

RAPPORT D'ÉTUDE CEMM – 2016 – n° 2

Eclairages complémentaires au rapport d'étude de 2014

LE MONDE MARITIME A L'AVANT-GARDE DU PROGRES TECHNOLOGIQUE

L'Académie de marine a remis un rapport en 2014 à l'EMM sur ce thème nommé « thème 2 ». Le 22 avril 2015, l'EMM a posé quatre questions complémentaires :

- « - Etablir une cartographie de l'industrie navale en France et au sein de l'Union Européenne (bassins d'emploi, chiffres d'affaires, rapport investissement/richesses créées).
- Quelle doit être la place de l'humain dans les évolutions technologiques, en particulier dans la boucle des automatismes ?
- Comment dynamiser le développement des capacités à usage dual et à objectifs multiples dans des domaines comme la cybersécurité, les moyens navals et aériens (drones en particulier), les navires-écoles, la logistique navale ?
- Quelles sont les technologies qui devront rester à usage strictement militaire ? »

Les quatre fiches jointes s'efforcent de répondre à ces questions.

Panorama de l'industrie navale européenne

Introduction

Bien que de nombreuses entités industrielles pratiquent simultanément les deux activités, on distinguera les activités civiles et militaires car elles sont très différentes en termes de volumes, de marchés accessibles et sur bien d'autres aspects.

L'industrie navale civile s'est totalement mondialisée (marché libre d'accès avec de rares exceptions explicites comme le John'Act aux Etats-Unis qui stipule qu'un navire navigant sous pavillon américain doit être construit aux Etats-Unis) et a migré progressivement en un demi-siècle de ses pays d'origine (Europe et Etats-Unis) vers l'Asie. En 2015, les pays asiatiques ont en volume 95 % du marché avec trois géants (Chine : 47 % ; Corée du Sud : 28 % ; Japon : 17 %) qui représentent à eux seuls 92 % de ce marché. Toujours en volume, l'Europe ne représente plus que 1 %. Depuis le début de l'ère industrielle, cette industrie a beaucoup de mal à s'autoréguler et les périodes florissantes alternent avec des crises profondes. Il faut citer en particulier la grande crise des années de fin 70 à début 80 qui a vu disparaître en peu de temps la moitié de la capacité mondiale et en frappant durement l'Europe (chantiers polonais, suédois et français en particulier). Plus récemment, la crise de 2008 a vu la fermeture ou la rationalisation d'un bon millier de chantiers ; de nombreux experts sont inquiets du rebond qui a suivi et redoutent qu'on soit à nouveau confronté à terme à une crise spéculative et surcapacitaire (réf : le dernier rapport annuel BRS). Les chantiers européens qui ont survécu à ces crises ont dû adopter des stratégies spécifiques, la plus connue étant la stratégie de niche sur les navires à passagers où les trois grands en Europe (Fincantieri, Meyer Werft et STX) se partagent l'essentiel du marché. La crise de 2008 a modifié profondément la donne en Europe. L'Allemagne, longtemps en tête, n'a pas résisté sur le créneau des navires de charge standards ; actuellement, le plus grand chantier civil européen est de loin Daewoo Mangalia, société héritière des arsenaux roumains ; ce chantier est capable de produire des navires de charge de taille appréciable, par exemple des porte-conteneurs de 8 000 boîtes et plus.

A l'opposé, le naval militaire reste essentiellement un marché captif domestique où les exportations sont évidemment soumises au contrôle des Etats respectifs. Les restructurations industrielles importantes y sont rares ; il faut citer à titre de contre-exemple la création aux Etats-Unis en 2011 de la société Huntington Ingalls Industry qui est l'aboutissement de la fusion de Newport News et de Ingalls Shipbuilding ; cette société est de loin le plus grand acteur du naval militaire dans le monde. En Europe, il est peu vraisemblable que la création d'un « EADS » du naval militaire soit pour demain. Certains programmes militaires (frégates, sous-marins) ont fait ou font l'objet de coopérations transnationales entre pays européens, ce qui est un premier pas vers la mise en commun des

ressources. C'est une industrie qui reste dispersée et où les sociétés qui ont une forte partie de leur activité dans le domaine militaire sont très tributaires pour leur bonne santé économique du volume d'activité que leur donne leur marine militaire nationale. Cela est aussi vrai à une autre échelle pour l'industrie navale militaire des Etats-Unis.

Il est traité ci-après :

- de l'industrie navale en France,
- de l'industrie navale dans les autres pays de l'Union Européenne.

L'industrie navale en France

Le GICAN, Groupement des Industries de Constructions et Activités Navales, regroupe la plus grande partie des sociétés françaises ayant une activité dans le domaine naval au sens large. Il faut noter que les sociétés ayant une activité dans les plates-formes en mer, pétrole ou gaz, font partie du GEP/AFTP, groupement des industries parapétrolières et paragazières.

Le périmètre du GICAN est le suivant :

- construction et réparation navale civile,
- construction navale militaire, maintien en condition opérationnelle, systèmes d'armes, services et soutien associés,
- équipements navals civils et militaires,
- sécurité, sûreté et environnement maritime,
- énergies marines renouvelables et autres activités en mer.

Le GICAN regroupe environ 160 sociétés pour un chiffre d'affaires cumulé d'environ 8,5 G€ et de l'ordre de 40 000 emplois. A titre de comparaison, le GEP/AFTP représente 80 000 emplois, 250 sociétés et un chiffre d'affaires cumulé de 35 G€, réalisé à 90 % à l'export. Les sociétés membres du GEP/AFTP ont des activités à la fois terrestres et en mer, cette dernière représentant environ 40 % en moyenne. Comme la construction navale, l'industrie *offshore* a des hauts et des bas. La période actuelle est très difficile avec la chute du cours du pétrole qui n'incite pas du tout les « major oil and gas » à investir dans de nouveaux projets en mer ; l'histoire de l'industrie *offshore* montre qu'elle sait gérer ces périodes peu fastes et rebondir dès que la conjoncture redevient plus favorable.

Sur le plan plus strict de l'industrie navale, la situation en France est le résultat :

- de l'évolution des « arsenaux de la marine » jusqu'à DCNS d'aujourd'hui dont elle est la principale héritière,
- du seul chantier capable de produire de grands navires de surface qui ait survécu aux crises successives, le site de Saint-Nazaire, aujourd'hui STX Europe,
- d'initiatives heureuses pour développer au niveau de PME l'activité navale sur des créneaux pertinents, en général des navires de taille modeste (moins de 120 mètres pour fixer les idées),
- d'un itinéraire plus chaotique en matière de réparation navale où le seul site important (Brest) est passé sous le contrôle de la société néerlandaise DAMEN après la liquidation de SOBRENA.

