

Education et formation en nanotechnologies.

Une nouvelle génération de chercheurs européens

Les nanotechnologies sont susceptibles de provoquer une véritable révolution technologique. Transversales aux disciplines scientifiques traditionnelles, elles nécessitent une nouvelle approche multidisciplinaire. L'Europe a besoin, en ce domaine, de chercheurs ayant les compétences requises. Nous avons en particulier besoin de chercheurs ayant une expérience dans l'approche interdisciplinaire et la coopération avec l'industrie, capables de promouvoir l'innovation dans une démarche de développement durable. Comment former cette nouvelle génération de chercheurs ?

**par R. Monk [1]
G. Popovic [1]
et R. Tomellini [2]**

*DC Recherche,
Commission européenne, Bruxelles*
**Traduit de l'anglais
par Gilles Le Marois**

Pour que l'Espace européen de la recherche (EER) [3] devienne une réalité, il est essentiel de pouvoir disposer d'un nombre suffisant de chercheurs compétents et motivés. On estime aujourd'hui que la proportion de chercheurs au sein de la population active est de 5.7/1000 en Europe, contre 8.1/1000 aux Etats-Unis et 9.1/1000 au Japon [4]. L'écart est encore plus important si on se limite aux seuls chercheurs employés dans l'industrie : 2.5/1000 en Europe, contre 7.0/1000 aux Etats-Unis et 6.3/1000 au Japon. Lors des conseils européens de Lisbonne (2000) et Barcelone (2002), les pays membres se sont engagés à développer une économie et une société basées sur la connaissance, grâce à une augmentation de la dépense moyenne de la recherche et de l'innovation jusqu'à 3 % du PIB [5]. Il apparaît clairement que le problème des ressources humaines est intrinsèquement lié à la réalisation de ces objectifs et ne peut en être isolé. Il a été en effet estimé [6] que l'objectif de 3 % du PIB à l'horizon 2010-2015 [7] nécessiterait la création de 1.2 million de postes de chercheurs supplémentaires. Si on se limite au seul domaine des nanotechnologies, ce nombre serait de 0.3-0.4 million en Europe. Par comparaison, on a évalué à 1 million le nombre de chercheurs employés en Europe en 2001 [8]. Si on prend en compte le délai nécessaire pour former un chercheur, il est clair qu'il faut agir rapidement pour éviter un « déficit de cerveaux » qui limiterait notre capacité de bénéficier pleinement des nanotechnologies. En outre ces objectifs doivent être atteints alors que de moins en moins de diplômés optent pour des disciplines scientifiques et techniques et que, comme nous allons le développer, le domaine émergent des nanotechnolo-

gies requiert de développer une nouvelle approche en matière d'éducation et de formation.

De nombreuses opportunités de carrière

Ces dernières années, l'évolution de carrière des chercheurs a fortement attiré l'attention et fait l'objet au niveau européen d'une communication de la Commission [9]. Il est évident que des mesures doivent être prises pour améliorer l'attrait des carrières dans la recherche et inverser la tendance actuelle qui se caractérise par un désintérêt des étudiants pour les sciences et toujours un exode significatif des cerveaux vers les Etats-Unis.

Par ailleurs plusieurs faiblesses structurelles et des pistes pour améliorer la situation, ont été identifiées. Parmi ces pistes, on pourrait citer l'établissement d'un nouveau cadre de reconnaissance de la recherche académique et industrielle, des méthodes de recrutement plus ouvertes, une mobilité géographique et sectorielle (soit entre le monde universitaire et l'industrie) accrue. Si promouvoir la mobilité géographique peut améliorer la situation du chercheur, il reste que des mesures complémentaires sont nécessaires. Ainsi, il est crucial de promouvoir ces carrières auprès des femmes pour bénéficier pleinement de leur potentiel. Si la proportion de chercheurs en Europe est faible, comparée à ses principaux concurrents, 34 % des publications en nanotechnologies émanent de l'Union européenne, contre 28 % pour les Etats-Unis et le Canada. Ce nombre impressionnant montre l'excellence de notre

recherche académique. A l'inverse, l'Europe est contre-performante en termes d'innovation et de traduction des résultats de recherche en succès sur le marché. On voit bien ici le « paradoxe européen ». Cela se traduit par exemple par un résultat inversé en matière de brevets déposés en nanotechnologies pour la période 1991-1998 (36 % dans l'UE contre 43 % aux USA) [10].

