



# Le magazine des Ingénieurs de l'Armement

caia N°100 / 1<sup>ère</sup> partie Février 2013



## LES MISES EN SERVICE EMBLEMATIQUES

# INTÉGREZ LES SOLUTIONS MBDA

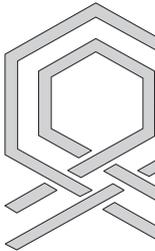


## LEADER MONDIAL DES SYSTÈMES DE MISSILES

MBDA associe l'excellence technologique et la coopération industrielle pour doter les forces armées des meilleures capacités opérationnelles en matière de missiles et systèmes de missiles.

[www.mbd-systems.com](http://www.mbd-systems.com)

**MBDA**  
MISSILE SYSTEMS



Chers camarades,

Le numéro que vous tenez entre les mains est notre 100<sup>ème</sup> opus. Au-delà de la symbolique du zéro, dont l'invention a été relatée dans ces pages il y a quelque temps, c'est l'occasion de voir le chemin accompli depuis la création en novembre 1974 d'un modeste bulletin de liaison entre les ingénieurs des différents corps militaires fusionnés dans le corps de l'Armement. Le numéro 1 reprenait intégralement le discours de JL Delpech, DMA de l'époque, lors de l'AG de la CAIA. Il fut suivi en mars 1975 d'un numéro 2 avec un vrai sommaire.

Notre journal prit une tournure plus professionnelle lorsque Philippe Japiot, qui avait assisté Philippe Nicolet jusque-là, devint rédacteur en chef en 1994, assisté d'un comité de rédaction dont René Neyret et Michel Clamen furent les pierres angulaires. Arnaud Salomon a poursuivi ce travail de 2002 à 2007, avant l'équipe actuelle. Je saisis l'occasion pour remercier Michel Clamen, qui signe ici après 15 ans sa dernière chronique d'actualité européenne.

Nous avons souhaité consacrer ce numéro 100 aux mises en services emblématiques de grands systèmes technologiques. Devant l'ampleur et la qualité des projets rassemblés par nos rédacteurs en chef délégués, Michel Delaye et Bruno Sainjon, nous avons dû séparer ce dossier en deux. Une première partie dans ce magazine, et le reste dans un numéro 100 2<sup>ème</sup> partie à paraître en juin prochain.

Le spectre couvert est en effet large entre les systèmes relatifs aux différentes armes, les grands systèmes duals ou civils, et l'intégration omniprésente des technologies d'origine militaire ou de sécurité.

Nous sommes particulièrement honorés que le Ministre de la Défense Jean-Yves Le Drian ait accepté de préfacer ce numéro qui présente nos grandes réalisations d'hier et d'aujourd'hui. L'actualité récente montre que la France possède une puissance d'intervention de premier plan en matière de surveillance aérienne, de force d'appui au sol, de matériel terrestre et de communications. C'est l'un des enjeux du Livre Blanc de la conserver à travers des choix difficiles, sur le court terme comme sur le moyen terme, ce qui passe également par le maintien de nos métiers de développeurs de grands systèmes à fortes composantes industrielles.

Mais qu'est-ce qui fait en réalité le succès d'un grand système ? Le bon suivi des processus, la bonne application de la 15.16 bien sûr. Mais à y regarder de plus près, de nombreuses réussites s'obtiennent d'abord par l'action engagée des personnes, dans un mécanisme où le subjectif et le relationnel sont fondamentaux. Ce que d'aucuns appellent le charisme... et ces mises en service emblématiques sont le témoin que les ingénieurs de l'armement n'en manquent pas.

Bonne lecture 

Jérôme de Dinechin,  
Rédacteur en Chef



# Jean-Yves Le Drian, Ministre de la Défense



Ce centième numéro du magazine des Ingénieurs de l'Armement est à nouveau l'occasion de mettre en valeur, après les 50 ans de la DGA, la longue tradition d'excellence et de rigueur des ingénieurs de l'armement comme les succès qui en ont découlé. Ce numéro s'en fait le témoin, en présentant de nombreux exemples de vos réussites, en particulier dans la gestion des programmes d'armement. Toutes ces réalisations, grandes et moins grandes, continuent chaque jour de prouver leur efficacité sur les théâtres d'opérations où sont engagées nos forces armées, comme ce fut le cas lors de l'opération Harmattan avec le RAFALE, le missile de croisière SCALP, ou encore le TIGRE.

L'année 2012 s'est notamment achevée sur deux événements majeurs. Je pense au premier vol du démonstrateur de drone de combat européen nEUROn en décembre, ainsi qu'à la livraison de la première frégate multi-missions FREMM, l'Aquitaine. Beaucoup d'autres événements ont démontré la capacité de la DGA et de ses ingénieurs à maîtriser ces programmes complexes, capacité qui est unique en Europe aujourd'hui.

Ce magazine est aussi la partie la plus visible de la CAIA, « Confédération amicale des ingénieurs de l'armement », créée en 1969, qui a su contribuer efficacement à l'évolution du corps

des ingénieurs de l'armement, héritier des anciens corps d'ingénieurs militaires. Ma conviction est qu'à l'heure où des choix stratégiques se dessinent, la France aura plus que jamais besoin de vous et de votre expertise pour éclairer ces décisions.

Au sein de l'administration, en particulier bien sûr de la DGA, ou bien dans les entreprises de défense, vous êtes toujours les acteurs essentiels d'une politique industrielle et technologique engagée par l'Etat pour assurer avant tout son autonomie d'action. Continue depuis 50 ans, elle permet aujourd'hui à notre filière industrielle française de se placer au premier rang européen voire mondial. Faut-il le rappeler, cinq des dix premiers grands groupes européens de défense ont une société mère française (soit la moitié d'entre eux) ou des capacités significatives en France (Thales, DCNS, Safran, Dassault Aviation, EADS). Ce tissu industriel, naturellement, ne se limite pas aux grands maîtres d'œuvre. Environ 4000 PME et ETI viennent en composer la « supply chain » dont près de 300 détiennent des compétences critiques.

