

LES MARCHÉS DE L'OPTIQUE-PHOTONIQUE

Spatial-Défense

ÉDITO

Les secteurs de l'Espace et de la Défense sont de puissants leviers d'innovation technologique et les applications de l'optique-photonique y sont de plus en plus nombreuses. Pour permettre aux acteurs de notre filière de disposer d'une vue synthétique des différents marchés de l'Espace et de la Défense, nous avons voulu réunir dans ce document les informations qu'une veille stratégique très active nous a permis d'acquérir. Même si dans ces domaines sensibles les informations techniques et commerciales sont souvent classifiées ou réservées, nous espérons que cette initiative permettra à tous ceux qui, en Ile-de-France, interviennent sur ce secteur, d'avoir une meilleure vision du domaine pour éclairer leurs stratégies dans un environnement en constante et rapide évolution. Ce fascicule est le premier d'une série. Il porte sur les marchés de l'optique-photonique. En effet, l'optique-photonique progresse en se croisant avec d'autres technologies qui lui ouvrent un champ potentiel de diversification sur des marchés qui lui étaient il y a quelques années encore étrangers. Maîtriser des technologies auparavant éloignées les unes des autres est aujourd'hui une nouvelle contrainte pour les entreprises qui veulent rester à l'avant-garde du développement économique. Ce n'est pas chose aisée. Et c'est à cette tâche ardue qu'Opticsvalley veut, par cette série de « fascicules marché », apporter sa contribution. Pour vous, nous préparons actuellement quatre nouveaux documents. Ils seront respectivement consacrés à la place de nos technologies dans les domaines des transports, des sciences du vivant, de l'énergie et de l'environnement et de la production industrielle. Les start-up, les PME, les grands groupes et les laboratoires de recherche de la filière trouveront dans ces synthèses, je l'espère, une nouvelle manifestation du soutien actif qu'Opticsvalley leur apporte dans leur développement.

Jean Jerphagnon
Président d'Opticsvalley

SOMMAIRE

APPLICATIONS ACTUELLES ET POTENTIELLES

1.1 Historique

1.2 Caractérisation du domaine de l'optique

1.3 Domaines d'applications de l'optique
pour l'espace et la défense

1.4 Les contraintes environnementales spécifiques

1.5 Les principales caractéristiques des marchés
de l'espace et la défense

1.6 Matrice des applications

ENJEUX INDUSTRIELS ET TECHNOLOGIQUES

2.1 Evolution générale des marchés et conséquences
pour les industriels

2.2 Recherche permanente de réduction des coûts

2.3 Importance de la recherche

2.4 Coopérations des acteurs et européanisation
des programmes de R&D

2.5 Enjeux technologiques pour le futur

TENDANCES ET DONNÉES DE MARCHÉ

3.1 Tendances technologiques globales

3.2 Tendances de marché par familles de produits

3.3 Tendances de marché par secteurs

3.4 Données de marché et tendances

PRINCIPAUX ACTEURS FRANCILIENS ET INTERNATIONAUX

4.1 Principaux acteurs français et franciliens

4.2 Les vingt premiers acteurs internationaux

APPLICATIONS ACTUELLES ET POTENTIELLES

1.1 *Historique*

Voir a toujours été un des objectifs de la défense et de l'espace. Dès les temps les plus anciens, les applications de l'optique à la défense se sont développées.

Le développement récent des applications optiques au domaine de la défense résulte à la fois des progrès techniques (invention de la photographie au XIXème siècle) mais également de l'évolution des méthodes d'engagement en faisant la part plus importante au renseignement et à l'observation, notamment suite aux pertes cruelles de la Grande Guerre.

Le progrès des technologies et notamment le couplage entre l'électronique et l'optique ont entraîné un développement très important des applications de l'optique à la défense. L'invention de la télévision au milieu du XXème siècle, puis de l'imagerie numérique couplée au traitement numérique du signal ont ouvert de nouvelles perspectives. Ceci a conduit à l'émergence d'une nouvelle discipline, l'optoélectronique ou optronique, consistant à associer un dispositif optique et un traitement numérique, que celui-ci soit en amont de l'émission d'un signal (affichage par exemple) ou en aval (traitement d'image).

Enfin, dès ses premiers développements, l'observation satellitaire s'est avérée une source de renseignements de première importance, tant pour les applications civiles (météo, environnement, cartographie) que militaires (renseignement stratégique et tactique).

1.2 Caractérisation du domaine de l'optique

Si toutes les bandes de fréquences hertziennes sont utilisées dans l'observation ou pour les communications, le spectre incluant le visible caractérisant l'optique est largement utilisé (compris entre le proche infrarouge soit de l'ordre de 1100 à 1500 nm et le lointain ultraviolet soit de l'ordre de 150 à 200 nm). Il présente en effet des caractéristiques uniques :

- Le signal reçu est interprétable par l'œil humain qui perçoit les images directement, ce qui n'est pas le cas pour les fréquences hertziennes.
- La transmission de l'émetteur au récepteur est directe, les effets de diffraction sont faibles et par conséquent, le signal ne peut être facilement perturbé comme c'est le cas du signal résultant d'ondes hertziennes.
- Cependant, la transmission de la lumière est sensible aux conditions d'environnement (nuages, poussières...) interdisant ainsi l'observation par satellite ou par avion d'observation lorsque la couche nuageuse est épaisse.

Malgré ces limitations, l'optique, du fait de ses grandes qualités, a trouvé un registre d'applications de plus en plus large pour l'espace et la défense.

1.3 Domaines d'applications de l'optique

Les domaines d'applications sont extrêmement variés et peuvent être classés en grandes catégories :

- Systèmes d'observation consistant à observer de manière passive une image en utilisant la diffusion de la lumière solaire ou stellaire ou en utilisant les émissions radiatives dans le proche infrarouge. Cette observation peut aussi bien concerner des applications de défense (renseignement, préparation de mission, cartographie de sites...) que des applications purement spatiales (météorologie, observation d'astres, de nuages, de corps stellaires, utilisation pour l'environnement, la prévention des catastrophes naturelles...). Les périscopes par exemple, outils traditionnels mais toujours utilisés, entrent dans cette catégorie.
- Systèmes de guidage par utilisation d'imageurs optiques dans le visible ou l'infrarouge. Ces systèmes permettent, à l'issue d'une phase de préparation de mission, d'atteindre un objectif précis préalablement répertorié, en réduisant le risque d'effets collatéraux. Ces systèmes sont actuellement en service sur les armes intelligentes (missiles de croisière,...).
- Affichage d'informations et interface homme-machine : ces applications sont nées avec l'imagerie numérique. Les dispositifs tendent à se diversifier considérablement tant au niveau des technologies (affichages à cristaux liquides, à plasma, afficheurs à diodes, écrans à technologie MEMS) qu'en terme d'applications (tableau de bord virtuel, afficheurs tête haute en réalité augmentée, imagerie virtuelle pour les simulateurs de combat par afficheurs holographiques...).
- Imagerie active : le principe consiste à ne plus observer uniquement la lumière ré-émise suite à l'éclairage d'une source naturelle, mais à éclairer l'objet à observer par une source externe (laser en général). L'observation se fait alors directement (pointeurs lasers lorsque la source éclaire de manière continue la cible à atteindre, lidar lorsque le signal est constitué par la forme temporelle du retour d'écho, d'une impulsion laser brève, spectrométrie).
- Transmission de l'information : dans ce cas, on utilise les propriétés d'une lumière modulée pour coder l'information et la transmettre soit au travers de fibres optiques conductrices de la lumière, soit

directement (expérience SILEX consistant à transmettre à très longue distance un signal entre deux satellites). Les propriétés du signal optique, et notamment la fréquence élevée de l'onde porteuse, ont permis d'augmenter très significativement la bande passante. Les progrès obtenus en performance sur les fibres optiques, les diodes émettrices, les codeurs dont les fréquences sont de plus en plus élevées, ont conduit à un développement spectaculaire de ces applications en télécommunications civiles. Les applications militaires et spatiales restent pour le moment limitées (fragilité des fibres optiques, sensibilité des transmissions laser aux perturbations météo, coût et fiabilité par rapport à des solutions classiques de transfert de données via des stations sol...) mais l'insensibilité de ces transmissions au brouillage direct leur ouvre un avenir, notamment dans le domaine spatial (transmission de satellite à satellite). Il est remarquable de constater que ce domaine est un des tous premiers à avoir été utilisé pour les applications militaires (transmetteurs d'ordres optiques, notamment utilisés dans la marine).

- Utilisation de l'énergie transférée : l'onde optique transmet de l'énergie. Les lasers ont permis de concentrer cette énergie dans des volumes très faibles conduisant à des puissances très élevées. Cette propriété a été largement utilisée dans le domaine de l'usinage (découpe, traitement de surface, soudage). Elle reste encore à l'état de projet dans le domaine militaire, compte-tenu des contraintes de mise en oeuvre et des énergies qu'il serait nécessaire de mobiliser. Cette propriété est cependant utilisée dans la simulation physique des explosions nucléaires (laser Phébus et laser Mégajoule).

