeurs sociales et éthiques communes dans les matières scientifiques et technologiques;
- à mettre en place des activités de recherche sur le modèle des plateformes technologiques en vue de réunir des intervenants des secteurs public et privé pour des initiatives en matière de *TCSCE* dans les domaines de la santé, de l'éducation, des TIC, des infrastructures, de l'environnement et de l'énergie.[18]

Les considérations suivantes montrent comment les *TCSCE* peuvent contribuer à ces objectifs et faire progresser l'agenda de Lisbonne d'une manière générale.

## 2. Opportunités économiques, besoins sociaux

Les études sur l'innovation et l'histoire de la technologie ont montré que, malgré la mondialisation de l'économie, l'absorption d'une nouvelle technologie et son exploitation commerciale varient en fonction du type de société. On sait, par exemple, que la technologie du téléphone cellulaire s'est développée très différemment au Portugal, en Allemagne, en Finlande, en Italie et en Pologne. Selon les endroits, la diffusion de la technologie et son intégration dans la vie quotidienne sont façonnées par les politiques économiques, les résistances et les incitations culturelles, la complémentarité avec des technologies en place et quantité d'autres facteurs.

Les opportunités économiques pour les *TCSCE* en Europe dépendent du potentiel technologique, des marchés internationaux, des attitudes sociales et des politiques européennes. Dans le cas des *TCSCE*, surtout, une approche laxiste abandonnant le progrès économique aux seules forces du marché peut en arriver à laisser inexploitée une bonne part du potentiel technologique. La définition d'objectifs aura au contraire pour effet non seulement de justifier le financement de la recherche en matière de *TCSCE*, mais elle contribuera également à mobiliser le potentiel des *TCSCE* pour développer des solutions nouvelles à des problèmes spécifiques.



La voie de la moindre résistance empruntée par les forces du marché favorise souvent la poursuite de trajectoires déjà tracées, avec à la clé des variantes plus rapides, moins chères, plus robustes et plus puissantes de produits et appareils familiers.

Il n'en va pas de même pour l'introduction d'objectifs et de contraintes, qui ne passe pas par une innovation rigide, mais peut stimuler la créativité. Les défis des *TCSCE* peuvent déboucher sur des solutions technologiques originales et radicalement innovantes, susceptibles de créer des marchés entièrement nouveaux ou de renforcer des économies et des infrastructures de recherche existantes.

Les enseignements des études sur l'innovation, des sciences économiques et de l'histoire appellent d'autres recherches. Il faut pouvoir vérifier leurs hypothèses de départ et leur applicabilité au développement des *TCSCE*. Les réglementations de protection de l'environnement auxquelles l'industrie européenne est soumise réduisent-elles la rentabilité des entreprises ou créent-elles au contraire des revenus en stimulant des technologies environnementales pour les marchés internationaux? Les restrictions imposées en matière de recherche sur les cellules souches, le clonage et les aliments génétiquement modifiés nuisent-elles à la compétitivité ou stimulent-elles au contraire des activités de recherche qui engendrent de nouvelles opportunités économiques? Quel est le rôle du secteur des biens et services non marchands dans l'écoulement de produits marchands? Comment formuler les agendas et objectifs des *TCSCE* de manière à stimuler les entreprises créatives sans restreindre l'initiative et l'innovation? L'examen continu de l'accroissement –

(18) Voir http://europa.eu.int/comm/research/era/pdf/com2000-6-fr.pdf – la Communication de la Commission de janvier 2000 et "La recherche et les perspectives financières 2007-2013: propositions de la Commission", février 2004.



ou de l'amoindrissement – de la production de richesses en Europe imputable aux mesures d'incitation et aux contraintes économiques et politiques devrait faire l'objet de recherches dans une structure européennes réunissant des historiens, des économistes et des responsables de la politique scientifique.

## 2.1. Utilisation de l'outil *TCSCE*

Chacune des caractéristiques probables des applications des *TCSCE* (voir page 17 et suivantes) va de pair avec des opportunités économiques. L'adoption d'un agenda peut tirer parti de ces aspects et les orienter vers la réalisation de besoins européens.

- *Intégration*: Une seconde nature créée par la technologie fait fonction d'habitat qui abrite les activités humaines, pour le travail comme pour les loisirs. Elle est prise en sandwich entre la nature "première", avec ses conditions géographiques, météorologiques et agricoles, et une culture évoluée, avec son histoire locale, ses traditions, ses valeurs, ses modes de vie. Comme chaque société ou chaque région s'inscrit dans une nature première spécifique et a développé sa propre culture, elle aura tendance à produire un environnement artificiel ou une seconde nature culturellement spécifique. Alors que les TC pourraient contribuer à une homogénéisation et une mondialisation, l'approche des *TCSCE* accepte la diversité européenne comme un défi à relever et une source d'opportunités économiques à saisir.
- *Portée illimitée*: L'espoir d'apporter une solution technologique à n'importe quel problème peut animer une puissante heuristique de recherche et constituer une forte motivation politique et économique. Il encourage aussi un processus de développement de produits pour les biens non marchands ou les solutions aux problèmes sociaux. Cela suppose une réflexion politique sur les spécifications relatives au modèle suivi par les feuilles de route pluridisciplinaires. Une fois que les étapes menant à la réalisation d'une solution pour les *TCSCE* auront été précisées, la viabilité économique et scientifique, ainsi que les limites de la proposition devront être vérifiées et comparées à d'autres solutions, notamment sur le plan réglementaire et politique. Le processus devrait prendre en considération d'autres aspects comme le respect des normes et les facteurs de perturbation. Même si de nombreuses solutions proposées ne seront pas retenues, cette méthodologie est de nature à encourager le développement économique tout en répondant à des besoins européens et en favorisant la participation de la communauté scientifique – cette intégration consolidera à son tour une société fondée sur la connaissance.
- *Ingénierie mentale et physique*: Par opposition à l'approche de l'"ingénierie de l'esprit", les *TCSCE* donnent la priorité à une ingénierie pour l'esprit, qui privilégie l'aspect "logiciel" des TC plutôt que l'ambition de remodeler l'esprit au moyen d'implants électroniques, de créer des interfaces cerveau-machine, etc. Les technologies de l'information, en particulier, offrent de vastes ressources susceptibles de faciliter et d'améliorer les interactions sociales et la prise de décision dans nos sociétés européennes diversifiées et confrontées au vieillissement de leur population. Bon nombre de ces solutions mobilisent des systèmes de connaissance diffusants comme les sciences sociales, la psychologie cognitive, l'économie ou le droit. Leur mise en œuvre dépend souvent des possibilités de miniaturisation offertes par les nanotechnologies. Dans un document séparé, l'un des sous-groupes du groupe d'experts examine en détail leur potentiel technologique, mais aussi, manifestement, économique.[19] Si, du point de vue conceptuel, les technologies de l'information et de la communication occupent une place prépondérante dans l'"ingénierie pour l'esprit", une initiative parallèle de *TCSCE* en faveur d'une ingénierie pour un corps sain ferait la part belle aux technologies biomédicales. Un autre document séparé traite plus spécialement de ces opportunités technologiques et en même temps économiques.[20]
- *Spécificité*: L'un des points essentiels qui ressort des études historiques sur la diffusion de l'innovation est que les petits pays n'ont pas nécessairement besoin de créer des technologies



(19) Voir le rapport séparé sur "Les technologies convergentes et le monde naturel, social et culturel".

(20) Voir le rapport séparé sur "La qualité de la vie".

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 27



pour prospérer. Comme les bénéfices réels d'une technologie dérivent non seulement de son invention mais aussi de son application judicieuse et de son acceptation par la société, c'est donc la capacité d'adaptation et de diffusion qui importe. Les *TCSCE* sont conçues comme un outil pour l'adaptation créative de technologies et systèmes de connaissances diffusants en vue de résoudre des problèmes hautement spécifiques. Cela permet à de petits pays de mettre au point des agendas très ciblés, comme les "technologies convergentes pour les environnements aquatiques producteurs de saumons". Cela permet aussi le processus inverse. À la suite d'une étude sur des travaux menés dans une région ou un pays particulier à propos d'une technologie diffusante, il est possible de mettre à profit les ressources existantes pour entreprendre une démarche créative de définition d'objectifs en vue de promouvoir une recherche productive dans le domaine des *TCSCE*. Les chercheurs européens sont aussi invités à développer un agenda pour les *TCSCE* qui réponde aux besoins spécifiques des pays en développement dans les domaines de l'environnement, l'énergie, la santé et l'éducation. Dans tous ces cas, et bien d'autres encore, la reconnaissance des besoins sociaux coïncide avec la création d'opportunités économiques.

## 2.2. Intégration des besoins et des opportunités par les *TCSCE*

L'analyse de la dimension économique a montré que les *TCSCE* représentent une opportunité unique pour la politique européenne dans les domaines de la recherche et de l'économie:

- Les besoins européens créent tout à la fois des objectifs pour la recherche et des incitants pour les investissements du secteur privé.
- La définition d'objectifs pour la recherche sur les *TCSCE* devrait donc remédier à la participation relativement insuffisante du secteur privé, ainsi que l'a signalé, par exemple, la Communication de la Commission sur les nanotechnologies.[21]

Les besoins européens ont trait à la compétitivité mondiale, à la sécurité, à la gouvernance, à la justice sociale, à l'exploitation durable des ressources communes, à la distribution des richesses, à l'immigration, au taux de chômage, à la diversité et à bien d'autres facteurs.



Les *TCSCE* peuvent développer dans chaque cas des solutions au moins partielles ou des systèmes de soutien technique. Comme il est possible que la définition même du besoin soit contestée et que la contribution des TC ne soit pas immédiatement apparente, le groupe d'experts recommande dans un premier temps de concentrer les *TCSCE* sur des thèmes de recherche dont la valeur est reconnue et pour lesquels on peut escompter un impact positif, quel que soit le scénario. Il s'agit en l'occurrence des domaines de la santé, de l'éducation et des infrastructures des TIC. Les *TCSCE* devraient aussi apporter une contribution considérable dans les domaines de l'environnement et de l'énergie, qu'il serait donc souhaitable d'inclure également dans la formulation des initiatives de TC.

On voit sans peine comment les opportunités technologiques pourraient être exploitées pour répondre à des besoins sociaux dans ces cinq domaines de recherche et comment la R&D technologique créerait des opportunités économiques en tentant de satisfaire ces besoins.

- *Santé*: Bien que les dépenses de santé soient lourdes à supporter pour les États-providences européens, le secteur des soins est aussi un moteur important de la création de richesses, comme en témoigne sa forte intensité de main-d'œuvre. Les TC peuvent renforcer le rendement économique du système de santé publique et alléger, par exemple, les procédures de diagnostic qui réclament actuellement de nombreuses interventions humaines. Il serait possible de mettre à la disposition du grand public des produits d'autosurveillance qui conduiraient à l'adoption de

(21) "Communication de la Commission: Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies", COM (2004) 338, section 2, p. 8: "Il est important de souligner que, avec une contribution du secteur privé représentant 56% du total de l'investissement en faveur de la R&D, l'UE est en retard par rapport aux États-Unis et au Japon, où les sources de financement privées représentent respectivement 66% et 73%", voir aussi les "Chiffres-clés 2003-2004" de la Commission (2003).



styles de vie plus sains et des technologies "lab-on-a-chip" intégrant des nano et biosystèmes, ainsi que des outils informatiques pour un dépistage rapide et un diagnostic précoce des maladies. La diminution du nombre d'emplois qui s'en suivrait aurait pour effet de soulager les dépenses de santé publique. Cela ferait aussi de la place pour de nouvelles applications des *TCSCE* à forte intensité de main-d'œuvre, comme des prothèses intelligentes qui supposent un long processus de réadaptation et d'entraînement pour que les patients apprennent à les contrôler par des signaux cérébraux et à percevoir les informations sensorielles qu'elles leur renvoient. L'amélioration de la productivité peut ici contribuer à créer de nouveaux emplois là où ils sont les plus utiles, c'est-à-dire dans les interactions entre patients et thérapeutes.

- *Éducation*: Si les systèmes d'éducation font l'objet d'un suivi et d'une attention politique constante, l'enseignement est le parent pauvre de la R&D technologique. Nombre de tentatives visant à proposer des solutions technologiques pour pallier les déficiences des systèmes éducatifs sont accueillies avec scepticisme. Toutefois, la Stratégie de Lisbonne a formulé un agenda pour l'éducation qui va bien au-delà des considérations sur la répartition des classes dans la filière traditionnelle qui va de l'école élémentaire à l'enseignement supérieur. En particulier, la demande croissante de personnes âgées invite les États membres à "promouvoir l'accès à la formation pour tous et développer des stratégies d'éducation et de formation tout au long de la vie[22]". Par exemple, la recherche fondamentale en psychologie et en neurologie montre que les premières années de la vie humaine revêtent une grande importance pour le développement intellectuel. Malheureusement, les parents ne savent souvent pas comment éduquer leurs enfants en bas âge. Les TCSCE peuvent servir à développer dans les logements un espace d'apprentissage intégré. Immergés dans cet espace qui les entoure, les parents et les enfants auraient un accès permanent à des objets d'apprentissage sous forme de documents, d'avis d'experts, d'expériences, de contacts, de séminaires sur le web, de jeux éducatifs, de cours ou de bases de données numériques.[23]
- *Infrastructures des TIC*: Dans ce domaine plus encore que dans d'autres, les exemples foisonnent sur les possibilités offertes par les *TCSCE* pour intégrer les opportunités économiques et les besoins sociaux. La surveillance de l'environnement par des systèmes de capteurs ambiants peut contribuer à créer une infrastructure d'information utile tant en termes de besoins sociaux que de préoccupations personnelles. Cela permettrait d'alerter les services publics en cas de pollution et d'informer les personnes concernées sur la présence d'allergènes dans des microclimats. Une infrastructure TIC intégrant des informations sur les produits alimentaires, les habitudes d'achat et de consommation, les états de santé individuels, les régimes et l'expertise médicale pourrait servir à lutter contre l'obésité. En plus de répondre à un problème de santé publique, ces données seraient intéressantes pour la recherche épidémiologique sur l'obésité et pour les organes de réglementation ou l'industrie alimentaire. L'accès à une telle infrastructure pourrait être proposé sous forme d'abonnement payant et ouvrirait de nouvelles perspectives – pour le meilleur ou pour le pire – en termes de publicités ciblées pour des restaurants ou des magasins d'alimentation.
- *Environnement*: Le rapport de printemps 2004 sur la Stratégie de Lisbonne note que "dans le domaine environnemental, les performances des États membres demeurent globalement insuffisantes". Le rapport expose certains objectifs que diverses technologies génériques seraient en mesure de réaliser dans le cadre d'une initiative de *TCSCE* concertée. Le point commun de ces objectifs est qu'ils s'attaquent au problème au niveau des systèmes et établissent des liens entre des solutions qui relèvent de l'ingénierie et des effets sociaux, voire économiques. Ces retombées économiques positives nécessiteront une collaboration entre des domaines de recherche variés, notamment les sciences sociales, les nano-technologies, l'ingénierie des processus, etc.:
    1) "une utilisation plus efficace des ressources naturelles contribue à la productivité économique tout en réduisant la dégradation de l'environnement",



(22) Rapport de printemps 2004 sur la Stratégie de Lisbonne.
(23) Voir le rapport séparé sur les "Les technologies convergentes et le monde naturel, social et culturel", p. 10.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 29





2) "la réduction de la pollution atmosphérique et sonore peut éviter des impacts significatifs sur la santé" et
3) "la réduction de la congestion des transports diminue les pertes de temps et donc les coûts pour les particuliers et les entreprises".