Secteur présentant une balance commerciale positive, tourné avec succès vers l'exportation, dont les emplois sont hautement qualifiés et à ce titre peu délocalisables, l'industrie de défense présente de nombreux atouts qui font de lui un vecteur de croissance technologique majeur pour notre pays.

L'innovation sera naturellement une clé essentielle pour maintenir notre avance, nos savoir-faire technologiques ou industriels. Il en va non seulement de la continuité de notre rang industriel dans le monde, mais également de la performance des équipements de nos armées. Avec l'augmentation du budget d'études amont de 10% en 2013 et son maintien dans les trois prochaines années, j'ai marqué ma volonté personnelle, qui est également celle de l'ensemble du ministère, de remporter ce défi. Les actions engagées avec le Pacte Défense PME que j'ai présenté récemment, devront aussi contribuer à promouvoir et accompagner cette innovation au plus près des PME et ETI de défense. La DGA, premier investisseur de l'Etat et premier acteur de la recherche de défense en Europe, sera naturellement en première ligne dans la conduite de cette politique.

Aujourd'hui, comme hier et demain, nos armées comptent sur vous pour répondre dans les meilleurs délais aux besoins qu'elles peuvent exprimer et leur permettre ainsi de maintenir sur le terrain un avantage opérationnel essentiel au succès des missions qui leur sont confiées. Cette centième édition en est un nouveau témoignage remarquable 

### 3 Editorial

### 4 Préface de Jean-Yves Le Drian, *Ministre de la Défense*

9

9

• Les mises en services emblématiques *par Michel Delaye et Bruno Sainjon*

10

• L'OTAN et l'industrie française *par Daniel Argenson*

12

• Les missiles balistiques stratégiques *par André Motet*

16

• 1<sup>er</sup> décembre 1971 : Le Redoutable est « admis au service actif » *par Pierre Quinchon*

19

• Le programme Coelacanthé *par Pierre Pennanech*

23

• Ariane 5 : une « succes story » européenne *par Alain Charmeaux*

26

• HÉLIOS - Imagerie spatiale et militaire, aspects industriels  
*par Jean-Jacques Deschezelles et Philippe Aubay*

30

• Les MILSATCOM : L'humain d'abord *par Joël Chenet*

35

• MIRAGE 2000, une référence mondiale d'avion de combat multirôle en matière de qualité,  
de sûreté, d'évolutivité et de simplicité de maintenance *par Roland Codde*

41

• Le Tigre et le Caïman *par Caroline Gervais*

44

• Le MILAN, missile légendaire *par Maurice Desmoulières*

48

• Les missiles de croisière français *par Patrick Tramier*

51

• Comment renouveler avec CONTACT le succès du poste radio PR4G *par Christophe Dumas*

54

• Le Système d'Information des Armées, une nouvelle approche pour des grands systèmes  
*par Christophe Salomon*

56

• Le programme Véhicule Blindé de Combat d'Infanterie (VBCI) : vingt ans déjà !  
*par Philippe Hervé*

59

• Des vies sauvées en OPEX, l'adaptation réactive des systèmes terrestres  
*par Dominique Luzeaux et Marc Limon*

62

• Sous-marins Barracuda : leur mise en service se prépare dès aujourd'hui au sein  
d'un programme d'ensemble *par Laurent Sellier*

64

• Les torpilles de nouvelle génération, l'indispensable suprématie *par Jean-Marc Daubin*

66

• Queen mary 2 : naissance d'une légende *par Laurent Castaing*

70

• Les souffleries de l'ONERA et le programme A400M *par Denis Maugars*

72

• Les racines de la crise : la recherche et les hommes ? *par Jean-Pierre Rabault*

74

• Le dernier bouton de guêpe *par Denis Plane*

- Bertin Technologies
- Bretagne Développement Innovation

## 80 Europe

---

- Actualité des programme... et du reste *par Michel Clamen*

## 82 Vie de la CAIA

---

- Mot du président *par Philippe Roger*
- Quelques événements qui ont ponctué cette saison pour les IA

## 84 Management

---

- La part de l'humain dans les projets *par Jérôme de Dinechin*

## 86 Technique

---

- Commander par la pensée. Quelles perspectives pour la défense ?  
*par Pierre Schanne et Didier Bazalgette*

## 88 Lu pour vous

---

- Archimede modern's work *par Bernard Beauzamy*

## 88 Camarades écrivains

---

- Une enfance au café *par René Neyret*
- Monsieur le Président, ne vendez pas la joconde ! Plaidoyer pour l'Industrie *par Henri Conze*
- Les voiliers très rapides *par François Lefaudeux*

## 91 Lu au JO

## 92 Nominations DGA

## 94 Carnet pro

Rédacteur en chef : Jérôme de Dinechin, Rédacteurs en chef délégués : Michel Delaye et Bruno Sainjon, Directeur de publication : Philippe Roger  
Comité de rédaction : Arnaud Salomon, Michel Clamen, Dominique Luzeaux, Daniel Jouan, Louis Le Pivain, Denis Plane, Didier Lecomte  
Edition et régie publicitaire : SACOM 01 41 10 84 40, Création graphique : La Clique, Impression : Ingoprint  
© Photos : Nexter / Debay - Nexter / Asphery - Armée de l'Air - CEAM - Mont de Marsan

WHATEVER THE THREAT.  
WHERE EVER IT IS.  
AIR SURVEILLANCE IS OUR EXPERTISE.