- Positionnement : l'optique intervient dans les outils de positionnement sous diverses formes :

- Gyromètres optiques à base de diodes laser.
- Positionnement dans l'espace stellaire à l'aide de détecteurs d'étoiles.
- Positionnement relatif à partir de lasers de guidage.

Ce dispositif peut être utilisé pour certains guidages de missiles.

- Eclairage : ce fut une des premières applications militaires de l'optique (projecteurs pour le combat anti-aérien nocturne). Les OLED offrent de nouvelles perspectives, mais ce domaine d'application représente encore une part très faible des applications dans les secteurs de la défense et de l'espace.

1.4 Les contraintes environnementales spécifiques

Les marchés de l'espace et de la défense se caractérisent par leur haut niveau de performance technologique et par des contraintes qui peuvent être particulièrement sévères pour les solutions embarquées :

- L'environnement d'utilisation est difficile (chocs, vibrations, température, humidité...), ajouté aux contraintes imposées par l'environnement électromagnétique (insensibilité aux perturbations extérieures, réduction des émissions parasites...) et dans le cas des solutions spatiales s'y ajoutent la contrainte de l'apesanteur et les conditions du vide spatial.

- L'encombrement et le poids doivent être fortement réduits dans tous les cas.

- La maintenance et la durée de vie des équipements sont autant de critères à prendre en compte.

- La fiabilité reste un paramètre déterminant.

Les solutions optiques doivent s'adapter à ces contraintes. Elles peuvent apporter une réponse appropriée, mais, sauf lorsque l'observation est la finalité du dispositif, elles seront mises en compétition avec d'autres solutions candidates (hertziennes ou électroniques par exemple). C'est le cas notamment des dispositifs de transmission de l'information (bus de données, transmission à moyenne ou longue distance), des systèmes de positionnement (capteurs et gyromètres optiques comparés aux solutions mécaniques ou électroniques tels que les gyromètres atomiques) et des autodirecteurs (guidage laser ou GPS).

Les solutions optiques doivent prouver leurs avantages en termes de performances, de coût, de fiabilité, de maintenance... par rapport aux solutions alternatives pour s'imposer. Par exemple, les télécommunications entre satellites ou satellite-sol par laser optique permettent d'éviter le brouillage des communications mais la complexité et les progrès réalisés en dispositifs anti-brouillage

(cryptographie, transmission large bande, changements automatiques de fréquences (reroutage) limitent l'avenir de cette technique pourtant prometteuse et ayant fait l'objet d'investissements importants (programme SILEX).

L'absence de sensibilité aux perturbations électromagnétiques des solutions optiques constitue un atout indéniable mais la fragilité et l'encombrement des capteurs optiques sont des obstacles.

1.5 Les principales caractéristiques des marchés de l'espace et la défense

Les marchés de l'espace et de la défense sont des marchés :

- Majoritairement publics.
- Peu ouverts à l'exportation (les sous-systèmes optiques font souvent partie de listes de matériels soumis à restriction d'exportation).
- Dépendant pour une large part de grands programmes nationaux ou d'exportation (avions d'armes ou de reconnaissance, drones d'observations, satellites...).
- Nécessitant des solutions spécifiques, coûteuses en développement et intégrées le plus souvent au sein d'une offre globale gérée par un maître d'œuvre.
- Dotés de petites séries (exemplaire unique éventuellement dans les applications spatiales, séries très limitées - au maximum quelques milliers d'exemplaires pour la défense), mais réparties sur une durée d'approvisionnement généralement longue.

Chacun des segments se caractérise en outre de la façon suivante :

Espace civil

L'observation optique est l'une des thématiques clés du domaine spatial. Les applications associées sont nombreuses, justifiant l'importante quantité d'instruments optiques embarqués pointant en direction de la Terre (météorologie, océanographie, cartographie, agriculture, surveillance...) ou de l'Univers (télescopes spatiaux, sondes interplanétaires...). Ce domaine requiert des capteurs d'images à hautes performances pour équiper les instruments et senseurs optiques embarqués.

Les applications civiles sont très nombreuses (agriculture, océanographie, météorologie, équipements et infrastructures, géographie et géologie, environnement, sciences de l'univers, expériences en micro-gravité...). Pour la plupart des instruments optiques, le compromis doit être trouvé entre :

- La précision d'observation (pouvoir de résolution).
- Le champ couvert par le télescope optique, d'autant plus réduit que la résolution sera grande, à qualité de capteur identique.
- La masse de l'instrument doit rester minimale. Cette masse a tendance à se réduire du fait de l'augmentation rapide et constante de la performance des détecteurs de plan focal (diminution de la taille des pixels et augmentation de leur sensibilité).
- Le volume de données doit rester compatible des capacités de stockage et de traitement à bord, souvent limitées.
- Le débit de transmission des images, largement fonction des traitements numériques effectués à bord du satellite (compression algorithmique d'images).
- Le spectre de fréquences couvert, dépendant avant tout de la qualité et du nombre de capteurs d'images installés au plan focal de l'optique.

- La récurrence de passage au-dessus d'un point du globe, fonction principalement de l'orbite choisie, elle-même dépendant des qualités du satellite.

La France a largement été pionnière en Europe pour ce type de satellites et reste un fournisseur presque unique. Les principales réalisations françaises et européennes sont :

- Les satellites d'observation civils de la filière Spot/Helios suivis prochainement par la constellation de satellites "Pléiades" de cinquante satellites.
- La gamme des satellites météorologiques "Météosat".
- Les satellites et les charges utiles scientifiques, parmi lesquels ISO, le premier satellite d'observation dans le proche infrarouge utilisant des capteurs refroidis par de l'hélium liquide.
- Les sondes interplanétaires équipées de dispositifs d'observation telle ROSETTA pour l'observation de la comète de Haley.

Ce segment de marché offre des perspectives de croissance limitées. Quelques solutions récurrentes existent, principalement dans le domaine de l'instrumentation optique, senseurs stellaires pour le positionnement de satellites d'observation ou de télécommunication, mais ce dernier marché est en crise assez profonde.

La présence sur ces marchés requiert une reconnaissance préalable de la part des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre, obtenue à l'issue d'un long processus d'agrément et de qualification ainsi qu'une compréhension fine de leurs besoins.

Aussi bien dans le domaine spatial que militaire, cette reconnaissance passe par une longue collaboration avec des contributions essentielles dès la phase de réalisation de démonstrateurs terrestres ou de modèles de qualification. Le coût d'un satellite est tel que les maîtres d'œuvre ne peuvent prendre le risque d'embarquer à bord de leur satellite des composants ou des sous-systèmes dont ils n'ont pas acquis la certitude de la fiabilité et de la robustesse.

L'observation de l'espace depuis la terre et l'optique adaptative.

Le développement des satellites d'observation, notamment dans le domaine du visible, a été justifié en large partie par la nécessité de s'affranchir des turbulences engendrées par les remous de l'atmosphère terrestre. Le programme Hubble, auquel l'Europe s'est associée, correspond à cet objectif. Cependant, ce moyen d'observation, aussi puissant soit-il - après correction des défauts optiques constatés lors de la première mise en service - est particulièrement coûteux. Les astronomes se sont acharnés en parallèle à augmenter les performances de leurs instruments d'observation depuis le sol terrestre avec deux approches de la résolution :

- les télescopes interférentiels multipupillaires
- la correction sur un miroir donné des défauts résultant des turbulences de l'atmosphère. Ces deux applications ont été permises par l'utilisation de systèmes de miroirs dont le profil est ajusté en permanence aux conditions de l'observation. Ce dispositif, communément appelé "optique adaptative" permet, en rectifiant la surface des miroirs à l'aide de dispositifs pilotés électroniquement, de corriger ainsi ces défauts. Cette technique peut également être mise en oeuvre directement sur la lumière incidente à partir de dispositif à cristaux liquides et être appliquée à des télescopes ne disposant pas de miroirs.

L'optique adaptative a trouvé d'autres applications dans le domaine grand public (stabilisateurs d'image pour caméscopes par exemple) mais également pour la collimation précise des faisceaux lasers dans le laser Mégajoule, corrigeant ainsi les très faibles distorsions engendrées par une modification même légère des profils de température dans l'installation de tir, distorsion dont les effets peuvent être considérables s'ils ne sont pas corrigés, du fait de la très grande longueur des lignes de tir.

Espace militaire

Les systèmes satellitaires constituent des moyens essentiels pour recueillir et diffuser l'information et leur maîtrise représente un enjeu essentiel de souveraineté et de puissance. Dans le domaine de l'observation, le satellite est indispensable et les applications sont multiples (surveillance de l'application des traités, renseignement de situation et de documentation, cartographie, planification des opérations et préparation de mission, suivi de la prolifération...). La France est le seul état européen à posséder la maîtrise de la chaîne d'image complète avec la réalisation des deux satellites Helios 1 et Helios 2. Le relais est maintenant pris par la constellation Pléiades qui aura la double vocation (et performance) civile et militaire.