L'un des défis à relever en Europe sera de développer au travers de l'éducation et de la formation une culture d'innovation. L'intérêt suscité par ce nouveau et dynamique secteur que sont les nanotechnologies peut susciter un regain d'intérêt pour les disciplines scientifiques. Il est par ailleurs évident que l'orientation des étudiants vers telle ou telle carrière sera fortement influencée par les perspectives d'emploi dans le secteur choisi. Il est probable que le secteur des nanotechnologies devienne attractif pour de jeunes chercheurs, d'autant plus que l'on aura pris des mesures pour améliorer l'attrait des carrières dans la recherche.

Si cet article met davantage l'accent sur les chercheurs, il convient de mentionner le rôle tout aussi important des ingénieurs, innovateurs, entrepreneurs et managers de recherche, des techniciens, des éducateurs, des journalistes... dans le processus de développement des nanotechnologies.

Certains sont susceptibles de « porter plusieurs casquettes » et le nombre croissant de *spin-out* créés par des chercheurs, qui font de ces chercheurs de véritables managers, en est un bon exemple.

Vers un modèle éducatif de type « sablier »

En raison de la nature pluridisciplinaire intrinsèque des nanotechnologies, de nouveaux défis en termes d'éducation et de formation se posent aux éducateurs et institutions fonctionnant de façon traditionnelle. Cela implique que les choix auxquels sont confrontés les étudiants, par exemple entre la physique, l'ingénierie ou les sciences de la vie, seront dans l'avenir moins figés qu'aujourd'hui. Une telle situation aura beaucoup d'avantages. Ainsi les chercheurs seront moins « compartimentés » et disposeront d'un choix plus large d'options de carrière, y

compris en dehors de la recherche. Elle assurera une plus grande flexibilité du marché du travail et une meilleure adéquation des ressources humaines aux besoins nouveaux et imprévus de la recherche. Tout ceci devrait aider les jeunes étudiants à retrouver un enthousiasme pour les sciences et les pousser à faire carrière dans le secteur des nanotechnologies.

Notre modèle éducatif actuel est souvent assimilé à une pyramide (Figure 1) qui caractérise une spécialisation progressive à mesure que l'on s'avance dans le système éducatif. En classe primaire et au collège, les étudiants reçoivent un enseignement scientifique,

toutes disciplines confondues. Au fur et à mesure de leur progression vers le lycée, la spécialisation apparaît, jusqu'à pouvoir se réduire à une seule discipline (c'est souvent le cas dans l'enseignement universitaire).

Il est de plus en plus évident qu'une telle approche ne pourra pas répondre aux besoins que nécessitent un domaine tel que les nanotechnologies. Pour ce domaine, on estime qu'une approche de type « sablier », illustré par la Figure 2, serait plus propice à développer une compréhension logique pluridisciplinaire. Cela n'implique pas que les étudiants ne puissent approfondir leurs connaissances dans telle ou telle discipline – au

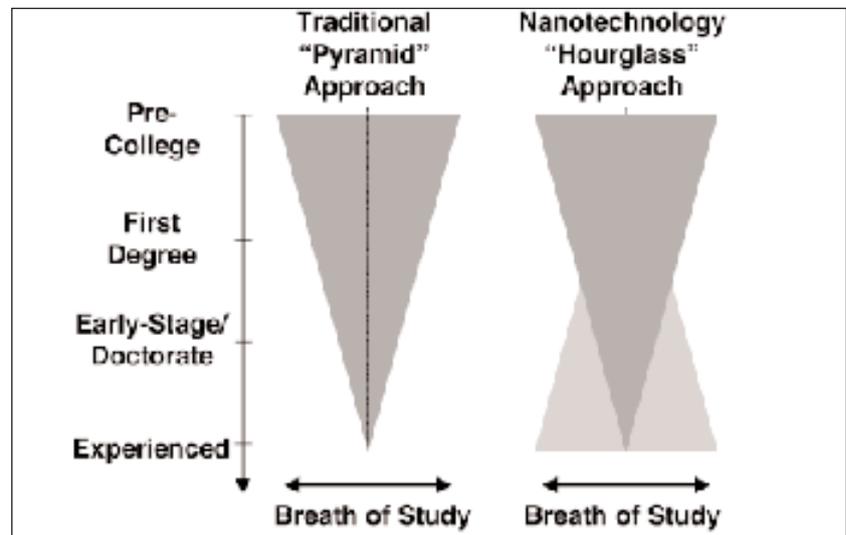


Fig. 1. Le système éducatif traditionnel peut être assimilé à une pyramide dans laquelle les chercheurs tendent à se spécialiser dans une discipline. Un modèle de type « sablier » sert plus efficacement les besoins interdisciplinaires des nanotechnologies.