DCNS est aujourd'hui l'acteur majeur du naval militaire en France. Sortie de l'administration en 2005 pour être transformée en société industrielle, elle s'est vue complétée de l'apport de THALES en matière de systèmes de combat navals pour mettre fin à une concurrence franco-française plutôt

nuisible pour les deux partenaires. DCNS est aujourd'hui une société qui emploie 12 500 personnes et son chiffre d'affaires est de 2,5 G€. DCNS est répartie sur 10 sites géographiques pour des raisons essentiellement historiques ; cette entité sait assurer la maîtrise d'œuvre, l'ingénierie, la réalisation et la maintenance de tous les navires militaires de premier rang (porte-avions, frégates, SNLE, SNA). DCNS et les entités dont elle est l'héritière, ont enregistré depuis des décennies et enregistrent toujours de très beaux succès à l'exportation, essentiellement dans les domaines des frégates et des sous-marins. Aujourd'hui, DCNS assure son activité :

- par un socle constitué par son client Marine nationale, qu'il s'agisse d'ingénierie, de réalisation, de maintenance et des services associés ; on peut noter que son effectif est assez semblable à celui de BAE Systems au Royaume-Uni pour réaliser des prestations assez comparables auprès de la Royal Navy,
- par un complément indispensable à l'exportation de navires militaires, puissant aiguillon pour être compétitif.

DCNS s'est aussi lancé pour valoriser au mieux ses compétences dans la voie difficile de la diversification (nucléaire civil, énergies marines renouvelables,...)

STX Europe a deux sites en France, à Saint-Nazaire et Lorient ; le site de Lorient (40 salariés) est devenu une annexe du site principal comme fabricant de composants. STX est l'héritier d'une grande tradition de réalisation de très grands navires à Saint-Nazaire (des navires civils bien sûr- faut-il rappeler les paquebots *Normandie* et *France*, les pétroliers géants type BATILUS, mais aussi de grands navires de guerre (cuirassé *Jean Bart*). Saint-Nazaire, seul site survivant de la crise évoquée précédemment, a réussi une réorientation vers les grands navires à passagers dans les années 80. La conjoncture est particulièrement faste aujourd'hui avec des commandes massives de grands paquebots (qui ont aussi profité aux deux grands concurrents européens, Fincantieri et Meyerwerft) et qui assurent un plan de charge jusqu'à 2020. STX représente en France plus de 2 500 emplois directs et un chiffre d'affaires annuel de plus de 500 M€. Le site de Saint-Nazaire est le dernier en France à pouvoir produire la structure d'un très grand navire de surface, DCNS n'ayant plus cette capacité depuis la fermeture des ateliers « bâtiments en fer » de Brest dont le porte-avions *Charles de Gaulle* a été la dernière production. Saint-Nazaire sait aussi produire certains navires militaires destinés à la Marine nationale ou à l'exportation (frégates, BPC).

Les PME qui réussissent en construction navale :

- PIRIOU : ce chantier de Concarneau a des implantations en Pologne, au Nigéria et au Vietnam ; son effectif est de plus de 1 000 employés dans le monde et son chiffre d'affaires est de 150 M€ en 2013. Il est capable de concevoir et construire de nombreux types de navires jusqu'à 120 m : pêche, remorquage, service *offshore*, service public, action de l'Etat en mer,...
- CMN ; implantée à Cherbourg, cette société compte 375 personnes pour un chiffre d'affaire 2014 de 20 M€. Elle propose une large gamme de navires, ses infrastructures lui permettant d'aller jusqu'à 3 500 tonnes et une longueur de 110 m. Très connue pour ses réalisations militaires (patrouilleurs, navires rapides de combat), elle propose aussi de nombreux navires civils : action de l'Etat en mer, anti-pollution, navires scientifiques, assistance en mer, remorquage, yachts,...
- SOCARENAM : implantée à Boulogne-sur-Mer, cette société emploie 200 personnes et a un chiffre d'affaire 2014 de 20 M€ ; elle propose une vaste gamme de navires petits ou moyens : pêche, remorquage, navires de travail, patrouilleurs, navires scientifiques, services en mer,...
- RAIDCO MARINE : très petite société (une dizaine de personnes) implantée à Lorient, elle n'en réalise pas moins un chiffre d'affaire 2014 de 27 M€, cela étant dû à des méthodes assez originales en construction navale (très large appel à des partenaires). Son offre est à la fois militaire (patrouilleurs et vedettes dédiés à l'action de l'Etat en mer) et civile (servitudes portuaires et côtières, petits transports de passagers) ;
- Le cluster de La Ciotat : basé sur les installations de l'ancien NORMED, il regroupe une quarantaine d'entreprises (un total de 600 emplois) et est spécialisé dans la maintenance et la rénovation des grands yachts.

Au-delà de la construction navale au sens strict, il faut mentionner les grands « équipementiers » en matière de systèmes d'armes navals, avec au premier rang THALES. THALES est un groupe de

67 000 employés pour un chiffre d'affaires de 14,2 G€ dont la moitié est réalisé dans les activités de défense et dont un quart est réalisé en France. Dans les activités navales de surface, THALES est présent dans les systèmes d'information, de commandement, de gestion de combat et les équipements : radar, sonar, communications, optronique, guerre électronique, systèmes d'armes. Dans le domaine des activités sous-marines, THALES est présent dans les sonars et la chasse aux mines. THALES est aussi présent dans les systèmes de sécurité maritime.

Enfin, pour ce qui concerne la France, il y a de nombreuses entités très diverses (Bureau Veritas, ingénieries, bailleurs de licence, bureau d'études, laboratoires, équipementiers) qui ont tout ou partie de leurs activités dans le domaine maritime et qui, pour bon nombre d'entre elles, y réussissent très bien (se reporter aux annuaires du GICAN et du Cluster Maritime Français pour de plus amples informations).

L'industrie navale dans l'Union européenne

1 Allemagne

L'industrie navale allemande a beaucoup souffert dans un passé récent de plusieurs événements défavorables.

En premier lieu, la crise de 2008 qui a touché tous les secteurs civils (armateurs, chantiers navals) a fait perdre à l'Allemagne son leadership européen, notamment en matière de porte-conteneurs. Dans le domaine militaire, l'industrie allemande a souffert d'une baisse des commandes nationales et d'une érosion de ses marchés à l'exportation où la concurrence s'est accrue dans un marché limité. Par exemple, l'Allemagne, longtemps dominante sur le segment des sous-marins à l'exportation avec un produit phare, le type U 209, et sans réelle concurrence, a vu ses positions être sérieusement entamées par de nouveaux entrants (la France avec le type Scorpène et plus récemment la Corée du Sud).