Le rapport formule un défi qui reste à relever et qui pourrait être adapté à un agenda de recherche sur les *TCSCE*: "Technologies convergentes pour le découplage entre la croissance du PIB et l'augmentation du volume des transports".[24]

- *Energie*: Partout dans le monde, les conditions de vie sont largement déterminées par l'accès à l'eau potable et aux sources d'énergie. À cet égard, les *TCSCE* peuvent permettre de lutter contre l'exclusion en créant de nouvelles technologies pour la production, le transport, le stockage et l'utilisation de l'énergie. Elles sont en mesure de développer des solutions pour l'exploitation des énergies renouvelables adaptées aux conditions locales. L'élaboration de ces solutions requiert la collaboration de chercheurs spécialisés non seulement dans les domaines des systèmes photovoltaïques, de l'hydrogène ainsi que des énergies géothermique et solaire, mais aussi en géologie, en géographie, en anthropologie et en économie. Dès lors que des solutions créatives auront été mises au point en fonction de contraintes locales, nombre d'entre elles pourront se révéler transposables et commercialisables. Les bâtiments produiront de l'énergie, qu'ils pourront partager avec d'autres constructions, des petits capteurs invisibles d'énergies renouvelables pourront être intégrés aux appareils d'une manière qui s'inspire de la nature, de nouveaux procédés de transport et de stockage de l'énergie seront explorés. Le but de ces recherches pourrait être de satisfaire presque tous les besoins énergétiques au moyen de sources locales renouvelables, d'ici un siècle.

## Trois exemples de projets de recherche

**Technologies convergentes pour le traitement du langage naturel**: Les problèmes de communication entre les individus et les institutions ne font que croître avec le grand nombre de nations européennes qui ont pour la plupart des langages naturels (LN) différents. Tout progrès technologique notable dans la résolution de ces problèmes constituerait pour les Européens une amélioration extraordinaire. D'un autre côté, l'Europe est à la pointe des technologies de traitement des langages naturels dans le monde. Ces recherches multidisciplinaires englobent les différents systèmes de compréhension, de production et de traduction des LN parlés et écrits. (Voir le rapport séparé sur "Les technologies convergentes le monde naturel, social et culturel", p. 64 et suivantes, qui traite aussi d'un autre défi, à savoir le développement de technologies convergentes pour l'intégration de systèmes de transport hybrides).

**Technologies pour le traitement de l'obésité**: Le problème de l'obésité relève tout à la fois du bien-être individuel et de la santé publique. Il concerne la génétique, la physiologie, la nutrition, l'exercice physique, la psychologie des troubles de l'alimentation, la production et la vente des denrées alimentaires, les études sociales et culturelles différenciées selon les sexes, les origines ethniques et les catégories sociales ainsi que la représentation du corps dans la publicité et la culture populaire. Tous ces domaines de recherche doivent converger dans le traitement de l'obésité. Ils peuvent tirer parti du nano-marquage des aliments, des modèles de consommation intégrés et de l'autosurveillance des habitudes alimentaires assistée par ordinateur.

**Technologies convergente pour les habitations intelligentes**: Les bâtiments peuvent produire et distribuer de l'énergie, ils peuvent traiter et recycler les déchets, ils peuvent collecter et épurer l'eau. Ces possibilités devraient être perfectionnées grâce à des technologies biomimétiques, à l'intégration de cellules photovoltaïques dans les matériaux intelligents ou encore à des systèmes d'information et de régulation équipés de capteurs environnementaux. Dans les cités européennes de l'avenir, chaque bâtiment contribuera à l'entretien des bâtiments voisins et de l'infrastructure urbaine en général en exploitant ses propres ressources déterminées par son emplacement, sa structure et ses matériaux constitutifs.

Hormis quelques champs d'applications assez restreints comme les technologies reproductives ou les TIC, qui représentent une menace potentielle pour la vie privée, les recherches en matière de TC pour la santé, l'éducation et les infrastructures des TIC seront vraisemblablement perçues comme bénéfiques.

(24) Rapport de printemps 2004 sur la Stratégie de Lisbonne.



Les technologies environnementales et la R&D relative à la production d'énergie en Europe semblent au contraire contestées et le manque d'idées créatives ou d'avancées technologiques ingénieuses dans ces domaines n'en est que plus apparent[25]. Il faut s'attendre néanmoins à ce que bien des aspects de la recherche sur les *TCSCE* suscitent des débats d'opinion, des réticences et des questions d'ordre réglementaire. Plutôt que d'y voir des obstacles au progrès technologique et économique, il faut envisager ces réactions comme des éléments dynamiques susceptibles de façonner un processus de convergence qui est fondamentalement malléable et adaptable. Le débat public, l'élaboration de réglementations et les résistances contribuent à orienter les *TCSCE* vers des solutions ciblées et viables. Il y aura d'ailleurs moins d'appréhension dans les milieux d'affaires et moins de dispositions réglementaires à prendre après coup si ces éléments interviennent dès le début dans le processus. En les prenant en considération sans attendre, les *TCSCE* pourront concilier d'autant mieux l'intérêt de la recherche, les bénéfices sociaux et la valeur commerciale des solutions proposées.

### Comprendre la résistance aux nouvelles technologies

L'histoire donne à penser que l'innovation et le changement technologique ont toujours rencontré un phénomène de résistance. Trois caractéristiques peuvent être relevées:

- La résistance aux nouvelles technologies émane de nombreuses sources – entreprises, administrations et milieux politiques, associations, opinion publique, etc. – et a joué un rôle dans l'évolution de la technologie.
- La résistance doit être comprise en termes d'interaction entre la technologie et son contexte social. Elle concerne la façon dont les technologies s'intègrent ou se heurtent aux organisations sociales, aux valeurs culturelles, etc.
- La résistance n'est nullement irrationnelle. Elle peut être interprétée comme une composante du choix opéré par les sociétés entre plusieurs options technologiques.

Si le seul critère permettant de juger une technologie est la productivité, une telle résistance pourrait être regrettable. Mais les sociétés ont des objectifs plus larges et les perspectives économiques ne sont qu'un élément de leurs valeurs sociales et politiques. Si une culture donnée souhaite conserver des communautés rurales à faible productivité dont l'économie repose sur la pêche, par exemple, ou si elle préfère éviter les risques associés aux centrales nucléaires, les facteurs économiques ne sont pas plus pertinents que d'autres critères de jugement.

La résistance pourrait donc être comprise comme un élément positif d'un processus de sélection, et non comme un obstacle au progrès



## 3. Les dimensions du risque

Lorsque des opportunités se présentent, elles ne sont jamais sans risques. Il y a par exemple le risque économique d'investir dans un projet technologique qui ne tiendrait pas ses promesses. À l'inverse, il existe le risque social de voir l'engouement du public pour de nouvelles technologies prendre le dessus sur l'examen prudent de leurs conséquences. Dans la mesure où les risques des *TCSCE* constituent le revers ou la part d'ombre de leurs opportunités, ils peuvent être envisagés en fonction des mêmes caractéristiques et à un niveau de généralité comparable. Un autre type de risques découle des applications des TC qui auraient non seulement une origine extérieure au cadre des *TCSCE*, dans le secteur privé ou dans des pays non européens, mais aussi des conséquences imprévues si le processus des *TCSCE* déraille et si ses objectifs ne sont pas atteints. Un troisième type de risques découle des contributions des diverses technologies génériques – ce sont les risques hérités des nanotechnologies, de l'ingénierie génétique, de l'omniprésence des technologies de la communication, etc. Ces trois types de risque méritent d'être examinés.

### 3.1. Le revers des *TCSCE*

Les TC ont été définies comme des technologies génériques qui se complètent mutuellement pour l'accomplissement d'un objectif commun. Les *TCSCE* représentent l'approche européenne, qui consiste à définir des agendas de recherche en vue de faire converger les technologies et systèmes de connaissances

(25) Voir le rapport séparé sur la "Qualité de la vie".

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 31



diffusants vers des buts appropriés pour l'Europe. Dans une section précédente (page 17 et suivantes), quatre caractéristiques générales des applications probables des TC et des *TCSCE* ont été formulées.

## Quand la société de consommation prend le pas sur l'éthique

Les spécialistes des questions éthiques s'interrogent sur la légitimité des implants pour améliorer les performances humaines. Les associations de consommateurs dénoncent l'utilisation de puces d'identification qui permettent de suivre les habitudes de consommation et menacent d'empiéter sur la vie privée. Entre-temps, ces technologies développent leur attrait commercial. Un article publié le 24 mai 2004 donne un aperçu des questions de société et des débats que susciteront immanquablement les applications commerciales des TC:

Une discothèque espagnole propose à ses nouveaux clients de choisir entre une carte de membre ordinaire dont ils doivent se munir pour entrer au club ou un implant sous-cutané. La puce VeriChip a la taille d'un grain de riz. Elle est implantée dans le haut du bras par un membre du personnel spécialement formé. La puce est un moyen d'identification, mais elle peut aussi servir pour régler les consommations. Les membres n'ont plus besoin d'avoir de l'argent sur eux. D'autres utilisations sont envisagées. En cas de malaise, la puce pourrait permettre de faire le compte exact des boissons alcoolisées qui ont été commandées. Des limites à la consommation pourraient aussi être imposées. Les membres auraient la possibilité de commander leurs boissons favorites, avec des variantes éventuelles, dès leur arrivée à l'entrée du club. Des contacts pourraient être facilités entre certains membres qui font partie d'un groupe ou qui veulent se faire reconnaître en fonction de caractéristiques qu'ils choisissent.

Chacune d'elle présente des opportunités économiques et scientifiques (page 25 et suivantes), mais chacune d'elles correspond aussi à une catégorie de risques.

- *Intégration*: La convergence des nanotechnologies et d'autres technologies génériques dans des projets d'ingénierie spécifiques est l'expression d'un principe philosophique sous-jacent, à savoir la constructibilité totale de l'humain et de la nature. Dans la mesure où l'informatique diffuse et d'autres systèmes d'ingénierie des *TCSCE* ou d'environnements artificiels le permettent, cela revient à construire une seconde nature à la place de la nature première, originale. Cette nature artificielle porte aussi la marque d'une culture déterminée puisque c'est un produit de la créativité humaine. Elle remplace la fonction originale de la culture, qui est d'affirmer la place de l'humanité par rapport à la nature. Cette nature/culture hybride a fait l'objet d'études philosophiques et culturelles pendant des décennies. Avec les nanotechnologies et les TC, elle devient un but de

## Une question de choix ?

De nombreuses technologies sont en partie façonnées par les choix des consommateurs. Les DVD, les téléphones cellulaires et l'Internet sont autant d'exemples de l'influence de la demande sur les produits proposés. S'il faut trouver de nouvelles façons de réglementer le commerce de ces produits, les individus restent libres de les acheter ou non.

D'autres technologies appellent des décisions politiques. Les transports publics, les stations d'épuration et le réseau électrique sont mis en place et entretenus conformément aux options envisagées et adoptées par l'administration.

Certains progrès technologiques ne s'opèrent ni sous l'effet cumulatif du choix des consommateurs ni à la suite d'une décision politique. Les immeubles climatisés en sont un exemple. Même les cadres qui décident de la construction d'immeubles de bureau n'ont pas choisi explicitement de renoncer à la possibilité d'ouvrir une fenêtre, de tirer un rideau ou de baisser un store. C'est une conséquence d'un choix économique quelque peu différent. Quand nous nous retrouvons dans certains environnements artificiels, nous découvrons qu'il y a trop de facteurs qui entrent en jeu et que leur interaction ne permet pas d'intervenir sur des points stratégiques. L'insatisfaction des utilisateurs ne se traduit pas ici immédiatement par des changements. Cependant, les gens n'ont pas vraiment le choix.

Et puis, il existe des modèles de diffusion qui comptent sur la passivité des consommateurs. C'est certainement le cas du "spam" par courrier électronique et peut-être du déploiement des étiquettes RFID (identification par radiofréquence), dont l'offre surabondante est elle-même conçue pour outrepasser la demande des clients. Ces technologies échappent à l'influence de la société en se diffusant d'une manière quasi-naturelle.

Au vu des craintes quant à l'impossibilité de contrôler le développement des TC, la recherche d'applications des *TCSCE* requiert vigilance et prudence. Un effort doit être fait pour garantir la transparence et la prise en compte de l'opinion publique, surtout lorsque leur mise en œuvre passe par la création d'environnements.



recherche déclaré. L'effet le plus direct et le plus marquant des *TCSCE* est donc d'altérer les frontières traditionnelles entre le moi, la nature et l'environnement social, qui englobe les autres individus, les groupes de personnes, les institutions formelles et informelles. Cela s'applique aussi aux lieux et aux espaces, concrets ou virtuels, où des biens et des opinions sont échangés et transformés. Au cours des dernières décennies, la société a pu en observer les effets sur le sens de la réalité et de la responsabilité de ceux qui se plongent totalement dans les jeux virtuels, le surf et le chat sur l'Internet. Les TC confronteront la société à des transformations encore bien plus profondes et fréquentes de la perception que les individus et les groupes ont d'eux-mêmes.

- *Portée illimitée*: La notion de constructibilité totale de l'humain et de la nature va de pair avec l'idée que les TC pourraient apporter une solution technologique à chaque problème. Cette vision des choses pourrait se révéler particulièrement dommageable dans le cas des menaces écologiques. Les TC laissent entrevoir des procédés de fabrication moins polluants et moins gourmands en énergie, des technologies de remédiation pour les zones contaminées et des systèmes de capteurs perfectionnés pour la surveillance de l'environnement. Ensemble, ces progrès peuvent engendrer l'illusion dangereuse que nos problèmes écologiques sont sous contrôle. Cette perspective paraît aussi amoindrir la nécessité de réduire notre consommation ou de recycler. Enfin, elle sape la conscience même de notre dépendance à l'égard de la nature, ce fragile habitat qu'il faut absolument préserver.

## Hors du cadre

Un examen de la situation juridique en Europe vient à peine de commencer dans le cas des nanotechnologies, sans parler des TC. Même à ce stade très précoce, on constate des inadéquations du cadre réglementaire actuel.

- Les instruments médicaux comme les seringues sont aujourd'hui régis différemment que les substances pharmaceutiques. Les TC commencent à mettre au point des systèmes d'administration des médicaments produits par ingénierie chimique qui peuvent avoir avec l'organisme des interactions très comparables à celles des produits pharmaceutiques eux-mêmes. Ces systèmes nécessitent une réorientation des réglementations.
- Les substances chimiques sont régies aujourd'hui en fonction de la composition et de la quantité. Ces réglementations tendent à s'appliquer uniquement si plusieurs tonnes d'un certain composé sont produites annuellement. Des nanoparticules chimiques de même composition peuvent avoir des propriétés très différentes. Elles peuvent aussi être efficaces en quantités extrêmement petites et sont produites en proportion. La nécessité de nouveaux protocoles réglementaires a été reconnue.

De même, dans leur interprétation actuelle, certains droits fondamentaux ne pourront très probablement pas apporter des réponses adéquates aux défis que représentent les TC pour les droits de l'homme, notamment en ce qui concerne l'inviolabilité du corps humain. Par exemple,

- les normes de l'éthique médicale telles qu'elles sont établies s'appliquent-elles à une personne qui désire un implant pour la stimulation d'un centre de plaisir? Comment faire la distinction entre des médicaments psychotropes administrés sous prescription, des choix de style de vie (télévision et alcool) légalement autorisés, des drogues illégales et une électrode implantée sur demande et activable à volonté?
- les lois qui punissent le dopage dans les sports pourraient-elles ou devraient-elles être étendues pour interdire l'acquisition temporaire d'avantages induits chimiquement ou électroniquement pour décrocher un emploi?