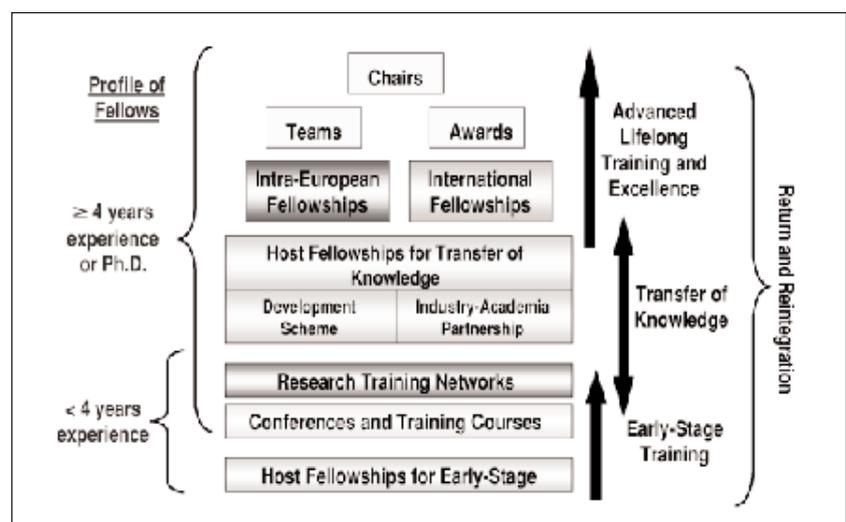


Fig. 2. Les différentes actions Marie Curie mises en place par la Commission européenne.

TABLEAU 1
Quelques exemples de cours en nanotechnologies, actuellement dispensés dans des universités européennes. La liste exhaustive peut être consultée sur le site à la rubrique « Education/Carrière »

Université	Cours	Localisation
Universität Erlangen-Nürnberg	Studium Molecular Science(19)	Allemagne
Leiden University and the Delft University of Technology	Masters degree in nanoscience (20)	Pays-Bas
Universities of Sheffield and Leeds and technology (21)	Masters degree in nanoscale science	Royaume Uni
University of Basel	Masterstudium Nanowissenschaften (22)	Suisse

contraire c'est une nécessité – mais qu'ils ne devront pas se limiter et devront maintenir un niveau de connaissance dans les autres disciplines de façon à leur permettre de partager un langage commun. Des changements significatifs sont à prévoir si on veut évoluer vers un système éducatif adapté aux besoins des nanotechnologies. Afin de structurer la discussion dans la suite de l'article, on distinguera les différentes populations suivantes, compte tenu de leurs besoins spécifiques :

- le collège où les étudiants reçoivent un enseignement de sciences, général ;
- les étudiants d'université, qui se focalisent sur une seule discipline scientifique ;
- les chercheurs débutants ou préparant un doctorat ;
- les chercheurs confirmés, ayant obtenu un doctorat ou justifiant d'au moins 4 ans d'expérience.

Si on ne peut dans cet article tenir compte de toutes les situations spécifiques par pays, il est possible d'identifier quelques tendances générales. On se propose maintenant de discuter plus en détail, la situation de ces populations en regard des nanotechnologies.

Etudiants de collège : l'éveil de l'intérêt scientifique

Il est essentiel de favoriser dès le plus jeune âge l'intérêt pour les disciplines scientifiques. Cet intérêt doit être initialisé à tous les niveaux, tant dans le cadre scolaire qu'à l'extérieur. La probabilité qu'ont les étudiants de poursuivre des carrières scientifiques dépend en grande partie de l'aptitude des enseignants, des parents et des médias à communiquer sur ces sujets, de façon informative, enthousiaste ou, pour citer le prix Nobel Richard Feynman, « à communiquer le plaisir de la découverte des choses ».

