

# ASSISES NATIONALES 2010 DE L'OPTIQUE PHOTONIQUE

## Fiches de synthèse

# 21 axes stratégiques majeurs

Les Assises Nationales de l'Optique-Photonique ont réuni, lors de 5 ateliers régionaux qui se sont tenus à Bordeaux, Paris, Lannion, Valence et Strasbourg, près de 150 experts académiques et industriels.

Leurs travaux, menés dans 25 commissions thématiques, ont conduit à l'identification de 190 axes technologiques répartis selon les 6 domaines d'application répertoriés par le SRA Photonics 21 :

- TIC
- Santé, sciences de la vie
- Énergie, éclairage, affichage
- Manufacturing et contrôle
- Surveillance, sécurité, spatial
- Matériaux de rupture et technologies génériques

Ces thèmes ont ensuite été regroupés en 21 axes stratégiques majeurs dont les fiches de synthèse sont présentées dans la suite du présent document.

*Les éléments figurant dans ces fiches de synthèses ne prétendent pas à l'exhaustivité et sont exclusivement issus des débats animés lors des 5 ateliers régionaux*



## 1 - Transmissions optiques courtes distances

### Descriptif

Ce secteur d'activité comprend toutes les applications des communications optiques à courte distance (de quelques cm à quelques dizaines de km), notamment les interconnexions optiques dans les centres de données (data centers), les réseaux locaux d'entreprises et les réseaux domestiques, les réseaux d'accès (FTTH), les transmissions optiques en espace libre, le déport d'antennes (convergence radio/optique), les réseaux de capteurs.

Ce secteur s'appuie sur différents domaines de la photonique, de l'optoélectronique, et du traitement de signal, allant des fibres optiques aux équipements de réseaux optiques en passant par la métrologie.

### Commentaires généraux

*Sur ce secteur d'activité des transmissions optiques à courte distance, la photonique française dispose d'atouts industriels et scientifiques indéniables, qui pourraient être différenciants sur certains créneaux précis comme par exemple les tests et mesures ou les réseaux de capteurs.*

*Le marché des transmissions optiques à courte distance est essentiellement émergent et devrait être à terme un marché de masse avec le développement du FTTH. Les atouts français sont à renforcer sur certains enjeux clés du domaine, tels que la convergence de l'optique et des communications numériques, ou la pénétration de l'optique jusque dans la maison (make it everywhere).*

## 2 - Fibres et composants pour les télécommunications optiques

### Descriptif

Ce secteur d'activité concerne les composants photoniques et leur intégration dans les systèmes et sous-systèmes d'information et de communication (systèmes embarqués, réseaux locaux, FTTH, réseau cœur).

Les composants passifs, les fibres optiques, les détecteurs, les sources lasers, les amplificateurs, la connectique et l'intégration optoélectronique sont des technologies clés pour capter, générer, transporter et traiter des débits d'informations en perpétuelle croissance.

### Commentaires généraux

*Ce secteur d'activité est étroitement lié à celui des systèmes et réseaux de transmissions optiques cœur et courte distance, pour lesquels la photonique française dispose d'atouts industriels et scientifiques indéniables (cf. fiches 1 et 3).*

*Le marché des composants pour les transmissions optiques à courte distance est essentiellement émergent et devrait être à terme un marché de masse avec le développement du FTTH et des réseaux domestiques hauts débits.*

*Les composants actifs bas coût (émission / réception) se singularisent par une forte activité de recherche dans les labos, mais il y a peu d'industriels français sur ce secteur contrairement à la fibre optique et aux composants passifs pour lesquels la France se positionne au niveau des leaders mondiaux du secteur.*

*Les composants de plus hautes performances utilisés dans des systèmes complexes ou à forte valeur ajoutée (réseau cœur, aéronautique, spatial, réseaux de capteurs, ...) s'adressent quant à eux à des marchés de taille plus modeste, mais qui constituent une vitrine technologique pouvant bénéficier aux autres filières.*

### 3 - Systèmes et Réseaux Optiques

#### Descriptif

Ce secteur d'activité comprend les équipements et systèmes optiques pour les réseaux à moyenne, longue et très longue distance (de plusieurs dizaines à plusieurs milliers de km). Il recouvre les réseaux d'accès, métropolitains, cœurs, ainsi que les réseaux sous-marins.

Ces réseaux connaissent une augmentation de capacité continue depuis déjà deux décennies et la demande pour des débits accrus est toujours très forte. Les systèmes optiques à hauts débits devront être plus performants en termes de coût, de consommation d'énergie et d'occupation de la bande spectrale.

Cela passe par l'exploitation de techniques avancées de traitement du signal, la conception de systèmes optiques et d'architectures de réseaux flexibles, des interconnexions optiques évoluées, des dispositifs photoniques intégrant des fonctionnalités complexes, et des moyens de test et de mesures adaptés.