ThalesRaytheonSystems

The Ground Master radar set new standards in air surveillance. Capable of protecting key assets and deployed forces, solid state, fixed or mobile GM 400 and GM 200 offer superior detection at low, medium and high altitudes – even in severe clutter and jamming conditions. With better performance and reliability exceeding operational requirements and low life cycle costs, it's easy to see why customers around the world have already selected Ground Master radars from ThalesRaytheonSystems for airspace protection.

[www.thalesraytheon.com](http://www.thalesraytheon.com)

© 2012 ThalesRaytheonSystems. All rights reserved.

  
**ThalesRaytheonSystems**

## Les mises en service emblématiques



par **Michel Delaye, IGA**

Ancien vice-président du Conseil Général de l'Armement

*Michel Delaye a occupé de nombreux postes prestigieux dans sa carrière, dont les plus marquants sont Adjoint au DGA, vice-président d'Aérospatiale en charge de l'espace et de la défense, puis vice-président du Conseil Général de l'Armement*



et **Bruno Sainjon, IGA**

Directeur des Opérations de la DGA

*Bruno Sainjon a commencé sa carrière au sein de la direction des engins, puis de la délégation aux programmes d'armement, de la DGA. Il participe à l'organisation de l'action de l'Etat pour la coupe du monde de football de 98, puis rejoint mi 1997 le cabinet du ministre de la Défense. Il œuvre ensuite trois années dans le groupe SNPE avant de rejoindre le SGDN en 2003, puis de revenir à la DGA fin 2005.*

Pour le 100<sup>ème</sup> numéro de son magazine, la CAIA a souhaité que celui-ci soit l'occasion d'un tour d'horizon, par nature incomplet, de grandes réussites emblématiques auxquelles les ingénieurs des corps de l'armement ont pris une part importante.

Nous avons voulu que les sujets présentés balaient un vaste domaine d'activités, et pas seulement dans le domaine militaire, et couvrent tant les réussites passées que celles présentes et à venir.

Nous avons également essayé de choisir des auteurs dans des tranches d'âge différentes, en essayant d'équilibrer entre industriels, « clients » au premier rang desquels les forces, et ingénieurs en activité dans la DGA.

Ces grandes réussites industrielles et technologiques, illustrations prises parmi un ensemble ô combien plus vaste, démontrent la réussite du modèle développé par la France au début des années 1960 avec à sa base une maîtrise d'ouvrage étatique forte créée à cette fin par le général de Gaulle. Si ce modèle a bien sûr évolué au cours du dernier demi-

siècle, pour s'adapter aux nouveaux modèles industriels ou encore pour mieux prendre en compte les opportunités offertes par une ouverture internationale, un certain nombre de grandes réussites de ces dernières années, dans les domaines de la dissuasion par exemple, en ont confirmé toute la pertinence et la force.

A l'heure où la crise économique que traverse le monde a fait prendre conscience de toute la richesse que représente pour notre pays son industrie, ses savoir faire, ses hommes et ses femmes, la France peut s'enorgueillir de la position parmi les toutes premières entreprises mondiales de ses industriels dans un certain nombre de secteurs stratégiques : aéronautique, nucléaire et plus largement énergie, défense... Celles-ci sont à la fois pour le pays garantes d'emplois, de contribution positive à notre balance commerciale, et de partenariats entre Etats.

Pour que cette situation puisse continuer, nous sommes l'un et l'autre totalement convaincus que notre pays doit réaffirmer l'importance de son industrie, et mener

une politique ambitieuse en matière de formation d'ingénieurs, d'investissements dans le domaine de la R&T, et de conduite de grands projets, seuls à même d'attirer et de motiver celles et ceux qui conduiront les grandes réussites de demain.

Nous avons eu l'un et l'autre la chance extraordinaire de participer à un grand nombre de ces aventures technologiques ambitieuses tant civiles que militaires. L'adrénaline générée tout au long de la conduite d'un de ces projets, au cours de toutes les étapes depuis la préparation de la décision de lancement jusqu'à la mise en service, avec ses moments de doute et ceux de plaisir amplifiés par le caractère collectif de la réussite, ne se rencontre guère dans d'autres secteurs.

Nous souhaitons à chacune et chacun d'entre vous de retrouver à la lecture de ce magazine le plaisir procuré par la réussite des différents programmes auxquels vous avez collaboré, et plus encore d'avoir comme nous l'envie de voir d'autres programmes technologiques ambitieux voir le jour et connaître la réussite, et si possible d'y contribuer. ■

# L'OTAN et l'industrie française



par **Daniel Argenson, IGA**

Conseiller Armement auprès des représentations françaises à l'OTAN et à l'Union Européenne

*Daniel Argenson (X 78) a débuté sa carrière à la DGA dans le domaine des missiles. Il a occupé différentes fonctions internationales, dans les domaines des exportations et de la coopération multilatérale. Il a également dirigé l'Établissement technique de Bourges.*

**La réintégration pleine et entière de la France dans l'OTAN en 2009 avait pour objectif de donner à notre pays toute son influence. Le bilan rédigé par Hubert Védrine montre que l'OTAN est bien un terrain de jeu ouvert dans lequel la France tient un rôle déterminant en raison de la puissance et la qualité de ses équipements de défense comme de ses industriels. Nos ambassades se sont du reste vu confier une mission de diplomatie économique. C'est un réel enjeu dans lequel nos ingénieurs ont tout pour se distinguer.**

**L'Alliance qui ne meurt jamais**, créée à 12 en 1949 pour contrer l'expansion soviétique, a survécu au Pacte de Varsovie, tiré son 1er coup de feu en 1994 en Serbie, et célébré en 2009 à 26, dont certains de ses anciens adversaires, ses 60 ans et le retour de la France dans les structures militaires.