En particulier, il pourrait être nécessaire d'élargir la portée de l'**examen éthique des propositions de recherche.** Par exemple,

- là où, actuellement, on se préoccupe de "l'utilisation et la production délibérée de micro-organismes génétiquement modifiés", il conviendra d'y inclure les quasi-organismes techniquement créés;
- bien que les droits de l'homme ne stipulent évidemment pas que l'environnement naturel devrait être transparent et intelligible, un tel droit pourrait être promulgué pour ce qui est des environnements artificiels qui envahissent et remplacent les milieux naturels;
- un débat futur pourrait ajouter à la liste des domaines de recherche exclus tous les travaux qui considèrent le processus naturel du vieillissement comme une maladie qu'il convient de soigner.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 33





- *Ingénierie mentale et physique:* Qu'il s'agisse d'une ingénierie "de" ou "pour" le corps et l'esprit, les TC soulèvent des questions juridiques et philosophiques concernant l'inviolabilité, la dignité et l'autonomie humaine. L'évolution est presque imperceptible et commence par la délégation croissante d'un pouvoir de décision à des machines. Au départ, c'est une affaire de commodité ou de sécurité, mais on en arrive en définitive à une perte de savoir-faire et un abandon d'autonomie et de responsabilité. Pour prendre une vision extrême de cette tendance, on peut mentionner les machines à tuer autonomes développées à des fins militaires qui, une fois lancées, n'ont pas besoin d'instructions humaines – et ne sont peut-être pas capables d'en tenir compte – pour prendre une décision dans des situations de vie de ou de mort. D'autres projets non moins troublants envisagent l'utilisation d'implants et d'autres technologies pour transcender les limites humaines. Cela présuppose une conception du monde qui traite la nature comme un immense ordinateur. Dans ce monde, l'être humain n'est perçu que comme une autre machine. Ce serait la fin des conceptions ordinaires de moralité qui ont trait aux questions de la liberté et du sens. Si les humains s'identifient à une machine perfectible, ils souscrivent en fait à un monde mécaniste, dépourvu de toute signification, où il n'existe aucun véritable choix moral. À cette incidence "éthique" des TC correspond un impact juridique puisque ni le cadre législatif existant ni la jurisprudence et l'ensemble des normes, à l'échelle nationale comme européenne, ne sont prêts à traiter des transformations technologiques du corps et de l'esprit humains. Par exemple, dans quelle mesure la décision prise par des individus d'acquérir pour eux-mêmes ou pour leurs enfants un tel avantage artificiel est-elle neutre ou reflète-t-elle une contrainte sociale? À l'inverse, quand des environnements entiers sont façonnés pour structurer l'activité humaine, les individus ont-ils encore le choix, d'un point de vue social ou juridique?
- *Spécificité*: Un effet déstabilisant et perturbateur sur les relations humaines. Cela commence avec l'application et la diffusion de la technologie. Dès lors qu'une technologie est distribuée dans un environnement artificiel, au lieu d'être achetée par des clients individuels, il devient difficile de savoir qui en sont réellement les utilisateurs et les bénéficiaires. L'invisibilité des TC suscite des questions sur leur absence ou leur présence. Ce n'est pas moins troublant quand elles sont nécessaires au bon fonctionnement d'une tâche donnée et qu'on ne sait pas si, à l'instar des virus informatiques, elles ne risquent pas d'apparaître à tout moment pour attaquer un système technique ou organique délicat à un endroit où on ne les attend pas. Enfin, ce genre de technologies nous amène à nous interroger sur leur contrôle. Quand, à quel stade du processus et par qui peuvent-elles être désactivées? Mais même quand elles sont aussi fiables et opérationnelles qu'on pourrait l'espérer, les TC peuvent avoir un impact déstabilisateur sur le plan social puisque l'amélioration du rendement économique se traduit par des pertes d'emploi, les traitements médicaux ciblés augmentent la longévité et les TC exacerbent la fracture entre les riches et les pauvres, entre les cultures technologiquement avancées et les sociétés traditionnelles.



Cette catégorie de risques exige, dès le lancement de l'initiative WiCC, que les *TCSCE* prévoient des mécanismes de débat public et de participation sociale, avec notamment une contribution des sciences sociales et de la réflexion éthique au processus de recherche et de définition des objectifs.

## 3.2. Usage, double usage, usage abusif

Les *TCSCE* ne peuvent exister sans un processus politique de définition d'orientations. Ce devrait être une garantie contre certaines applications contraires à l'éthique et hautement contestées. Ce n'est pas pour autant une garantie contre les remises en question de l'éthique et de la perception que les humains ont d'eux-mêmes qui sont implicites dans les TC. Ce n'est pas non plus une garantie contre un double usage ou des conséquences inattendues d'une application des *TCSCE*, ou contre des produits potentiellement dangereux issus de recherches menées par des entreprises privées ou dans des pays non européens.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 34



## Applications militaires

Les nanoparticules mises au point pour faire passer des substances médicamenteuses à travers la barrière hémato-encéphalique ou les transporter vers des cellules spécifiques pourraient aussi servir à véhiculer des agents incapacitants ou létaux. Les technologies développées pour des traitements individualisés ou pour la destruction sélective de cellules cancéreuses – comme le fait de libérer un agent ou de déclencher une certaine action moléculaire uniquement après détection d'une séquence ADN donnée – pourraient être appliquées pour produire des armes chimiques ou biologiques sélectives, affectant uniquement des personnes qui présentent certaines caractéristiques génétiques, ou même un seul individu. Les matériaux nanocomposites peuvent servir à la fabrication d'armes à feu entièrement en plastique et de micromissiles qui ne peuvent être remarqués par les rayons X et les détecteurs de métaux. Des ordinateurs extrêmement puissants, combinés à de nouveaux degrés d'intelligence artificielle et aux progrès de la robotique pourraient déboucher sur des véhicules ou des robots de combat autonomes. De minuscules capteurs à faible coût et des micro-robots mobiles, voire des animaux contrôlés électroniquement, pourraient être envoyés en mission de surveillance ou d'attaque(-surprise). La manipulation du corps appliquée aux soldats (pour contrer les effets de la privation de sommeil ou accélérer les réflexes) pourrait créer des faits accomplis sapant un vaste débat de société sur les bénéfices civils et les risques de telles interventions.

Les circonstances où l'Union pourrait envisager "en dernier ressort, l'usage de la force conformément à la Charte des Nations unies" (pour la gestion de crise ou contre la prolifération d'armes de destruction massive) ne requièrent pas les applications les plus problématiques des TC. L'efficacité militaire doit être mise en balance avec les conséquences pour le système international. La stratégie de sécurité de l'Union entend contribuer au "développement d'une société internationale plus forte, au bon fonctionnement des institutions internationales et à un ordre international basé sur le droit". Elle s'appuie sur le fait que "notre propre expérience en Europe démontre que la sécurité peut être accrue par la construction de relations de confiance et des dispositions pour le contrôle de l'armement." En conséquence, l'Union devrait œuvrer à renforcer les traités de désarmement existants comme la Convention sur les armes biologiques, à fixer des limites préventives à l'utilisation de grands et de petits robots militaires et à conclure des accords internationaux réglementant les manipulations non médicales du corps humain.

Afin de surveiller et d'atténuer les nouvelles menaces du terrorisme, de la prolifération des armes de destruction massive et du crime organisé, il paraît prudent que l'Union finance des recherches sur l'utilisation des TC en vue de mieux détecter et neutraliser les armes biologiques, les cyber-attaques, les violations de la vie privée, etc.



La perspective d'un recours aux "technologies convergentes pour la suprématie militaire" est particulièrement troublante et laisse redouter une déstabilisation internationale. Il s'agit ici d'exploiter le potentiel le plus dangereux des TC à des fins de surveillance et de violation de la vie privée, de renforcement des aptitudes physiques des soldats, de manipulation des esprits à distances et d'utilisation de machines à tuer autonomes. Des applications militaires des TC pourraient servir à infiltrer et attaquer des ordinateurs, se combiner avec des armes biologiques sélectives ou viser des personnalités politiques. En tout état de cause, l'incertitude même sur leurs possibilités peut déboucher sur une nouvelle course aux armements échevelée et non négociable. De nouvelles menaces militaires et les craintes qu'elles suscitent peuvent porter atteinte à la stabilité des relations diplomatiques et menacer la sécurité internationale. Bon nombre de ces TC risquent aussi de saper et de compromettre le droit de la guerre.

Il est facile d'imaginer que les efforts concertés des forces armées de divers pays inspireront des abus de la part de groupes d'activités, de criminels, peut-être d'entreprises et même de gouvernements. L'industrie peut par exemple commercialiser des produits dérivés de la recherche militaire et préparer le terrain pour des technologies d'amélioration des performances humaines et d'autres applications controversées. Des entreprises et des gouvernements pourraient aussi recourir à des technologies de surveillance pour des formes sophistiquées d'espionnage industriel ou récolter des données sur les consommateurs et les citoyens.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 35





Cette dimension du risque exige des mécanismes supranationaux éprouvés pour contrôler et évaluer les développements des TC aux échelles nationale, européenne et internationale, ainsi que des négociations proactives de traités de limitation et de codes de bonne conduite.

### 3.3. Risque transmis

La convergence de diverses technologies génériques implique que certains des risques associés aux technologies contributrices seront importés dans les TC. Quantité de ces risques font déjà l'objet de débats de société, et tout spécialement ceux liés aux biotechnologies et au génie génétique. Par ailleurs les risques potentiels de plusieurs aspects des nanotechnologies, d'une part, et des technologies de l'information et de la communication, de l'autre, inquiètent l'opinion publique. Comme ces risques ne sont pas spécifiques aux TC, ils ne seront pas envisagés ici. Les groupes d'experts, les commissions d'éthique, les organisations non gouvernementales, etc. continueront à examiner des questions préoccupantes comme le dépistage génétique, la toxicité des nanoparticules, les violations de la vie privée, etc.

La recherche sur les *TCSCE* ne se bornera d'ailleurs pas à hériter passivement des risques des technologies contributrices: le processus de définition d'objectifs pour les *TCSCE* peut aussi servir à les confiner en orientant les recherche de manière proactive.

## 4. Les *TCSCE* pour un agenda de recherche publique cohérent

L'état actuel de la recherche sur les nanotechnologies a été décrit comme un large spectre d'activités non structurées, qu'il y a lieu d'intégrer dans un agenda de recherche ayant un objectif. Bien que des recherches étroitement liées soient en cours sur les fibres moléculaires, la multiplication contrôlée et les propriétés optiques des nanotubes de carbone, etc., ces efforts sont généralement menés en parallèle. Certaines fibres moléculaires ont des propriétés meilleures ou plus intéressantes que d'autres. Quand elles sont découvertes, il arrive souvent que les chercheurs ne voient pas comment en tirer parti pour d'autres travaux en cours sur les architectures d'ordinateurs. C'est pourquoi la Communication de la Commission sur les nanotechnologies souligne la nécessité d'"accélérer les progrès des nanotechnologies grâce à des activités de R&D interdisciplinaires":



*"Dans ce contexte, il convient de centrer son attention sur la synergie entre les trois éléments indissociables que sont la recherche, les infrastructures et l'enseignement. Une telle "approche systémique" est propre non seulement à dynamiser la production de connaissances, mais également à attirer et à retenir en Europe les plus brillants esprits dans le domaine de la R&D sur les nanotechnologies".*[26]

Toutes les technologies génériques devraient profiter de l'approche systémique proposée. L'initiative WiCC et la définition des objectifs des *TCSCE* qui en découlera s'inscrivent dans cette approche en exerçant un effet de "catalyse" sur les initiatives de recherche, quels que soient les disciplines ou les pays concernés, et en mettant en place un "cadre pour de grands projets technologiques[27]". Un effet catalyseur ne pourra être obtenu que si les chercheurs sont libres de répondre de manière créative à des défis considérables. La définition d'objectifs pour les *TCSCE* ne devrait donc pas chercher à formuler des tâches définies en termes stricts. Il s'agit plutôt de donner l'impulsion synergique requise en lançant des défis ambitieux et en créant un forum où ils pourront être relevés par les chercheurs qui travaillent sur les nanotechnologies et sur d'autres technologies génériques. En associant de nombreuses parties prenantes à la formulation de ces défis, les *TCSCE* élargissent le concept de "plateformes technologiques" et contribuent ainsi à faire progresser l'objectif politique européen d'"améliorer la cohérence des agendas de recherche publique dans toute l'Europe.[28]

(26) "Communication de la Commission: Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies", COM (2004) 338, section 3.1.1., p. 10.

(27) "Communication de la Commission: Science et technologie, clés de l'avenir de l'Europe – Orientation pour la politique de soutien à la recherche de l'Union", COM (2004) 353, section 1.2., prop. 6 et 9, p. 2.

(28) La recherche dans les perspectives financières 2006-2013: Propositions de la Commission (février 2004).

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 36



# Troisième partie

# Progrès européens vers la convergence

Les TC représentent une opportunité considérable pour une économie de la connaissance européenne. La première, et la plus importante, des recommandations du groupe d'experts de haut niveau est donc de créer une priorité thématique pour la recherche européenne sur les *TCSCE*.

Les sections précédentes ont montré que l'appellation "*TCSCE*" n'est pas simplement une étiquette de plus à afficher pour l'organisation de recherches pluridisciplinaires ou la dénomination d'une nouvelle agence qui finance des travaux sur les TC. Dans l'optique des "plateformes technologiques", l'idée d'un agenda de recherche sur les *TCSCE* adopte une approche verticale qui aborde de manière transversale une grande variété de programmes de travail européens. Dans la mesure où la formulation concertée d'un objectif ou d'un défi préalable est nécessaire, le processus des *TCSCE* représente un puissant outil de la politique scientifique susceptible de faire progresser la Stratégie de Lisbonne (voir page 36 et suivantes). Cet aspect nouveau des *TCSCE* requiert de la part de l'Europe une action rapide et résolue pour s'approprier cet outil et apprendre à le déployer.

Pour disposer d'ici 2020 de solutions dans le domaine des *TCSCE*, l'actuel Sixième Programme-cadre doit intégrer des actions préparatoires en matière de technologies convergentes. Ces actions marqueront le point de départ du processus des *TCSCE*. L'initiative WiCC en fait partie. Les actions préparatoires devraient s'achever avec le lancement de programmes ou de projets de recherche sur les *TCSCE* dans les domaines généraux de la santé, de l'éducation, des infrastructures des TIC, de l'environnement et de l'énergie. Dans chacun de ces domaines, plusieurs programmes pourraient être planifiés pour les *TCSCE*, avec des objectifs et des échéanciers bien définis. Les appels à propositions pour leur mise en œuvre effective suivraient.

Cela suppose une action immédiate en ce qui concerne les activités de recherche, les infrastructures et la gouvernance ainsi que la prospective pour l'Europe.



## 1. Activités de recherche

Les *TCSCE* peuvent faire un meilleur usage des TC existantes en mettant en évidence des relations productives entre les technologies génériques ou diffusantes et les systèmes de connaissances. Elles peuvent aussi stimuler la recherche fondamentale et la production de nouvelles connaissances par l'adoption d'objectifs ambitieux. Ces deux approches appellent le développement de prototypes.

### 1.1. Mobilisation des connaissances pour les *TCSCE*

Les programmes multidisciplinaires commencent souvent par une étude des domaines concernés afin de veiller à inclure toutes les disciplines pertinentes dans l'équipe de travail pour pouvoir compter sur les contributions nécessaires. Dans le cas des *TCSCE*, ce genre d'étude sert aussi à découvrir des projets prometteurs.

L'approche européenne des TC suppose que les technologies nano-, bio-, et info- ne sont pas les seules technologies génériques susceptibles de se compléter mutuellement. Ce principe de départ permet de jeter un regard neuf sur des disciplines existantes et sur leurs systèmes de connaissances. Des technologies et des systèmes de connaissances diffusants dans les domaines des sciences appliquées ou des sciences naturelles, sociales et humaines devraient pouvoir être identifiés aux niveaux régional, national et européen. Après un travail de caractérisation et de positionnement sur des cartes conceptuelles et géographiques, il devrait être possible de découvrir ou de mettre en place des connexions et des complémentarités entre diverses activités.
La banque de données résultante permettrait une expérimentation conceptuelle, par l'introduction d'objectifs ou d'alliances régionales hypothétiques pour les *TCSCE*, par exemple. Ces expériences pourraient être menées au moyen d'algorithmes ou lors de séances de réflexion par petits groupes d'experts,

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 37





voire en combinant les deux systèmes. Cette méthodologie heuristique peut servir à engendrer des propositions de recherche sur les *TCSCE*. Une fois la méthodologie en place, les propositions sont soumises aux Conseils de la recherche nationaux et européens et peuvent aussi être intégrées à l'initiative WiCC.