#### Commentaires généraux

*Dans ce secteur d'activité, la France occupe une position de premier plan en matière de systèmes de transmission optique, mais subit cependant une concurrence Asiatique croissante. Il est donc important que l'Europe se mobilise pour soutenir la recherche et l'innovation dans ce secteur, afin de renforcer la compétitivité de ses entreprises.*

*La France pourrait jouer un rôle plus important au niveau des architectures de réseaux et des techniques de communications numériques en fédérant les savoir-faire, afin d'atteindre une masse critique et d'obtenir une meilleure représentation européenne en R&D. Ce secteur d'activité s'appuie également sur celui des fibres et composants pour les télécommunications, où la France peine à développer ce marché malgré une recherche reconnue internationalement.*

*Le rapprochement et la mise en réseau de ces deux secteurs d'activité seraient un atout indéniable pour le développement de la photonique sur le territoire.*

## 4 - Systèmes photoniques d'analyse pour la santé

### Descriptif

Les systèmes photoniques d'analyse pour la santé incluent les systèmes d'imagerie (microscopes, OCT – Optical Coherence Tomography, imagerie non linéaire) et les capteurs pour le diagnostic biologique et médical ainsi que le suivi médical à domicile.

Ils s'appuient sur des techniques de fluorescence, de spectrométrie, de spectroscopie, d'analyse Raman et d'optique adaptative, et nécessitent le développement de marqueurs, de sources lasers et de détecteurs. Ils incluent aussi des technologies issues d'autres disciplines comme le logiciel, l'électronique ou le traitement d'image.

Leur développement et leur miniaturisation les destinent à de nombreux secteurs comme l'ophtalmologie, l'oncologie, l'analyse biologique, les maladies neuro-dégénératives ou la dentisterie.

### Commentaires généraux

*Il s'agit de marchés difficiles car nécessitant une bonne synergie entre physiciens, biologistes et médecins, mais présentant un fort taux de croissance et un retour sur investissement importants.*

*Ces marchés sont par ailleurs des marchés très médiatiques et les technologies mises en œuvre sont des technologies génériques pouvant être utilisées pour d'autres secteurs d'activité, comme le contrôle industriel, l'analyse pour l'environnement ou l'instrumentation scientifique.*

*Il paraît donc indispensable de parvenir à développer un tissu de PME les maîtrisant et de les faire travailler avec les utilisateurs finaux au sein de cellules de conception de produits.*

## 5 - Systèmes d'imagerie médicale

### Descriptif

Les systèmes d'imagerie médicale regroupent l'ensemble des moyens d'acquisition, de restitution et d'analyse d'images à partir de différents phénomènes physiques et optiques (Résonance magnétique, réflexion d'ondes ultrasons, radioactivité, absorption des rayons X, ...).

L'imagerie multimodale, qui permet de coupler des techniques complémentaires, mixant de l'imagerie structurelle apportant de l'information sur l'anatomie des organes (technologies Optical Coherent Tomography) et de l'imagerie fonctionnelle sur la physiologie de ces organismes (Tomographie par Emission de Positions), est une des technologies les plus innovantes.

L'enjeu est de détecter de façon précoce et avec une forte sensibilité des tumeurs. La micro-imagerie (utilisation de détecteurs mobiles miniaturisés), qui permet de gagner en sensibilité et l'imagerie cellulaire et tissulaire, via des technologies de microscopie multimodale (microscope plein champ pour l'acquisition d'images en 3D) représentent des développements technologiques majeurs pour le domaine, avec de réels atouts nationaux via des équipes de recherche de 1<sup>er</sup> plan et des plates-formes technologiques.

### Commentaires généraux

*Le marché de systèmes d'imagerie médicale est un marché en très forte expansion (diagnostic précoce, haute résolution, in vivo et in situ), mais la France est faiblement compétitive car elle ne dispose pas d'industriels intégrateurs.*

*Toutefois, les acteurs industriels et académiques français sont positionnés sur des créneaux d'excellence :*

- pour les industriels, le développement de source laser de forte puissance pour l'imagerie par rayons X et des dispositifs de microscopie confocale pour l'endoscopie
- pour les laboratoires, une activité de recherche en biomécanique tissulaire optique et en biophotonique

*Les enjeux sociétaux et médicaux nécessitent de renforcer les passerelles entre physiciens, biologistes et médecins. Des plates-formes d'imagerie médicale constituent un moyen pour accroître cette synergie. Par ailleurs, la segmentation proposée par Photonics 21, sous forme de spécialité, ne répond pas aux vrais challenges actuels de la santé. Il est proposé de s'appuyer sur un découpage en 4 axes : prévention, imagerie, métrologie et traitement.*

## 6 - Capteurs photoniques pour le vivant

### Descriptif

Le potentiel français en matière de capteurs photoniques pour les sciences du vivant se caractérise par le dynamisme de sa recherche. Du point de vue industriel, c'est encore un domaine en émergence mais à forte attractivité et qui peut s'appuyer sur de nombreuses innovations et développements technologiques poussés par les besoins issus notamment du domaine médical (en particulier l'oncologie, la biologie de la reproduction et du suivi des personnes âgées), de la pharmacologie, des biotechnologies ou encore de l'agriculture.