Le fait que les 28 alliés, mais aussi les partenaires, y trouvent leur compte en termes de sécurité ou d'influence, et la présence des États-Unis qui en sont un ciment essentiel, expliquent cette longévité.

A Lisbonne en 2010, puis à Chicago en 2012, dans un contexte de sécurité international en mutation, et face à une crise financière grave, l'Alliance a réaffirmé sa volonté de relever les défis actuels et futurs (prolifération des armes de destruction massive, cybersécurité, terrorisme, ...), et d'assurer la défense collective de ses membres, au prix d'un processus systématique et continu de transformation.

Le développement et le déploiement de capacités de défense est une responsabilité nationale. Toutefois, un

grand nombre d'alliés ne peuvent qu'accéder collectivement à certaines capacités clés. Les initiatives «smart defence» et «connected forces» visent respectivement à renforcer les capacités des Alliés par un recours accru aux coopérations multinationales, et à améliorer leur interopérabilité. Pour répondre aux besoins les plus urgents, l'Alliance a entériné un paquet de capacités destiné à améliorer la protection des troupes, la surveillance et l'entraînement.

L'OTAN a par ailleurs adopté des réformes profondes de ses structures (commandements militaires et agences) et de la gestion de ses ressources.

C'est donc une Alliance renouvelée qui s'installera dans son nouveau siècle à Èvère en 2016.

**Les budgets de l'OTAN sont le nerf de la guerre, mais ne permettent pas d'assurer une supranationalité.**

Les pays membres supportent les frais de fonctionnement de l'OTAN et de mise en œuvre de ses politiques et activités.

Leur participation à des opérations dirigées par l'OTAN, et les efforts faits pour équiper, entraîner leurs forces, et les rendre interopérables, constituent l'essentiel de leurs contributions.

Ils contribuent aux budgets gérés par l'OTAN en fonction de leur PIB (11% environ pour la France). Sans être négligeable, le financement commun reste modeste : 2 G€ par an, soit 0,2% de l'ensemble des dépenses militaires des États membres, dont 500 M€ ouverts à de réelles compétitions. Il couvre les besoins collectifs liés à la structure de commandement, aux systèmes de défense aérienne, de commandement et de contrôle, et de communications de l'OTAN, autant d'éléments dont aucun pays membre n'assume seul la responsabilité. Les activités de coopération qui ne concernent pas tous les membres sont en revanche financées par les nations concernées, et peuvent être hébergées par une agence de l'OTAN (NH90, Eurofighter, ...).

**Le processus d'acquisition de l'OTAN est complexe**, à l'instar de ses structures. Il



*Military Committee in Chiefs of Defence Session 16-17 January 13*

s'appuie sur des niveaux décisionnels multiples, permettant aux pays membres et à l'organisation de s'assurer du respect de leurs intérêts, et sur des règles rigoureuses, garantes de la neutralité et de l'objectivité du processus. Autrement dit, il ne permet pas à un pays d'introduire un biais éventuel.

**Et l'industrie française !** Elle est la première bénéficiaire avec environ 700 M€ de contrats depuis 2006 : Thales est impliqué dans de nombreux programmes de C2 (commandement et communications), dont la France tire profit pour ses propres besoins (Air Command Control System - ACCS ; communications des forces de l'Alliance en Afghanistan - CISAF), et est un acteur majeur de la défense antimissile (DAMB). EADS est également bien présent (Deployable Communication & Information System). Les domaines de la logistique, des biens et services liés au fonctionnement et au soutien des sites fixes de la structure de commandement et des forces déployées de l'Alliance, ainsi que les besoins générés par les différentes réformes internes, offrent des opportunités, notamment pour des PME et sociétés de services.

« Smart Defence » devrait générer des retombées industrielles nationales, même si les projets d'intérêt identifiés par la France (véhicule blindé pour ouverture d'itinéraire, interface universelle pour l'armement embarqué, géospatial, ambulances, radar de défense aérienne, patrouilleurs maritimes) sont encore modestes.

L'entraînement et la formation, axes majeurs de « Connected Forces », permettent enfin à notre industrie de valoriser ses produits (logiciels d'exploitation des images et du renseignement, simulation, ...).

La réalisation et l'acquisition des plateformes et des systèmes d'armes demeurent nationales ou font l'objet de coopérations restreintes. La DAMB pourrait ainsi être un champ prometteur compte tenu des investissements à réaliser par les nations (senseurs et effecteurs). En revanche, leur interopérabilité est une préoccupation constante de l'OTAN, qui génère une activité de normalisation intense et essentielle pour les industriels. L'OTAN n'est donc pas par elle-même réellement un enjeu en termes de marchés, et de plus, la rentabilité des contrats n'y

est pas garantie ; c'est à l'exportation qu'a lieu la confrontation. En revanche le processus de planification de l'OTAN incite les nations à remplir leurs engagements, en s'équipant par elles-mêmes. Se positionner à l'OTAN est donc une stratégie d'investissement et de référencement international.

**La guerre de Troie n'aura donc pas lieu**, n'en déplaise aux Cassandre qui voient dans l'Alliance le cheval de Troie américain en Europe. L'OTAN est un terrain de jeu ouvert dont la France tire honorablement profit au plan industriel, paradoxalement mieux que le Royaume-Uni. Les raisons en sont diverses.

La voix de la France compte autant que celle des autres alliés.