Pour stimuler l'intérêt que peut porter la jeune génération aux sciences et nanotechnologies en particulier, plusieurs approches sont possibles. Il est tout d'abord important que les enseignants bénéficient d'une formation permanente qui leur permette de se tenir au courant des progrès réalisés dans leur discipline. Les initiatives pour promouvoir la formation professionnelle, comme le programme européen Léonard de Vinci [11], assurent aux enseignants aussi bien une formation permanente que des opportunités de mobilité.

Il s'agit ensuite de mettre à disposition des élèves le matériel approprié pour faciliter les démonstrations en classe, par exemple via Internet [12]. Pour sa part la Commission a déjà produit et distribué deux films sur les nanotechnologies : le premier est un film documentaire, le second est destiné à un public plus jeune, public auquel une page de site Internet est également consacrée [13]. Des initiatives semblables ont été aussi reprises dans différents Etats membres.

Plusieurs pays commencent également à introduire dans le programme scolaire un enseignement sur les nanotechnologies. L'objectif est d'utiliser le potentiel d'attrait de ces technologies pour susciter l'intérêt de la jeune génération. C'est essentiel compte tenu de leur pluridisciplinarité. Son introduction dans le programme scolaire devrait être facilitée, dans la mesure où la science est encore enseignée à ce niveau de façon intégrée. Néanmoins, un effort concerté est nécessaire si on veut intégrer l'enseignement des nanotechnologies dans le programme d'études général. Cette intégration constituerait une avancée importante.

La science-fiction et une certaine littérature populaire ont tendance à montrer les nanotechnologies sous un jour très négatif. Il s'agira de présenter de façon équilibrée les avantages et les éventuels risques associés au développement de telles

technologies, en distinguant la réalité scientifique de la science-fiction.

Plusieurs agences de financement de la recherche mettent l'accent sur le développement de programmes éducatifs dédiés aux nanotechnologies. Ils soutiennent ainsi des projets de recherche comportant un volet éducatif et sociétal. La *National Science Foundation* (NSF) aux Etats-Unis a ainsi récemment annoncé le lancement du programme *Nanoscale Science and Engineering Education* (NSEE) [14]. Ce programme a pour objet d'accentuer l'enseignement pédagogique de la science vers l'échelle nanométrique. Il vise à rapprocher chercheurs et éducateurs sur ce thème et à développer un enseignement des sciences à cette échelle, qu'il destine aux élèves âgés de douze ans et plus. De telles initiatives pourraient être lancées dans les écoles européennes et se décliner sous la forme de concours d'idées, projets pilotes, etc. Le plan *Science and Society* [15] devrait jouer un rôle important à cet égard.

Universités : surmonter les frontières interdisciplinaires

L'université [16] doit jouer un rôle central dans le développement de l'« Europe de la connaissance » [17]. C'est depuis le sommet de Lisbonne un objectif prioritaire pour l'Union européenne. Un système universitaire florissant, intégrant un nombre croissant d'étudiants, dispensant un enseignement en particulier susceptible d'ouvrir des carrières dans les nanotechnologies, est nécessaire à l'aboutissement de l'EER.

Comme indiqué *supra*, les nanotechnologies proposent de nouveaux défis en raison de leur nature pluridisciplinaire. Les divisions traditionnelles entre la physique, la chimie, la biologie, etc. ne s'y prêtent pas bien. Il est clair que des collaborations entre les départements uni-

versitaires devraient s'intensifier. Egalement, des cours spécifiquement dédiés aux nanotechnologies devraient être proposés.

Plusieurs diplômes scientifiques intègrent maintenant dans leur cursus des modules spécifiquement consacrés aux nanotechnologies. Cela est particulièrement vrai là où les groupes de recherche dans ce domaine sont les plus actifs. Plusieurs institutions européennes proposent également des unités de valeur en nanotechnologies (Tableau 1). Leur nombre est en progression. Si ces cursus sont surtout proposés au niveau du master, on trouve quelques exemples d'enseignements dispensés à des bacheliers, comme à l'université de Copenhague [18]. La promotion dans l'Europe élargie d'un cursus « nanotechnologies », l'échange des meilleurs pratiques méthodologiques, ainsi que le développement de collaborations entre départements universitaires et entre institutions faciliteraient la mise en place d'un enseignement sur les nanotechnologies dans les universités.