Après cette période assez grise, la « GermanShipbuilding and Ocean industries Association » (VSM) fait état d'une certaine embellie depuis 2014. Les sociétés membres de VSM représentent en 2014 un total de 18 000 employés avec un carnet de commande global de 10 G\$; il ne faut pas faire de comparaison hâtive avec le GICAN car le périmètre n'est pas le même. Les difficultés ont entraîné des restructurations majeures du secteur sous l'égide du conglomérat ThyssenKrupp (150 000 employés dans le monde) :

- TKMS (ThyssenKrupp Marine Systems) a absorbé HDW en 2005 et représente 3 200 employés répartis entre trois divisions : sous-marins à Kiel (l'ex- chantier HDW) avec plus de 2 000 personnes, bâtiments de surface à Emden et Hambourg, services (MCO) à Kiel et Hambourg ;
- Blohm+Voss, chantier historique tant sur le plan militaire que civil et dont le siège est à Hambourg, est désormais aussi partie intégrante de ThyssenKrupp.

Deux autres entités méritent d'être citées en Allemagne :

- Lürssen, dont le siège est à Brême et qui dispose de plusieurs sites en Allemagne ; cette société compte plus de 1 600 employés pour un chiffre d'affaires dépassant 800 M€ ; elle est spécialisée dans les yachts de luxe jusqu'à plus de 170 m et les navires militaires de petite ou moyenne taille (vedettes armées, patrouilleurs, chasseurs de mines, corvettes et frégates) ;
- Meyer Werft, implanté à Papenbourg, spécialisé dans les navires de croisière ; cette société compte désormais plus de 5 000 personnes (dont 3 200 en Allemagne) depuis le rachat du chantier de Turku (ex STX Finland) également spécialisé dans les navires à passagers ; elle bénéficie, comme Fincantieri et STX France de la soudaine embellie du marché de la croisière.

En résumé, l'industrie navale allemande peut se caractériser de la façon suivante :

- Un choc très dur qui lui a fait perdre sa position dominante en Europe sur les navires de charge ;
- de belles positions sur les navires de croisière et les yachts de luxe ;
- la préservation de l'outil industriel nécessaire pour satisfaire les besoins de la marine allemande ;

- un dynamisme jamais démenti pour exporter, qu'il s'agisse de civil ou de militaire ;
- le manque d'intérêt pour s'associer à d'autres entités européennes, ce qui n'exclut pas des rachats purs et simples (exemple de Turku).

2 Espagne

L'industrie navale espagnole a connu un chemin très méandreux dans les deux dernières décennies (fusion des activités civiles et militaires, puis à nouveau séparation). Elle a perdu pied dans la construction des grands navires civils. Elle est un exemple de la difficulté à faire évoluer une industrie entièrement étatique et subventionnée au sein de l'Union Européenne.

En 1997, il y a fusion des activités navales civiles (Astilleros Espagnoles) et de BAZAN, le groupe exclusivement dédié au naval militaire, au sein d'une nouvelle entité IZAR. Au début des années 2000, l'UE considère que les subventions accordées par l'Etat espagnol sont illicites ; elle demande que les activités civiles soient privatisées, mais accepte une réorganisation des chantiers militaires d'Etat selon la règle que chaque Etat peut préserver ses intérêts en matière de défense. Les chantiers militaires d'Etat initialement dans IZAR sont donc regroupés en 2005 au sein d'une nouvelle entité appelée NAVANTIA.

Un document ICEX de 2010 fait état de l'existence la même année de 24 chantiers de construction neuve et de 11 chantiers de réparation, pour seulement 8 000 emplois directs, ce qui montre la grande dispersion du secteur en Espagne. Il faut noter la bonne tenue du secteur de la réparation civile sur des façades maritimes favorables (Ferrol, La Corogne,...).

NAVANTIA est donc une industrie 100 % étatique qui regroupe tout ce qui est nécessaire à une industrie navale militaire : ingénierie, constructions neuves, systèmes de combat, systèmes de conduite et de surveillance, énergie-propulsion, services. En 2012, elle compte plus de 5 000 emplois directs pour un chiffre d'affaires de 900 M€. Essentiellement dédiée à la marine espagnole, NAVANTIA a connu quelques beaux succès export (porte-aéronefs thaïlandais, rénovation de la marine australienne,...).

La stratégie de coopération européenne reste peu lisible, à supposer qu'elle existe ; tout semble résulter d'opportunités et de volte-face soudaines ; l'exemple des sous-marins depuis le programme franco-espagnol Scorpène est caractéristique ; une seule constance, l'ancrage aux Etats-Unis en matière de systèmes de combat et d'armes navals.

3 Italie

L'industrie navale italienne se caractérise par un géant, la société nationale Fincantieri, et de nombreuses entités plus petites dont certaines sont très performantes pour des navires de taille limitée. Il y a une certaine analogie avec l'industrie navale française à une nuance de taille près : Fincantieri est à la fois présent sur les navires civils et les navires militaires.

Fincantieri a environ 10 000 salariés, un chiffre d'affaires de 2,5 G€, huit sites industriels (données 2011) et exerce son activité dans les créneaux suivants :

- navires de croisière et navires de transport (ferries) : Fincantieri est actuellement le n° 1 mondial des navires à passagers,
- navires militaires de tous types,
- réparation navale,
- systèmes et composants navals,
- yachts de luxe.

Dans le domaine militaire, c'est une entité qui sait coopérer (FAA, FREMM), ce qui assez rare en Europe.

4 Royaume-Uni

L'industrie navale au Royaume-Uni est le résultat :

- d'une volonté jusqu'ici jamais démentie de maintenir un outil industriel capable de satisfaire les besoins de la Royal Navy ;
- à l'opposé, d'une relative absence d'intérêt pour la construction navale civile : ce pays qui a été le berceau de la construction navale civile de masse au XIX^{ème} siècle a vu complètement s'étioler ce secteur dans les quarante dernières années.

Au terme d'une histoire passablement compliquée, l'industrie navale militaire britannique est aujourd'hui regroupée pour l'essentiel dans deux entités de BAE Systems Maritime :

- « Naval Ships » qui traite des bâtiments de surface et de leurs systèmes de combat ; entité multisites pour des raisons historiques (Glasgow, Portsmouth, ...),
- « Submarines », division implantée à Barrow in Furness.