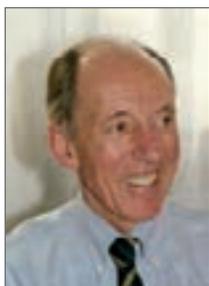
Mais elle est respectée, crédible, et entendue, car c'est un des rares alliés ayant une politique de défense déterminée et cohérente, et assumant l'effort nécessaire de 2% du PIB fixé par l'OTAN. La France pratique une politique d'influence ciblée, qualitative plutôt que quantitative ; les compétences et le travail des ingénieurs de la DGA placés dans les différentes structures sont reconnus et efficaces. De même, les industriels français tiennent leur rang au sein du NIAG (NATO Industrial Advisory Group), et ont bonne réputation.

Les appels d'offres de l'OTAN font ressortir la qualité intrinsèque des offres françaises, indépendamment des considérations politiques.

C'est en abordant de façon ferme, pragmatique et cohérente sur les plans politique, opérationnel et industriel les problématiques de l'Alliance, que l'on pourra contenir le financement commun, en maximaliser notre retour, et contribuer en nature sur la base de nos propres capacités dans les grands programmes capacitaires de l'Alliance.

Ceci passe par une loi de programmation crédible, et l'entretien d'un vivier d'ingénieurs aptes à passer avec succès les processus de sélection de l'OTAN, pour ensuite porter les armes de la France. ☐

# Les missiles balistiques stratégiques



par **André Motet, ICA**

Membre de l'Académie de l'Air et de l'Espace

*André Motet (X 1955, Supaéro) a passé la quasi-totalité de sa carrière à la SEREB puis à la Division Espace Défense d'Aérospatiale où il occupa successivement les postes d'ingénieur « système », de Directeur des programmes de missiles balistiques M2/M20 et M4, de Directeur des programmes militaires, de Directeur Technique et de Directeur Adjoint de la Division ; après sa retraite en 1999, il exerça une activité de consultant.*

**En raison de ses caractéristiques opérationnelles remarquables, le missile balistique à charge nucléaire est le vecteur privilégié des forces stratégiques de dissuasion : quelques dizaines de minutes lui suffisent pour franchir des distances considérables, il n'a pas à affronter des défenses efficaces et, enfin, il est très peu vulnérable à une attaque préventive, dès lors qu'il est déployé sur une plateforme mobile et discrète (sous-marin ou véhicule terrestre). En décidant, voilà bientôt 50 ans, d'équiper sa force de dissuasion stratégique de missiles balistiques, la France fit un choix historique dont l'importance dépasse la seule dissuasion ; en raison des nombreuses synergies qui existent entre les deux secteurs, l'industrie balistique française fut la base à partir de laquelle l'Europe put construire ses lanceurs spatiaux et disposer d'un accès autonome à l'espace.**

## Une décision historique et courageuse

En choisissant le missile balistique comme vecteur principal des forces nucléaires stratégiques françaises, le Conseil de Défense du 2 mai 1963 prit une décision historique et courageuse. Historique, car, par ce choix ambitieux, la France retenait la formule d'avenir, celle qui présentait les propriétés opérationnelles les plus remarquables. Courageuse, car, malgré les résultats favorables des premiers travaux, tout restait à construire et nombreux étaient ceux qui, en France comme à l'étranger, doutaient du succès de l'entreprise.

## Trois générations de missiles balistiques français

L'évolution de la situation géopolitique, les ruptures techniques, l'état des défenses anti balistiques, le souci permanent d'améliorer les capacités de survie, tous ces facteurs conduisirent à trois générations de missiles.

**La première génération**, construite autour de missiles mono charge, bi-étages, de diamètre 1500 mm, permit à la France de disposer, dès le début des années soixante-dix, de deux forces balistiques crédibles dans le contexte géopolitique de l'époque :

- La force principale MSBS (Mer Sol Balistique Stratégique).

La version de base M1 entra en service au début de 1972 sur le Redoutable avec deux ans de retard, après un développement recourant largement aux essais en vol et globalement satisfaisant selon les standards de l'époque : il y eut 32 essais en vol dont 9 échecs.

La version de base utilisant les techniques les plus modernes, il fut possible d'en dériver rapidement et à moindre coût deux versions améliorées. La version finale M20 entra en service début 1977. Elle mettait en service la première charge thermonucléaire et augmentait sensiblement la portée, corrigeant ainsi les deux limitations majeures de la

version de base ; enfin, l'addition d'aides à la pénétration fut la réponse au déploiement initial du système de défense de Moscou.

Le comportement opérationnel des différentes versions fut satisfaisant jusqu'au retrait en 1990 de cette première génération.

- La composante SSBS (Sol Sol Balistique Stratégique).

La version initiale S2 fut mise en service mi-1971 avec plus de deux ans de retard, après un développement assez difficile ; cependant, son comportement opérationnel fut satisfaisant.

Contrairement au M1, la version initiale S2, considérée comme intérimaire, n'utilisait pas toujours les techniques les plus modernes. La version S3 permit de remplacer les techniques obsolètes et d'apporter des améliorations significatives dans plusieurs domaines : puissance de la charge, survie, disponibilité, maintenance, capacité de pénétration. Dans un souci d'économie, plusieurs éléments importants



du missile S3 furent reconduits ou directement dérivés du M20.

La version S3, mise en service en 1980 après un développement satisfaisant, eut également un comportement opérationnel satisfaisant jusqu'à son retrait du service en 1996 à la suite de l'abandon de la composante SSBS.

**La seconde génération**, limitée à la composante sous-marine, répondait à une rupture capitale qui s'était produite au début des années soixante-dix aux Etats-Unis et en URSS : chaque missile était équipé de têtes multiples guidées indépendamment (MIRV), chaque tête pouvant être affectée à une cible différente.