Des projets plus lointains existent également dans le domaine de "l'alerte avancée", consistant à observer des départs de missiles à partir de leur signature infrarouge. Ce concept se place dans le cadre des projets de boucliers antimissiles et pourrait faire l'objet d'une coopération avec les Etats-Unis (équipe commune entre Boeing et Eads). Cependant, le coût de tels dispositifs rend leur déploiement incertain.

Défense

L'optronique (couplage entre les technologies numériques et l'optique) constitue une technologie d'importance croissante pour la défense. Les marchés sont en croissance d'environ 5% par an dans le cadre de budgets de défense en très faible progression sous la pression de plusieurs facteurs déterminants :

- L'enjeu croissant représenté par l'information pour la gestion des crises et la maîtrise du champ de bataille : les évolutions les plus récentes se caractérisent par la technologie du temps réel, qui consiste à recueillir puis à traiter l'information dans des délais aussi courts que possible pour rendre cette information utile pour les combattants.
- La nécessité de développer des armes de précision (frappes chirurgicales) nécessitant l'identification précise de la cible avant la frappe.
- Le développement de la gestion automatisée des informations relatives aux données du champ de bataille, qui permet de multiplier les informations recueillies et traitées.
- Le développement d'outils de supériorité tels les systèmes de vision amplifiée pour le combat nocturne ou les systèmes à réalité augmentée, notamment pour le combat aérien.

La présence sur ce marché suppose deux qualités primordiales :

- Une offre techniquement au meilleur niveau.
- La capacité de dialogue avec un maître d'œuvre pour aboutir à des solutions fortement optimisées.

La loi de programmation militaire

La loi de programmation militaire (LPM) 2003-2008 a été adoptée par le Parlement français au dernier trimestre 2002. Elle prévoit des annuités qui permettent d'imaginer que le retard pris sur le modèle d'armée 2015 en matière d'équipement sera en partie rattrapé.

Sur la période couverte par la loi, les crédits de paiement s'élèveront en moyenne annuelle à 14,64 Md€ constants 2003. Des efforts pour la recherche civile et militaire sont annoncés : augmentation de l'enveloppe consacrée à la R&T dans la LPM (+ 22% par rapport à 2002) par exemple.

Cet effort pour pérenniser l'industrie française et consolider le rôle majeur de la France en Europe sera accompagné par les efforts des industriels pour fournir, dans les meilleures conditions, les matériels les plus performants et compétitifs indispensables aux forces armées.

Le modèle de capacité technologique du plan prospectif à trente ans prévoit notamment une attribution d'environ 18% des crédits de R&T au développement de technologies intégrant de l'optronique.

Le budget de la Défense 2004

Le budget de la Défense adopté par l'Assemblée Nationale le 5 novembre 2003 s'élève à 32, 4 milliards €, hors pension, en hausse de 9,4% pour les crédits d'équipements.

Ce budget prévoit notamment la livraison d'un sous-marin nucléaire lanceur d'engins de nouvelle génération Le Vigilant, de 5 avions de combat Rafale, de missiles M51, de 44 chars AMX, de 4 frégates européennes multi-missions et de la mise en orbite des satellites Syracuse III et Hélios II.

Ces programmes intègrent tous des développements technologiques optroniques.

1.6 Matrice des applications

Cette matrice (voir page suivante) permet de définir les applications de l'optique sur les marchés de l'espace et la défense segmentés de la façon suivante : Air , Mer, Terre, Espace, Force Nucléaire Spéciale (FNS).

	AIR	MER	TERRE	ESPACE	FNS
Observation	Domaines IR et visible Marché mature Nouveaux marchés : drone, vision de nuit, caméra HD	Périscopes Mât Optronique Vision de nuit Caméra HD	Périscopes Optique adaptative Drones tactiques Vision de nuit Caméra HD	Satellite optique (capteur d'image) Dopler Télescope Vision de nuit Caméra HD	
Guidage & système de navigation	Marqueur laser d'objectifs Système de poursuite IR Autodirecteur passif et actif	Marqueur laser d'objectifs	Marqueur laser d'objectif Autodirecteur passif et actif	Pointeur d'étoiles Radar optique	
Telecom	Fibre optique Bus de données	Fibre optique Antenne multifaisceaux Bus de données Transmetteur d'ordre optique	Fibre optique Câble gigabit Bus de données Transmission de données par faisceaux optiques	Laser Fibre optique Antenne multifaisceaux Bus de données SILEX	
Affichage données & interface utilisateur	Informations pilote (visière, optique, rétine) Viseur tête haute ou sur cockpit Affichage TFT sur planche de bord Ecran Simulateur	Affichage TFT sur planche de bord Ecran	Ecran géant Informations		
Traitement d'image & traitement de l'information	Traitement d'image temps réel : algorithme de traitement rapide de l'information pour accélérer le transfert et obtenir une source en " temps réel ", limiter les expositions électromagnétiques photointerprétation	Numérisation du champ de bataille	Numérisation du champ de bataille Traitement d'image temps réel (drone tactique)	Photointerprétation Cartographie	
Localisation & positionnement	Concurrence GPS Gyromètre Viseur stabilisé Gyromètre Laser Positionnement par laser de guidage	Concurrence GPS Gyromètre Laser Senseur d'étoiles	Fibre optique Gyromètre Concurrence GPS	Gyromètre Laser Senseur d'étoiles	
Autres	Contre mesure optique Neutralisation défenses adverses (SEAD)				Laser méga-joule

ENJEUX INDUSTRIELS ET TECHNOLOGIQUES

2.1 Evolution générale des marchés et conséquences pour les industriels

Compte tenu de la demande croissante pour les solutions optiques, la baisse des budgets de défense en Europe, forte dans certains pays (Allemagne) et plus limitée dans d'autres (Royaume-Uni, France) n'a pas pesé fortement sur le marché des composants ou des sous-systèmes optiques pour la défense.

Cependant, la baisse très importante du marché des télécommunications optiques a eu des conséquences très brutales sur les fournisseurs de composants ou de sous-systèmes appliqués à ces marchés. La baisse de croissance des télécommunications a eu un effet bénéfique sur les activités militaires : les acteurs majeurs, plus disponibles, sont désormais plus attentifs aux applications du domaine militaire, ce qu'ils ne faisaient pas avant compte tenu de contraintes de fiabilité et d'environnement trop sévères et des quantités trop faibles de composants commandés. En même temps que l'on a vu les militaires prendre conscience des atouts des technologies de rupture telles que l'optoélectronique, le marasme du marché des télécommunications a pu sensibiliser les fournisseurs de composants optiques aux attentes spécifiques des acteurs militaires.

Les deux marchés sont cependant relativement indépendants, leurs caractéristiques étant très différentes. Toutefois, la crise du marché des télécommunications optiques, largement dominant dans le passé, conduit à redonner à la défense un rôle moteur dans la recherche, rôle qu'elle avait un moment perdu face aux enjeux des télécommunications.

2.2 Recherche permanente de réduction des coûts

La réduction des budgets militaires a conduit à rechercher une utilisation de composants à usage civil pour réduire les coûts. Cependant, les contraintes d'emploi très particulières de ces marchés limitent cet usage même s'il existe une place pour les fournisseurs de composants durcis pour qualifier ou trier les composants du commerce de manière à les rendre aptes à l'utilisation dans les systèmes militaires ou de défense. Ce type d'offre est amené à se développer et représente des opportunités pour les entreprises du domaine.

2.3 Importance de la recherche

La recherche de la meilleure qualité reste un objectif permanent, tant au niveau des performances intrinsèques qu'en terme de fiabilité ou de résistance à l'environnement d'utilisation. Ceci a pour conséquence une large part de recherche et développement conduisant naturellement les entreprises à se rapprocher des laboratoires de recherche. Ces recherches concernent des domaines très variés : physique et modélisation de phénomènes et de comportements, nouveaux matériaux, nouvelles technologies de mise en œuvre ou de contrôle. Les progrès de la microélectronique et les nanotechnologies revêtent une importance toute particulière par la recherche de la diminution de la taille des composants et de l'augmentation de leurs performances, notamment pour les émetteurs et détecteurs de lumière, mais également pour l'électronique associée, les dispositifs de focalisation ou de transmission de la lumière. Des progrès significatifs ont été accomplis récemment avec par exemple l'application des technologies SOI pour les détecteurs, les nouveaux matériaux électro-actifs (OLED par exemple), les modulateurs de lumière ou le traitement numérisé des images.

La recherche est conduite en partie sous la directive du Ministère de la défense au travers des programmes d'études amont (PEA) et des démonstrateurs technologiques associés. Elle bénéficie pour une large part des découvertes issues de la recherche civile au travers d'un enrichissement mutuel des connaissances.

Cependant, la spécificité du marché et des applications conduit très tôt les industriels, même les plus importants d'entre eux, à devoir se spécialiser sur les applications de défense. Les développements issus de ces recherches conserveront un caractère le plus souvent spécifique et non transposable à des solutions purement civiles. (Cela n'est cependant pas totalement le cas dans le domaine des télécommunications et l'on observe aux Etats-Unis que des technologies duales permettent au secteur civil de profiter des développements R&D consentis pour des applications de défense).