L'examen et la comparaison des connaissances existantes est un processus continu et toujours inachevé. La formulation d'agendas de recherche sur les *TCSCE* ne dépend pas de son aboutissement. Même si l'initiative WiCC ne fait que commencer à élargir les cercles de convergence à partir d'un noyau de chercheurs, un prototype peut être imaginé pour le processus heuristique de découverte d'opportunités en matière de recherche sur les *TCSCE*. Ce prototype heuristique "Convergence Discovery" viserait à identifier des mécanismes recourant à l'imagination sociale pour développer une vision potentiellement viable des *TCSCE* à partir d'un échantillon limité de technologies de systèmes de connaissances diffusants.

Une étude séparée sur les connaissances disponibles s'impose dans le domaine des sciences cognitives. Le groupe d'experts propose la formation d'une commission internationale appelée à se prononcer sur l'inclusion des processus cognitifs dans le paradigme de l'ingénierie ("ingénierie de l'esprit") comme l'envisage l'approche américaine des NBIC. Le meilleur moyen d'y parvenir est d'organiser une conférence pour examiner en détail les hypothèses implicites en termes de sciences cognitives du rapport "NBIC Convergence for Improving of Human Performance".

## 1.2. Stimulation de la recherche par les *TCSCE*

Il y a lieu aussi d'imaginer et de développer un prototype méthodologique différent pour le processus inverse d'identification des besoins européens, afin d'en faire des catalyseurs de la convergence. En l'occurrence, le groupe d'experts préconise l'adoption d'un prototype "EuroSpecs". Il commencerait par l'identification des besoins européens dans les secteurs généraux de la santé, de l'éducation et de l'environnement, etc., tels qu'ils sont présentés dans la Millenium Declaration, l'agenda de Lisbonne ou les initiatives à venir de la politique européenne. Il proposerait ensuite des spécifications relatives au modèle des solutions développées par les *TCSCE* pour répondre à ces besoins. Analogues à une compétition architecturale, ces spécifications constitueraient un appel invitant les chercheurs des secteurs public et privé à soumettre des propositions de modèle. Pour les projets les plus convaincants, des feuilles de route détaillées seraient alors élaborées. Elles détailleraient les ressources conceptuelles, économiques et techniques ainsi que les obstacles à franchir, les échéances, les coûts et les bénéfices sociaux. Enfin, une procédure d'évaluation comparerait les solutions d'ingénierie proposées en fonction des contraintes politiques et réglementaires. Cette évaluation devrait viser à défendre les valeurs éthiques et éviter l'exclusion sociale. Quand une proposition de modèle pour les *TCSCE* est approuvée par les parties prenantes – des scientifiques aux ONG, en passant par les spécialistes des questions éthiques – un appel à propositions correspondant peut être lancé.



Pour élaborer et encourager des agendas de recherche sur les *TCSCE*, les processus "Convergence Discovery" et "EuroSpecs" dépendent essentiellement de l'expertise des chercheurs. Eux seuls peuvent évaluer la faisabilité scientifique et technique. D'autres parties prenantes contribuent à la sélection et à la révision des agendas. En intégrant l'imagination sociale au processus créatif, ces intervenants peuvent aussi aider les experts en TC à prendre conscience de possibilités de convergence encore plus vastes.

## 1.3. Les défis touchant au modèle des solutions proposées pour les *TCSCE*

Les exemples de propositions de recherche donnés par le groupe d'experts (voir page 27) présentent certains défis pour les *TCSCE*. Aussi sommaires que soient ces propositions, elles partent d'un même modèle implicite en ce qu'elles supposent que la solution recherchée à ces problèmes de communication, d'obésité ou d'énergie devraient être conformes aux valeurs européennes et satisfaire à certains paramètres ou spécifications.

Cette approche de la politique scientifique dans l'optique d'un "développement de produit" présuppose qu'il peut y avoir des "principes généraux de conceptions des TC européennes". Le groupe d'experts recommande donc l'adoption d'un processus EuroSpecs pour l'exploration et la formulation de ces principes directeurs. De nombreux aspects doivent entrer en ligne de compte



dans cet effort, notamment les études sur l'innovation, l'éthique, les sciences sociales, l'ingénierie des processus, les recherches scientifiques et technologiques, l'économie, le développement de produits et le monde politique. EuroSpecs représente donc un processus de recherche sur l'histoire, la formulation adéquate et la mise en œuvre de ces spécifications relatives au modèle des technologies convergentes et, à ce titre, il peut s'inscrire dans le prolongement de la priorité thématique "Science et société" du 6e PC, dont il intégrerait les travaux dans les recherches des scientifiques et des ingénieurs. D'un point de vue institutionnel et en tant que processus normatif, EuroSpecs peut se développer en parallèle et en coordination avec le Groupe européen d'éthique (GEE).

En ouvrant le débat sur ces principes directeurs, l'Europe a l'occasion prendre une longueur d'avance dans une réflexion internationale sur l'établissement de normes pour le développement technologique. Elles pourraient par exemple souscrire à un "code de bonne conduite" international, comme le suggère la Communication de la Commission sur les nanotechnologies.[29]

D'autres études seront nécessaires pour favoriser le processus des *TCSCE*, en rapport notamment avec l'innovation et la diffusion, l'économie des environnements artificiels, les modalités des travaux de recherches pluridisciplinaires, interdisciplinaires et transdisciplinaires.

## 1.4. Recherche d'accompagnement

L'évaluation des perspectives et des limites des *TCSCE* requiert des recherches scientifiques dans les domaines sciences cognitives, de l'anthropologie évolutionniste, de l'économie, de la philosophie et de l'éthique. Pour assurer un contrôle efficace des *TCSCE* et une contribution de la société civile au processus de définition des objectifs, il faut déployer un effort de Begleitforschung ("recherche d'accompagnement" parallèle à la R&D scientifique et technologique).

- Ce rapport a mis en exergue à diverses occasions la nécessité de nous tourner vers les sciences cognitives. Pour mettre en place les *TCSCE*, les sciences cognitives doivent nous permettre d'explorer les déterminants physiques et sociaux de la cognition ainsi que leurs interactions. Le rôle de la psychologie, au sens commun du terme, comme fondement de la recherche en sciences sociales doit être reconsidéré. Il nous faut déterminer le potentiel et les limites de l'"ingénierie pour l'esprit" et de l'"ingénierie de l'esprit". Il y a lieu aussi d'examiner les effets des environnements techniques sur les processus cognitifs: si la culture des jeux vidéo a altéré le mode d'apprentissage des étudiants, les environnements artificiels qui tendront à se généraliser dans l'avenir auront un effet encore plus considérable.



Comme les TC portent sur la perfectibilité des humains et de la société, l'anthropologie évolutionniste doit étudier et mettre en exergue la signification de certaines imperfections apparentes, de la diversité et des limites humaines. Certains processus fonctionnent plus lentement dans les cerveaux humains que chez les animaux, qui ont des temps de réaction plus courts. Toutefois, cette lenteur nous donne le temps de la réflexion et nous permet de faire une distinction entre des réponses instinctives et des choix délibérés. Que se passe-t-il quand la technologie est utilisée pour accélérer les réflexes humains? De la même façon, il est nécessaire de reconsidérer certaines notions sur le fonctionnement de l'esprit humain (la psychologie, au sens commun du terme) pour en déterminer la valeur et aussi les limites.

- Les rapports et les enquêtes sur les nanotechnologies et les technologies convergentes, y compris le présent document, avancent des hypothèses économiques en comparant les dépenses internationales et les profits des entreprises, en évaluant les potentiels du marché et la demande des consommateurs, ou en prédisant la rentabilité d'investissements publics. Ces hypothèses appellent un examen attentif. Des environnements artificiels de plus en plus diffus peuvent créer de nouvelles dépendances économiques qui méritent d'être étudiées. Ils peuvent aussi offrir de nouvelles opportunités et des contraintes en termes de production de richesse.

(29) "Communication de la Commission: Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies", COM (2004) 338, section 5, p. 26.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 39





## Un cadre de normalisation

Les normes ou les spécifications qui pourraient être envisagées et débattues dans le processus EuroSpecs sont notamment:

- Au lieu de déléguer les responsabilités humaines à des processus automatisés comparables au fonctionnement des machines, les *TCSCE* doivent encourager et favoriser le jugement responsable. Au lieu de dépouiller les méthodes de production et de conception de tout savoir-faire, elles devraient renforcer encore les qualifications de la main-d'œuvre européenne.
- Même imperceptibles à l'œil, diffuses et intégrées dans le milieu ambiant, les *TCSCE* doivent être transparentes et fournir une infrastructure technologique permettant d'observer, de surveiller et de contrôler leur fonctionnement. Elles ne devraient pas déstabiliser les intervenants en introduisant des incertitudes quant à la présence ou l'absence de processus technologiques opérant sous le seuil de perception pour assister les activités humaines (systèmes de capteurs interactifs) ou au contraire les entraver (technologies de surveillance ou de restriction).
- L'infrastructure technologique et sociale devrait faciliter la possibilité de refuser les TC. Leur introduction ne devrait pas avoir d'effets coercitifs dans un environnement concurrentiel, par exemple, une pression incitant à modifier ses facultés mentales innées ou celles de ses enfants au nom de la survie ou de la réussite. Les impacts potentiellement contraignants devraient au moins être pris en considération avant de financer le développement d'une technologie.
- Le développement et la diffusion des *TCSCE* devraient être accompagnés de stratégies technologiques et éducatives pour encourager la participation des citoyens. L'initiation aux *TCSCE* devrait aller plus loin que la connaissance générale du principe de fonctionnement des technologies. Il faudrait fournir des outils techniques et conceptuels pour aider les individus à repérer les applications des *TCSCE*, interagir avec elles, les renvoyer à l'arrière-plan, etc. Le développement et la diffusion des outils "contre-technologiques" devraient faire partie de la R&D. Plus elles s'imposent dans la société, plus les technologies tendent à devenir une sorte de "boîte noire". Les contre-technologies ouvrent la boîte noire et révèlent le fonctionnement intérieur du système.
- Tout comme la connaissance du génome humain ne doit pas être privatisée, les systèmes d'exploitation ou les supports qui servent à la création des technologies de l'information et de la communication devraient rester "open source". De la même façon, les outils et les techniques pour la création nanotechnologique d'architectures moléculaires appartiennent à la communauté. Ni base ni le support pour le développement de solutions technologiques fondées sur la connaissance ne devraient être privatisés.
- Bien que les TC puissent être utilisées pour promouvoir une culture technique de plus en plus homogène, les *TCSCE* devraient constituer un outil de développement de solutions locales au service de la diversité naturelle et culturelle.
- Les TC pourraient servir à l'ingénierie de l'esprit en modifiant physiquement le cerveau humain ou en augmentant ses facultés. Les *TCSCE*, au contraire, devraient se consacrer à l'ingénierie *pour* l'esprit et à améliorer l'environnement cognitif.

Le principe de précaution devrait prévaloir lorsque les *TCSCE* s'accompagnent de risques clairement identifiés, même si leur probabilité et leur gravité demeurent incertaines. Quand la nature même des dommages possibles est inconnue, les risques de *TCSCE* devraient être examinés dans le cadre d'un débat de société auxquels participent les citoyens européens. Lorsque les arguments ne suffisent pas à convaincre les parties prenantes que les risques valent la peine d'être courus, d'autres pistes de recherche devraient être préférées.



- La construction d'une nature artificielle requiert un éclairage philosophique et social, ainsi qu'un examen critique dans la mesure où elle concerne les fondements des valeurs éthiques et sociales dans les concepts de liberté et de nature humaine.
- La politique de la recherche européenne et américaine en matière de nanotechnologies nécessite des efforts de *Begleitforschung* ("recherche d'accompagnement"). Il s'agit de "prendre en compte les recherches sur les implications sociétales dans les considérations scientifiques et technologiques en tant qu'agents de changement, et d'associer des spécialistes des sciences sociales et économiques aux travaux des groupes de R&D[30]". L'inclusion de chercheurs en sciences sociales et humaines

(30) "Communication de la Commission: Vers un stratégie européenne en faveur des nanotechnologies", COM (2004) 338, section 3.5. Voir aussi Mihail Roco, "Broader societal issues of nanotechnology", Journal of Nanoparticle Research, 5, 2003, pp. 181-189, p.189.



comme participants-observateurs dans l'initiative WiCC et la R&D sur les *TCSCE* encourage la prise de conscience du cycle de vie complet des solutions technologiques apportées à des besoins sociaux. Elle favorise la compréhension mutuelle et la coopération des scientifiques et des ingénieurs, des consommateurs et des producteurs, des citoyens et des décideurs dans le domaine de la recherche sur les *TCSCE*. Elle permet d'identifier d'autres pistes éventuelles de développement technologique.

Les activités de recherche d'accompagnement proposées ne doivent pas attendre l'instauration d'une priorité de recherche thématique sur les *TCSCE*. Dans la mesure où elles peuvent apporter des éléments de référence essentiels pour l'élaboration d'un modèle de recherche sur les *TCSCE*, elles devraient commencer immédiatement.

## 2. Infrastructures de recherche

Les infrastructures de recherche pour les *TCSCE* doivent être créées en même temps que les *TCSCE* elles-mêmes. La principale recommandation du groupe d'experts est d'établir une priorité thématique pour la recherche européenne sur les *TCSCE*, ce qui nécessite plusieurs actions de soutien. La principale d'entre elles exige des mesures immédiates: il s'agit de l'infrastructure institutionnelle de l'initiative WiCC et de son bureau de coordination. D'autres actions de soutien concernent une Compétition européenne pour les Centres d'excellence en *TCSCE* et une infrastructure d'enseignement pour attirer des chercheurs.

Comme pour d'autres activités de R&D technologique en Europe, les problèmes liés aux infrastructures durables doivent être résolus pour pouvoir mettre en place des partenariats public/privé efficaces. Ces problèmes ont trait aux normes européennes, au système de brevet, à la protection de la propriété intellectuelle et à la création de structures pour renforcer les relations entre producteurs et utilisateurs ou consommateurs durant la phase de développement.

Bien que ces questions ne soient pas spécifiques aux *TCSCE*, le groupe d'experts salue la décision de lancer un processus en ce sens pour la préparation du prochain Programme-cadre.[31]



### 2.1. Élargissement des cercles de convergence (WiCC)

Le but de l'initiative WiCC est d'inscrire les *TCSCE* dans un cadre temporel limité de 3 à 5 ans comme priorité thématique pour la recherche européenne, principalement dans les secteurs généraux de la santé, de l'éducation, des infrastructures des technologies de l'information et de la communication, de l'énergie et de l'environnement. Elle s'emploiera à définir et appliquer des agendas de recherche présentant un intérêt social et économique, comme le suggère une proposition de la Commission de février 2004:

> *"Des exemples de ces partenariats incluraient le développement d'une nouvelle génération d'avions propres et économiques à l'horizon 2020, le développement de réseaux de distribution d'hydrogène et de piles à combustibles, la maîtrise de l'électronique à l'échelle nanométrique, des investissements dans les technologies et applications mobiles ou sans fil de l'avenir, le renforcement des efforts de collaboration dans le domaine des systèmes embarqués, ainsi que de nouvelles technologies relatives à l'énergie solaire, et une coordination des efforts européens dans les technologies chimiques de pointe, pour de multiples applications industrielles et autres projets sociaux".*[32]

Sous la coordination d'un bureau WiCC, plusieurs ateliers regroupant des chercheurs spécialisés dans les TC prépareraient des conférences axées sur des thèmes bien précis. Chaque conférence passera en revue le potentiel scientifique et technologique d'un domaine particulier comme les soins de santé, la fourniture d'énergie, les infrastructures d'information et de communication, etc. Elle s'achèvera par un atelier chargé d'établir un agenda, d'esquisser un prototype d'appel à propositions et d'accords de partenariats. Dans le prolongement du concept européen de "plateformes technologiques", l'initiative

(31) "Communication de la Commission: La science et la technologie, clés de l'avenir de l'Europe – Orientations pour la politique à la recherche de l'Union" COM (2004) 353, section 1.3., prop. 12, p. 4.

(32) La recherche et les perspectives financières 2007-2013: propositions de la Commission (février 2004).