Ces deux entités emploient chacune environ 7 000 personnes. En dépit de l'étiollement de sa construction navale civile, le Royaume-Uni a conservé tout un tissu de sociétés de matière grise (ingénieries, laboratoires) issues de la grande tradition navale de ce pays. Il faut citer en particulier BMT (British Marine Technology) qui emploie 1 500 personnes, en majorité des ingénieurs et des scientifiques, et qui est spécialisée dans l'ingénierie navale.

Les tentatives de coopération avec les Britanniques (sous-marins, frégate Horizon, porte-avions) se sont traduites par des fiascos dont les industriels sont loin d'être les seuls responsables.

5 Les autres pays de l'UE : Belgique, Croatie, Danemark, Finlande, Grèce, Pays-Bas, Portugal, Pologne, Roumanie, Suède

Il ne sera pas décrit dans le détail les industries navales de ces pays qui sont en-deçà de celles des pays qui viennent d'être examinés.

Les Pays-Bas et la Suède, pays de grande tradition navale tant sur le plan civil que militaire, ont conservé des moyens industriels non négligeables.

D'autres pays (Roumanie, Croatie) réussissent encore bien dans le domaine hyperconcurrentiel des navires de charge.

6 Conclusions

Une industrie très dispersée avec :

- quelques pôles industriels puissants (10 000 personnes et plus) tous solidement adossés au naval militaire, donc tributaires des commandes dans ce domaine et de concurrents asiatiques à terme (sous-marins, frégates) pour ceux qui exportent ;
- quelques pôles moyens (mille à quelques milliers de personnes) dans des activités diverses (construction de navires à passagers, ingénierie avancée,...), secteurs pour le moment peu menacés par la concurrence asiatique ;
- une myriade de PME (moins de 1 000 personnes) dont beaucoup ont su trouver leur place y compris au niveau mondial.

Une industrie peu encline à coopérer :

- parce que les coûts de développement et d'études sont faibles, sauf exceptions, ce qui n'incite pas à les partager ;
- dans le cas des exceptions (par exemple les navires militaires très sophistiqués, sous-marins nucléaires, porte-avions, frégates de premier rang), sans doute parce qu'un pays hésite à abandonner des pans de compétence et à s'en remettre à un autre, ce qui pourrait fragiliser son autonomie de décision ; la grande difficulté à s'entendre sur un besoin commun ne facilite pas non plus les choses.

La performance économique de l'industrie navale

Il est difficile de répondre à cette dernière question de l'EMM tant les situations sont diversifiées et souvent fluctuantes dans le temps.

La construction navale civile traditionnelle n'est pas considérée comme un secteur de haute rentabilité. Elle reste une activité de main d'œuvre, très tributaire des coûts de main d'œuvre (d'où une tendance permanente à migrer vers des pays avantageux sur ce point), des coûts des matières premières (acier notamment), des fluctuations de taux de change et de la conjoncture du marché. Le taux de marge y est faible, l'histoire montrant cependant que les prix de vente peuvent s'envoler dans certaines périodes fastes. Les grands chantiers coréens s'en sortent par l'effet de volume, la grande quantité de navires livrés leur donnant une capacité de réinvestissement. On constate cependant dans le cas du grand chantier coréen DSME (Daewoo) que l'Etat coréen peine depuis des années à élargir le tour de table et à trouver des investisseurs pour pouvoir se désengager au moins partiellement. On constate aussi dans les grands conglomérats coréens, où l'activité navale est minoritaire par rapport à d'autres (audiovisuel, informatique, électronique, automobiles, BTP, ...), que cette activité est loin d'être classées parmi les plus profitables. On constate enfin que chaque crise se traduit par une avalanche de faillites. La construction navale reste une activité fragile sur le plan économique.

A l'opposé, les grands programmes militaires navals (sous-marins nucléaires, porte-avions) ressortent de « l'économie dirigée ». L'Etat investit pratiquement tout (infrastructures, développement, réalisation), exerce sa tutelle sur les acteurs industriels ; la notion de performance économique au sein d'un marché ouvert n'a pas de sens.

Toujours dans le domaine militaire, l'exportation est de plus en plus concurrentielle avec un élargissement continu des acteurs industriels, qu'il s'agisse de bâtiments de surface ou de sous-marins. Cela ne va pas évidemment dans le sens de marges élevées. L'époque des grands marchés « pactole » conclus de gré à gré paraît révolue.

Enfin, il faut noter que l'investissement public est partout, tant en Europe qu'ailleurs, dans le civil comme le militaire : à titre d'exemple, les « grands ports de France » (et les structures qui les ont précédés) ont un rôle majeur notamment dans les infrastructures (formes, moyens de manutention,...).

Pour terminer, on retiendra pour la France que :

- l'industrie navale représente 40 000 emplois directs (il faut multiplier environ par trois pour les emplois indirects) avec des zones particulièrement concernées (Ouest au sens large, à savoir Bretagne, Pays nantais et Cotentin ; façade méditerranéenne) ;
- au-delà de cette notion de bassin d'emploi, cet outil est indispensable pour réaliser les navires dont notre Marine a besoin.

Quelle doit être la place de l'humain dans les évolutions technologiques, en particulier dans la boucle des automatismes ?

Il est apparu opportun de scinder la réponse à cette question en deux parties :

- L'une relative à un horizon de 10-15 ans pour améliorer les systèmes d'aujourd'hui alors que la Marine nationale vient de consentir de gros efforts pour une automatisation encore plus poussée et une réduction corrélative des équipages pour des programmes majeurs (FREMM, sous-marins type Suffren).
- L'autre partie, plus prospective, et donc plus risquée pour l'au-delà car les navires militaires seront inéluctablement affectés par la nouvelle révolution numérique qui vient de commencer; ceux et celles qui conduiront les navires de 2030 et au-delà vont connaître cette révolution numérique (traitement massif de données, robotique, connectivité généralisée entre objets, intelligence artificielle, nanotechnologies) dès leur jeunesse.

1^{ère} partie

Les systèmes complexes très automatisés et maintenant pour la plupart très informatisés sont relativement récents, environ un demi-siècle. C'est vrai pour le naval militaire, apparition du SENIT et des SNLE type *Le Redoutable* très fortement automatisés, comme pour tous les systèmes complexes de transport, les processus chimiques ou la production d'énergie tant nucléaire que classique.