Interview de Emmanuel Rosencher Directeur de Recherche Directeur scientifique de la branche physique ONERA Professeur à l'Ecole Polytechnique



OV : Quelles sont, selon vous, les perspectives en matière d'applications de l'optique pour la défense ?

E.R. : Il n'y a pas le moindre doute ! La place de l'optronique ne peut que s'accroître dans les années à venir au sein des programmes de défense. D'ailleurs, la DGA ne s'y est pas trompée : les budgets de recherche sur ce thème sont en accroissement régulier. En effet, l'optronique - association de l'optique et de l'électronique - est une technologie capacitaire et discriminante.

- La maîtrise de ces technologies confère un potentiel de supériorité par rapport à l'adversaire : quoi de plus important que de voir la nuit, de voir loin, ou d'observer par presque tout temps grâce à l'infrarouge.

- L'optronique ouvre des perspectives dans le domaine de la protection en permettant le déploiement de contre-mesures efficaces ou, par exemple, en permettant de détecter très tôt le départ d'un missile adverse.

Soit on fait partie du club très fermé des pays disposant de ces technologies soit on en est exclu. Peu de pays disposent de ces capacités, ce qui nous donne un avantage important.

OV : Mais il y a aussi les radars pour satisfaire ces besoins !

E.R. : Certes, vous avez raison, mais ces moyens sont complémentaires. Je ne les oppose pas. Et d'ailleurs les technologies se rejoignent : observez les technologies SAR (radar à synthèse d'ouverture) Cette technique radar commence à être appliquée dans le domaine de l'optique.

OV : Quelle est la place de la France en Europe et dans le monde sur ces technologies ?

E.R. : On peut dire sans risque de se tromper que la France appartient au club très fermé des quatre puissances qui maîtrisent ces technologies dans le monde avec les Etats-Unis, le Royaume-Uni et Israël. La France est le leader incontesté en Europe tant au niveau recherche qu'au plan industriel. Notre position est éminente sur certains domaines parmi les plus importants. Pour ne prendre qu'un exemple SOFRADIR fait partie des champions mondiaux pour la fourniture de détecteurs infrarouges ; les nouvelles avancées scientifiques et techniques qui permettent de réaliser des détecteurs à haute sensibilité travaillant à température ambiante ouvrent des perspectives considérables. Nous pouvons considérer que, dans ce domaine, notre gap technologique avec les Etats-Unis reste limité, étant même en avance sur certaines technologies.

OV : Tout le monde connaît nos grands maîtres d'œuvre. Mais quelle est la position des PME-PMI du domaine dans notre pays ?

E.R. : L'optronique est un des rares domaines high-tech dynamique où nous disposons d'un tissu raisonnable de PME occupant un rang mondial. Malgré cela, je considère personnellement que cette position pourrait encore être améliorée. Les relations avec la recherche ne sont pas encore complètement satisfaisantes. Les chercheurs restent trop éloignés des préoccupations des entreprises et il n'y a pas assez de créateurs. Opticsvalley fait un travail exemplaire pour améliorer cette relation, mais beaucoup reste à faire.

OV : Pouvez vous nous dire, selon vous, quelles sont les technologies de demain en optronique ?

E.R. : J'ai déjà mentionné les détecteurs infrarouges non refroidis. On peut aussi prédire un grand avenir aux "smart pixels", aux nouvelles sources optiques comme les oscillateurs paramétriques optiques ou les lasers à cascade quantique, à l'augmentation des performances des fibres optiques, permettant maintenant de transférer des puissances importantes ou au développement des sous-systèmes nouveaux tels que les imageurs flash. L'optronique reste un domaine passionnant dans lequel les ruptures technologiques sont permanentes. D'autres applications se préparent dans les laboratoires, et on peut penser que demain les atomes froids par exemple trouveront des applications importantes. Toutes ces nouvelles avancées devraient motiver la création d'entreprises. Je reste fondamentalement optimiste pour l'avenir.

2.4 Coopérations des acteurs et européanisation des programmes de R&D

La plupart des nouveaux programmes sont réalisés en coopération européenne multi-latérale. La France occupe aujourd'hui une place dominante dans le domaine de l'espace et une position importante en matière de défense. La compétence des entreprises françaises, ainsi acquise, doit cependant être maintenant partagée pour tenir compte des règles du retour géographique sur programmes afin d'équilibrer les contributions industrielles en fonction de l'apport financier aux programmes : la fourniture de sous-ensembles ou de composants est le plus souvent mise à profit pour dégager les nécessaires marges de manœuvre nécessaires.

2.5 Enjeux technologiques pour le futur

Ces enjeux concernent principalement :

- La recherche de la miniaturisation des composants et des solutions, notamment par recours aux micro et nanotechnologies.
- L'augmentation des performances des composants optiques (longueur d'onde dans le proche IR des détecteurs, sensibilité, stabilité des raies d'émissions laser...).
- Le recours à la simulation plutôt qu'aux prototypes et aux tests pour la définition des nouveaux développements, faisant largement appel aux modèles numériques de phénomènes physiques et au développement d'une ingénierie en environnement virtuel (pour réduire les coûts et les délais de réalisation).
- La versatilité et la polyvalence des dispositifs optiques (traitement en multi-spectral de la même image au plan focal, multiplexage analogique digital des bus numériques de transmission de données...).
- Le développement de la communication entre sous-systèmes, conduisent à privilégier un traitement et une validation très en amont du signal optique.
- La réduction des coûts de possession par la recherche du meilleur compromis coût/fiabilité.

- La multiplication des réseaux de données utilisant le signal optique conduisant à renforcer le traitement numérique du signal (rétine artificielle, fonctions de pré-conditionnement de l'image avant compression des données...).
- La simplification des interfaces utilisateurs conduisant également à renforcer l'importance des logiciels d'utilisation.

La part du logiciel dans le développement des solutions optiques pour l'espace ou la défense devient de plus en plus importante.

Cette tendance sera confortée dans l'avenir avec le développement croissant des techniques de compression, de codage et de traitement de données. La miniaturisation et le recours au posttraitement de l'image et à la numérisation du signal ont deux conséquences :

- Diminution de la part relative des composants purement optiques (lentilles miroirs, fenêtres, modulateurs...) mais augmentation constante de leur qualité.
- Symbiose toujours plus grande entre composants et traitements du signal (par exemple rétine optique conduisant à associer capteur CCD et traitement numérisé sur la même plaque de silicium) avec le logiciel de pixellisation associé. Il est va de même pour les nouveaux capteurs IR non refroidis qui diminuent le besoin en composants accessoires (refroidissement par effet Pelletier par exemple) mais ouvrent la voie à des traitement numérisés proches de la matrice pixellique (traitement du contraste par exemple).

Dans un futur plus lointain, certains imaginent le recours à des armes à énergie dirigée, armes laser basées sur des lasers au gaz ou chimiques générant une puissance de plus de 1MW pour des applications terrestres et spatiales. L'horizon de ces nouveaux développements en Europe n'est pas connu avec précision. Des démonstrateurs ont fonctionné aux Etats-Unis à titre xpérimental, mais les problèmes à résoudre demeurent très complexes.

TENDANCES ET DONNÉES DE MARCHÉ

3.1 Tendances technologiques globales

Vouloir quantifier avec précision le marché de l'optique pour l'espace et la défense se révèle un exercice difficile, voire impossible. Les informations sont souvent classifiées.

Dans ce chapitre, les tendances de marché sont traitées par famille de produits (3.2) et par secteurs (3.3) de façon à refléter le mieux possible la part des technologies optiques et optroniques dans ce marché complexe de l'espace/défense.

En l'espèce, chaque famille de produits correspond à un métier donc à un offreur différent (fabricants en grandes séries, fabricants ou offreurs de séries limitées, concepteurs de sous-ensembles intégrés dans des ensemble et enfin concepteurs de grands systèmes).

De même, la segmentation du marché en cinq secteurs permet de tenir compte des spécificités propres à chacun d'eux (espace civil, espace militaire...).

Au cours des vingt dernières années, les solutions optiques ont eu tendance à remplacer les solutions classiques du fait notamment des caractéristiques techniques particulières de la longueur d'onde optique (dans ses composantes visibles, IR ou UV) et de l'augmentation de performance des composants optiques :

- Les sources de lumière se sont multipliées (lasers solides, LED puis OLED, plasmas d'émission...) permettant un choix plus important de solutions.