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 41





## Interdisciplinarité et recherche sur les *TCSCE*

L'ingénierie pour l'esprit des *TCSCE* a pour but d'améliorer l'environnement dans lequel les humains perçoivent, pensent, communiquent et décident. L'idée est de présenter l'information de manière à l'adapter très exactement aux besoins du raisonnement humain. Pour atteindre cet objectif, une collaboration entre chercheurs est nécessaire dans les domaines des sciences sociales, des technologies de l'information et de la communication, des sciences cognitives et des neurosciences. Il faut en outre qu'ils partagent une même compréhension du fonctionnement de l'esprit humain. Sans cette compréhension, ils ne peuvent pas améliorer, et encore moins optimiser, l'environnement cognitif.

La plupart des chercheurs en sciences sociales et des informaticiens s'appuient dans leur travail sur des notions de psychologie plus ou moins élaborées. Cette psychologie élémentaire est une théorie de l'esprit humain valable dans la majorité des circonstances de la vie quotidienne. Il y a cependant des domaines où ces notions sont totalement dépassées par les avancées technologiques (les processus décisionnels dans les réseaux hommes-machines complexes) ou par des changements culturels (en temps de guerre ou de perturbations affectives qui interfèrent avec les activités professionnelles). En particulier, les environnements artificiels créés par les TC peuvent déboucher sur des interactions entre l'esprit et le monde extérieur qu'il n'est plus possible d'expliquer par la psychologie, au sens commun du terme.

L'ingénierie pour l'esprit des *TCSCE* reflète et construit un monde de plus en plus structuré par la science et la technologie. Pour être en mesure de le faire efficacement, il faut aller au-delà de la psychologie élémentaire et prendre en compte les découvertes des sciences cognitives. Les recherches sur les *TCSCE* ne peuvent donc pas se contenter de mettre en branle un projet interdisciplinaire. L'interdisciplinarité doit commencer par un examen critique des fondements théoriques des sciences sociales par les spécialistes des sciences cognitives – et vice versa. Les chercheurs en sciences sociales ne contestent d'ailleurs pas la différence entre la psychologie, au sens commun du terme et la description scientifique de l'esprit. Toutefois, ils peuvent souligner que la culture humaine et la société ne se sont jamais fondées sur cette compréhension scientifique, mais plutôt sur une perception naturelle de soi-même, qui évolue en fonction de la culture et dont la psychologie peut rendre compte. En conséquence, ils peuvent rejeter l'idée que leurs travaux devraient prendre pour base les sciences cognitives.

Cette relation critique entre les disciplines met l'interdisciplinarité à rude épreuve et exige des rapports professionnels et institutionnels stables, dans une atmosphère de respect mutuel.



WiCC et les programmes de recherche sur les *TCSCE* qui en découleraient rassembleront de nombreuses parties prenantes des secteurs public et privé, y compris des spécialistes des sciences sociales et des questions éthiques. L'initiative WiCC fera en sorte que les *TCSCE* comportent une dimension d'ouverture inspirée par des mécanismes de débat public et de participation sociale. En stimulant l'imagination sociale, l'initiative WiCC et les agendas qu'elle contribuera à développer pour les *TCSCE* auront un effet catalyseur sur les activités, quels que soient les disciplines ou les pays concernés, en vue de mettre en place un cadre cohérent pour de grands projets de recherche technologique.

Le bureau WiCC aura donc pour mission de coordonner les discussions, de veiller à la transparence et de créer des ressources, comme par exemple une plateforme Internet, une banque de données sur les études consacrées aux TC et autres technologies génériques et diffusantes ainsi qu'une bourse de partenariat pour les propositions en matière de *TCSCE*[33]. Le bureau encouragera aussi les recherches sur les *TCSCE* au sein de l'Union en négociant des sites stratégiques pour mettre en place une approche verticale qui traverse une grande variété de programmes de travail européens.

Le passage de l'initiative WiCC du stade du prototype aux programmes de recherche sur les TCSCE correspond à la création d'un "réseau d'innovation".

Un réseau d'innovation présente quatre caractéristiques principales qui servent à organiser la production de connaissances:

- Les réseaux d'innovation sont des systèmes de coordination qui permettent et encouragent l'apprentissage mutuel en accélérant et en favorisant la diffusion d'un nouveau savoir-faire technologique.

(33) Cette plateforme pourrait être construite sur le modèle de www.nanoforum.org ou en constituer une extension.



- Dans les réseaux d'innovation, l'exploitation de complémentarités devient possible, ce qui est une condition préalable cruciale de la maîtrise de solutions technologiques modernes caractérisées par la complexité et la multitude des domaines de connaissance concernés.
- Les réseaux d'innovation constituent une structure organisationnelle permettant l'exploration de synergies grâce à la réunion de différentes compétences technologiques.
- Les réseaux d'innovation offrent un moyen de récompenser la créativité et l'esprit d'entreprise dans les solutions technologiques qui s'efforcent d'intégrer des opportunités économiques et l'intérêt public.

## 2.2. Excellence interdisciplinaire

Les réseaux d'innovation et les programmes de recherche sur les *TCSCE* requièrent et produisent de nouveaux critères pour la recherche interdisciplinaire. D'habitude, l'interdisciplinarité désigne la mise en commun de ressources techniques et intellectuelles par des chercheurs de disciplines variées pour s'attaquer ensemble à un problème. Cette forme d'interdisciplinarité est insuffisante, dès lors que le processus de définition d'objectifs pour les *TCSCE* implique une évaluation critique et comparative de la viabilité des propositions. La critique mutuelle par-delà les frontières entre les disciplines intervient surtout lorsqu'il y a lieu de déterminer les limites actuelles ou à moyen terme des recherches sur les TC. Il s'agit d'un processus constructif qui nécessite confiance et compréhension. Les mesures de soutien financier destinées à encourager la collaboration dans la recherche ne peuvent suffire à produire cette forme d'interdisciplinarité.

Les appels à propositions et les politiques de recherche de la Commission et des États membres devraient mettre en avant des critères d'interdisciplinarité allant au-delà des collaborations prévues ou institutionnelles. Il faut donner aux chercheurs la possibilité de travailler ensemble dans un même lieu pour construire et entretenir des relations de compréhension, de confiance et de respect entre les disciplines. Le groupe d'experts recommande donc que les États membres soient invités à prendre part à une Compétition européenne pour les Centres d'excellence en *TCSCE*.



## 2.3. Mesure des *TCSCE*

Il n'existe aucune communauté de recherche dans les *TCSCE* déjà constituée avant l'initiative WiCC. À cet égard, les *TCSCE* représentent un nouveau défi pour l'allocation des ressources de R&D. Les investissements dans cette initiative doivent précéder les mesures des activités de recherche. Bien sûr, il est toujours possible de produire des mesures artificielles des niveaux de financement, de publications et de dépôts de brevet dans le domaine des TC en inventant quelques mots-clés et en requalifiant certaines recherches en cours. Il faut cependant trouver un moyen plus approprié pour évaluer les recherches en matières de *TCSCE*.

Ce qui caractérise les *TCSCE*, c'est qu'elles donnent aux projets de recherche existants une orientation particulière, à savoir leur convergence vers un but commun. Comme les diverses technologies et systèmes de connaissance diffusants qui y contribuent sont déjà documentés, les activités et les points forts actuels sont mesurables par rapport aux disciplines concernées. Cette information devrait entrer en ligne de compte dans les estimations de la viabilité des actions proposées dans le domaine des *TCSCE*. Les critères appropriés pour l'évaluation des programmes de recherche sur les *TCSCE* eux-mêmes ne peuvent être fournis que par un exercice d'étalonnage. Quand des objectifs spécifiques seront définis pour la convergence, il sera possible de formuler des éléments de références ainsi que des feuilles de route dans le cadre du processus de prospective. Les progrès de la recherche sur les *TCSCE* pourront être évalués par rapport à ces points de repères et à ces échéanciers. Ces critères d'évaluation peuvent inclure des considérations sur les effets transformateurs ou perturbateurs, sur les incidences économiques, sociales et environnementales ainsi que sur la réponse du public.

Le modèle traditionnel utilisé pour la politique scientifique et l'allocation de soutiens financiers a été remis en cause par l'avènement d'une recherche à dominante applicative. Il s'effondre entièrement dans le cas des *TCSCE*: il n'est pas possible d'apprécier les forces actuelles des *TCSCE* et d'allouer ensuite des fonds de façon

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 43





à les exploiter, à créer de nouveaux points forts et abandonner les secteurs les moins performants, etc. La recherche sur les *TCSCE* ne peut naître que lorsqu'un objectif de convergence est défini et qu'une structure de soutien est instituée. L'évaluation prospective des chances de succès requiert donc des outils différents.

L'initiative WiCC, telle qu'elle est proposée, fournit ce genre d'outils. La comparaison des dépenses relatives à des stratégies diverses en vue de parvenir à des stratégies particulières pour les *TCSCE* est un autre outil intéressant. Les investissements dans des solutions basées sur les *TCSCE* doivent toujours être comparés à des alternatives non technologiques ou à faible niveau de technicité induite par des actions bénévoles, un changement culturel, des structures d'encouragement ou des mesures législatives. Il faut aussi tenir compte des conséquences que pourrait entraîner le fait de ne pas s'adapter à une technologie présente ou future. Les études sur l'innovation, l'histoire des technologies et la théorie du développement technologique peuvent apporter encore un autre outil. Ces ressources combinées devraient être mobilisées afin d'intégrer les connaissances historiques et les évaluations en cours des développements actuels en matière de création et de diffusion de nouvelles technologies.

### 2.4. Éducation proactive

De nombreuses initiatives éducatives sont nécessaires pour renforcer l'infrastructure de recherche et attirer de jeunes chercheurs vers le domaine des *TCSCE*. Des éléments susceptibles d'éveiller l'intérêt des élèves devraient être introduits dans les programmes de l'enseignement secondaire et de la formation tout au long de la vie. On pourrait, par exemple, créer un module pédagogique sur les "technologies génériques" dans les écoles secondaires, accompagné d'un concours d'idées pour les *TCSCE* organisé à l'échelle européenne. En apprenant à conceptualiser un domaine de recherche comme une technologie ou un système de connaissances diffusants, les étudiants de l'enseignement secondaire ou universitaire seraient encouragés à faire preuve d'imagination pour intégrer les problèmes sociaux à des solutions technologiques potentielles. Cette démarche stimulera la réflexion créative des étudiants en sciences humaines sur les questions scientifiques et technologiques. Elle incitera aussi les étudiants qui s'orientent vers des carrières scientifiques à sortir du cloisonnement des disciplines pour s'ouvrir à une synergie de diverses sciences naturelles et sociales.



#### Key 2020

La Commission et les États membres devraient contribuer à la campagne européenne Knowledge Europe Year 2020. Cette campagne propose un forum pour les initiatives éducatives, les concours d'idées et les débats publics développant des visions visant à pour façonner l'avenir de l'Europe grâce à la convergence de technologies-clés ou diffusantes.

- Dans la mesure où les technologies diffusantes ne sont pas polarisées sur un objectif spécifique ou limitées à un ensemble particulier d'applications, on a tendance à les juger en fonction des visions qui les inspirent plutôt que des résultats qu'elles produisent. Et comme ces visions dépassent les perspectives des disciplines prises isolément, il convient de mobiliser les scientifiques et les ingénieurs, les décideurs politiques et les philosophes, les entreprises et les citoyens pour que l'imagination sociale s'empare des applications possibles des TCSCE. La campagne KEY 2020 regroupera les initiatives visant à faire appel à la participation du public. Elle s'efforcera de sensibiliser l'opinion aux nouvelles technologies et à leur potentiel créatif, tout en créant un climat de confiance afin de recueillir des réactions utiles pour la recherche et les orientations commerciales des applications.

## 3. Gouvernance de la recherche

Les *TCSCE* exigent une procédure politique transparente et ouverte, dont les grandes lignes devraient être énoncées dans une communication de la Commission sur les technologies convergentes.

Cette ouverture politique pourrait valoir aux *TCSCE* un accueil favorable auprès du grand public. Après tout, la recherche sur les *TCSCE* est explicitement orientée vers des besoins reconnus et la spécification d'un modèle acceptable. Et pourtant, aussi positifs que puissent paraître les objectifs adoptés pour les *TCSCE*, elles susciteront des inquiétudes éthiques du seul fait de leurs hypothèses implicites et des technologies qui contribuent à la convergence. Il est crucial que ces préoccupations soient prises en compte sans restriction

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 44



dans le cadre d'une démarche critique – non seulement parce qu'il faut créer un environnement propice, mais aussi parce que les réticences du public et les débats de société peuvent avoir un effet positif sur le processus. Plusieurs dispositions permettront d'instaurer un climat de confiance, de créer une légitimité et d'utiliser les débats publics comme source d'inspiration pour les agendas de recherche sur les *TCSCE*.

- Un processus transparent de définition d'objectifs pour les *TCSCE* devrait garantir la participation des intervenants des secteurs public et privé, y compris des chercheurs en sciences sociales et humaines. Cette approche devrait aussi prévaloir dans l'évaluation des propositions de recherches. Des considérations générales d'ordre éthique et culturel sur l'originalité des projets et leur rapport coûts/bénéfices en termes sociaux peuvent éclairer le processus d'examen. Pour ce faire, il pourrait être intéressant que des philosophes ou des spécialistes des sciences sociales siègent dans les comités d'examen, et/ou que la procédure intègre des déclarations relatives à la valeur sociale des propositions.
- Pour relever les défis des *TCSCE*, la Commission devrait commander des études comparatives sur les dispositions existantes en rapport avec les droits de l'homme, les législations nationales, les normes internationales, les codes professionnels et autres spécifications qui pourraient s'appliquer aux technologies convergentes. Ces études devraient envisager les réglementations futures et la gestion des risques liés aux technologies convergentes afin de définir des normes internationales ou, au moins, européennes.
- Au niveau politique, en particulier, il y a lieu de tracer une ligne de démarcation nette entre les ambitions militaires relatives au TC et les *TCSCE*. Dans le contexte de négociations internationales à propos d'un code de bonne conduite, les questions touchant à la réglementation en matière d'armement devraient être soulevées avec insistance pour obtenir une adhésion sans équivoque aux accords internationaux.
- La Communication de la Commission sur les nanotechnologies insiste sur la nécessité d'un échange de connaissances à l'échelle internationale en matière de santé, de sécurité et d'environnement.[34] Il est également nécessaire d'adopter une perspective comparative et de mettre en place une coopération internationale pour stimuler la dynamique de création, de diffusion, d'acceptation ou de rejet des TC par la société civile. Cela devrait passer par un débat international sur les spécifications applicables au modèle européen pour les TC.



## 4. Prospective pour l'Europe

Le défi des TCSCE consiste à cerner les points forts de l'Union dans l'économie mondiale et d'en tirer parti. Quand elle se compare aux États-Unis et à certaines économies asiatiques, l'Europe constate que ses atouts ne résident pas dans le développement et la fabrication de biens en grandes quantités pour le marché mondial, mais plutôt dans la conception par un personnel qualifié de processus et d'outils très élaborés, de solutions individualisées, d'approches technologiques alternatives, etc. Quand elle se compare aux économies de pays en développement, l'Europe constate que sa prospérité crée des obligations envers ces régions du monde et qu'elle peut aussi y trouver une opportunité économique si elle s'emploie à satisfaire avec discernement ces obligations. Par exemple, l'Europe peut contribuer à mettre en place des systèmes non échangeables de production d'énergie ou de fabrication qui nécessitent un contexte de sécurité internationale et de coopération politique et économique.

Les *TCSCE* constitueraient un outil de la politique scientifique au service de la Stratégie de Lisbonne et d'une économie de la connaissance. La réalisation de leurs objectifs passe par des activités de prospective, qui détermineront le degré de corrélation souhaitable entre les agendas de recherche et les objectifs politiques. La prospective peut indiquer dans quelle mesure les solutions des *TCSCE* devraient porter spécifiquement sur des problèmes propres à l'Union européenne ou au tiers-monde, et comment des solutions même hautement spécifiques peuvent garantir une rentabilité durale des investissements.

La méthodologie de la prospective devrait toutefois être elle-même élargie pour répondre aux besoins de la recherche sur les TCSCE.