Pour la France, le défi à relever était double : il fallait à la fois miniaturiser les charges et développer une technique de déploiement des têtes fiable et sûre. Enfin, la portée du missile devait être très largement augmentée, besoin opérationnel permanent de la composante sous-marine.

Ces exigences conduisirent à définir un système entièrement nouveau le M4, construit autour d'un missile tri-étage, plus volumineux (diamètre 1930 mm), plus lourd (35 tonnes), capable d'emporter 6 têtes nucléaires, tout en restant compatible avec les SNLE de première génération. A l'issue d'études comparatives approfondies et de débats souvent passionnés, le choix du système d'espacement se porta sur un système à propergol solide simple et fiable qui donna toute satisfaction, la difficulté étant reportée, et parfaitement maîtrisée, sur les algorithmes de guidage et pilotage.

Même si plusieurs difficultés majeures durent être surmontées, le développement se déroula de façon satisfaisante, en net progrès par rapport à la génération précédente : essais en vol moins nombreux (14 au lieu de 32), taux de succès plus élevé (93% au lieu de 72%), respect de l'ensemble des spécifications opérationnelles dès la version initiale. Ces progrès étaient dus à l'expérience et à l'introduction d'une plus grande rigueur dans la conduite des travaux.

Les deux versions dérivées M471 et M45 correspondaient à des modifications limitées aux têtes nucléaires et à leur dispositif d'emport et de séparation ; par ailleurs, le

**« Grâce à l'utilisation généralisée de modèles mathématiques détaillés, le nombre d'essais au sol et en vol a pu être réduit drastiquement. »**

M45 emportait un système d'aide à la pénétration assurant le maintien de la crédibilité de la force face aux évolutions du système de défense de Moscou.

Entré en service sur l'Inflexible en mai 1985, avec 4 mois de retard sur le calendrier fixé dix ans plus tôt, le système M4, sous ses différentes variantes, équipa, après transformation, cinq SNLE de la première génération, ainsi que les trois premiers SNG. Son comportement opérationnel fut excellent.

Avec le M4 et ses versions dérivées M471 et M45, les missiles balistiques stratégiques français accédaient à la classe mondiale.

**La troisième génération** répond à l'évolution des risques, devenus planétaires, et des missions, ainsi qu'à l'augmentation de la masse et du volume des têtes consécutive à l'absence d'essais nucléaires. Elle est constituée du système M51, sous deux versions M51.1 et M51.2 qui ne diffèrent que par les têtes nucléaires et les aides à la pénétration. Le missile M51 est un tri-étage, plus volumineux (diamètre 2300 mm) et plus lourd (55 tonnes) que le M4.

Conformément aux objectifs, la version initiale M51.1 fut mise en service fin 2010 sur le 4<sup>ème</sup> SNG, les trois autres SNG devant, après transformation, recevoir des M51.2. Malgré quelques difficultés qui furent résolues dans le respect des délais finaux, le développement se déroula de manière très satisfaisante. Grâce à l'utilisation généralisée de modèles mathématiques détaillés, le nombre d'essais au sol et en vol a pu être réduit drastiquement ; les essais en vol, limités à quatre seulement, furent tous réussis.

### **Des choix techniques judicieux et des retombées industrielles importantes**

Les différences évidentes entre les missiles des trois générations ne doivent pas masquer l'existence d'un fond commun de techniques, plus précisément de filières techniques, résultat de choix initiaux judicieux et pérennes. Les mêmes filières techniques purent être conservées pour les trois générations, ce qui permit à la fois de concentrer les travaux de recherche et de bénéficier de l'expérience acquise sur la génération précédente.

C'est le cas de la propulsion solide, filière choisie dès 1963 ; les puissances qui avaient fait le choix inverse, Russie et Chine en particulier, reconnaissent implicitement la supériorité de ce type de propulsion pour les applications balistiques en l'adoptant pour leurs nouveaux missiles.

C'est le cas des matériaux composites utilisés dès le début sur les propulseurs, les corps de rentrée et les coiffes et dont l'emploi n'a cessé de s'étendre à de nouveaux secteurs.

C'est le cas, enfin, des techniques digitales. Dès les deux premières versions S2 et M1, la navigation, le guidage, le contrôle du bon état des missiles et la mise en œuvre automatique des lancements firent appel aux techniques digitales. La filière digitale fut reconduite sur les générations suivantes après avoir été modernisée et étendue à la transmission de données (bus numérique) à partir du S3, et au pilotage à partir du M4. Les systèmes balistiques furent les pionniers de l'utilisation de cette filière, aujourd'hui quasi universelle pour le contrôle des processus critiques temps réel.

En raison des très nombreuses synergies entre les deux secteurs, au plan technique comme à celui des méthodes, l'expérience et les savoir-faire acquis dans la conception et la réalisation des systèmes balistiques fournirent à l'industrie française les bases qui lui permirent d'être le moteur et le principal acteur du transport spatial européen, qu'il s'agisse des lanceurs ou des véhicules de rentrée.

La mise en orbite du satellite Astérix par le lanceur Diamant A en novembre 1965 fit de

# Les mises en service emblématiques



Tir de synthèse du M51.1 en janvier 2010 à partir du SNLE Le Terrible

la France la troisième puissance spatiale, après l'Union Soviétique et les Etats-Unis, mais avant la Chine et le Japon. Diamant était une retombée directe des travaux préparatoires destinés à acquérir les techniques balistiques les plus critiques (programme des Etudes Balistiques de Base).