Les axes de R&D concernent essentiellement les systèmes d'imagerie et les systèmes d'analyse. Les techniques d'acquisition, de reconstruction et de traitement d'images s'appuient sur les développements de composants tels que les CMOS par exemple et sur la recherche sur les biomarqueurs. Les systèmes du futur intégreront également de plus en plus d'informatique embarquée et des dispositifs micro et nano-fluidiques.

Les techniques d'analyse bénéficieront également de ces dispositifs fluidiques, ainsi que du dynamisme de la recherche sur les biopuces, les biocapteurs et les capteurs embarqués à bas coût indispensables aux systèmes d'analyse biologique et dispositifs médicaux nomades ou embarqués (analyse biologique, mesure des paramètres physiologique pour le diagnostic précoce, l'épidémiologie, la médecine ambulatoire et le monitoring mais aussi la médecine animale ou encore les applications sanitaires).

L'intégration optique/biologie/microfluidique apparaît comme un axe important pour le développement des techniques d'imagerie et d'analyse, qui nécessitent une approche multidisciplinaire et permettront également le développement de nouveaux procédés industriels (pour la pharmacie par exemple).

La France est bien positionnée au niveau mondial dans le domaine des composants photoniques (marché en croissance), et des techniques d'imageries (acquisition, reconstruction et traitement d'images) pour lesquels on observe l'émergence de nouveaux marchés (oncologie, biologie de la reproduction). Elle est leader au niveau européen sur les marchés émergents des marqueurs et biocapteurs notamment au travers de programmes dans le domaine de la pharmacie et des biotechnologies. Ses atouts industriels restent insuffisants dans le domaine des systèmes embarqués, des capteurs physiologiques, des biopuces et des dispositifs ambulatoires.

### Commentaires généraux

*La France a un rôle important à jouer dans le développement des nouvelles techniques d'analyse et d'imagerie, en particulier au travers de ses programmes de R&D sur les marqueurs.*

*Ce sujet nécessite une synergie multidisciplinaire très forte devant intégrer des développements en matière de logiciel et traitement de données. Des ruptures technologiques dans le domaine des lasers, des LEDs, des fibres optiques et des matériaux bio-compatibles (avec des critères de coût et de miniaturisation) sont également nécessaires.*

*Il faut également souligner que l'identification précoce des pathologies doit à terme optimiser les thérapies en réduisant les coûts tout en apportant plus de confort pour les patients.*

## 7 - Lasers pour la santé

### Descriptif

Le laser est aujourd'hui communément utilisé dans de domaine de la santé pour le diagnostic et le traitement de nombreuses pathologies. Le marché mondial des applications laser en santé était de 614 millions de dollars en 2008. Ce sont les spécialités de l'ophtalmologie, de la dermatologie et de l'esthétique qui ont été les pionniers.

Les domaines de l'imagerie et de la réalité augmentée comme assistance au diagnostic (imagerie moléculaire optique, Tomographie Optique Cohérente, ...) ou à l'acte chirurgical connaissent également un fort développement.

Par ailleurs, l'interaction lumière/tissu biologique fait l'objet de nombreuses recherches qui permettent aux applications laser de se substituer aux techniques classiques (chirurgie ophtalmique, implants photo-polymérisables, dentisterie, Interaction laser-biomatériaux in situ, stéréo-lithographie ...) et de proposer de nouvelles solutions diagnostic et de nouveaux traitements.

Ainsi la fabrication tissulaire par reverse engineering ou la fabrication de nouveaux capteurs pour la nano-médecine sont des voies prometteuses.

### Commentaires généraux

*Une caractéristique commune à toutes les applications des lasers dans le domaine de la santé est qu'il est nécessaire d'adopter une approche pluridisciplinaire des problèmes (physiciens, biologistes, informaticiens, médecins, utilisateurs, patients, ...).*

*En effet les marchés sont orientés sur des produits basés sur la logique de systèmes et l'intégration de fonctions. Ils concernent la chirurgie assistée par laser, l'imagerie, les biomatériaux, les biocapteurs. Concernant la chirurgie assistée par laser il existe une concurrence forte (USA, Allemagne, Suisse) sur ce marché mur mais la France possède de réelles compétences dans le domaine notamment en réalité augmentée.*

*A noter que techniquement, la notion de chirurgie laser est à mettre en parallèle avec les procédés laser qui offrent des solutions pour l'ablation de matière. Toutes ces applications sont sur des marchés considérés comme majoritairement en croissance ou en émergence s'agissant des biomatériaux pour lesquels la Recherche française est en pointe, structurée mais à consolider.*

*Ainsi, le marché colossal des biomatériaux reste à développer. Il concerne entre autre la fabrication sur mesure de tissus biologiques par reverse-engineering depuis l'imagerie anatomique pour l'industrie pharmaceutique et médicale.*

*Avec ces réelles compétences, il semble cependant que les acteurs français du domaine ne se reconnaissent pas dans l'approche européenne par spécialités (ophtalmologie, sepsis, oncologie, ...) mais privilégient une approche sur 4 axes : prévention, imagerie, métrologie, traitement.*

## 8 - LED & OLED

### Descriptif

L'arrivée sur le marché de nouvelles sources lumineuses à base de LED et d'OLED génère de réelles opportunités d'économie d'énergie et sont donc un des vecteurs majeurs des nouvelles politiques de développement durable.