Pour permettre aux étudiants les plus motivés de se faire une idée plus précise de l'activité de recherche dans ce domaine, il est important qu'ils puissent s'immerger dans un environnement de recherche « réel » et être intégrés à un projet de recherche. De telles formations pourraient par exemple être proposées sous la forme de stages de vacances, par des organismes de recherche. Au-delà, il serait tout aussi important que les étudiants se familiarisent avec des disciplines connexes telles que l'innovation, l'éthique, la gestion de la recherche ou la propriété intellectuelle, etc. A cet égard, la collaboration entre les départements universitaires devrait s'étendre non seulement aux disciplines scientifiques, mais aussi à la gestion, l'économie, etc. Des actions pour promouvoir le développement d'écoles européennes en nanotechnologies, proches d'infrastructures de recherche accessibles aux étudiants (tant au niveau national qu'euro péen), complèteraient l'enseignement universitaire. Toutes ces mesures contribueraient au développement d'une population de diplômés en sciences pluridisciplinaires et nanotechnologies.

Chercheurs débutants :

acquérir l'indépendance

Il s'agit de chercheurs ayant obtenu un master et préparant éventuellement un doctorat. Pendant cette période on peut s'attendre à ce que les chercheurs entreprennent des projets originaux, aux frontières de la connaissance. Cela exige un haut degré de spécialisation. *A contrario*, comme nous l'avons déjà mentionné, on estime que les avancées majeures en nanotechnologies résulteront de la convergence de disciplines différentes. De ce fait, les projets de recherche exigeront inévitablement une coopération plus forte entre des groupes de recherche spécialisés et localisés dans différentes régions d'Europe.

Il est également indispensable, dans ce secteur, que l'université et l'industrie collaborent fortement. Ainsi la définition adoptée par la Commission pour les chercheurs débutants (qui n'est pas exclusivement liée aux études de doctorat), reflète le fait qu'un nombre significatif de jeunes chercheurs commencent leur carrière dans l'industrie. L'expérience acquise dans cet environnement doit être reconnue et validée, au même titre qu'un doctorat. Beaucoup de jeunes chercheurs sont malheureusement confrontés au choix d'une carrière dans l'un ou l'autre secteur, les doctorants étant souvent considérés par l'industrie comme trop spécialisés. A l'inverse, les chercheurs ayant travaillé dans l'industrie peuvent avoir des difficultés à se réintégrer dans le monde universitaire. Il est évident que les deux secteurs doivent se développer et contribuer conjointement à la formation des chercheurs « débutants ».

Un des principaux obstacles à la mobilité des chercheurs entre université et industrie – que l'on désignera par mobilité intersectorielle – est la valorisation d'expérience gagnée dans ces environnements différents [23]. Ainsi la publication d'articles scientifiques est un critère essentiel de reconnaissance pour le monde universitaire. Côté industrie, le dépôt de brevets d'invention, la gestion d'un projet de recherche couronné de succès, sont primordiaux. De telles différences culturelles rendent difficile cette mobilité inter-sectorielle. Cela ne signifie pas que les jeunes chercheurs doivent se consacrer seulement à la recherche

appliquée, mais plutôt qu'il est important qu'ils aient à l'esprit les exigences et les préoccupations du monde industriel. Ainsi, protéger son travail de recherche peut être parfois plus approprié que le publier. Cela dépasse bien sûr la simple question d'éducation et de formation [24]. Cependant, la croissance rapide du nombre de *spin-off* dans ce domaine, prouve qu'un changement de culture prometteur est en train de s'opérer.

Pour répondre à ces interrogations, plusieurs initiatives ont été déjà prises en Europe, en particulier le développement d'un programme de formation pour chercheurs débutants. La création d'un doctorat européen, comme « l'eurodoctorat », vise à promouvoir des projets interdisciplinaires et à faciliter la mobilité géographique. La mise en place de formations dans des disciplines complémentaires est aussi cruciale : des compétences en management de projet et de ressources humaines, des aptitudes au travail en équipe et à la communication, sont aussi essentielles et ne doivent pas être sacrifiées à la spécialisation scientifique. Parallèlement, il faut encourager l'industrie à soutenir des programmes doctoraux, cela pour le bénéfice des deux communautés. De tels liens plus resserrés permettront d'accroître le nombre de chercheurs débutants ayant acquis une formation en laboratoires industriels.