Dans les années soixante-dix, après l'échec du programme de lanceur lourd européen, l'Europe, sous l'impulsion de la France, put rebondir avec le programme Ariane et disposer de l'accès autonome à l'espace. Cela ne fut possible que parce que la France pouvait s'appuyer sur la base industrielle mise en place pour les systèmes balistiques, y compris le pré développement des moteurs à ergols liquides.

Enfin, les deux seuls programmes de véhicules de rentrée menés à bien par l'Europe spatiale, la sonde Huygens d'exploration de l'atmosphère de Titan et le démonstrateur de rentrée guidée ARD, firent très largement appel aux techniques, savoir-faire et méthodes utilisés pour les systèmes balistiques ou en dérivant directement.

Sans les apports multiples des systèmes balistiques français, le visage de l'Europe spatiale serait probablement très différent.

## Le défi de l'avenir

Les programmes balistiques et de transport spatial ont permis de créer une industrie de classe mondiale, capable de répondre à l'ensemble des besoins stratégiques futurs dans ces deux secteurs. En Europe, seule l'industrie française maîtrise les techniques et savoir-faire critiques.

Or, sous le double effet des progrès de l'industrie et du ralentissement de l'évolution des techniques clés, la durée de vie des générations successives de systèmes balistiques et de lanceurs n'a cessé de croître. Le renouvellement des systèmes balistiques et des lanceurs risque donc de ne plus suffire pour permettre à l'industrie française de se maintenir au meilleur niveau. Il y a là un défi difficile, en particulier en période de restrictions budgétaires, qui ne pourra être relevé que par une concertation étroite entre l'industrie, la DGA et les Agences spatiales française et européenne. ■

## L'AGGLOMÉRATION DE BOURGES : UNE TRADITION D'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE & DÉFENSE

- ➔ Une présence militaire historique
- ➔ Un savoir-faire reconnu
- ➔ Des grands groupes à dimension internationale
- ➔ Un tissu de PME-PMI de haute technologie
- ➔ Une recherche diversifiée
- ➔ L'innovation encouragée
- ➔ Une technopôle spécialisée dans la prévention des risques

POUR TOUT  
RENSEIGNEMENT :

Florence THÖNI-KYOBE  
f.thoni-kyobe@bourgesplus-developpement.fr  
02 48 67 51 24



www.bourgesplus.com

MBDA / Nexter / Safran / Esterline / Roxel / Pôle Capteurs & automatismes / ENSIB / PRISME / Base aérienne d'Avord / LEES / LASEP / CETIM-CERTEC / SC AERO / SECO Tools / Cogit Composites / ASB / Ecoles Militaires / DGA Techniques terrestres / Michelin...



COMMUNAUTÉ D'AGGLOMÉRATION

**ATBM PROVEN**  
**14<sup>TH</sup> NOVEMBER 2011**

**ATBM PROVEN**  
**18<sup>TH</sup> OCTOBER 2010**

**CHOOSE SAMP/T**  
**THE UNIQUE EUROPEAN EXTENDED**  
**AIR DEFENSE SYSTEM**

# 1<sup>er</sup> décembre 1971 : Le Redoutable est « admis au service actif »



par **Pierre Quinchon, IGA**

Directeur de la division Sous-marins de DCNS

*Pierre Quinchon, X-ENSTA, a été au cours de sa carrière membre de l'équipe de conception du Triomphant, Ingénieur Chargé du Triomphant à Cherbourg, directeur de DCN Cherbourg et réducteur de coûts à la DGA. Après avoir été Directeur de la Division Navires Armés de DCNS, il est depuis 2012 Directeur de la Division Sous-Marins.*

**L'ingénieur général André Gemppe, le père du premier SNLE français, peut être fier. Et avec lui tous les ingénieurs de l'armement depuis cette date et encore quarante ans plus tard...**

**Parce que ce n'était pas gagné, parce que leur contribution à la réalisation de « l'œuvre commune » a été essentielle, et parce qu'aujourd'hui encore l'investissement consenti et le « saut de compétences » qu'ils ont contribué à permettre alors à la France de franchir est un atout majeur pour notre nation. Un atout que possède un nombre très limité de pays... Une chance, parce que depuis quarante et un ans les SNLE en patrouille assurent sans défaillance la permanence de la Dissuasion, et garantissent ainsi la paix pour notre pays. Mais aussi une chance, et cet aspect est moins connu, pour notre industrie face à la concurrence internationale.**

## L'enfant de la DGA et de l'Organisation Coelacanthé

Ce n'est un secret pour personne : les états-majors ne voulaient pas de la « force de frappe ». Ce fut une des raisons de la création de la « délégation ministérielle pour l'armement » (DMA devenue DGA), et un peu plus tard du corps des IA.

Autre histoire : Le Redoutable est à Gergovie ce que le Q244\* est à Alesia. On a un peu oublié l'échec de cette tentative française de réaliser dans les années cinquante, à l'exemple des USA avec le Nautilus de l'amiral Rickover, un premier sous-marin nucléaire. Echec dû tout autant à la difficulté de réaliser un réacteur à uranium naturel pour la propulsion, qu'à l'incapacité de décider de l'organisation « marine CEA » censée diriger le programme.

Pour réussir Le Redoutable et tous ses successeurs, on a créé l'Organisation Coelacanthé, avec à sa tête un ingénieur général de l'armement qui supervise aussi bien la réalisation du sous-marin que celle du réacteur nucléaire ou celles des missiles balistiques et des armes nucléaires embarquées.

C'est une petite équipe, qui a entre les mains la décision, et qui décide. Si vous voulez en savoir plus, vous pouvez interroger notre président Philippe Roger, qui a été le « neuvième « MOP », maître d'œuvre principal du projet Coelacanthé.