Cependant ces nouvelles sources (LED & OLED) sont fondamentalement différentes des sources précédentes (lampes à incandescence, à arc ou à tube fluorescent) : de par la taille de leur zone émettrice (très petite pour les LED) et de par leur spectre d'émission. Il est donc nécessaire de mener d'importants travaux de R&D afin d'améliorer encore l'efficacité énergétique et trouver de nouvelles solutions techniques afin de baisser les coûts de fabrication qui freinent leur déploiement.

Les LED permettent également de développer de nouveaux modes d'éclairage qui tirent profit des caractéristiques propres à ces nouvelles sources. Les LED, composant électronique par nature, peuvent être modulées de manière très rapide, elles se couplent facilement à un système électronique et incitent au développement de nouveaux systèmes d'éclairage communiquant entre eux ou avec le bâtiment et s'adaptant en permanence au strict besoin.

En conséquence, elles induisent un effet levier au niveau de la consommation d'énergie liée à l'éclairage en ajoutant à leur propre efficacité celle du système d'éclairage dans son ensemble.

### Commentaires généraux

*Les travaux d'amélioration des rendements énergétiques des LED sont très proches de ceux menés pour l'amélioration des lasers, des afficheurs et des cellules photovoltaïques.*

*Toutes les forces R&D existent en France. Quelques industriels majeurs et PME innovantes pourraient participer à la mise sur pied d'une filière française de l'éclairage, s'appuyant en amont sur quelques fabricants de substrats de notoriété mondiale et en aval sur une filière française du luminaire particulièrement riche, y compris de PME.*

*Il y a un intérêt à créer une centrale technologique autour des expertises encore présentes en France qui pourrait devenir rapidement le point d'émergence de technologies industrielles.*

*La création de structures mixtes académique/industrielle serait un vecteur de croissance de cette activité.*

## 9 - Photovoltaïque

### Descriptif

Les axes de R&D doivent porter sur les procédés de fabrication des panneaux et l'amélioration des rendements énergétiques des cellules.

L'objectif est de permettre la production de cellules photovoltaïques efficaces et compatibles avec des procédés de fabrication bas coût.

### Commentaires généraux

*Une forte expertise est encore présente en France.*

*L'Allemagne a investi et a une longueur d'avance, la France manque d'entreprises de fabrication de panneaux.*

*La création d'une Centrale technologique regroupant l'ensemble des compétences nationales favoriserait cette démarche de R&D.*

## 10 - Photonique et Infrastructures de recherche

### Descriptif

La fiche « photonique et Infrastructures de recherche » regroupe un domaine d'excellence du savoir-faire français.

Elle recouvre les systèmes laser aux performances les plus exigeantes (ultra haute finesse spectrale, ultra haute puissance, énergie ou intensité, ultra haute stabilité), et les technologies nécessaires associées (diagnostic et contrôle de pureté spectrale, de profil spatial et temporel, d'énergie, coatings spéciaux) dédiés à des applications et environnements extrêmes.

Ces lasers s'intègrent dans des systèmes instrumentaux, installations ou infrastructures complexes dans le cadre de programmes souvent internationaux. Par exemple les systèmes lasers pour la fusion contrôlée (programme ITER), pour l'étude des réactions nucléaires militaires (programme LMJ), pour la physique fondamentale (programme ILE), pour l'instrumentation spatiale.....

### Commentaires généraux

*Beaucoup d'infrastructures de recherche pour lesquelles la photonique constitue le cœur technologique sont localisées en France : les lasers de haute intensité ILE, les lasers de haute puissance LIL, LMJ et PETAL, la centrale solaire THEMIS. Il y a aussi des programmes pour lesquels la photonique est une technologie clé comme dans les synchrotrons ou ITER.*

*Ces infrastructures de recherche sont établies dans des régions disposant d'équipes scientifiques ayant développé des prototypes reconnus et utilisés dans la recherche de haut niveau.*

*Les entreprises françaises, groupes et PME, disposent de compétences techniques leur permettant de contribuer au succès de ces programmes. Elles sont en particulier très bien positionnées dans des domaines clés comme les chaînes lasers, le contrôle-commande et la supervision de ces chaînes ou les composants critiques.*

*Une autre caractéristique importante des entreprises françaises réside dans leur capacité d'innovation leur donnant les moyens d'offrir des solutions sur mesure aux besoins des infrastructures de recherche.*

## 11 - Affichage et réalité augmentée

### Descriptif

La miniaturisation des composants autorise dans un avenir proche le développement de nouveaux moyens d'affichage portables (lunettes, picoprojecteurs) et intelligents (clavier projeté, souris commandée par la pupille de l'œil).

Les travaux doivent porter sur les systèmes cités ci-dessus mais également sur les composants optiques et les sources nécessaires à leur développement (diodes lasers vertes efficaces et bas coût).

Les marchés sont extrêmement diversifiés et vont : de la grande distribution (picoprojecteurs intégrés dans les téléphones portables), à l'automobile (aide à la conduite, affichage « tête haute », réalité augmentée) en passant par l'instrumentation médicale par exemple (aide opératoire pour les chirurgiens).