Les accidents catastrophiques les plus récents survenus à de tels systèmes montrent de façon évidente que les erreurs commises par les opérateurs figurent en bonne place et très souvent à la première place parmi les causes de ces accidents, d'où la tentation pour certains de supprimer totalement les opérateurs ou au moins de réduire encore davantage leurs moyens d'action dans la conduite et le contrôle de ces grands systèmes. Est-ce raisonnable ? Beaucoup de ceux qui se sont penchés sur cette question en doutent fortement et il existe une abondante bibliographie, dont les écrits de l'Ingénieur Général J.-C. Wanner sur ce qui doit revenir aux automatismes et sur ce qui doit être réservé à l'humain. L'analyse qui suit se limite aux grands navires hauturiers capables de missions très longues à la mer –plusieurs mois– soit seuls, soit au sein d'une force navale. De tels navires relèvent le plus souvent des mêmes principes que d'autres systèmes complexes, mais présentent aussi des spécificités liées à l'environnement, la durée de la mission, des limitations évidentes dans les soutiens extérieurs (voire leur totale absence comme par exemple le cas des SNLE) et un risque accru de se trouver confrontés à l'inattendu en ne pouvant compter que sur leurs propres moyens d'action.

Conformément à l'avis de nombreux experts, il est indispensable de maintenir l'homme à son poste de contrôle et de décision sur ces grands systèmes navals et de ne pas être tenté par une automatisation totale.

Chaque fois qu'une décision repose sur des choix :

- qui ne peuvent se réduire à des algorithmes déterministes faisant intervenir un nombre fini de paramètres internes ou externes, et des états du système pré-identifiés ;
- qui font intervenir une logique floue ou une évaluation qualitative de la situation, par exemple « quelle est ma moins mauvaise solution pour parvenir au plus près de l'objectif visé, mes moyens d'analyse déterministe me disant qu'il n'y en a aucune ? » ;
- qui nécessitent une saisie globale de la situation du type reconnaissance de forme.

Il faut que l'homme soit dans la boucle en restant maître de la décision finale, ce qui n'exclut pas bien sûr de mettre à sa disposition des outils d'aide à la décision.

Dans ces systèmes complexes, il y a une couche logicielle de plus en plus épaisse entre l'opérateur humain et ce qui sera appelé pour simplifier les organes de puissance au sens large (par exemple une turbine, un cœur nucléaire ou un système de lancement d'arme), d'où des problèmes de charge de travail dans certaines situations, de risque de représentation erronée de la vraie situation, de gestion des situations dégradées et de maintenance à la mer. L'homme a quitté progressivement ses habitudes de pilotage de « systèmes à ses dimensions » (ouvrir une vanne, manœuvrer un coupleur électrique,...) et se trouve confronté à des systèmes compliqués et distants qu'il ne perçoit qu'à travers un système totalement artificiel. Les premiers grands systèmes modernes ont été faits trop souvent en ne concevant pas la machine suffisamment en fonction de l'homme et en comptant sur la souplesse de celui-ci pour s'adapter. De nouveaux concepts d'ingénierie des systèmes complexes sont d'ores et déjà apparus pour donner au facteur humain la place qu'il mérite et recentrer la conception sur l'homme. On peut citer par exemple dans le domaine des navires militaires le concept d'illustrateur de besoin d'exploitation opérationnelle (IBEO). Il faut citer également d'autres technologies « human/friendly » issues de l'exploitation du monde Apple et Google. Selon une démarche désormais classique dans de nombreux secteurs industriels mettant en œuvre des systèmes complexes, il faut dépasser l'approche ingénierie produit pour mieux se focaliser sur l'usage.

Les systèmes largement automatisés conduits par des effectifs réduits exigent de l'homme davantage de polyvalence et de formation. Il faut veiller à ce que cela ne conduise pas à une surcharge de travail soit momentanée (gérer une situation rare), soit dans la durée.

Ces systèmes complexes sont aussi très sensibles au défaut de représentation de l'opérateur humain, voire à sa totale incompréhension de ce qui se passe dans des situations rares. On peut rappeler à cet égard un accident très grave sur un de nos SNA il y a plus de vingt ans. Alors que le sous-marin procède à une remontée d'urgence en surface consécutive à une alarme voie d'eau, l'opérateur responsable à la fois du réacteur nucléaire et de l'usine électrique ne comprend rien au comportement du réacteur nucléaire. Il ordonne, comme il doit le faire en de telles circonstances, la

pleine puissance au réacteur et il constate que celui-ci s'arrête. L'opérateur dira a posteriori sa stupéfaction et son désarroi devant cette situation paradoxale qu'on ne lui a jamais enseignée. L'opérateur machine n'est pas dans une meilleure situation et prend des décisions qui vont être lourdes de conséquences. Tout cela se passe en environ une minute alors qu'il faudra trois jours à la commission d'enquête pour reconstituer en détail les événements avec les enregistrements des boîtes noires. Les opérateurs ont souvent bon dos lorsqu'on parle d'erreur humaine, alors qu'ils n'ont pas été formés à des situations extrêmes, où le système leur fournit des informations parfois sibyllines. Les opérateurs ne peuvent appréhender l'état du système que par l'intermédiaire d'informations en relation plus ou moins directe avec le réel. Ils travaillent donc au travers d'une image mentale qui peut être totalement erronée et conduire à des actions néfastes. Il faut continuer à travailler sans relâche pour présenter à l'opérateur une information qui soit au plus proche de la réalité ; les nouvelles techniques de présentation de l'information autorisent un pronostic optimiste.

Les situations dégradées de ces systèmes complexes de plus en plus intégrés doivent pouvoir être contrôlées par l'opérateur humain, ce qui a des conséquences sur l'architecture du système, la formation et l'entraînement des opérateurs. Il existe quelques cas récents de navires de charge modernes qui se sont trouvés à la dérive, en panne totale énergie-propulsion à la suite d'une avarie du logiciel de conduite centralisée que l'équipage n'a su surmonter, une intervention externe étant nécessaire.

Dans le même ordre d'idées, il faut prévoir à bord (ou au sein de la force navale ?) les moyens de maintenance adaptés pour garantir la disponibilité de ces systèmes complexes et pouvoir faire face aux pannes. A titre d'exemple, si on compare les deux générations de SNLE type *Le Redoutable* et *Le Triomphant*, on constate :

- une réduction notable des postes de quart « plate-forme » qui résulte d'une automatisation accrue ; la réduction à quatre des hommes de quart dans la tranche A (un officier de quart, un opérateur réacteur nucléaire et usine électrique, un opérateur propulsion et un rondier) avait donné lieu à de vives discussions : « la tranche A, c'est un volume intérieur supérieur à celui d'un SNA et vous n'y laissez que quatre hommes ! » ;
- une stabilité des hommes de quart pour les systèmes d'armes tactiques et stratégiques ;
- une nette augmentation des spécialistes hors quart chargés en particulier de la maintenance.