(34) "Communication de la Commission: Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies", COM (2004) 338, section 5, p. 26.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 45





## Un nouveau contrat social entre science et société

Pour que le processus des *TCSCE* puisse aboutir et porter ses fruits pour les sociétés européennes dans leur ensemble, il convient d'adopter une approche en vue d'intéresser les nombreuses parties prenantes aux enjeux, de les inviter à participer au débat, de les considérer comme une ressource importante plutôt que comme un obstacle, de développer un moyen d'expression et une plateforme afin d'intégrer les discussions.

Un élément de cette approche est l'**Observatoire social des Technologies convergentes**: Le groupe d'experts recommande la création d'un comité permanent pour le suivi et l'évaluation en temps réel des recherches sur les TC à l'échelle internationale, et notamment les *TCSCE*. La première mission de cet observatoire serait d'étudier les facteurs sociaux, les opportunités et les effets économiques, les questions éthiques et les aspects relatifs aux droits de l'homme. Il servirait aussi de pivot et de plateforme au débat public. Des groupes de travail pluridisciplinaires s'occuperaient des questions de brevets, de la définition du patrimoine commun et de l'attribution des droits de propriété intellectuelle.

Les membres du comité devraient compter parmi eux des spécialistes des sciences sociales et des philosophes qui seraient aussi associés au processus de réflexion sur l'initiative WiCC, les centres d'excellence en *TCSCE* et EuroSpecs. En étroite collaboration avec les groupes de recherche sur les *TCSCE*, l'observatoire surveillerait les échéanciers, les éléments de référence et les réactions de l'opinion publique. Les membres permanents de l'observatoire social représenteraient donc les perspectives politiques et morales tout en développant une expertise technique et scientifique appréciable dans le domaine des TC. Ils serviraient d'intermédiaires chargés de faire prendre conscience à la communauté scientifique des préoccupations de la société et d'aider les citoyens à comprendre le point de vue des chercheurs.

- La diffusion et la configuration finale d'une technologie dépendent largement de la façon dont elle est perçue et discutée. Comme il n'est pas possible de prédire avec exactitude l'incidence de la R&D technologique en cours, la prospective doit prendre en considération les visions actuelles de l'avenir technologique et procéder à leur évaluation. Ces visions expriment les espoirs et les ambitions qui motivent et justifient la R&D scientifique et technologique.

En soumettant ces visions au débat public, l'évaluation technologique remonte en quelque sorte à la source: au lieu d'examiner les produits qui découlent des efforts de développement, l'évaluation de la vision s'intéresse aux espoirs, aux rêves et aux promesses qui les inspirent.



- Avec l'évaluation et la prévision technologique en temps réel, les activités de prospective s'intègrent aux processus de recherche. Cette approche va dans le sens de la définition d'objectifs explicites, de l'adoption d'une feuille de route et du suivi dont les *TCSCE* ont besoin: grâce aux efforts de Begleitforschung et à la participation de spécialistes des sciences sociales, la réflexion critique devient partie intégrante du processus. Cela permet de découvrir à temps des alternatives possibles qui présenteraient moins de conséquences sociales négatives. Des rapports réguliers sur cette évaluation et cette prévision serviraient à éclairer les choix des agences responsables de l'allocation des ressources financières ainsi que les examens éthiques et les débats de société.
- Puisque l'évaluation et la prévision technologique permettent de remonter à la source et que la prospective est orientée vers la production d'agendas, de visions et d'idées, l'analyse historique et celle des écueils de la prospective elle-même présentent un intérêt croissant. La "rétro-prospective" pourrait servir à explorer avec le recul comment la prospective a réussi ou échoué à influencer et anticiper le cours des événements. Et comme la prospective contribue à instaurer un climat de confiance entre les scientifiques, les décideurs et les citoyens, elle pourrait inclure une procédure d'évaluation du degré de confiance qui réunirait des historiens, des chercheurs en sciences sociales et les diverses parties prenantes.
- Enfin, les conceptions de liberté, de moralité et de nature humaine devraient être intégrées à l'évaluation des conceptions qui inspirent les TC ou des principes philosophiques qui sous-tendent implicitement ses activités de recherche.

Avec le processus EuroSpecs, cette méthodologie prospective mobilise les traditions culturelles pour le déploiement prudent d'un outil qui servira à façonner l'avenir de l'Europe. Les *TCSCE* peuvent transformer profondément le monde tel que nous le connaissons. Mais leur succès dépend de notre aptitude à intégrer leur potentiel de transformation au tissu social et culturel européen dans toute sa diversité. De même que l'innovation doit toujours ménager la tradition, les *TCSCE* exigent une prospective avec du recul.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 46



# Conclusion et recommandations

Les technologies convergentes (TC) présentent des opportunités et des défis d'égale importance. Les TC s'orientent vers des objectifs communs et des visions partagées, au premier rang desquels figure la formulation de ces objectifs. L'approche européenne pourrait se traduire par l'appellation "Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne" (*TCSCE*), qui met en avant le processus créatif et concerté de définition d'un agenda de recherche pour les TC.

Les citoyens d'Europe en bénéficieront si les *TCSCE* sont mises au service de la santé, du traitement de l'information et de la communication, de la protection de l'environnement, de la fourniture d'énergie, et d'autres domaines d'intérêt public ou individuel. Les *TCSCE* rendent possible l'exploitation d'un vaste potentiel technologique et de nombreuses opportunités économiques pour satisfaire des besoins cruciaux en Europe et dans le monde en développement.

Confrontés à des changements potentiellement perturbateurs et susceptibles de transformer en profondeur la nature, la société et les individus, les citoyens et les gouvernements endossent de graves responsabilités. Il leur faudra trouver une voie entre, d'une part la nécessité de contrôler le développement des TC et d'autre part, le sentiment que ces technologies diffuses puissent être sources de dislocation culturelle et morale.

Si elle ne favorise pas la recherche fondamentale en tant que telle, la définition d'objectifs pour les *TCSCE* aura néanmoins un effet catalyseur sur la R&D scientifique et technologique et peut, de ce fait, dynamiser la communauté des chercheurs.

La compétitivité européenne devrait bénéficier des *TCSCE* grâce à la commercialisation sur les marchés internationaux de solutions technologiques sur mesure à forte intensité de connaissance. Le processus de définition d'un agenda de recherche qui évite l'exclusion sociale contribuera à encourager l'augmentation des investissements du secteur privé dans la recherche.



Les *TCSCE* représentent un puissant outil de politique scientifique susceptible de faire progresser la Stratégie de Lisbonne; elles créent une "masse critique de ressources", fournissent un "cadre pour de grands projets technologiques" et une "infrastructure de recherche européenne", qui sont les buts affirmés par la Commission dans sa communication du 16 juin 2004 sur l'avenir de la politique de la recherche de l'Union européenne. Elles renforcent l'Europe en associant les citoyens au processus de décision politique.

Pour relever le défi et exploiter ces opportunités, le présent rapport a formulé une série de recommandations sur:

- la vision et la stratégie;
- de nouveaux agendas de recherche;
- des structures de recherche et des environnements de soutien plus larges;
- l'éthique et la participation sociale.

## 1. Mise en place des *TCSCE*: vision et stratégie

***Défis:***

Exploiter le potentiel des technologies convergentes (TC), développer des programmes de recherche ambitieux et faire progresser les objectifs européens dans les domaines de la politique sociale et économique, ainsi que de la recherche.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 47





Créer rapidement des communautés pluridisciplinaires de chercheurs en matières de TC pour le développement de propositions de *TCSCE* (*Technologies convergentes pour la Société de la connaissance européenne*) scientifiquement faisables, économiquement intéressantes et socialement profitables.

**Recommandation 1:** La Commission européenne devrait adopter l'initiative WiCC d'élargissement des cercles de convergence pour mettre en place une communauté de recherche sur les *TCSCE*, en commençant par instaurer un bureau de coordination WiCC.

> *Sous la coordination d'un bureau WiCC, plusieurs ateliers regroupant des chercheurs spécialisés dans les TC prépareront des conférences axées sur des thèmes bien précis. Chaque conférence passera en revue le potentiel scientifique et technologique d'un domaine particulier comme les soins de santé, la fourniture d'énergie, les infrastructures d'information et de communication, etc. Elle s'achèvera par un atelier chargé d'établir un agenda, d'esquisser un prototype d'appels à propositions et d'accords de partenariats. Dans le prolongement du concept européen de "plateformes technologiques", l'initiative WiCC et les programmes de recherche sur les TCSCE qui en découleront rassembleront de nombreuses parties prenantes des secteurs public et privé, y compris des spécialistes des sciences sociales et des questions éthiques. Le bureau WiCC devrait établir une plateforme Internet qui mettra à la disposition de la communauté des chercheurs et de diverses associations des informations et des possibilités d'échanges sur les questions du développement technologique et de la politique scientifique.*

**Recommandation 2:** La Commission devrait intégrer une dimension TC dans les appels du 6e PC (en particulier pour les priorités thématiques des nanotechnologies, des sciences de la vie, des technologies de l'information, des sciences humaines et sociales).

> *En vue de préparer l'établissement des TCSCE comme priorité thématique pour la recherche européenne, cette mesure devrait s'adresser à des partenariats de recherche sur des questions comme les TC pour le traitement du langage naturel, les TC pour le traitement de l'obésité, les TC pour les habitations intelligentes.*

**Recommandation 3:** Les États membres sont encouragés à promouvoir le processus des *TCSCE* en lançant des prototypes d'initiatives de recherche sur les TC dans le cadre de leurs activités nationales de prospective et de leurs programmes de financement.



**Recommandation 4:** Dans le contexte du 7e programme-cadre de recherche européen, les États membres devraient être invités à prendre part à une Compétition européenne pour les centres d'excellences en *TCSCE*; le Conseil européen de la recherche devrait proposer des bourses de recherche dans ces centres.

> *Des centres d'excellence sont nécessaires pour attirer des talents scientifiques du monde entier vers la recherche sur les TCSCE. Le Conseil européen de la recherche pourrait encourager ce processus en décernant aux lauréats de cette compétition des bourses de recherche prestigieuses dans ces instituts.*

## 2. Exploitation des dynamiques de convergence: nouveaux agendas de recherche

***Défis:***

- Consolider et encourager la recherche pluridisciplinaire sur les TC afin de rendre possible des progrès techniques ciblés et durables.
- Mener des travaux de recherche généraux nécessaires à l'évaluation scientifique, économique, historique et normative des propositions de *TCSCE*.
- Mesurer les perspectives et les limites des TC.



**Recommandation 5:** L'interdisciplinarité devrait être renforcée, au-delà des collaborations habituelles ou institutionnelles, dans les appels à propositions et les politiques de recherche de la Commission et des nations européennes.

*Pour mettre en place les TCSCE, en commençant par l'initiative WiCC, il convient tout d'abord de cerner des coopérations envisageables, ce qui suppose une interdisciplinarité. Par ailleurs, les TCSCE requièrent une réflexion critique mutuelle qui dépasse les limites entre les disciplines, entre les technologies de l'information et les sciences cognitives, par exemple.*

**Recommandation 6:** La Commission et les États membres devraient élargir et approfondir l'attention qu'ils portent aux sciences cognitives.

*La mise en œuvre des TCSCE passe notamment par des recherches fondamentales sur la cognition sociale, par le remplacement de la psychologie, au sens commun du terme, comme fondement de la recherche dans les sciences sociales, par une exploration du potentiel et des limites des approches d'"ingénierie de l'esprit", et par l'étude des effets des environnements techniques comme la culture des jeux vidéos sur les processus cognitifs.*

**Recommandation 7:** La Commission et les États membres doivent reconnaître et encourager les contributions des sciences humaines et sociales en matière de TC, avec une attention toute particulière pour l'anthropologie évolutionniste, l'économie de la recherche et du développement technologique, les méthodologies de prospective et la philosophie.

- *Comme les TC portent sur la perfectibilité des humains et des sociétés, l'anthropologie évolutionniste doit étudier et mettre en exergue la signification de certaines imperfections apparentes, de la diversité et des limites humaines.*
- *Les rapports et les enquêtes sur les nanotechnologies et les technologies convergentes, y compris le présent document, se livrent à des suppositions économiques en comparant les dépenses internationales et les profits des entreprises, en évaluant les potentiels du marché et la demande des consommateurs, ou en prédisant la rentabilité d'investissements publics. Ces hypothèses appellent un examen attentif.*
- *Les méthodologies de prospective actuelles devraient être étendues pour inclure un programme de "Rétrospective pour la prospective". Les études sur l'innovation, l'histoire des technologies, les études scientifiques et technologiques, l'évaluation technologique et la philosophie des sciences devraient étayer les connaissances historiques et l'analyse des facteurs internationaux des TC pour prendre en considération les visions qui inspirent la recherche sur les TC plutôt que les résultats escomptés. Des études de cas sur les développements scientifiques et technologiques devraient faire l'objet d'un examen comparatif pour mettre en exergue les dynamiques qui sous-tendent le "développement rationnel". L'évaluation technologique devrait aussi remonter à la source en envisageant les dimensions anthropologiques et les effets retardateurs ou accélérateurs de l'accueil réservé aux TC par l'opinion publique.*
- *La construction d'une nature artificielle requiert un éclairage philosophique et social ainsi qu'un examen critique dans la mesure où elle concerne les fondements des valeurs éthiques et sociales dans les concepts de liberté et de nature humaine. Elle peut aussi engendrer de nouvelles dépendances économiques, des opportunités et des contraintes pour la production de richesses, qui doivent être prises en considération.*



## 3. Développement d'une structure pour les *TCSCE*: la recherche et les environnements de soutien

***Défis:***

- Mettre en place un système de suivi et d'évaluation qui puisse s'appliquer au potentiel des *TCSCE* et à leur mode de développement spécifique.
- Préparer un processus de réglementation approprié pour les TC.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 49





**Recommandation 8:** Un observatoire social permanent devrait être créé pour assurer un suivi et une évaluation en temps réel de la recherche internationale sur les TC, y compris les *TCSCE*.

*Créé sur le modèle des observatoires européens existants, il devrait étudier les facteurs sociaux, les opportunités et les effets économiques, les questions éthiques et les aspects relatifs aux droits de l'homme. Des études comparatives sur les cadres juridique, réglementaire et les normes devraient être commandées par cet observatoire puisque les TC créent de nouveaux défis qui échappent aux catégories traditionnelles des réglementations. Les approches réglementaires existantes dans les États membres et les pays associés devraient être passées au crible en quête de similitudes et de différences, de lacunes conceptuelles et de solutions créatives – avec comme objectif la proposition de normes européennes, surtout pour les TC développées en dehors du processus de recherche sur les TCSCE.*

**Recommandation 9:** La Commission devrait lancer un processus de recherche "EuroSpecs" pour l'élaboration de spécifications européennes relatives au modèle des technologies convergentes, traitant de certains aspects normatifs afin de préparer un "code de bonne conduite".

*Dans le prolongement de la priorité thématique "Science et société" du 6e PC, des économistes, des spécialistes des sciences sociales, des philosophes, des concepteurs de produits et des experts en ingénierie des processus devraient unir leurs efforts pour examiner le contexte et débattre de la formulation adéquate puis de l'application de spécifications relatives à un modèle technologique. Leurs recherches interdisciplinaires seront intégrées aux travaux des scientifiques et des ingénieurs. D'un point de vue institutionnel et en tant que processus normatif, EuroSpecs peut se développer en parallèle et en coordination avec le Groupe européen d'éthique (GEE). L'Europe aurait ainsi l'occasion prendre une longueur d'avance dans une réflexion internationale sur l'établissement de normes en vue de formuler un "code de bonne conduite."*

**Recommandation 10:** L'intégration de la recherche sociale dans le développement des TC devrait être encouragée par des efforts de *Begleitforschung* ("recherche d'accompagnement" parallèle à la R&D scientifique et technologique).