Cette thématique couvre également les systèmes d'affichage en relief ou en « 3D » (displays holographiques ou 3D sans lunette).

Certaines applications très spécifiques rentrent également dans cette thématique, comme les caméras reliées directement au nerf optique.

### Commentaires généraux

*Il est nécessaire de créer les synergies entre les compétences existantes : opticiens – biologistes – médecins par exemple dans le cas de la lunetterie moderne.*

*Le développement de composants optiques nécessite d'investir dans la recherche collaborative.*

## 12 - Lasers et procédés industriels

### Descriptif

Dès leur mise en œuvre, les lasers (CO2 et YAG tout d'abord) ont été employés dans les procédés industriels pour usiner, percer, souder, découper, marquer, graver ou encore fabriquer des objets 2D et 3D.

Le laser est ainsi présent dans tous les secteurs industriels et l'apparition des lasers de puissance à disque et à fibres contribue à cette large diffusion.

En 2008, le marché global des systèmes lasers pour les procédés représentait 6,3 milliards de dollars et le marché des sources lasers pour les procédés 2,1 milliards de dollars (dont 125 millions pour les lasers à fibres).

Le développement des applications lasers aujourd'hui passe par leur intégration grandissante dans les systèmes opto-mécatroniques et par leur utilisation dans les applications liées aux domaines de l'énergie (photovoltaïque en particulier).

Ces développements reposent sur l'amélioration des sources lasers actuelles, le déploiement de nouvelles sources mais également sur la combinaison avec des procédés existants classiques ainsi que sur des solutions innovantes de contrôle-commande.

### Commentaires généraux

*Les acteurs français de l'industrie et de la recherche dans les secteurs des procédés laser possèdent des atouts qui les positionnent en leaders reconnus de taille mondiale ou a minima européenne qui sont en forte compétition avec leurs concurrents en Allemagne et aux Etats-Unis.*

*Pour les sources lasers et dans le secteur des hautes puissances moyennes, les industriels allemands et américains y règnent en maître. La présence d'une industrie de la machine outil forte dans ces deux pays a été un atout déterminant.*

*Toutefois le fort potentiel R&D sur le laser à fibre concentré dans les régions de Lannion et de Bordeaux pourrait permettre à l'industrie française de reprendre pieds sur ce marché. Dans le secteur des hautes puissances crêtes (nano, pico ou femto-secondes), l'industrie française est techniquement très compétitive et les applications industrielles de ce type de sources sont nombreuses et prometteuses (au niveau des tailles de marché visées).*

*Le développement des procédés lasers dans l'industrie passe par leur intégration dans des systèmes (robots mobiles compacts et légers avec du contrôle commande), par une évolution vers des lasers multi usages à bas coûts, des lasers capables de souder à distance, par des sources de polarisation et de cohérence spatiale ou encore par l'utilisation des technologies laser hybrides (assemblage de matériaux dissemblables, collecte et traitement des fumées, déchets décomposition des polluants).*

## 13 - Techniques de fabrication de systèmes optiques

### Descriptif

Cette fiche traite de l'importance des techniques de fabrication et d'assemblage des systèmes optiques et photoniques pour garantir en cours de production la Qualité, les Coûts et les Délais.

On y retrouve la nécessité de développer et de maîtriser industriellement :

- les procédés de micro-assemblage et de packaging de systèmes opto-mécaniques et optoélectroniques (micro-usinage, collage, brasage, soudage, moulage,...)
- les procédés de contrôle des pièces et des fonctions optoélectroniques (métrologie sans contact de haute précision, bancs de tests et de caractérisation automatisés en optique, électronique, ...).

### Commentaires généraux

*Le marché mondial des systèmes optiques est très important et très dynamique puisqu'il représente plusieurs milliards d'euros par an et restera en progression de 5% par an sur les 5 prochaines années.*

*La maîtrise industrielle des techniques de fabrication et d'assemblage des systèmes optiques est un élément indispensable pour produire à moindre coût et garantir les performances.*

*La France jouit de compétences scientifiques et techniques reconnues dans la conception et la mise au point de systèmes optiques (Sources lasers, composants optoélectroniques, systèmes d'imagerie...) mais elle manque d'acteurs industriels pour développer, industrialiser et produire selon les critères QCD.*

## 14 - Procédés industriels et mesures optiques

### Descriptif

Les composants et systèmes photoniques nécessitent des procédés industriels parfois spécifiques, tant au niveau des techniques de production que des moyens de contrôle.

Ceci est particulièrement crucial pour les grandes optiques des systèmes destinées par exemple à l'astronomie ou aux grands systèmes laser. Parallèlement, les technologies optiques investissent de plus en plus les méthodes de contrôle et de mesure des procédés industriels, ceci grâce à ses qualités intrinsèques : contrôle sans contact, mesure non destructive, rapidité d'action.

Le développement des capteurs optiques, notamment grâce aux fibres optiques spéciales, et les progrès dans la qualité des éclairages, notamment grâce aux LED, devraient accentuer cette percée.