Malgré des progrès majeurs réalisés ces dernières années en termes de mobilité géographique des chercheurs, les obstacles persistent. La mobilité d'un chercheur en début de carrière est généralement bénéfique. Elle lui permet ainsi d'avoir accès à certains équipements scientifiques et de travailler sur des projets multidisciplinaires. Les actions Marie Curie (Fig. 2, p. 23) mises en place par la Commission [25] et intégrées au 6^e PCRD, vont dans ce sens. L'accent est mis sur la formation à un stade précoce et vise à promouvoir aussi bien la carrière de jeunes chercheurs que la mobilité transnationale.

La participation de chercheurs interdisciplinaires et intersectoriels peut se faire au travers des réseaux de formation à la recherche « Marie Curie » et de stages de formation pour débutants. Dans ce cadre un soutien financier est dédié à la sélection de chercheurs et à des programmes

communs de recherche ou des doctorats. Les chercheurs sélectionnés bénéficient également de dispositions spécifiques pour conduire leurs projets, de conditions de travail attractives et de la sécurité sociale. Déjà dans les deux précédents PCRD (4^e et 5^e), plus de quarante réseaux de formation [26] ont été financés dans le domaine des nanotechnologies. Cet effort sera amplifié pendant la durée du 6^e PCRD et davantage focalisé sur la recherche interdisciplinaire et intersectorielle. La participation à de telles actions permet au chercheur débutant d'acquérir une expérience de projet de recherche transnational. Son intégration dans de tels réseaux lui apporte un complément de formation qu'il lui serait difficile d'acquérir au sein d'une seule organisation nationale.

Chercheurs expérimentés : poursuivre l'excellence

Nous considérons ici les chercheurs expérimentés, c'est-à-dire ayant obtenu un doctorat ou justifiant d'au moins quatre ans d'expérience de recherche. Pour ces chercheurs, les premières années sont particulièrement cruciales, car leur notoriété future et un emploi plus sûr en dépendent. Dans de nombreux cas, dans le domaine des nanotechnologies, cette période leur offre la possibilité de choisir et d'entreprendre le type de recherche souhaitée. Si cela n'est pas déjà fait, une mobilité transnationale leur permet aussi de valoriser une formation complémentaire.

Comme déjà indiqué, ces chercheurs confirmés sont également confrontés au problème de reconnaissance de leur expérience et des qualifications qu'ils ont acquises, aussi bien dans le monde universitaire que dans l'industrie. Ce problème est encore plus aigu pour ce type de chercheurs.

L'effort des universités en faveur de l'essaimage et la création de *spin-off* d'une part, et l'externalisation de la recherche industrielle vers l'université d'autre part, sont deux voies susceptibles de lever progressivement ces barrières. La participation des chercheurs confirmés à de telles entreprises valorise leur formation et contribue à faire tomber les barrières culturelles entre ces deux communautés. Un

autre moyen de développer une telle coopération, qu'il faudrait encourager, serait de faciliter un accès commun à des moyens de recherche. Il s'agit en somme de développer chez les jeunes chercheurs européens un esprit d'entrepreneur : des bénéfices économiques durables devraient en découler.

Plusieurs institutions organisent des rencontres pour promouvoir la formation transnationale et la mobilité. Les *European Young Investigator Awards* soutenus par la Fondation européenne pour la science en sont un exemple [27]. Pendant la durée du 6^e PCRD, un grand choix d'actions « Marie Curie » sont proposées dans le but de promouvoir la carrière des chercheurs confirmés. En plus des rencontres très populaires « Marie Curie » qui visent à faciliter une plus grande mobilité en Europe, un nouveau type de rencontres internationales est proposé. Le but est d'attirer les meilleurs chercheurs de l'extérieur de l'Union européenne et des Etats associés, et de leur permettre de poursuivre des études en Europe. *A contrario*, il s'agit de permettre à des chercheurs européens d'entreprendre des études à l'extérieur de l'Union, tout en leur garantissant leur possible réintégration.

