



RESUME

**IMPACT A MOYEN ET LONG TERME
DES MICRO ET NANO TECHNOLOGIES
SUR LES PRODUITS AERONAUTIQUES ET SPATIAUX**

Réf. GIFAS/5064-1/2006
Avril 2006

Impact à moyen et long terme des micro et nano technologies sur les produits aéronautiques et spatiaux

Résumé

Le poids sans cesse grandissant des micro-nanotechnologies dans la conception des produits aéronautiques et spatiaux conduit nos industries à affronter plusieurs problématiques comme : la dépendance par rapport à d'autres industriels ou nations, les pertes de compétence (compte tenu de l'évolution rapide combinée au trop faible niveau de recherche consacré), l'obsolescence, les ruptures, etc. Le Comité Technique du GIFAS a engagé une réflexion au sein d'un groupe de travail « Impact des micro-nanotechnologies sur nos produits à moyen et long terme » afin d'anticiper ces problématiques et de proposer des recommandations.

La mission du groupe de travail comprenait les axes suivants :

- Préciser les types de technologies qui peuvent être englobées sous les appellations génériques de «micro » et « nano » technologies.
- Indiquer pour le secteur aéronautique et spatial, les catégories d'applications actuelles de ces technologies pour les produits des industriels du GIFAS, puis potentielles à moyen terme (3 à 5 ans environ) et à long terme (10 ans ou plus).
- Analyser les problématiques relatives à ces technologies, telles celles évoquées ci-dessus ou d'autres, auxquelles ces industries sont d'ores et déjà confrontées, ou plus tard à moyen et à long terme, sur tous les plans techniques et industriels.
- Indiquer les points majeurs, voire critiques, pour lesquels il sera nécessaire d'anticiper, soit au niveau des industries du GIFAS ou bien à l'échelon national et peut-être européen.
- Préciser les attentes de l'industrie vis à vis des pouvoirs publics et formuler, à leur attention mais aussi à celle des agences nationales (et si nécessaire des structures européennes) des recommandations et des propositions concrètes (chiffrées en tant que de besoin) pour permettre les anticipations évoquées précédemment et la mise en œuvre de solutions curatives ou préventives.

Le rapport identifie les problématiques spécifiques aux trois domaines : nanomatériaux, nanoélectronique et MEMS¹, dont les enjeux et les échéances sont très différents et qui ont fait l'objet de travaux séparés de trois sous-groupes spécialisés. Il en analyse en détail les spécificités, **et propose des recommandations à l'attention des industriels, du monde de la recherche et des pouvoirs publics en France et au niveau européen.**

Une première étape de travaux réalisés en 2005 avait permis d'identifier les enjeux généraux pour notre industrie et s'était plus précisément focalisée sur les nanomatériaux et nanotechnologies. Pour ce domaine, ceci a été complété dans une deuxième phase par une analyse approfondie de l'état de l'art et l'identification des recherches qu'il conviendrait de soutenir pour répondre aux besoins de notre industrie.

¹ MEMS : Micro-Electro-Mechanical Systems

En parallèle, les deux autres sous-groupes ont respectivement travaillé :

- pour la nanoélectronique, sur l'identification des enjeux, les difficultés et les incertitudes liées à leur utilisation dans les équipements électroniques destinés à l'aéronautique. Les recommandations qui en découlent portent sur les points majeurs d'anticipation et les propositions d'actions à mener au niveau du GIFAS, au plan national et au plan européen,
- pour les MEMS, sur l'identification des filières industrielles accessibles, ou spécifiques à soutenir, les travaux de recherche à mener ou à soutenir dans les laboratoires publics et les financements nationaux et européens nécessaires au soutien de ces actions.

Les recommandations du rapport sont rappelées ci-dessous :

➤ **Recommandations d'ordre général :**

- **Mieux anticiper la problématique des nanotechnologies dans les domaines matériaux, revêtements, matériaux énergétiques : prendre en compte tous ces domaines dans les programmes nationaux et européens.**
- **Mettre en place une cellule de veille technologique** sur le sujet. Organiser la veille (extension de la mission de l'OMNT²) en impliquant l'ONERA.
- **Définir une stratégie au niveau national et européen** visant des applications précises à court/moyen terme, pour les technologies à fort potentiel pour l'aéronautique et le spatial.
- **Accroître les recherches sur les sujets techniques spécifiques** à nos environnements pour les technologies à fort potentiel pour les applications aéronautiques et spatiales, en allant jusqu'à des démonstrations de faisabilité.
- **Développer la modélisation** sur les relations entre propriétés nano et macroscopiques, l'évolution des nanostructures et les procédés d'industrialisation.
- **Contribuer à une structuration de la recherche amont** pour les applications à long terme, et veiller à l'intégration des compétences amont-aval.
- **Favoriser la création d'un réseau de petites et moyennes entreprises** capables d'innovation et viviers d'experts.
- **Sensibiliser les pouvoirs publics à la nécessité d'un soutien accru et coordonné des différents acteurs:** ANR³, AII⁴, Pôles de compétitivité, DGA, PCRD⁵...
- **S'assurer que les moyens industriels nécessaires à la réalisation de MEMS et de nano structures sont accessibles aux besoins de l'aéronautique, de l'espace et de la défense.**
- **Soutenir les études santé sécurité environnement** pour s'assurer de la possibilité d'industrialisation des produits.