### Commentaires généraux

*Toutes les industries sont aujourd'hui à même d'intégrer des systèmes optiques de contrôle sur leurs lignes de production : pharmacie, micro-électronique, aéronautique, agro-alimentaire, métallurgie. Sur ces marchés de volume, où le prix joue un rôle important, les acteurs industriels sont principalement des acteurs asiatiques.*

*La France a néanmoins un rôle à jouer dans les technologies émergentes que sont l'utilisation de nouvelles longueurs d'onde ou de nouveaux matériaux, la mise en œuvre des fibres optiques spéciales ou le développement des techniques de mesure de planéité des grandes surfaces et des formes complexes.*

*L'intégration, au sein de systèmes de contrôle, de plusieurs techniques (optique, ultrasons, traitement de données) devient indispensable pour de nombreuses applications. La question de la normalisation de ces systèmes de contrôle est une problématique très importante dans la perspective d'une démarche qualité.*

## 15 - Systèmes d'imagerie complexes pour l'observation et la surveillance

### Descriptif

Les systèmes d'imagerie complexe pour l'observation et la surveillance, orientés sur l'instrumentation spatiale et le marché de la surveillance et sécurité, proposent de nombreuses avancées technologiques tant sur les nouveaux matériaux et composants optiques (grandes surfaces, matériaux multi-spectraux, fonctions actives, codages de pupilles), que sur les capteurs d'images (vision nocturne, identifications d'objets de petite taille) ou encore le traitement du signal.

La Haute Résolution Angulaire (UV, extrême UV), l'imagerie multi et hyper-spectrale (IR, TeraHertz), l'optique adaptative (IR et ondes mm), l'intégration de fonctions optiques dans les détecteurs, le développement de logiciels pour l'acquisition d'images en conditions dégradées sont autant d'axes de R&D majeurs pour permettre de développer des systèmes d'imagerie complexes et performants en conditions extrêmes, sur des marchés de niche comme le spatial, d'une part, et des systèmes miniaturisés, autonomes et à bas coût, sur des marchés de volume, d'autre part.

### Commentaires généraux

*Les systèmes d'imagerie complexes se déclinent par des positionnements de marché très différents.*

*Sur l'Instrumentation spatiale, la France est dans une position de leader européen dans le domaine avec des industriels majeurs. Le maintien de cet atout passe par une forte R&D et une avance en termes de ruptures technologiques. Toutefois, les conditions d'accès à l'export hors de l'Europe sont difficiles du fait de la classification des produits par la défense française. Par contre, la France présente des points de faiblesse :*

- dans le domaine de l'UV, où l'Allemagne et l'Asie sont mieux positionnées.*
- sur la maîtrise de l'homogénéité des grandes pièces optiques organiques, qui n'est pas suffisamment maîtrisée pour passer à une étape produits.*

*Sur le marché «Surveillance et sécurité des biens et des personnes », les principaux enjeux portent sur un investissement majeur sur le développement, une industrialisation des prototypes existants et une réduction des coûts. La mesure du taux de croissance du domaine des capteurs, imageurs et traitement du signal n'a pas pu être réalisée du fait de la multiplicité des applications (exemple de deux marchés – téléphonie mobile et caméras professionnelles- avec des tailles de marché et des degrés de maturité très différents). Pour les capteurs, deux approches très différentes ont été identifiées : une approche « composant », où le capteur est considéré comme une matrice de photodétecteurs ; une approche système, où capteur est synonyme de système de mesure très complet (capteur de pollution, ...).*

## 16 - Capteurs d'images

### Descriptif

Les capteurs d'images du futur devront présenter une ou plusieurs des caractéristiques technico-économiques suivantes : grande dynamique, bas niveau de lumière, faible bruit, haute résolution, faible encombrement et bas coût.

Les détecteurs Infra-rouges évolués donneront accès à des marchés importants dans les domaines du médical et de la surveillance.

Ces composants pourront également intégrer, grâce à la miniaturisation, des fonctions de « prétraitement ».

Certaines applications nécessiteront l'association de plusieurs bandes spectrales de détection (Visible et Infrarouge par exemple).

### Commentaires généraux

*La France jouit d'une position forte au niveau technologique.*

*Dans le domaine de la vision nocturne et des détecteurs Infrarouge les industriels français ont une position forte de leaders européens.*

*Dans le domaine des rétines intelligentes et des nano détecteurs (intégration des fonctions optique et détection) les recherches amont doivent être valorisées industriellement.*

*L'obtention de coûts de fabrication réduits nécessite des investissements technologiques lourds.*

*Les marchés sont très variés allant de l'instrumentation spatiale au marché grand public.*

## 17 - Sources, capteurs et réseaux de capteurs

### Descriptif

Il existe de nombreux challenges technologiques dans le domaine des sources, capteurs et réseaux de capteurs pour les applications de sûreté et de sécurité. Plus précisément, d'importants efforts de recherche et d'innovation sont réalisés dans les domaines suivants :

- Sources et capteurs dans la gamme du Gamma au THz pour la détection de substances dangereuses, la détection de pollution ou encore le suivi de la chaîne alimentaire
- Les réseaux de capteurs et notamment les capteurs à fibre