- Les composants ont vu leur taille et leur consommation d'énergie baisser sensiblement.
- Les performances de certains composants ont augmenté de manière très importante et la variété des composants a augmenté de manière significative (fibres optiques, coupleurs optiques, commutateurs optiques...). Ainsi, l'augmentation permanente des performances des fibres optiques constitue un autre exemple de telles avancées. Il est maintenant possible de d'implanter le laser d'éclairage loin de l'optique de pointage, la puissance d'éclairage étant acheminée par une fibre à hautes performances. Ceci autorise une plus grande liberté de conception pour les pods de désignations embarqués.
- L'insensibilité des solutions optiques aux environnements électromagnétiques perturbés a rendu ces solutions particulièrement attractives pour les applications à l'espace et à la défense, elles mêmes tirées par la généralisation des solutions optiques dans les télécommunications civiles.
- Enfin, la demande de renseignement a fortement progressé, Cette tendance semble se prolonger sous la pression des progrès de la micro, puis de la nano-électronique et de la demande des marchés. Certaines applications nouvelles telles que les drones d'observation constitueront autant de relais de croissance pour ce marché en réduisant la part consacrée au développement et à la réalisation de la plateforme (un avion sans pilote est moins coûteux qu'un avion piloté).

Cependant, dans le domaine des télécommunications, l'optique bute sur la limite imposée par la longueur d'onde (environ de 200 à 500 nm) quand la nano-électronique peut s'en affranchir grâce aux effets quantiques.

Les solutions optiques se trouvent ainsi de plus en plus confinées aux applications où elles se révèlent incontournables (captation d'image, traitement, affichage). Ces applications représentaient jusqu'à présent la majeure partie des marchés de l'espace et de la défense.

L'autre caractéristique importante du marché de l'optique pour l'espace ou la défense réside dans la dépendance à l'égard des grands programmes. La quantification des marchés des solutions optiques reste très difficile du fait de la concurrence existante entre solutions techniques. La part des solutions optiques dans ces grands programmes est souvent très faible (moins de 1% du total) à quelques exceptions notables tels que les systèmes d'observation optiques (satellites d'observation à usage civil ou militaire, drones d'observation) et bien entendu pour le laser mégajoule qui constitue un cas unique.

3.2 Les tendances de marché par familles de produits

Les produits de l'optique pour l'espace ou la défense peuvent être classés en quatre grandes catégories :

1 - Les composants optiques unitaires sur étagère ("on the shelf") ou OEM (lentilles et miroirs standardisés, circuits électroniques, diodes, commutateurs optiques...). Les applications espace et défense tendent à recourir de plus en plus largement à des composants standards, adaptés aux conditions d'emploi spécifiques de ces marchés par un packaging approprié ou par un tri spécifique leur conférant les caractéristiques requises de durcissement pour les rendre compatibles avec les conditions d'emploi particulières.

2 - Il existe de nombreux composants totalement spécifiques tels que des lasers aux propriétés particulières ou certains composants optiques aux propriétés spécifiques (lentilles, miroirs, fibres optiques...). Composants de niche, leur coût est très élevé.

3 - Les sous-ensembles spécifiques réalisant une fonction particulière d'un système (sous-système ou élément d'un sous-système tel qu'un télémètre laser, un senseur stellaire, un module de liaison optique pour bus de données, un télescope de prise d'images, une caméra à haute définition...). Ces sous-ensembles remplissent une fonction particulière au sein d'un système global et doivent posséder des caractéristiques adaptées, définies en commun avec le maître d'œuvre. La capacité d'adaptation

des performances et d'interfaçage avec les autres éléments du système constitue un facteur de succès déterminant. La part d'études spécifiques contenue dans ces sous-ensembles est généralement importante. Elle nécessite une double compétence :

- D'ingénierie (études, essais, intégration...).
- De compréhension des spécifications et des éléments d'interface ainsi que la capacité de dialogue avec le maître d'œuvre.

4 - Les services support et les activités périphériques associées à la chaîne de traitement d'image. Ces activités comprennent :

- Les traitements algorithmiques des données issues de signaux optiques.
- Les services de tests et de qualifications nécessitant des moyens spécialisés (contrôle, essais, qualification...).
- Les services spécialisés dans la réalisation d'opérations très spécifiques (polissage, traitements de surface, micro-usinages, dépôts...).

Chacun de ces quatre segments obéit à des lois de marché particulières : les facteurs de succès sont très différents comme l'illustre le tableau suivant :

Segment de marché	Facteurs de succès	Caractéristiques du segment	Tendances
Composants standards	Prix/qualité/volume	<ul style="list-style-type: none"> - Marché mondial hautement compétitif - Concurrence des pays à bas coût de main d'œuvre - Le marché espace/défense ne représente qu'environ 10% du marché total de ces composants - Affecté par la crise des télécoms 	Données non disponibles
Composants spécifiques	Qualité/réactivité/adaptabilité	<ul style="list-style-type: none"> - Marché de faible taille à cycle de vie long et en croissance régulière (+ 5% par an) - Tendances à l'éviction par les composants standard dès que ceci apparaît possible - Nécessité d'une forte contribution en recherche et développement 	Croissance
Sous-ensembles spécifiques	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'intégration des solutions proposées - Connaissance du domaine d'application (intégration des conditions d'environnement) - Capacités industrielles et technologiques qualifiées et reconnues par le maître d'œuvre - Capacité de dialogue avec le Maître d'Œuvre et compréhension des besoins - Recours à des transpositions de solutions éprouvées par ailleurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Marché en croissance - Importance de la technologie et de la R & D - Solutions optiques en compétition avec d'autres solutions techniques (l'offre doit être orientée "mission" plus que "technologie") - Marché de premier équipement et de renouvellement - Marché totalement dépendant des choix des maîtres d'œuvre des grands systèmes - Evolution vers des outils de conception par simulation et l'ingénierie simultanée 	Croissance
Services et activités associées à la chaîne image	<ul style="list-style-type: none"> - Connaissance des besoins du client en termes d'application et de l'environnement physique et réglementaire - Investissements très spécialisés en équipements de tests ou de contrôle - Connaissance de la physique de l'optique 	<ul style="list-style-type: none"> - Marché en forte croissance (>10%) - Tendances à l'intégration de ce marché par les concepteurs de systèmes ou de sous-systèmes (systèmes propriétaires) 	Fortes croissances

3.3 Les tendances de marché par secteurs

Espace civil

Ce marché étroit est dominé par les grands programmes. Pléiades assure la continuité de la filière Spot tout en visant des applications duales, et assurant ainsi également la suite des besoins remplis par la filière Helios.

Par ailleurs, le marché des détecteurs pour les satellites d'observation souffre de la faiblesse actuelle de cette activité (abandon des constellations de satellites type Iridium, décroissance du nombre de satellites commandés dans le monde de 35 en 1997 à moins de 15 en 2002).

Enfin, on remarque l'inexistence d'un marché des satellites commerciaux d'observation.

Espace militaire

Ce marché se caractérise par le très faible nombre d'exemplaires et la récente fusion entre les applications civiles et militaires (voir encadré). Peu de évolutions significatives sont à attendre avant dix ans mais la stabilité semble acquise. Le marché américain, important, est totalement fermé à l'offre européenne (et réciproquement).

Espace militaire et civil

La problématique pour la Défense française dans le domaine de l'observation est de deux ordres :

- A court terme, accéder au plus tôt à des données radar.
- A plus longue échéance, assurer la continuité du service d'Hélios II.

Compte tenu de la nature duale de l'observation de la Terre depuis l'Espace, la problématique de la Défense doit être analysée dans une approche concertée avec le Ministère de la Recherche qui, de son côté, réfléchit en liaison étroite avec le CNES à assurer la continuité de la filière Spot.

Dans cette perspective, la Défense s'intéresse à trois projets :

- Le projet dual Pléiades du CNES d'observation optique.
- Le projet dual italien Cosmo/Skyimed de petits satellites radar.
- Le projet militaire allemand Sar Lupe de satellite radar.

Eads Astrium a signé avec le CNES un contrat de 314 millions d'euros pour la réalisation de deux satellites Pléiades. Les instruments de haute résolution de ces deux satellites seront fournis par Alcatel Space. Les satellites Pléiades à haute résolution constituent la composante d'imagerie optique à haute résolution du système franco-italien Orfeo, l'Italie fournissant pour sa part Cosmo-Skyimed, la composante radar de ce système. Il s'agit d'un système à vocation duale.

Défense

L'observation optique par satellite occupe une place particulière mais présente l'inconvénient de ne pas pouvoir être opérationnelle par tous les temps. Les avions d'observation constituent un marché très important et en plein développement (systèmes optroniques d'équipement d'origine pour Rafales, et systèmes de modernisation de Mirages IV, Mirage 2000, ...).

L'Europe s'intéresse maintenant de près aux avions sans pilote (drones) qui pourraient constituer un relais de croissance très important. Des opérations de démonstration sont en cours, notamment avec les pays nordiques et l'Allemagne, utilisant un avion porteur israélien. Le succès de ces démonstrateurs pré-opérationnels pourrait ouvrir la voie à des UAV européens à caractère "pré-stratégique" (rayon d'action de plusieurs milliers de kilomètres) dotés de moyens d'observation particulièrement performants.

Le guidage et la désignation d'objectifs utilisent également largement les solutions optiques (pods laser de désignation, guidage optique terminal des missiles de croisière type ASMP, guidage infrarouge passif des missiles anti-aériens).