*Les activités de Begleitforschung seraient menées parallèlement à la R&D Scientifique et technologique, dans le but d'éclairer les choix opérés par l'observatoire des TC ou dans le cadre du processus EuroSpecs. Il s'agit d'encourager la prise en compte du cycle de vie des solutions technologiques dans leur ensemble, depuis les travaux de R&D jusqu'aux adaptions en fonction du contexte social, et la coopération des scientifiques et des ingénieurs, des consommateurs et des producteurs, des citoyens et des décideurs dans le domaine de la recherche sur les TCSCE. Une telle approche permet d'identifier d'autres pistes éventuelles de développement technologique en relation avec certains aspects cruciaux de la R&D.*

## 4. Administration des *TCSCE*: éthique et participation sociale

***Défis:***

- Garantir dès le départ la prise en considération des questions éthiques afin de préparer l'élaboration de normes pour le développement des TCSCE dans le cadre du processus EuroSpecs.
- Contrairement à certaines approches qui prônent l'ingénierie de l'esprit et du cerveau, promouvoir en Europe l'ingénierie pour l'esprit et les améliorations de l'environnement cognitif.
- Contrairement à certaines approches des TC qui vont dans le sens d'une culture technique de plus en plus homogène, faire des TCSCE un outil pour le développement de solutions locales favorisant la diversité naturelle et culturelle.
- Mettre en regard les solutions basées sur les TC et les alternatives politiques non technologiques ou à faible niveau de technicité.
- Promouvoir le développement durable, la sensibilisation aux questions environnementales et le principe de précaution.



- Encourager la participation des citoyens et des consommateurs: les aider à comprendre, utiliser et contrôler les TC pour qu'ils n'aient pas le sentiment que la situation leur échappe.

**Recommandation 11:** Une ligne de démarcation nette devrait être conservée entre les ambitions militaires relatives aux TC et leur développement en Europe.

*La R&D sur les TCSCE devrait être confinée dans les paramètres fixés par le nouveau "Programme européen de recherche sur la sécurité". Dans le contexte de négociations internationales en vue de l'adoption d'un code de bonne conduite, les TC doivent être développées dans le respect de la Convention de Genève et des accords internationaux sur la réglementation en matière d'armement. De nouveaux accords devraient au besoin être négociés. Le programme européen de recherche sur la sécurité devrait encourager la mise en place de mécanismes de contrôle pour éviter d'éventuels abus dans le domaine des TC.*

**Recommandation 12:** Sur l'avis du Groupe européen d'éthique (GEE), le mandat d'examen éthique des propositions de recherche européennes devrait être étendu en vue d'inclure les dimensions morales et sociales des TC. Les organismes de financement des États membres sont invités à prendre des dispositions similaires.

*Par exemple, l'intégrité des systèmes naturels doit être prise en considération dans le contexte des recherches visant à une amélioration des performances. Il faudra élargir les préoccupations relatives à "l'utilisation et la production délibérée de micro-organismes génétiquement modifiés" pour y inclure les quasi-organismes techniquement créés.*

**Recommandation 13:** Au vu des nouveaux modèles de gouvernance de la recherche participative, des processus de décision transparents doivent être développés et mis en œuvre.

*Puisque les TCSCE s'articulent autour d'un processus de collaboration en vue de définir un agenda de recherche, des structures de décision et de contrôle rationnelles devraient être développées dans un cadre pluridisciplinaire s'appuyant sur des outils technologiques et des mécanismes de participation efficaces.*

**Recommandation 14:** La question des droits de propriété intellectuelle doit être abordée de façon proactive et au niveau international.



*Les TCSCE produisent principalement des biens et des solutions techniques non échangeables. Par analogie avec les débats actuels sur les systèmes d'exploitation informatiques, les frontières entre les ressources communes et les produits ou techniques brevetables doivent faire l'objet de négociations. Le processus EuroSpecs et l'observatoire social des TC devraient créer des groupes de travail pluridisciplinaires qui s'occuperaient des questions de brevets, de la définition du patrimoine commun et de l'attribution des droits de propriété intellectuelle.*

**Recommandation 15:** Les États membres et les pays associés sont encouragés à stimuler les débats nationaux sur les TC et la perspective des *TCSCE*.

*En se basant d'abord sur des conférences passant en revue les recherches nationales en matière de TC, les conseils de la recherche et les organes de financement nationaux peuvent contribuer à l'initiative WiCC et au développement d'un prototype de recherche sur les TCSCE. Ils devraient unir leurs efforts au sein d'une campagne européenne de sensibilisation KEY 2020. Cette campagne proposerait un forum pour les initiatives éducatives, les concours d'idées et les débats publics visant à élaborer des visions pour l'avenir de l'Europe grâce à la convergence de technologies-clés pour l'année européenne de la connaissance en 2020.*

**Recommandation 16:** Des modules relatifs aux TC devraient être introduits dans l'enseignement secondaire et supérieur pour créer des synergies entre les disciplines et favoriser les interactions entre les sciences humaines et les sciences exactes.

*Des concours européens pourraient être organisés pour stimuler les étudiants et les enseignants. Les centres d'excellence en TCSCE et certains programmes ou projets de recherche sur les TCSCE devraient entreprendre des activités éducatives allant de la sensibilisation du public à la création de programmes de cours et d'écoles d'été pour les diplômés. Il serait souhaitable que des normes soient définies par le processus EuroSpecs en matière d'initiation aux TC, à l'instar de ce qui se fait en informatique.*

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 51





# Membres du groupe d'experts

## Présidente

**Professeur Kristine Bruland**
Département d'histoire, Université d'Oslo. Norvège

## Rapporteur

**Professeur Alfred Nordmann**
Institut für Philosophie, Technische Universität, Darmstadt; Professeur adjoint de philosophie Université de Caroline du sud. Allemagne

## Membres

**Dr Jürgen Altmann**
Physicien et chercheur pour la paix, Universität Dortmund. Allemagne

**Professeur Daniel Andler**
Département de Philosophie, Université de Paris-Sorbonne (Paris IV); directeur du Département d'études cognitives, École Normale Supérieure. France

**Dr Thomas Bernold**
Consultant en communication et politique, professeur visiteur chargé de recherches à l'École de Politique publique, Université George Mason. Suisse



**Professeur Wolfgang Bibel**
Intellektik, Université de technologie de Darmstadt et Université Colombie britannique. Allemagne

**Professeur Jean-Pierre Dupuy**
Philosophe, École polytechnique, Paris, et Université de Stanford. France

**Professeur Donald Fitsmaurice**
Directeur du Nanochemistry Group UCD; Chief Technology Officer NTera Group, Board/Advisor Draper Fisher Jurvetson. Irlande

**Professeur Emilio Fontela**
Universidad Autónoma de Madrid; professeur honoraire d'économie, Université de Genève; professeur visiteur Université de Séville; président du groupe d'experts pour le développement de la prospective sur les relations recherche/enseignement supérieur. Espagne

**Dr Thierry Gaudin**
Président de Prospective 2100, ingénieur général des mines, membre du Conseil général des Mines, auteur, futurologue. France

**Professeur Raoul Kneucker**
Ancien directeur général de la recherche & des Affaires internationales, ministère fédéral de l'Éducation, de la Science et de la Culture; directeur de la "Galerie de la recherche" de l'Académie autrichienne des Sciences. Autriche

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 52



**Dr Günter Küppers**
Physicien et spécialiste des sciences humaines, Institut d'études scientifiques & technologiques (IWT), Université de Bielefeld. Allemagne

**Professeur Eleonora Barbieri-Masini**
Sociologue et futurologue, Université grégorienne, Rome. Italie

**Dr Ana Morato**
Directrice technique de l'Observatoire espagnol de prospective technologique industrielle, OPTI. Espagne

**Dr Michael J. Morgan**
Directeur général (retraité), The Wellcome Trust Genome Campus, Cambridge, Royaume-Uni

**Dr Nebojsa Nakicenovic**
Head of the Transitions to New Technologies Project, IIASA; Professor of Energy Economics at the Technical University of Vienna. Austria

**Dr Ian Pearson,** futurologue, BTexact, auteur. Royaume-Uni

**Professeur Darko Polsek**
École de droit, Université de Zagreb, ancien vice-ministre des Sciences et des technologies. Croatie

**Dr Gill Ringland**
PDG et associé, SAMI Consulting. Royaume-Uni

**Professeur Arie Rip**
Directeur scientifique de l'École de troisième cycle en sciences, technologies et culture moderne; chef du département de Philosophie des science et des technologies, Université de Twente. Pays-Bas

**Dr Francoise Roure**
Inspectrice générale, Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, MINEFI, Conseil général des Technologies de l'information. France

**Mme Ottilia Saxl**
Directrice générale, Institut de nanotechnologies. Royaume-Uni

**Dr Jan Staman**
Directeur, Rathenau Instituut de la Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Pays-Bas

**Dr Jean-Pol Tassin**
Neurobiologiste, directeur de recherche INSERM, Collège de France. France

**Professeur Walter van der Velde**
Ancien directeur de recherche Starlab (jusqu'en avril 2004); co-directeur, AI-Lab VUB; contributeur du projet européen Vision Book; directeur scientifique, DISC. Belgique

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 53





# Contributions des membres du groupe d'experts

Les experts ont apporté des contributions diverses dans plusieurs disciplines durant les travaux du groupe. On trouvera ci-après quelques-unes des importantes contributions individuelles de certains membres, notamment dans le Rapport sur l'état de l'art.

**Jürgen Altmann** "Military Nanotechnology: Perspectives and Concerns"

**Daniel Andler** "What does the "C" stand for in the NBIC Acronym?"

**Wolfgang Bibel** "ICT and AI in View of CT"

**Kristine Bruland** "Innovation in a Historical Context – Some Issues for Policy"

**Jean-Pierre Dupuy** "Complexity and Uncertainty"

**Emilio Fontela** "OECD and 21st Century Technologies"

**Thierry Gaudin** "Ethno-technology for Converging Technologies"

**Raoul Kneucker** "Converging Technologies": Legal, Ethical, and Social Implications"

**Eleanora Barbieri Masini** "Social and Cultural Issues emerging from the NTW: A Foresight Approach with some Recommendations"

**Michael Morgan** "Biotech To-day, and Future Trends"

**Ana Morato** "CT and Pharmaceuticals"

**Nebojsa Nakicenovic** "Fusion and NBIC"

**Alfred Nordmann** "Technologies for Dealing with Technological Advance"

**Ian Pearson** "Summary of the State of the art of NBIC convergence in ITC"

**Darko Polsek** "Education in Converging Technologies"

**Arie Rip** "Technology Assessment of NanoTechnology"

**Ottilia Saxl** "Nanotechnology Markets"

**Jean-Pol Tassin** "Neuro-scientific aspects of Foresighting the NTW"

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 54



# Liste des contributeurs et des auditions

Les membres du groupe d'experts ont aussi été invités à encourager d'autres contributions, sous la forme de réponses à un bref questionnaire, ou d'une intervention des contributeurs afin de présenter leurs travaux et leurs points de vue.

**Prof. Enrico Alleva**
Chef du département de Neurosciences comportementales, Instituto Superiore di Sanità, Rome. Italie

**Dr Raymond Bouchard**
Drachma Denarius, Ottawa. Canada

**Darian Brookes-Hefets**
Warwick Business School, Université de Warwick. Royaume-Uni

**Prof. José Luis Encarnação**
Président ISTAG. Allemagne

**Dr Thomas Bernold**
Vision+, Communication and policy Consulting. Suisse

**Baronne Prof. Susan Greenfield**
Directrice, The Royal Institution of Great Britain. Royaume-Uni

**Les membres de la "Jean Monnet Round Table on Europe"**
Cambridge University. Royaume-Uni



**Prof. Ron Johnstone**
École d'ingénierie électrique et informatique, Université de Sydney. Australie

**Prof. Michael Søgaard Jørgensen**
Département d'ingénierie et de gestion de la fabrication, Université technique du Danemark. Danemark

**Prof. G Lansavecchia.** Directeur de la publication de La Nuova Scienza. Italie

**Mme I Makar, Prof. P. Nightingale**
SPRU, Université du Sussex, Royaume-Uni; chargée de recherche, THECIS. Canada

**Prof. Lars Montelius**
Chef du Département de nanotechnologies exploratoires, Université de Lund. Suede

**Les membres du Nano-Micro Club**
Institut de nanotechnologies, Écosse. Royaume-Uni

**Prof. Stig Omholt**
Université d'agronomie. Norvege

**Petteri Repo. Senior researcher, Ph.D. (Econ)**
Directeur de recherche, docteur en économie, Centre national de recherche sur la consommation. Finlande

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 55



# Bibliographie

**R. Bouchard** (2003) *Bio-Systemics Synthesis: Science and Technology Foresight Pilot Project,* Ottawa, Conseil de la recherche canadien.

**Direction générale Santé et Protection des consommateurs** (2004) *Nanotechnologies: A Preliminary Risk Analysis*, Bruxelles, Commission européenne.

**M. Gorman** (2002) "Combining the Social and the Nanotech: A Model for Converging Technologies," in M. Roco et W. Bainbridge, (éd.) *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science*, rapport parrainé par la NSF/DOC, Arlington, pp. 325-330.

**G. Khushf** (2004a) "Systems Theory and the Ethics of Human Enhancement: A Framework for NBIC Enhancement," in M. Roco et C. Montemagno, eds. (2004) "The Co-evolution of Human Potential and Converging Technologies," Annals of the New York Academy of Science 1013, pp. 124-149.

**G. Khushf** (2004b) "The Ethics of NBIC Convergence for Human Enhancement: On the Task of Framing a Responsible Future," contribution à NBIC Convergence 2004: *Converging Technologies for Improving Human Performance*, New York City.

**Rapport général du Nanoforum** (2004) *Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of Nanotechnology*, voir www.nanoforum.org.

**M. Roco and W. Bainbridge**, (éd.). (2002) *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science*, rapport parrainé par la NSF/DOC, Arlington.

**M. Roco and R. Tomellini**, (éd.). (2002) *Nanotechnology: Revolutionary Opportunities and Social Implications (EU-EC/NSF Lecce Conference Report)*, Bruxelles, Commission européenne.

**M. Roco** (2003) "Broader Societal Issues of Nanotechnology," *Journal of Nanoparticle Research 5*, pp. 181-189.

**M. Roco and C. Montemagno,** (éd.). (2004) "The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies (Conference Proceedings Converging Technologies for Improving Human Performance 2003)," *Annals of the New York Academy of Science* 1013.

**J. Schmidt** (2004) "Unbounded Technologies," à paraître in D. Baird, A. Nordmann, J. Schummer, eds. Discovering the Nanoscale, Amsterdam: IOS Press, pp. 35-50.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 56



# Mandat du groupe

## Introduction

*L'objectif de ce document*[35] *est de définir la méthodologie et la portée des activités du groupe. D'une manière générale, nous voulons comprendre ce qu'est la convergence, quel sera son impact sur l'avenir et ce que l'Europe pourrait faire pour atteindre ses propres objectifs politiques.*

Le point de départ de cette réflexion a été le rapport américain de la NSF, qui a été analysé et discuté, mais qui ne constitue pas l'élément central de ce travail. Il s'agit de concevoir et de proposer une approche européenne de la convergence des sciences et technologies en relation avec le contexte culturel, éthique et socioéconomique européen, qui prenne en compte les forces et les faiblesses de l'Union dans ces domaines technologiques. Les sciences ont été considérées comme le domaine de recherche le plus innovant pour une approche européenne. Certaines questions – et parfois d'importantes réserves – doivent être précisées. Elles expriment souvent une préoccupation légitime à propos de l'usage de technologies à des fins idéologiques ou militaires. Il convient de clarifier en priorité les bénéfices de ces recherches pour les citoyens et la société afin de leur donner une nouvelle légitimité et de les inscrire résolument dans un contexte de dynamique sociale positive. Le principe de précaution devrait être pris en compte pour fixer le cadre des recherches.