Tous ces sujets font appel à des technologies spécifiques mais également à des technologies transverses telles que :

- L'hybridation et l'intégration 3D avec une attention particulière sur l'intégration de composants non-Si sur des circuits Si
- Les nouveaux matériaux et les nanotechnologies

### Commentaires généraux

*Les marchés d'applications pour les sources, capteurs et réseaux de capteurs sont énormes et la France dispose de sérieux atouts avec plusieurs grands groupes très actifs, nombre de PME ainsi que très bons laboratoires de recherche appliquée.*

*Pour un développement commercial optimal, il apparaît important d'investir sur des plateformes d'intégration ou de test. En effet les technologies mises en œuvre sont par essence nombreuses : chaque longueur d'onde requiert une technologie et un matériau spécifique.*

*Pour chaque application plusieurs technologies/longueurs d'onde doivent être considérées et afin d'éviter la dispersion des ressources il convient d'effectuer un benchmark approfondi le plus en amont possible du développement des solutions finales.*

*Certaines technologies n'ont émergé que récemment (les rayons X sont utilisés depuis plus de 100 ans alors que le développement des capteurs UV ou THz est plus récent). De manière générale les technologies ciblées sont d'un très grand intérêt mais leurs développements sont évidemment plus risqués. Alors que le retour sur investissement dans les technologies plus matures est quant à lui plus prédictible.*

*Pour ce qui est de la détection de pollution et du contrôle de la chaîne alimentaire, le développement de nouvelles solutions est très dépendant des politiques publiques et des normes. Les échanges et débats sur les performances techniques contribueront à l'établissement de standards internationaux et faciliteront ainsi la pénétration des marchés.*

# MATERIAUX DE RUPTURE ET TECHNOLOGIES GENERIQUES

## 18 - Nanophotonique & couches minces optiques

### Descriptif

La nanophotonique et les couches minces optiques incluent l'ensemble des domaines permettant de développer des ruptures technologiques sur les nouveaux composants et matériaux optiques.

Ces innovations portent sur la micro-structuration de matériaux, les nouveaux matériaux à fonctionnalité avancée (métamatériaux, cristaux photoniques, plasmonique, nano-objets quantiques, ...), les procédés de dépôts de couches minces (tenue aux flux et à l'environnement, grandes surfaces), les composants optiques clés (MEMS, mise en forme de faisceaux, nano-détecteurs faible bruit).

Les principales applications visées concernent l'instrumentation spatiale (traitement de grandes pièces), les cellules photovoltaïques, la biophotonique, l'éclairage par LEDS et les TIC (photonique quantique, interconnexion par puces).

### Commentaires généraux

*La nanophotonique et les couches minces se caractérisent par une très forte compétence scientifique et académique, un tissu dense de PME, mais l'absence de leader industriel.*

*Le principal challenge est de renforcer l'interaction entre la recherche amont et la recherche appliquée. Le marché est davantage orienté par le développement de la R&D et sur des ruptures technologiques et moins sur des produits à faible coût.*

*Au niveau national, la France se situe dans une position de leadership européen, avec la maîtrise de composants optiques très spécifiques mais clés (traitement de grande surface, homogénéité de grandes pièces optiques organiques, conditions d'adhérence), et de technologies comme le Terahertz, l'Infra Rouge, l'UV.*

*Le maintien et le développement de son leadership dans ce domaine reste un élément déterminant pour le développement de nouveaux produits sur des marchés porteurs. L'enjeu plus global est de développer des systèmes et des applicatifs capables d'exploiter ces nouveaux composants et matériaux.*

## 19 - Microélectronique et photonique

### Descriptif

La microélectronique et la photonique sont des domaines très fortement liés avec l'utilisation de la photonique pour la microélectronique d'une part, et l'utilisation des technologies de la microélectronique pour la réalisation de microcomposants et de microsystèmes optiques d'autre part.

Ainsi de fortes convergences de process (caractérisation, fabrication, contrôle) existent entre la photonique et la microélectronique.

La microélectronique utilise de nombreuses technologies de la photonique (photolithographie, caractérisations, fonctions optiques intégrées dans les détecteurs, SOC optique, MOEMS).

Une grande partie des progrès de la photonique est basée sur la capacité à réaliser des microsystèmes optiques, des micro/nano structuration en 2D et 3D, y compris sur de grandes surfaces optiques.

### Commentaires généraux

*Représentant un marché mondial de grande taille, la convergence de la microélectronique et de la photonique, deux domaines confrontés aux mêmes enjeux de miniaturisation et d'intégration, est un facteur majeur de ruptures technologiques.*

*Au niveau national, la France possède des atouts indéniables avec de grandes entreprises de la microélectronique avec un tissu conséquent de laboratoires d'excellence et de PME innovantes. Ainsi pour les microsystèmes optiques (optique intégrée, MOEMS, lab on chip, packaging, assemblage), des compétences importantes existent autour d'un tissu de PME, de centrales technologiques et de différents programmes collaboratifs.*

*Pour le développement des fonctions optiques des détecteurs, même si des entreprises importantes sont présentes sur ce marché, une stratégie de valorisation industrielle de grande ampleur est à engager.*