Le Lidar aéroporté (radar optique à laser) pourrait constituer une nouvelle opportunité de développement de la filière optique pour la défense.

Les forces terrestres recourent également à des solutions optiques à trois niveaux :

1 - Blindés et blindés légers, notamment pour la vision nocturne et la désignation d'objectifs.	2 - Fantassins avec des systèmes réalité augmentée, des lunettes de vision nocturne et des casques à écran intégré (fantassin du futur)	3 - Des avions d'observation légers sans pilote (drones tactiques).
---	---	---

Ce marché est en fort développement, notamment dans le cadre de la préparation aux nouvelles menaces et nouvelles ripostes (interventions de maintien de la paix).

Les forces navales utilisent peu les solutions optiques sauf exceptions particulières : guidage de missiles de croisière, périscopes pour sous-marins...).

La dissuasion nucléaire fait largement appel à l'optique dans le cadre du projet de laser Mégajoule de simulation des explosions thermonucléaires avec un budget de 2 milliards d'euros pour la période 2003-2010. Ce projet majeur fait appel à des solutions optiques très évoluées. Le CEA, maître d'œuvre, a mis en place des institutions permettant de valoriser le potentiel pour des usages civils. La chaîne de traitement d'image et la gestion du renseignement constituent des activités périphériques de la filière optique qu'il convient de mentionner. Ces applications sont en fort développement.

La chaîne de traitement d'image et la gestion du renseignement constituent des activités périphériques de la filière optique qu'il convient de mentionner. Ces applications sont en fort développement.

3.4 Données de marché et tendances

Les données de marché sur l'optronique sont très difficiles à isoler pour différentes raisons.

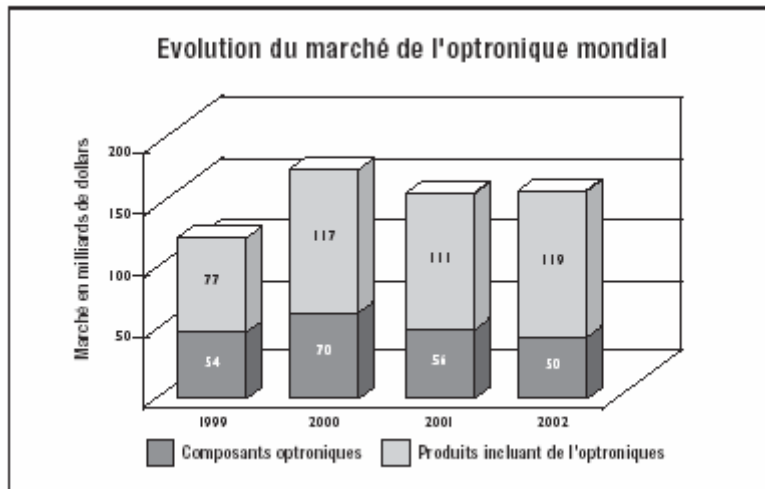
Les utilisateurs de solutions technologiques optroniques sont des intégrateurs qui ont recours généralement à des sous-systèmes qui s'intègrent dans un produit complexe. Le chiffre d'affaires dans le produit livré directement imputable à l'optronique reste difficile à déterminer.

Les ventes croisées de composants basiques ou spécifiques, de sous systèmes optroniques entre les acteurs sont fréquentes et ont pour effet d'augmenter artificiellement la taille globale du marché en comptabilisant plusieurs fois le prix d'un même produit au cours de ses intégrations successives jusqu'au produit final.

Finalement, les budgets des programmes et des produits militaires en développement sont la plupart du temps confidentiels, ne permettent pas d'obtenir l'enveloppe totale allouée et la part imputable aux technologies optroniques.

Néanmoins, nous pouvons dégager les tendances suivantes :

Le marché de l'optronique s'est principalement développé ces dernières années avec l'explosion de l'industrie des Télécoms. Le gel de plupart des investissements à partir de 2001 a fortement pénalisé la croissance continue de la dernière décennie.

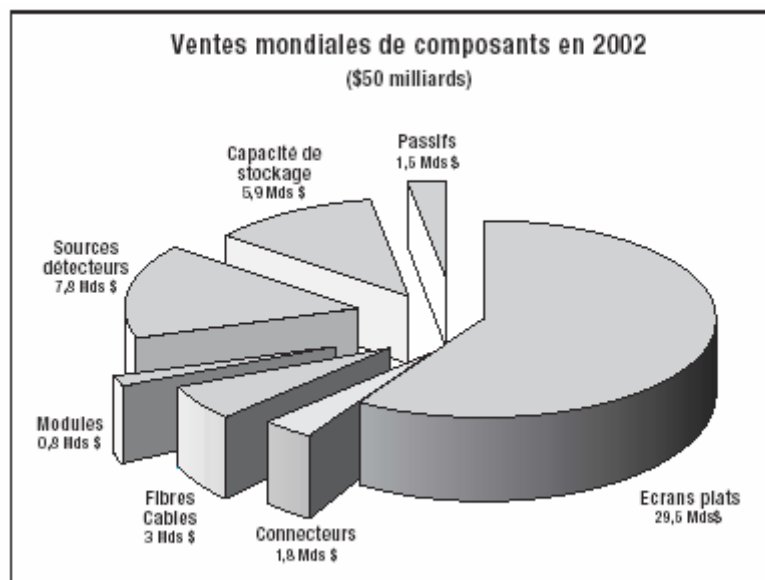


Aujourd'hui, le marché semble s'être stabilisé à 169 milliards \$.

Les composés optroniques, au sens strict, ne représentent qu'un tiers des ventes. La majeure partie du marché restant est en effet constituée des produits à base d'optronique, intégrant un sous-système optronique.

Cette part variable des sous-systèmes optroniques dans le produit final rend difficile la connaissance exacte des volumes des ventes directement imputables à la seule optronique. Ce phénomène a donc tendance à surévaluer le marché de l'optronique.

Selon l'OIDA, le marché des composants optroniques reflète directement l'arrêt des investissements en revenant à son niveau de 1999.

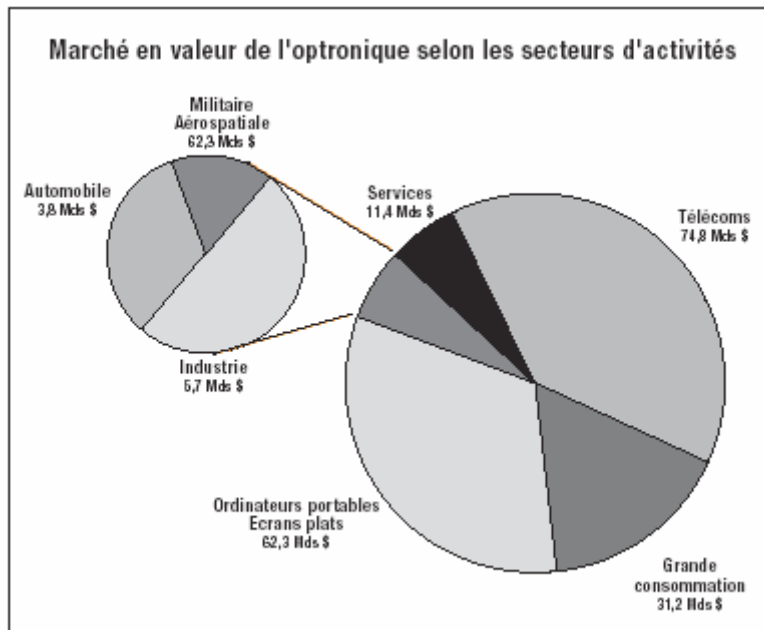


Les ventes de composants reflètent clairement la crise des Télécoms avec un très net recul de l'ensemble des composés passifs (-60%), des connecteurs (-40%), des fibres et câbles (-80%), des modules (-90%), des sources et détecteurs (-40%). Le marché est passé de 70 en 2000 à 50 milliards \$ en 2002.

Seules les ventes d'écrans plats ont progressé (+20%) renforçant d'autant plus leur poids relatif dans les ventes totales (près de 60%).

Les trois marchés mondiaux adressés que sont la Défense, l'Espace et l'Aéronautique pèsent près de 220 milliards \$, mais il existe une forte variabilité avec des ventes respectives de 153, 12,2 et 65 milliards \$ en 2001.

Les majors de ces secteurs très concentrés sont tous des maîtres d'œuvre qui assemblent des sous-systèmes qu'ils sous-traitent en partie, voire en totalité. Par conséquent, il est difficile de pouvoir mesurer exactement la part des sous-systèmes optroniques dans le produit final, d'autant que l'on se heurte à nouveau aux notions de composants et de produits à base d'optronique.



Selon la dernière étude OIDA 2002, le marché de l'optronique en 2000 dans l'ensemble des trois domaines considérés ne représentait que 1,9 milliard \$, soit seulement 1% du marché global.

La restriction des budgets militaires pour certains états, le ralentissement brutal des secteurs de l'Aéronautique et du Spatial sont autant de facteurs qui jouent à court terme contre développement de l'optronique.