**Plusieurs thèmes récurrents ont été observés:**

- *De quoi s'agit-il? (réalité, attentes et exagérations)*
- *Y a-t-il une vision européenne?*
- *Quel est le rôle des sciences humaines?*
- *Comment les sciences cognitives interviennent-elles?*
- *Quelles sont les questions horizontales qui se posent?*
- *Quel est l'impact en termes d'éducation?*



Nous sommes arrivés à la conclusion qu'afin de développer une approche européenne, il fallait opter pour une analyse descendante, avec une conception de la manière dont une société progresse et peut influencer les interactions entre les systèmes scientifiques et les systèmes technologiques. Notre attention s'est polarisée sur la convergence considérée comme une interface, où interviennent les acteurs concernés et les questions en jeu (sans perdre pour autant de vue la nécessité des sciences fondamentales générant les interfaces).

## Objectifs généraux

Trois objectifs généraux devraient guider les travaux du groupe d'environ 25 experts:

1. Développer un agenda de recherche axé sur les études menées dans le domaine des sciences humaines en rapport avec les modèles de coopération (cette dimension étant spécifiquement européenne). L'objectif est de montrer comment cette approche peut rompre avec l'idée que les performances individuelles constituent le seul critère de succès.

(35) Il s'agit d'une version abrégée du mandat du groupe d'experts tel qu'il a été défini par l'Unité Prospective scientifique et technologique.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 57



2. Voir s'il y a lieu de mettre en place un programme pour mettre à profit l'expérience de programmes ciblés sur des domaines d'application spécifiques comme l'ouïe, la vue, le vieillissement, la cognition.
3. Étudier comment développer des agendas de recherche sur des "technologies contextualisées[36]" qui auraient l'avantage de s'adresser à des pays du tiers-monde, mais aussi à des pays émergents (l'Inde, le Brésil, …) qui ont actuellement des ressources humaines mobiles et souvent inexploitées dans le domaine de la recherche. Ces agendas porteraient sur les besoins véritables des sociétés concernées, avec un souci de lancement rapide sur le marché, qui reste une priorité pour la compétitivité.

## Questions à examiner

Après avoir exposé ce que sont les technologies convergentes et pourquoi elles sont importantes, il convient de brosser un tableau de la situation européenne et de cerner les réponses possibles de l'Union.

**Les principales questions sont les suivantes:**

1. Pourquoi adopter une approche convergente? Quelle est la contribution ou la valeur ajoutée de cette approche en relation avec les politiques européennes dans les domaines de la recherche et des technologies, mais aussi en relation avec les autres politiques de l'Union?
2. Quelles recherches seraient les plus urgentes, importantes et/ou nécessaires aujourd'hui en Europe dans les domaines des sciences cognitives et sociales pour mieux comprendre l'approche convergente?
3. Quelles sont les questions d'éthique et de société concrètes que suscite la mise en œuvre des technologies concernées?
4. Comment formuler une approche compétitive et en même temps coopérative? La coopération est-elle importante? Quels sont les nouveaux instruments nécessaires pour répondre à cette stratégie et à quel niveau vaut-il mieux les déployer?
5. *Dans le courant du 6e PC, peut-on identifier des recherches à court terme qui mériteraient dans certains cas d'être approfondies maintenant?*

Ces objectifs et ces questions seront régis par dix "Principes directeurs" qui doivent être appliqués tout au long de la réflexion.

## Principes directeurs

Le concept de "principes directeurs" vise à garder à l'esprit, à chaque stade du processus de réflexion, une série de perspectives qui contribueront à la pertinence des débats. Dans une culture et une société pluraliste comme l'Europe, il est rare qu'une quelconque approche ou philosophie unique appliquée à une matière raisonnablement vaste puisse s'imposer aux dépens des autres. Les différentes approches techniques l'exigent, de même que l'étendue des politiques qui pourraient être concernées.

(36) Par "technologies contextualisées", nous entendons toutes les technologies qui améliorent la productivité, la compétitivité et les conditions de travail, en relation étroite avec des besoins de la société clairement identifiés. Cela n'exclut en aucune façon les nouvelles technologies, qui non seulement peuvent apporter des réponses utiles dans certains cas, mais qui mettent aussi l'accent sur l'amélioration de la compétitivité dans des secteurs économiques considérés comme "traditionnels".

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 58



**Processus**

1. **Réflexions cohérentes et intégrées** - Dans un travail de réflexion, de fréquents renvois sont nécessaires pour assurer une approche uniforme et cohérente capable de restituer des points de vue divers. La convergence est le moteur de la réflexion, l'Europe en est le contexte!
2. **Réalisme** - Le rapport américain a souvent été critiqué pour la portée très étendue des hypothèses qu'il formule en termes de développements technologiques.
3. **Interdisciplinarité** - La question de la pertinence des approches inter-, pluri-, trans-disciplinaires reste ouverte. C'est la convergence des technologies et ses implications qui constituent l'objet de la réflexion, non les technologies elles-mêmes.

**Contenu**

4. **Facteurs de changements sociaux** - L'impact social en soi et l'impact sur les personnes forment le cadre de la réflexion.
5. **Éducation et formation** - Les implications en matière d'éducation sont nombreuses, eu égard aux exigences particulières que comportent les technologies convergentes pour les systèmes traditionnels.
6. **Éthique** - L'éthique des sciences est un vaste domaine et la perspective européenne à cet égard est encore en cours de développement. Toutefois, c'est un instrument structurel essentiel pour le déploiement de l'EER. Le principe est le respect de l'éthique, le soutien aux efforts consentis pour satisfaire à de nouvelles normes, avec les implications que cela suppose pour la recherche sur l'évolution de l'éthique et des normes, et la façon de les prendre en compte dans les agendas de recherche.
7. **Durabilité** - Dans le cas des technologies convergentes, la durabilité est un objectif qui présente un intérêt évident pour la société.



**Contexte**

8. **La dimension européenne** - Les questions doivent être discutées ici dans le contexte de la Stratégie de Lisbonne et de l'Europe des 25 et plus. L'EER, les politiques européennes et le rôle de l'Europe à l'échelle mondiale sont au centre de la réflexion, qui doit s'appuyer sur les débats nationaux et les compléter lorsqu'ils existent. Les nouvelles perspectives financières formulées par la Commission pour les futurs Programmes-cadres après 2007 offrent un premier aperçu des structures possibles.
9. **Précaution, anticipation et gestion des risques** - Le principe directeur est donc qu'à chaque stade de la réflexion, nous devons nous demander quelles sont les mesures de précaution qu'on peut raisonnablement envisager pour réduire les risques, créer un climat de confiance et proposer la voie la plus sûre aux scientifiques comme à la société.
10. **Gérer un bond stratégique vers la diversité** - Les considérations technologiques coïncident sur l'échelle temporelle avec une étape cruciale pour l'élargissement de l'Europe de 15 à 25 et peut-être ensuite à 30 États. Cela s'accompagne de la plus forte explosion des S&T depuis les années 1970. Il s'agit d'un tournant qui appelle une réflexion ouverte sur la perspective du prochain élargissement prévu ainsi que sur l'avenir à long terme de la base S&T européenne.

## Structure de travail proposée

Le noyau du groupe d'experts est chargé de mener à bien un certain nombre de tâches horizontales en rapport avec les questions d'intérêt général et d'assurer la coordination des travaux. Plusieurs sous-groupes spécialisés sont envisagés pour traiter de certains aspects "verticaux" spécifiques, dans le respect des principes directeurs. Des contributions individuelles peuvent être sollicitées (auditions).

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 59





## Programme de travail prévu pour le noyau du groupe

**Les tâches communes envisagées pour le groupe sont notamment:**

1. Rapport sur l'état de l'art
2. Prospective pour la nouvelle vague technologique – scénarios
3. Qualité de la vie
4. Éducation et impacts en termes de compétitivité
5. Questions horizontales

## Groupes d'intérêt spéciaux

*GIS 1 – Convergence pour la qualité de la vie* – Couvrant la convergence de questions sociales comme le vieillissement de la population, la société et les tendances démographiques ou encore la convergence des visions biomédicales quant à la qualité de la vie future. Le GIS a adopté un plan de travail utilisant les matrices de Calvert-Henderson sur la qualité de la vie, ainsi qu'un questionnaire.

*GIS 2 – Configuration culturelle de la convergence* – Le groupe envisagera des technologies et des techniques qui entourent l'émergence de technologies convergentes. Il considère les débats éthiques, juridiques et politiques comme des interventions dans le processus d'intégration et d'orientation de la convergence émergente.

*GIS 3 – Efficacité économique* – Quels sont les défis et les opportunités représentés par les technologies NBIC pour l'efficacité économique de l'Europe au cours des 20 prochaines années? L'efficacité sociale sera aussi envisagée. L'Europe a tendance à opter pour une approche plus globale en équilibrant les objectifs de Lisbonne pour y inclure la cohésion sociale.

*GIS 4 – Société, cognition et performances des groupes* – L'analyse scientifique et des technologies comme la cognition individuelle et distribuée, la cognition et l'intelligence et leurs modèles, l'accumulation de connaissances chez les individus ainsi que dans les groupes, les systèmes de connaissances pour le soutien aux individus et aux groupes, la compréhension de la relation entre connaissances locales et globales pour contribuer au développement de technologies pour le domaine considéré. Les aspects relatifs aux normes, comme les questions éthiques concernées par ces technologies, les risques à prendre en considération dans leur développement et les réflexions sur la façon dont elles pourraient évoluer et être améliorées, les résultats positifs qui ressortent de ces technologies comme une meilleure connaissance de soi et le "bonheur".

**La diffusion** des résultats commencera par une conférence au cours de laquelle un groupe beaucoup plus large de participants sera convié à débattre des conclusions et à proposer des actions pour la politique de la recherche. Elle se tiendra les 14 et 15 septembre 2004, à Bruxelles.

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 60

954621_BW_FR 07-06-2005 13:12 Pagina 61





# Index


6e PC, 8, 38, 47, 49, 57

acceptation par le public, 19

ADN, 10, 16, 21

agenda de recherche, 4, 15, 19, 29, 35, 36, 46, 50, 56

agriculture, 6

amélioration des performances humaines, 8, 11, 15, 19, 24, 34, 61

animaux, 34, 38

approche européenne, 4, 6, 8, 14, 19, 20, 30, 36, 46, 56

armes, 34

avis, 9, 12, 28, 50

Begleitforschung, 9, 38, 39, 45, 49

bénéfices, 6, 10, 12, 17, 18, 24, 26, 30, 34, 37, 44, 56

biomimétique, 16

biomimétiques, 29

biotechnologies, 6, 7, 10, 12, 14, 16, 19, 20, 21, 22

bonne conduite, 9, 35, 38, 44, 49, 50

brevet, 40, 42

capteurs, 15, 16, 21, 28, 29, 32, 34, 39

chirurgie, 15, 17

clonage, 11, 24, 25

cognition, 12, 19, 20, 38, 48

communication, 6, 7, 10, 11, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 46, 47, 51, 54

complexité, 18, 19, 42

conception, 21, 33, 39, 44, 56

conduite, 9, 35, 38, 44, 49, 50

consommation, 18, 28, 29, 31, 32, 54

Convention de Genève, 50

convergence, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 30, 31, 35, 37, 40, 42, 43, 47, 50, 53, 55, 56, 58, 59, 61

corps, 7, 15, 21, 26, 29, 32, 33, 34

crime, 34

criminalité, 23

croissance, 23, 29

culture, 7, 21, 26, 29, 30, 31, 38, 39, 41, 48, 49, 52, 57

Culture, 51

Danemark, 54

diversité, 12, 23, 26, 27, 38, 39, 45, 48, 49, 58

Drachma Denarius, 54

droit, 16, 17, 26, 32, 34, 52

durabilité, 12, 58

durable, 12, 18, 23, 27, 40, 47, 49

échéancier, 23, 36, 42, 45

Education, 5, 28, 43, 51, 58, 59

éducation, 12, 20, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 36, 37, 40, 56, 58

énergie, 8, 20, 23, 25, 27, 29, 32, 36, 37, 40, 44, 46, 47

enseignement, 51

environnement, 7, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 46, 48, 49

esprit, 7, 21, 26, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 48, 49, 57

état de l'art, 53, 59

Ethical, 53, 55

éthique, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 17, 20, 22, 25, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 56, 57, 58, 59

EuroSpecs, 8, 9, 37, 38, 39, 45, 49, 50

évaluation, 9, 12, 13, 19, 37, 38, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49

évaluation technologique, 12, 45, 48

evolution, 55

évolution, 14, 18, 24, 30, 33, 58

expérience, 11, 28, 34, 36, 57

954621_BW_FR 07-06-2005 13:13 Pagina 62



expertise, 8, 12, 21, 28, 37, 45

foi, 18

Foresight, 15, 53, 55

habitations intelligentes, 8, 15, 29, 47

hydrogène, 10, 29, 39

IIASA, 52

immigration, 27

inclusion, 37, 39

Inde, 57

industrie, 24, 25, 28, 34

informaticiens, 41

Institute for Soldier Nanotechnology, 15

Intégration, 4, 7, 20, 26, 27, 31

intelligence artificielle, 17, 34

interdisciplinaire, 5, 11, 12, 35, 38, 41, 42, 49

interdisciplinarité, 9, 12, 41, 42, 48, 58

interface, 7, 11, 21, 26, 56

Internet, 7, 10, 14, 31, 32, 41, 47

ISN, 15

ISTAG, 54

Japon, 15, 18, 27

juridique, 32, 33, 49

KEY 2020, 43, 50

lab-on-a-chip, 17, 27

Legal, 53, 55

limites de la convergence, 4, 17

machines à tuer, 33, 34

matériaux, 7, 10, 14, 18, 20, 29, 34

micropuces, 15

modèle, 5, 9, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 25, 26, 29, 31, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 49, 50, 56, 59

Nano2Life, 15

Nanoforum, 41, 55

nanoparticules, 18, 32, 34, 35

nanotechnologie, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 35, 38, 39, 44, 47, 48, 52, 54, 55

Nanotechnology, 11, 15, 18, 39, 53, 55

nanotubes, 35

nature première, 21, 26, 31

NBIC, 11, 12, 13, 14, 19, 22, 37, 53, 55, 59

Observatoire social, 9, 45, 49, 50

OECD, 53

performances humaines, 8, 11, 15, 19, 24, 31, 34

points forts, 13, 42, 44

policy, 53, 54

Pologne, 25

population, 12, 22, 24, 26, 59

propriété intellectuelle, 9, 40, 45, 50

prospective, 3, 5, 8, 9, 11, 12, 15, 36, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 51, 52, 56, 59

protection de l'environnement, 23, 24, 25, 26

psychologie, 10, 14, 26, 28, 29, 38, 41, 48

recommandations, 5, 8, 13, 36, 46

remédiation, 32

réseau, 15, 21, 31, 40, 42

responsabilité, 3, 7, 12, 21, 32, 39, 46

rétrospective, 48

risque, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 20, 22, 30, 31, 33, 34, 35, 39, 44, 58, 59

santé, 7, 10, 13, 17, 19, 20, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 36, 37, 40, 44, 46, 47, 55

santé publique, 17, 27, 28, 29

scénarios, 6, 12, 13, 22, 23, 24, 27, 59

School, 54

Science et Société, 38, 45, 49

sciences cognitives, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 37, 38, 41, 48, 56, 57

sciences humaines, 3, 8, 9, 16, 43, 47, 48, 50, 52, 56

simulation, 16

socialisation, 19

Société de la connaissance européenne, 6, 8, 12, 13, 19, 20, 24, 46, 47

stockage, 29

stockage de l'énergie, 29

954621_BW_FR 07-06-2005 13:13 Pagina 63





systèmes de détection, 7

systèmes vivants, 15

TCSCE, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

technologies convergentes, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 34, 36, 38, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 57, 58

TIC, 23, 25, 27, 28, 29, 36

toxicité, 35

transport, 16, 29

valeurs éthiques, 37, 39, 48

vieillissement, 12, 13, 22, 26, 32, 57, 59

vision, 5, 8, 12, 15, 20, 32, 33, 37, 48, 52, 54, 56

Vision Book, 52

vue, 10, 57

WiCC, 8, 20, 33, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 48, 50

954621_BW_FR 07-06-2005 13:13 Pagina 64

Commission européenne

**EUR 21357 — Technologies convergentes – Façonner l'avenir des sociétés européennes**

Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes

2005 — 63 p. — 21,0 x 29,7 cm

ISBN 92-894-9402-6