*Pour les applicatifs possibles sur les LedS et imageurs, le marché est en attente de solutions avec le développement de process de packaging à faible coût.*

*Les applications ne doivent pas se limiter au seul domaine des télécoms optiques, mais également prendre en considération d'autres thématiques, comme le photovoltaïque, la surveillance, la détection, WIFI optiques (réseaux de capteurs intelligents, mixant plusieurs technologies).*

# MATERIAUX DE RUPTURE ET TECHNOLOGIES GENERIQUES

## 20 - Technologies & sources lasers

### Descriptif

Cette thématique regroupe les grandes tendances d'évolution et d'amélioration des Sources laser jugées nécessaires pour accroître les performances, élargir les domaines d'application, répondre à de nouveaux marchés, et réduire les coûts de fabrication. On y retrouve le besoin de Sources lasers utilisant les technologies "laser à fibre" et "laser solide" (moins chères et plus compactes), plus puissantes (en continu ou en impulsionnel), plus stables notamment pour les applications spatiales et scientifiques, émettant à des longueurs d'onde de plus en plus étendues (Infrarouge lointain, Visible notamment dans le vert, Ultra-violet proche et lointain) et plus polyvalentes.

### Commentaires généraux

*Le marché mondial des sources laser est très important et très dynamique puisqu'il représente plusieurs milliards d'euros par an et restera en progression de 5% par an sur les 5 prochaines années. L'industrie (lasers de soudage, découpage, marquage, traitement de surface...), les télécommunications à fibre optique et le stockage de l'information (diodes laser, pompes...) représentent la plus grosse part des ventes mondiales.*

*A côté de ces marchés matures, de nouvelles et très prometteuses applications se développent depuis quelques années dans les domaines suivants: La santé et les sciences de la vie (spectroscopie, imagerie, chirurgie, traitement des cancers...), l'environnement (détection de polluants...), le spatial et la défense, l'affichage et la projection vidéo.*

*Dans ce contexte mondial dynamique et très concurrentiel, notamment avec les USA et l'Allemagne, la France possède une activité de recherche académique de premier plan et jouit de compétences scientifiques et techniques reconnues. Elle manque par contre d'acteurs industriels de classe mondiale pour développer et fabriquer en série ces nouvelles sources laser. Pour accroître ses parts de marché et rester dans le peloton de tête, la France doit développer son tissu industriel pour mieux valoriser l'excellence de sa recherche en matière de sources laser.*

## 21 - Nouveaux matériaux et nouveaux composants

### Descriptif

Les nouveaux matériaux et nouveaux composants optiques visent à élargir notamment les fonctionnalités (conversion de fréquence optique, possibilité de changer de couleur en fonction de la température) ou les bandes spectrales (Terahertz, rayons gamma, infrarouge) via les fibres optiques spéciales, les polymères, les matériaux organiques hybrides, les biomatériaux, l'optique liquide, les luminophores ou de nouveaux cristaux. Les applications visées vont du développement de nouvelles sources laser ou de diodes électroluminescentes (LED) à l'instrumentation spatiale, en passant par le stockage optique de l'information, l'imagerie haute performance, les capteurs optiques, les télécommunications ou les gyroscopes.

### Commentaires généraux

*Les développements menés pour la mise au point de nouveaux matériaux et de nouveaux composants concernent de très nombreuses applications : il est donc difficile de donner des indications globales, tant en terme d'atouts scientifiques et industriels que de taille de marché. Certaines de ces applications sont en effet reliées à des marchés grand public de fort volume (LED et OLED, stockage optique de l'information, biomatériaux), d'autres au contraire à des marchés de niche à forte valeur ajoutée (instrumentation spatiale, matériaux et composants infrarouge pour l'imagerie haute performance). Parmi les secteurs dans lesquels la France possède des atouts indéniables, on peut citer :*

- *Les fibres optiques spéciales : il s'agit d'une technologie transverse pour laquelle une action de fond privilégiant le dialogue recherche/industrie offrirait une meilleure visibilité aux compétences françaises et permettrait à terme l'émergence d'applications nouvelles.*
- *L'imagerie haute performance : dans le domaine infrarouge, les leaders mondiaux, tant en recherche qu'en industrie, sont français et la technologie, longtemps confinée au secteur de la défense, est aujourd'hui accessible aux applications civiles comme le contrôle thermique des bâtiments ou la surveillance. Dans le domaine Terahertz, si la recherche occupe une bonne position au niveau mondiale, les acteurs industriels sont encore à créer. Dans le domaine du spatial et de l'astronomie, qui représente un marché de niche, les industriels français occupent une place importante.*
- *Les matériaux pour l'optique (cristaux, matériaux hybrides, polymères, luminophores, thermochromes, céramiques, ...) : les applications existantes et potentielles sont multiples et visent des marchés de volume comme les LED et les OLED ou le stockage optique de l'information. La recherche française est bien positionnée.*
- *Les biomatériaux : il s'agit d'un marché émergent visant à fabriquer sur mesure des tissus biologiques, notamment par photo-polymérisation. Les équipes de recherche française sont au niveau mondial, le tissu industriel reste à structurer.*