En 2000, l'OIDA prévoyait que le marché global de l'optronique atteindrait 400 milliards \$ à l'horizon 2011 sur la base d'un taux de croissance annuelle de 10%. Remarquons que le taux de croissance annuelle moyen sera sans doute inférieur à cette prévision.

Les programmes spatiaux civils et militaires

Le programme **Syracuse III**, successeur de Syracuse II, sera un satellite de télécommunications de troisième génération pour des applications militaires et civiles développées par la France (DGA) et l'Allemagne. Il permettra une transmission haut débit et sécurisée d'informations pour un maximum d'utilisateurs qui loueront des ressources spatiales. Il intégrera pour le militaire des fonctionnalités spécifiques avec la flexibilité d'emploi et la capacité de reconfiguration du système, la résistance au brouillage, la résistance aux intrusions et la résistance aux agressions électromagnétiques.

Un premier exemplaire devant entrer en service dès 2004, un second suivra en 2006.

Le programme Helios I en coopération avec la France (DGA), l'Italie et l'Espagne a coûté 1,52 milliard et doté ces pays d'un satellite optique permettant de répondre aux besoins de renseignements et de surveillance des autorités gouvernementales et militaires.

Son successeur **Helios II**, développé par la France (DGA) et l'Espagne, est aujourd'hui bien avancé avec un lancement prévu courant 2004. Ce satellite introduira des évolutions décisives pour l'optimisation des capacités optiques avec une amélioration du pointage du télescope en orbite pour un enchaînement plus rapide des prises de vue, la réduction de l'âge du renseignement et l'amélioration de la détection par l'intégration de capacités infrarouges.

Le programme Essaim engagé par la DGA doit se concrétiser par la mise en orbite de 4 microsattellites courant 2004 (en même temps qu'Helios II A) pour reconnaître et localiser les émetteurs adverses pour établir une carte de bataille électronique.

Les successeurs d'Helios II opteront pour la miniaturisation. Le programme prévoit le lancement de plusieurs satellites miniatures qui formeront une " grappe " pour augmenter le nombre de prises de vue sur une zone de couverture plus étendue. La DGA a lancé ce programme en 2003 pour un démonstrateur en orbite prévu d'ici 2009.

En 2002, la NASA a attribué le programme du nouveau télescope James Webb Space Telescope à TRW pour un montant global de 825 millions \$. Il prévoit en particulier le développement de solutions optroniques comme une caméra proche infrarouge, un spectromètre multifonctions et une caméra/spectromètre pour le moyen infrarouge.

Le département britannique de la Défense souhaite se doter d'un système de reconnaissance, de surveillance, d'acquisition de cibles et de renseignements **Istar** qui permettrait la transmission de données et d'images stratégiques sur les champs de bataille. Les spécifications requises sont encore discutées mais l'attribution du contrat aura lieu début 2004, pour une exécution entre 2005 et 2008. Plusieurs sociétés sont sur les rangs : Nothrop, Grumman, BAE Systems, Thales Optronics.

Enfin, mentionnons les programmes de l'ESA dans le domaine scientifique (Herschel-Planck, GAIA...), de l'observation de la Terre (ADM-AEOLUS avec l'instrument Aladin qui intègre un Lidar vent, EGPM, Spectra, Terrasar, SMOS...) et les programmes nationaux en Europe (Sar Lupe en Allemagne, projets microsat du CNES et du Surrey), ainsi que certains programmes export (Rocsat).

Interview de Stéphane Janichewski Directeur des programmes et des affaires industrielles CNES



OV : Monsieur le Directeur, pouvez vous nous dire comment vous voyez l'avenir de l'optique au sein des programmes spatiaux ?

S.J. : L'évolution des besoins en optique spatiale est liée en large partie à l'avenir du programme européen GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Parmi les trois objectifs prioritaires de ce programme, deux d'entre eux nécessitent des instruments optiques.

Il s'agit :

- de la couverture des continents avec les instruments spécialisés d'observation pour le suivi des cultures et de la végétation.*
- de la prévention et de la gestion des risques qui nécessiteront notamment des instruments de cartographie précise.*

En ce qui concerne les programmes de défense, l'observation reste un objectif prioritaire; nous n'anticipons pas une croissance forte mais plutôt une stabilisation des budgets et des programmes. Il ne faut bien évidemment pas oublier les diverses missions scientifiques qui se poursuivront et qui nécessiteront pour beaucoup d'entre elles des instruments d'observation. L'avenir de l'optique spatiale

est ainsi largement tracé dans une perspective positive si l'Europe parvient à concrétiser l'initiative GMES.

OV : Quelles places peuvent occuper les entreprises françaises dans ces programmes ?

S.J. : Le leadership des grands maîtres d'œuvre français est reconnu dans ce domaine. Un partage de fait des compétences s'est dessiné en Europe. Les Italiens et les Allemands sont fortement impliqués dans les programmes spatiaux européens ayant un leadership dans l'observation radar. Nous travaillons activement à renforcer cette position de leadership des grands maître d'œuvre en Europe. Par contre, un effort doit être fait au niveau des équipementiers et des PME du fait de l'accroissement permanent de la compétence des autres pays européens dans ce domaine. Il est vrai que les règles du retour géographique pèsent sur le choix des contractants mais nous devons veiller à renforcer la position de leadership acquise par certaines entreprises dans leur domaine, notamment par une renforcement des liens avec la recherche. **Opticsvalley** contribue à cette action et je m'en félicite.

Les programmes aéronautiques

Le programme pour le développement d'un **démonstrateur UCAV** a pour objectif la réalisation d'une plate-forme piloté à distance doté d'un armement guidé stocké en soute. Les solutions technologiques optroniques y trouveront donc une place de choix. Dassault Aviation s'est vu attribué la maîtrise d'œuvre alors que la DGA assurera la maîtrise d'ouvrage. Le projet débutera en 2004 pour une livraison courtant 2009. Les avancés technologiques profiteront au développement de nouveaux avions de combats habités ou à la rénovation à mi-vie du Rafale. Par ailleurs, le démonstrateur UCAV contribue à la préparation du système de combat aérien européen pour l'horizon 2020.

Le lancement du programme pour un **démonstrateur d'alerte avancée** a eu lieu début 2003 pour une mise en orbite d'ici 2010. Il prévoit la mise au point d'un satellite capable d'acquérir des signatures de fonds de Terre et des cibles stratégiques (missiles balistiques) pour spécifier un futur programme opérationnel d'alerte avancée spatiale optique. Le programme démonstrateur prévoit un moyen d'acquisition de données-images en orbite ainsi que des moyens de traitement au sol. La solution optronique devra utiliser des bandes spectrales adaptées à l'observation des jets de missiles en phase propulsée.

Le programme LOLA (Liaison Optique Laser Aéroportée) conduira à l'établissement d'une liaison optique entre un terminal optique embarqué sur un drone et un terminal optique embarqué sur un satellite de télécommunication. Le programme a pour objectif d'établir la faisabilité technologique et de caractériser la disponibilité opérationnelle d'une liaison optique entre un aéronef et un satellite ; il s'appuiera sur les acquis de SILEX et les parties spécifiques à l'embarquement du terminal optique devront être développées. Parallèlement, la stabilité du pointage du terminal embarqué sur l'aéronef et la maîtrise des effets de propagation du signal lumineux dans l'atmosphère constitueront les points essentiels pour de nouvelles solutions technologiques. La notification du marché aura lieu fin 2003 pour une livraison en 2006.

La cellule américaine de recherche pour les projets de défense avancés (DARPA) travaille actuellement sur la mise au point d'OAV (**Organic Air Vehicle**) pour un montant de 30 millions \$. Le drone incluant des solutions optroniques infrarouge démonstrateur devait être testé courant 2003 pour valider l'inclusion du programme OAV au sein du développement du champ de bataille en réseau Future Combat Systems (FCS).

En 2002, Lockheed Martin et Akron (USA) ont remporté un contrat de 35 millions \$ du Département de la Défense américaine pour livrer en très grande quantité un **système optronique multifonction défensif/ offensif** capable de neutraliser toutes les menaces optroniques et infrarouge sol-air et d'accomplir certaines tâches offensives par le recours à des capteurs optroniques. Ce système est principalement destiné aux avions de reconnaissances à basse altitude.

En cette année 2003, la Missile Defense Agency (USA) a conclu un contrat de 250 millions \$ sur les 10 prochaines années avec Lockheed Martin pour le développement de systèmes optiques de qualité pour son programme **Airborne Laser** (ABL) destiné à la destruction de missiles balistiques en plein vol à partir d'un avion équipé d'un laser.

Les termes du contrat portent essentiellement sur l'amélioration de la qualité du processus de fabrication pour le rendre fiable. La double problématique actuelle porte sur la réalisation d'optique de grande taille avec un traitement de surface susceptible de résister aux très fortes chaleurs générées par le système. Les premiers essais sont prévus début 2005.