On constate que la Marine nationale s'est engagée dans une nette réduction des équipages sur les navires les plus récents ou à venir (frégates type *Aquitaine* et sous-marins type *Suffren*) ; on constate aussi que d'autres marines majeures ne vont pas au même rythme. Le retour d'expérience sur une période significative (en paraphrasant J.-C. Wanner, il faut 2 625 ans d'observation d'un système pour valider un événement d'occurrence rare, soit 10^{-7} /heure) permettra de valider si ces choix ont été les bons, ce dont nous ne doutons pas a priori.

En conclusion, oui à l'automatisation, mais :

- conserver à l'homme sa capacité finale de décision dans les domaines que la machine gère encore mal ;
- attention à la charge de travail de l'opérateur humain ;
- encore travailler sur les interfaces homme-machine, notamment pour éviter les erreurs de représentation ;
- conserver à l'homme sa capacité à gérer les situations dégradées ;
- disposer des moyens d'expertise et de maintenance pour faire face aux pannes de ces systèmes complexes.

2^{ème} partie

Mais si l'on veut penser au-delà de 10-15 ans pour une nouvelle génération de matériels, il semble qu'une réflexion plus prospective mérite d'être menée, malgré toutes les incertitudes et tous les aléas qui accompagnent une telle démarche.

Poussée par les technologies en évolution rapide, l'industrie sera en effet conduite à proposer des solutions alternatives radicales et il semble raisonnable de s'y préparer pour que l'opérationnel puisse faire entendre sa voix quant à la réalité de *ses exigences* pour la mise en œuvre des systèmes.

Au moment des révolutions permanentes de l'information et de la dronisation/robotisation accélérée des champs de bataille aériens et terrestres, il apparaît utile qu'une approche créative plus résolument prospective soit au minimum envisagée pour répondre au questionnement *what if?* qui permet de penser de manière très ouverte.

2.1- IMPACT DES CAPACITES TECHNOLOGIQUES DE COMMUNICATIONS, D'INFORMATION ET « D'INTELLIGENCE »

À l'évidence les performances des moyens militaires vont sans cesse augmenter, tirées par une industrie civile hyperpuissante qui produit déjà des drones domestiques d'emploi simple et d'exploitation optimisée. La communication avec les systèmes sous-marins restera complexe (sauf découverte spécifique) mais pourrait bénéficier de câblages sous-marins. La communication avec les moyens aériens et spatiaux semble déjà bien maîtrisée pour un important nombre de missions d'information et de combat.

L'IA fait des progrès remarquables pour amplifier les capacités de perception et d'interprétation humaines. Elle sera massivement proposée par l'industrie pour que l'opérateur devenu de plus en plus décideur dispose en temps quasi réel d'une information complète sur un sujet, afin de permettre une décision prenant en compte un maximum de contraintes (rendu possible par les machines conçues selon le principe du *deeplearning*).

Les dispositifs de commande/contrôle automatisés déterministes des systèmes complexes devraient progresser au point de rendre possible une quasi-autonomie de systèmes opérant sur de longues périodes.

Corrélativement, la capacité d'intervention des équipages ou d'équipes volantes devrait cependant être maintenue à un haut niveau pour permettre des interventions éventuellement complexes du fait du caractère inédit de l'avarie. Ces équipes devront disposer de moyens d'information et de compréhension des processus en avarie extrêmement conviviaux et robustes.

2.2- PLACE DE L'HOMME ET ASPECTS CULTURELS ET SOCIAUX

Tout d'abord l'opérationnel doit rester à la manœuvre pour décider la palette des moyens et ne pas se trouver devant le fait accompli d'un *toujours plus* technologique ruineux et devenu trop aléatoire. Il doit cependant éviter une trop grande frilosité et un conformisme qui le conduiraient à reconduire simplement les pratiques antérieures, sans refonder sa réflexion.

Si la technologie militaire a longtemps donné le *la* en matière de progrès, il importe d'être plus circonspect aujourd'hui et d'exploiter en profondeur toutes les capacités permises par une industrie civile galopante et aux financements sans limites, en particulier dans les domaines de l'information et de la robotisation.

La substitution de la machine robotisée à l'homme dans tous les secteurs d'activité est indéniablement le *Graal* de tous les Google de la « *progrétosphère* », même si on peut raisonnablement craindre le manque d'anticipation des redoutables conséquences sociales et économiques de cette révolution en marche.

Le terrorisme impose une guerre où les automates ne peuvent jouer qu'un rôle d'aide et non de substitution. Les mouvements migratoires liés à l'insécurité, à la mondialisation et au changement climatique ne peuvent être analysés, canalisés et orientés que par des moyens humains.

Si la technique demande moins de bras et d'intelligence humaine dans le futur, ces capacités libérées devront être réorientées vers d'autres tâches tournées vers l'humain et qui nécessiteront des

formations particulières. Les jeunes générations sont celles du jeu vidéo et des réseaux sociaux, habituées à créer des alliances de circonstance très changeantes dans le temps et l'espace. Elles imposeront des IHM analogues à celles de leurs smartphones et autres tablettes. Leur pratique de la communication s'imposera partout de facto.

Les nouvelles générations feront-elles un barrage efficace entre leurs activités professionnelles et civiles ? Comment assurer la confidentialité des activités sensibles avec le mouvement lancé de la transparence à tout niveau ? La question est déjà très prégnante.

Comment dynamiser le développement des capacités à usage dual et à objectifs multiples ?

Le dual consiste à utiliser « telle que » une technologie civile ou à l'adapter au moindre coût à un usage militaire. L'intérêt de la dualité est de dispenser le secteur de défense de frais de recherche-développement ou de fortement les limiter.

La dualité a été mise en exergue depuis trente ans, mais c'est loin d'être un concept récent : les sous-marins militaires ont depuis la genèse (1900) largement contribué au développement des moteurs diesel, mais en 1940, l'U.S. Navy décide pour ses sous-marins GATO, qui vont faire brillamment la guerre du Pacifique, d'adopter en l'état les moteurs diesel de forte puissance qui propulsent les locomotives transcontinentales. Cela est considéré comme un des premiers exemples de dualité ; la technique civile, établie sur un marché d'une toute autre ampleur que le naval militaire, a atteint un niveau de performance et de fiabilité qui dispense le militaire d'investir en argent et en délai.