² OMNT : Observatoire des micro-nanotechnologies

³ ANR : Agence Nationale de la Recherche

⁴ AII : Agence pour l'Innovation Industrielle

⁵ PCRD : Programme Cadre de Recherche et Développement Technologique de la Commission Européenne

- S'assurer que des **filières d'enseignement adaptées** existent, en particulier pour la mise en œuvre des procédés industriels sur les nanotechnologies.

➤ **Recommandations spécifiques relatives aux nanomatériaux :**

- **Soutenir les études suivantes, concernant les composites à matrice organique**, auprès des laboratoires compétents :
 Pour les fibres : évaluation des fibres constituées de nanotubes,
 Pour la matrice : la maîtrise des dispersions de nanofeuillets et de nanotubes pour l'amélioration de la tenue au feu et de la conductivité électrique.
- **Favoriser le lancement des études sur les composites à matrice céramique** car le développement de nombreux procédés génériques est nécessaire pour faire progresser ces matériaux ce qui engendrera des retombées sur toute les familles de matériaux « chauds » (insertion de nanotubes par exemple).
- **Soutenir des études sur les revêtements.** Même si les applications diffèrent d'une société à l'autre, il existe des points de convergence au niveau des procédés à mettre en œuvre. Une étude sur les revêtements projetés permettrait de couvrir des applications antiérosion sur divers substrats métalliques, certaines barrières thermiques, ainsi que des revêtements tribologiques.
- **les autres thèmes identifiés (voir texte)** ne sont pas nécessairement d'un intérêt moindre, mais ils présentent un caractère générique moins accentué. Il convient de ne pas les négliger pour autant.

➤ **Recommandations spécifiques relatives à la nanoélectronique :**

- Au plan national :
 - Développer un plan nanoélectronique similaire au plan nanomatériaux.
 - Ajouter au plan nanomatériaux une fiche dédiée à nos problématiques. Compléter les fiches existantes en y intégrant les problématiques techniques, industrielles, santé, sécurité, sociétales qui nous sont propres.
 - Développer des actions spécifiques dans le cadre des pôles de compétitivité identifiés, pour soutenir des PME intégrant nos problématiques techniques.
- Au plan européen :
 - Créer une plateforme/Joint Technology Initiative « fiabilité » au sein d'ENIAC⁶ (plateforme technologique européenne pour la nanoélectronique).
 - Suggérer un thème commun Aero-NMP (comme il existe IST-NMP pour les technologies de l'information), intégrant nos

⁶ ENIAC: European Nanoelectronics Initiative Advisory Council

problématiques techniques, industrielles et sociétales, en accord avec le plan d'action de la Commission.

- Au plan industriel (entreprises du GIFAS) :
 - Diffuser largement le rapport et recueillir les réactions,
 - Créer une cellule de veille technologique,
 - Adhérer à MINATEC Ideas Lab,
 - Faire le lobbying nécessaire pour promouvoir au plan national les recommandations faites aux Etats Membres par la Commission Européenne dans sa communication relative aux nanosciences et nanotechnologies (budgets nationaux, coordination de la R&D, promotion de l'innovation, impacts environnementaux et sociétaux).

➤ **Recommandations spécifiques relatives aux MEMS**

- Au niveau des pouvoirs publics français et de l'Europe
 - Soutenir les technologies de base dans les grands laboratoires,
 - Favoriser la création de « start-up » technologiques en fonderie spécialisée,
 - Renforcer la formation en conception et le développement d'outils de conception des MEMS, pour en faciliter l'accès aux équipementiers,
 - Développer des programmes autour des technologies MEMS pour les applications aéronautique et de défense dans les grands programmes de R&T européens,
 - Envisager une plateforme technologique MEMS dans ENIAC.
- Au plan industriel et de R&D :
 - Adapter quand cela est possible les produits et technologies civiles,
 - Définir, pour les applications spécifiques, en particulier militaires, des filières adaptées aux performances exigées et dimensionnées pour de faibles volumes de production,
 - Soutenir des études de technologie de base et la levée de verrous technologiques pour ces applications spécifiques,
 - Favoriser les structures de réseaux industrie-laboratoires-universités,
 - Avoir des ambitions « programmes » (ex : UAV, antenne, structure aérodynamique reconfigurable,...).