Pour favoriser l'excellence, des bourses « Marie Curie » sont aussi destinées à soutenir des chercheurs de classe mondiale, à charge pour eux de transmettre leurs connaissances à la génération suivante. Enfin des partenariats « Marie Curie », associant l'industrie au monde universitaire, visent à favoriser la mobilité intersectorielle au travers d'échanges mutuels de personnel.

Du fait de son caractère pluridisciplinaire, le domaine des nanotechnologies défie aujourd'hui la différenciation établie entre les différentes disciplines traditionnelles. S'il n'est pas réaliste de vouloir repenser complètement le système éducatif et de formation en Europe, il apparaît nécessaire de prendre quelques mesures appropriées pour préparer une convergence efficace entre ces différentes disciplines. Il s'agit en effet de créer une nouvelle génération de chercheurs pluridisciplinaires et entrepreneurs, susceptibles de concevoir des idées originales et d'y apporter des solutions.

Les nanotechnologies attirent de nos jours certains jeunes étudiants et cher-

cheurs parmi les plus brillants. Il est crucial que l'Europe puisse bénéficier de cet élan. Elle doit pour cela encourager les jeunes à se consacrer davantage aux études et carrières scientifiques, afin que la société puisse bénéficier des applications de ces nouvelles technologies. Cette grande opportunité ne devrait pas être manquée. ●

Les vues exprimées dans cet article sont celles des auteurs. Elles ne représentent pas nécessairement celles de la Commission européenne et n'engagent la Commission en aucune façon.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « Research Training Networks » Unit Directorate D « The human factor, mobility and Marie Curie Activities ».
- [2] « Nanosciences and Nanotechnology » Unit, Directorate G « Industrial technologies ».
- [3] Communication from the Commission *Towards a European Research Area* COM(2000) 6.
- [4] « Towards a European Research Area. Science, technology and innovation Key Figures 2003-2004 ». European Commission, Research DG, EUR 20735, 2003, p. 44. The figure for EU refers to 2001, US to 1997 and Japan to 2002.
- [5] Presidency conclusions can be downloaded from <http://ue.eu.int/en/Info/eurocouncil/index.htm>
- [6] Communication from the Commission *Investing in Research: an action plan for Europe* COM(2003)226 final and SEC(2003)489 of 30.04.03.
- [7] The Australian Academy of Technological Sciences and Engineering ATSE Focus, No; 124, 2002
- [8] R&D Expenditure and Personnel in Europe: 1999-2001, Statistics in Focus, Science and Technology Theme 9 – 3/2003, EUROSTAT, European Communities, 2003.
- [9] Communication from the Commission *Researchers in the European Research Area: One Profession, Multiple Careers* COM(2003)436 final
- [10] A. Hullmann, *Internationaler Wissenstransfer und technischer Wandel*, Heidelberg 2001.
- [11] See http://europa.eu.int/comm/education/programmes/leonardo/leonardo_en.html
- [12] See, for example, <http://www.mrsec.wisc.edu/edetc/index.html>
- [13] See <http://www.cordis.lu/nanotechnology/src/young-public.htm>
- [14] See <http://www.nsf.gov/pubs/2003/nsf03044/nsf03044.htm>
- [15] Communication from the Commission *Science and Society Action Plan* COM(2001) 714.
- [16] « Universities » is taken to mean all higher education establishments, including, for example, the « Fachhochschulen », the « polytechnics » and the « Grandes Ecoles ».
- [17] Communication from the Commission *The role of universities in the Europe of knowledge* COM(2003)58 final.
- [18] See <http://www.nano.ku.dk/education/>
- [19] See <http://www.chemie.uni-erlangen.de/mol-wiss/>
- [20] See <http://www.msc-nanoscience.tudelft.nl/>
- [21] See <http://www.ee.leeds.ac.uk/nanoms/>
- [22] See <http://www.nanoscience.unibas.ch/nccr/study>
- [23] Communication from the Commission *Researchers in the European Research Area: One Profession, Multiple Careers* COM(2003)436 final.
- [24] European Science Foundation Policy Briefing *Agents for change: bringing industry and academia*

together to develop career opportunities for young researchers July 2002.

[25] See <http://europa.eu.int/mariecurie-actions>

[26] Further information can be obtained from <http://improving.cordis.lu/rtn/home.cfm?path=network>

[27] See <http://www.esf.org/>