La dualité présente souvent des caractéristiques et des problématiques récurrentes :

- Le marché militaire est faible en volume par rapport au reste du marché ; faut-il en conclure que la voix du militaire est très minoritaire et aura toujours du mal à se faire entendre ?
- Dès lors, l'adoption de techniques duales serait-elle le plus souvent passive, le domaine militaire se bornant à prendre sur étagère le matériel civil lorsque celui-ci est parvenu à un état de maturité qui convient ? On verra ci-dessous que la réalité est plus subtile.

L'exploitation optimale de la dualité demande la connaissance la plus approfondie possible de ce qui se passe dans le domaine civil. Par exemple, à l'occasion du programme des SNLE type *Le Triomphant* dans les années 1980, DCN avait mis en place une organisation transverse de discrétion acoustique très importante dont l'une des missions était de détecter dans le tissu industriel toutes les opportunités. Compte tenu des objectifs visés en matière de silence, il avait été convenu qu'il n'y avait pas d'autre solution pour rester dans des conditions financières et calendaires raisonnables. Cela a eu des résultats surprenants et souvent inattendus a priori : systèmes flexibles dérivés du système d'orientation des tuyères du lanceur ARIANE, suspensions principales issues de recherche non abouties pour les poids lourds, flexibles électriques issus des câbles d'ascenseurs pour immeubles de très grande hauteur, réutilisation de compresseurs de l'industrie d'enrichissement nucléaire, pompes silencieuses empruntées à l'industrie *offshore* qui les avait développées pour toute autre chose, etc.

Lorsque l'enjeu le mérite, le secteur Défense doit se doter des moyens pour évaluer très en détail les performances de la technologie civile avant prise de décision. Le SENIT 8 du porte-avions *Charles de Gaulle* a marqué une rupture dans l'informatique militaire embarquée (recours à des calculateurs civils Hewlett Packard, recours à des liaisons de données civiles). Cela a marqué la fin de l'informatique militaire spécifique (fin du programme sur le calculateur militaire du futur), mais cette décision n'a été prise qu'après une analyse longue et méticuleuse sur plate-forme d'essais et d'intégration (puissance de calcul, capacité à tenir le temps réel, fiabilité). Un peu plus de dix ans après, des essais de même nature étaient entrepris pour implémenter ce même SENIT sur les ordinateurs PC standard du moment.

Si le domaine est déjà structuré (organisation étatique, agence gouvernementale, organisation professionnelle), la Défense doit évidemment s'y intégrer pour faire valoir son intérêt et son point de vue. L'exemple très actuel de la cyberdéfense est caractéristique.

Le ministère de la Défense a commencé à se structurer il y a cinq ans environ ; il dispose d'une organisation et d'un budget. Il en est de même pour l'Etat avec notamment l'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information (ANSSI).

L'article 22 de la loi de programmation militaire concerne les systèmes d'information. L'objectif de cet article et des décrets afférents est de définir les systèmes d'information concernés et des règles efficaces, soutenables et adaptées aux métiers et spécificités des opérateurs dont la défaillance ou la cyberattaque pourraient porter atteinte à la sécurité de l'Etat. Il est aussi de garantir la bonne articulation de ce nouveau dispositif avec les réglementations préexistantes. Des groupes de travail ont été mis en place dans chaque domaine d'activité et rassemblent, autour de l'ANSSI, les opérateurs d'importance et les ministères coordonnateurs.

Le numéro spécial de la Revue Défense Nationale de novembre 2015 « Cyberdéfense et cyberguerre » est une synthèse récente de la situation pour les aspects plus spécifiquement militaires.

La particularité de la cybersécurité tient au fait que, si une organisation nationale est bien sûr nécessaire, elle est loin d'être suffisante et il faut en plus une approche supranationale. Il en existe quelques prémices (Europe, OTAN).

Sur le plan industriel, la cybersécurité représente en France environ 700 entreprises dont 100 sont spécialisées sur des produits et services hauts de gamme. Pour progresser, il faut que ce secteur soit rentable pour attirer l'investissement et l'achat public sera un accélérateur de croissance, à l'instar de ce se passe aux Etats-Unis. La sphère anglo-saxonne est en pleine ébullition depuis plus d'un an avec des fusions-acquisitions ou des investissements de plusieurs milliards de dollars : près de 2 milliards ont été investis dans des *start-ups* en 2014 et plus d'un milliard de dollars a encore été investi au premier semestre 2015. En France, THALES a racheté en octobre 2015 l'éditeur américain Vormetric pour près de 400 millions de dollars, opération qui démontre la volonté de ce grand groupe de muscler ses moyens.

Un industriel est toujours peu enclin à investir quand il pense qu'il n'y aura pas de retour d'investissement. Il faut qu'un tiers investisse et c'est souvent le client. Le secteur Défense n'échappe pas à cette règle et a le choix entre deux options :

- Soit adopter la technologie sur étagère telle qu'elle est ; par exemple, l'appareillage électrique courant continu (marché assez restreint dans l'industrie civile) n'est disponible que pour des tensions maximales égales à 1 000 V. Il a été décidé depuis longtemps d'accepter cette contrainte et de concevoir les sous-marins en conséquence. L'industrie envisage aujourd'hui d'utiliser des tensions très supérieures tant en alternatif qu'en continu (10 000 à 20 000 volts dans ce dernier cas pour les réseaux d'éoliennes) ; le secteur militaire y trouvera peut-être des opportunités de dualité dans les perspectives du navire tout électrique, y compris l'artillerie électrique.
- Soit financer les compléments de développement spécifiques pour satisfaire le besoin militaire ; c'est vrai pour l'optronique qui a commencé à proliférer dans le domaine civil mais où le très haut de gamme reste exclusivement militaire. C'est sans doute aussi vrai pour les drones. Le secteur hors Défense voit se développer une quantité de drones de taille petite ou moyenne (surveillance, diagnostic, aide à la maintenance de sites industriels, agriculture, loisirs,...). Toutes les entreprises disposant d'infrastructures importantes y viennent : réseaux électriques, gaziers, ferrés, ouvrages d'art, grandes exploitations agricoles. Le marché annuel estimé à l'horizon de 2025 est de 90 millions de drones civils pour un montant dépassant 6 milliards de dollars. La Chine est d'ores et déjà de loin le plus grand fabricant de drones civils. L'industrie française dispose de toutes les compétences (mécanique des fluides, pilotage, capteurs optiques, optroniques, électromagnétiques ou multispectraux, robotique, traitement massif de données) pour trouver sa place dans ce marché considérable. Il faut espérer que nos grands donneurs d'ordre nationaux (investissement public, EDF, ENGIE, SNCF,...) lui permettront de prospérer. La Défense pourra tirer parti de ces techniques, mais il est plus que probable qu'elle devra assumer les coûts complémentaires de développement des grands drones militaires les plus sophistiqués, armés ou non, à l'instar de ce qui se passe aux Etats-Unis qui sont depuis longtemps le plus grand fabricant de drones militaires.