Le Département de la Défense américaine teste et évalue actuellement un système d'alarme de reconnaissance d'obstacles pour ses hélicoptères. Le système **Helicopter Laser Radar (Hellas)** développé par l'allemand Dornier semble être la seule solution technologique actuellement opérationnelle ; elle repose sur l'utilisation de fibres optiques et de laser dans le proche infrarouge avec un système d'affichage optique.

Les programmes terrestres militaires

L'Armée britannique a conclu en 2001 un contrat pour le développement de missiles de défense aérienne à court rayon d'action pour un montant de 105 millions \$ avec Thales. Ces missiles incluront notamment le système d'acquisition de cible thermique infrarouge de Thales pour les conflits de nuit et par mauvais temps.

Les programmes navals

En cette année 2003, les américains Northrop Grumman et Sonoma Design se sont associés pour produire le Hunter II, un système de renseignement, de surveillance et d'acquisition de cibles basé sur l'optronique et les systèmes infrarouge pour les avions de chasse de la Navy. Lockheed Martin travaille actuellement sur la mise au point système de protection des navires de guerre contre les missiles thermiques et à guidée optique. Le **SHIELDS (Shipboard Integrated Electrooptic Defense System)** représente l'axe de travail prioritaire et repose sur l'utilisation d'un faisceau laser infrarouge pour dévier les missiles de leur trajectoire. Le coût unitaire ne devrait pas dépasser 10 millions \$. La mise en service d'un démonstrateur est prévue pour la fin 2004.

Northrop Grumman a remporté en 2002 un contrat de 37 millions \$ pour le développement d'un **système aérien rapide de neutralisation de mines sous-marines et de surface**. Cet équipement prévu pour les hélicoptères embarqués utilisera un système optronique de détection et de localisation pour l'acquisition de cibles et l'armement d'un canon de 30 mm.

Les modalités de la nouvelle doctrine de dissuasion française sont actuellement discutées pour être fixés début 2004. Cela devrait permettre le **développement de nouveaux missiles et têtes nucléaires, d'un quatrième sous-marin lance engins de nouvelle génération et de missiles balistiques M51**. Le programme sera mis en place durant l'année 2004 avec un budget de 17 milliards € sur une période de 6 ans.

PRINCIPAUX ACTEURS FRANCILIENS ET INTERNATIONAUX

Le tableau des acteurs franciliens est une liste exhaustive qui regroupe l'ensemble des entreprises proposant des solutions optiques/ optroniques sur les quatre segments de marchés définis précédemment (composants standards, spécifiques...).

Le tableau des vingt premiers acteurs mondiaux reprend les mêmes critères. Le chiffre d'affaires présenté correspond si possible le plus souvent à la partie du chiffre d'affaires global de l'entreprise ou du Groupe qui est consacrée aux activités optroniques Espace & Défense.

4.1 Les principaux acteurs français et franciliens

L'Île de France constitue le premier pôle technologique et centre de décision pour les activités spatiales, aéronautiques et de défense en Europe. La Région offre une importante concentration de

sièges sociaux, de centres de R&D et de sites de production qui lui assurent un rayonnement économique et des capacités de transfert de technologie internationaux.

Parmi les quelque 2.500 acteurs franciliens adressant les marchés du spatial, de l'aéronautique et de la défense, une quarantaine (1,6%) propose des produits ou des offres globales intégrant des solutions optroniques.

Ces entreprises représentent 36 000 emplois directs et plus largement 72.000 en comptabilisant les emplois indirects. Ces entreprises franciliennes constituent à elles seules 35% des effectifs nationaux dans ces filières et près de 9% de l'ensemble des effectifs européens.

30% de ces acteurs sont des maîtres d'œuvre internationaux réalisant un chiffre d'affaires de 20,6 milliards € (86% du chiffre d'affaires francilien des activités concernées). Ces activités intègrent des solutions technologiques optroniques sous-traitées en partie aux sous-systémiers ou aux fabricants de composés optroniques franciliens. Ainsi de grands maîtres d'œuvre tels que Thales Optronics, Dassault Aviation ou Alcatel Space côtoient des fabricants de composants spécifiques comme Cilas ou BFI Optilas et des PME comme Microvision Instruments ou Capey Optronics.

LES ACTEURS FRANÇAIS et FRANCILIENS			CA 2002 en Euros	URL
Thales Air Defence	IdF	MO	6,2 milliards	www.thales-airdefence.com
ESA	IdF	MO	2,9 milliards	www.esa.int
MBDA	IdF	MO	2 milliards	www.mbda.net
Oktal	Toulouse		1,8 milliard	www.oktal.fr
CNES	IdF	MO	1,7 milliard	www.cnes.fr
Alcatel Space	IdF	MO	1,3 milliard	www.alcatel.com/space
Dassault Aviation	IdF	MO	1,2 milliard	www.dassault-aviation.com
Thales Systèmes Aéroportés	IdF	MO	1,1 milliard	www.v3.thalesgroup.com/airbornesystems
Thales Communication	IdF	MO	1 milliard	www.thales.communications.com
EADS Systems&Defence Electronics	IdF	MO	1 milliard	www.eads.net
Astrium SAS	IdF	MO	797 millions	www.astrium-space.com
Thales Avionics	IdF	MO	731 millions	www.thales-avionics.com
Sagem Optronique & Avionique	IdF	MO	443 millions	www.sagem.com
Zodiac Intertechnique	IdF		333 millions	www.zodiac.com
Thales Optronique	IdF	MO	216 millions	www.thalesgroup-optronics.com
Sagem Defense	IdF		213 millions	Sagem Defense
Acome	IdF		176 millions	www.acome.fr
Avanex	IdF		120 millions	www.alcatel.fr/optronics
TDA Armement	IdF		97 millions	www.tda-arm.com
Radial	IdF		55 millions	www.radial.com
Sofradir	IdF		45 millions	www.sofradir.com
Sodem	IdF		44 millions	www.sodem.fr
Quantel	IdF		35 millions	www.quantel.fr
Cameca	IdF		31 millions	www.cameca.fr
Cybernetix	Marseille		28 millions	www.cybernetix.fr
BFI Optilas SA	IdF		26 millions	www.bfioptilas.com
Egide	IdF		24 millions	www.egide.fr
Cilas	IdF		24 millions	www.cilas.fr
Saso	Aix		10 millions	www.saso.com
Cedip	IdF		8 millions	www.cedip-infrared.com
RCI	IdF		6 millions	www.rci-France.com
EADS Fleximage	IdF		5 millions	www.fleximage.fr
Fort	IdF		2 millions	www.fort-fr.com/
Imagine Optic	IdF		2 millions	www.imagine-optic.com/index2.php#
Microvision Instruments	IdF		2 millions	www.microvision.fr
Capey Optronique	IdF		1 millions	www.capey.com/
Alprimage	IdF		NC	www.alprimage.com
COSE Conseil et Service	IdF		NC	www.cose.fr
Da-LightCom	IdF		NC	www.da-light.com
Isotope Electronics	IdF		NC	www.isotope-electronics.com

Légendes : MO : Maître d'œuvre, IdF : Ile de France, NC : Non Communiqué

4.2 Les vingt premiers acteurs internationaux

LES 20 PREMIERS ACTEURS INTERNATIONAUX			CA 2002 en Euros	URL
Raytheon Missile Defence	USA	MO	16,9 milliards	www.raytheon.com
Lockheed Martin Integrated Systems	USA	MO	9,6 milliards	www.lockheedmartin.com
Lockheed Martin Aeronautics	USA	MO	7,4 milliards	www.lockheedmartin.com
Lockheed Martin Aerospace	USA	MO	6,5 milliards	www.lockheedmartin.com
BAE Systems	Angleterre	MO	6,3 milliards	www.rokar.com
Northrop Grumman Electronics Systems	USA	MO	5,9 milliards	www.northgrum.com
General Dynamics Information Systems	USA		3,7 milliards	www.generaldynamics.com
Northrop Grumman Integrated Systems	USA	MO	3,6 milliards	www.northgrum.com
Tyco electronics	USA		3,5 milliards	www.tycoelectronics.com/aerospace/
Northrop Grumman Space Technology	USA	MO	2,5 milliards	www.northgrum.com
Rockwell Collins	USA		2,2 milliards	www.rockwellcollins.com
TRW Space & Electronics	USA	MO	2 milliards	www.trw.com
Aleria Marconi Systems	Italie	MO	1,2 milliard	www.amsjr.com
Loral Space	USA	MO	1,1 milliard	www.oral.com
Rohde & Schwarz	Allemagne		870 millions	www.rohde-schwarz.com
Ebit Systems	Israël		765 millions	www.el-op.co.il
Saab Aerospace	Suède	MO	528 millions	www.saab.se
Saab Systems & Electronics	Suède	MO	497 millions	www.saabsystems.com.au
Galileo Avionica	Italie		486 millions	www.galileoavionica.it
GEC Marconi Opticals	Angleterre	MO	437 millions	www.marconi.co.uk

Légendes : MO : Maître d'œuvre