Les règles administratives peuvent être un frein à la mise en œuvre de pratiques duales. Dans le monde maritime civil, une quantité d'opérateurs propose, quelle que soit leur taille, aux armateurs et aux chantiers réparateurs une *hot line* pour les interventions rapides (matériel de rechange et/ou envoi de spécialistes) n'importe où dans le monde. Avec des taux d'affrètement de plusieurs dizaines de milliers de dollars par jour (voire plus de la centaine pour certains navires), un armateur est prêt à faire l'impossible pour minimiser la durée d'immobilisation de son navire. On peut douter que de telles pratiques soient compatibles avec les règles d'achat qui s'imposent à notre Marine.

La dernière question de l'EMM concerne les navires-écoles. Il y a eu un très grand nombre de navires-écoles depuis toujours, civils ou militaires, de tous types y compris des grands voiliers, et il y en a encore beaucoup. On ne trouve pas trace de coopération entre civils et militaires dans ce domaine, pas plus qu'une coopération entre deux marines militaires. L'Ecole Nationale Supérieure Maritime, qui forme les officiers pont ou machine de la marine marchande a un effectif, sur ses différents sites en France, de l'ordre de 500 élèves par an. Y-a-t-il une opportunité de mettre en commun un ou des navires-écoles au moins sur le tronc commun de formation (navigation, manœuvre,...) ? Y-a-t-il une opportunité de mettre en commun la formation à la mer des futurs officiers de marine avec d'autres marines militaires européennes ? La réponse est peu aisée dans la mesure où il n'y a aucun précédent ou aucune amorce de précédent à la connaissance de l'Académie de marine.

Quelles sont les technologies qui devront rester à usage strictement militaire ?

Cette question a déjà en partie été traitée dans le rapport « Thème 2 » adressée par l'Académie de marine à l'EMM en février 2014 sur les innovations technologiques. Aussi ne sera-t-il apporté que des compléments à ce rapport. Il faut souligner que certains sujets restent des zones grises. Qu'apportera le secteur civil au militaire ? Qu'est-ce qui restera exclusivement militaire ? Ces questions se posent pour les nouvelles technologies électriques à haute tension aussi bien en courant continu qu'alternatif. On peut penser que les domaines qui resteront exclusivement ou très fortement militaires sont les suivants :

- Les armes et leurs systèmes de mise en œuvre, les systèmes de contre-mesure associés : ces domaines sont par définition les plus militaires de l'ensemble des applications examinées. Bien entendu quelques synergies existent et vont de plus en plus se développer avec certains domaines de la sécurité anti-terroriste, mais probablement pour longtemps les financements viendront du militaire.

- La guerre électronique qui utilise à la fois des principes, des capteurs et des réalisations technologiques très spécifiques et sans réel équivalent dans le domaine civil sauf, là aussi quelques points communs possibles avec la sécurité anti-terroriste et anti-gang.

- Les techniques de furtivité (radar, infra-rouge, acoustique,...) : elles resteront très probablement militaires, ce qui n'exclut pas qu'elles utilisent ou adaptent dans certains cas des technologies civiles développées à d'autres fins.

- La détection sous-marine en temps réel ; la recherche sismique qui s'oriente vers l'utilisation de drones sous-marins, en lieu et place des systèmes antennaires remorqués, traite l'information en différé.

- La guerre des mines et de façon plus générale la robotique sous-marine ; il y a des synergies évidentes avec la robotique sous-marine civile, mais certains aspects resteront exclusivement militaires, par exemple la détection et la neutralisation en guerre des mines.

- Les communications sous-marines (non filaires) : le Rapport a identifié ce domaine comme l'un des plus difficiles compte tenu des caractéristiques du milieu marin, les procédés acoustiques étant les seuls susceptibles d'aboutir à des solutions ; c'est pourtant la seule voie pour progresser dans la coopération multiplates-formes sous la surface.

- Les radars multifonctions, notamment dans leur fonction conduite de tir idem.

- Les installations d'aviation (catapultes conventionnelles ou électriques dans le futur, freins d'appontage) ; si la France souhaite pérenniser une composante aéronavale « vrai porte-avions » dans le futur, ce problème se posera tôt ou tard comme il s'était posé pour le *Charles de Gaulle* où la coopération avec les Etats-Unis était apparue comme la meilleure solution.

- La propulsion nucléaire navale : si les principes physiques utilisés sont les mêmes que pour les réacteurs nucléaires civils, les solutions technologiques adoptées sont très différentes pour de multiples raisons, d'où la nécessité de conserver une filière propulsion nucléaire navale militaire spécifique.

- Les matériaux structuraux pour sous-marins : il y a probablement moins de pression aujourd'hui pour augmenter l'immersion des sous-marins militaires, cela en comparaison de la situation d'il y a trente ou quarante ans ; si ce problème devait réapparaître à long terme, les études faites dans les années 1980 restent d'actualité ; il n'y a présentement aucune synergie pour développer une industrie d'alliages de titane ou de matériaux composites en très forte épaisseur.

Pour conclure, deux tendances fortes semblent émerger entre le spécifique militaire et ce qui ne l'est plus :

- Les technologies numériques sont désormais totalement tirées par le secteur civil ; elles vont très sûrement engendrer des mutations très profondes de la société et des comportements individuels, et cela de façon très hétérogène sur la planète. Ces mutations (convergence entre le traitement massif de données, la robotique, la connectivité des objets, l'intelligence artificielle et les nanotechnologies) ont été le thème central du dernier sommet de Davos. La situation en Europe et en France n'est pas très favorable, avec un net recul dans la dernière décennie ; il existe bien sûr des exceptions : grandes sociétés industrielles et/ou de services dans le secteur, *start-ups*, laboratoires. Les analystes les plus pessimistes pensent que l'Europe continentale est en train d'être décrochée par le monde anglo-saxon, la Chine et l'Asie en général.

- A l'opposé, les techniques relatives aux capteurs de très hautes performances (acoustique, électromagnétisme, optronique, techniques multi-spectrales) sont toujours principalement tirées par le militaire comme cela a été le cas depuis de nombreuses années. Cependant, les domaines civils avec, en particulier, la sécurité, tirent maintenant complètement le champ des capteurs de moyenne ou faible performance à coût objectif très bas (exemple les caméras vidéos de surveillance utilisables en réseaux de très grande taille).