## Ce n'était pas gagné...

Il y avait bien sûr le problème du réacteur. Le défi relevé par Jacques Chevalier, un autre de nos grands anciens plus tard délégué général pour l'armement, en a

surpris plus d'un. Et d'abord l'amiral Rickover, déjà évoqué : au président des Etats-Unis qui l'interrogeait sur l'opportunité de prêter aux français de l'uranium enrichi pour le prototype à terre d'un réacteur de propulsion navale, il répondit qu'il n'y avait aucun risque que les français parviennent à faire le dit réacteur tout seuls. Il avait compté sans les IA...

Il y avait les missiles balistiques, bien sur, et il y avait beaucoup d'autres compartiments du jeu dans lesquels la France partait quasiment de la page blanche. La navigation inertielle, la régénération de l'atmosphère en sont les exemples les plus connus.

Ainsi, l'époque était encore « fumeuse », et nous fumions tous. Comment imaginer que les équipages accepteraient de passer deux ou trois mois en plongée, sans tabac?

\*NDLR : avant de devenir un navire, un sous-marin est désigné par son numéro de coque, ici, la 244<sup>ème</sup> depuis l'origine.



*Lancement du Redoutable par le Général de Gaulle à Cherbourg*

On a oublié le nom du père de la Gallia, l'ancêtre des cigarettes légères. C'est qu'il travaillait au développement de la cigarette du sous-mariner, et il a été très déçu quand le commandant en second du Redoutable, Alain Coatanea, décida qu'on ne fumerait pas à bord du Redoutable. Concevoir et construire le Redoutable, son réacteur, ses missiles, en relevant tous les challenges de la taille, de l'endurance, de la performance, réaliser en même temps l'Ile Longue, ce « stand de formule 1 »

comme le disait encore récemment le capitaine de frégate Stéphane de Saint-Exupéry dans Col Bleus, former une sous-marine nucléaire, et pour la DGA/DTCN préparer et mettre en place une logistique et une maintenance sans faille : tous ces paris ont été gagnés.

Oui, le premier décembre 1971 André Gemppe, second MOP de l'histoire et père du Redoutable, avait vraiment de quoi être fier.

### Un atout majeur pour l'industrie française du sous-marin

Mais tout compte fait, que reste-t-il du Redoutable, exposé aujourd'hui à la Cité de la mer à Cherbourg ? La réalisation de la composante sous-marine de la dissuasion a été un investissement sur le long terme. Elle a d'abord tiré l'industrie

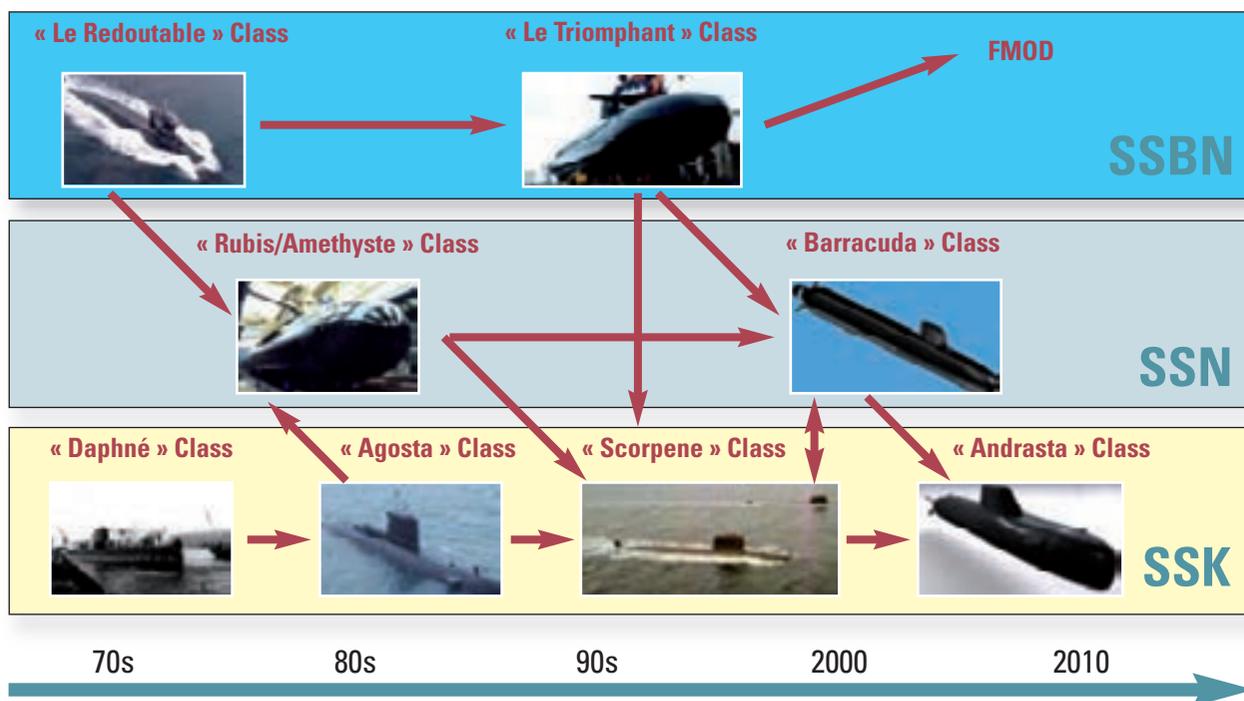
**« La réalisation de la composante sous-marine a tiré l'industrie française vers le haut. »**

française vers le haut, dans un très grand nombre de domaines : la métallurgie, l'électricité, l'électronique, l'informatique, la pyrotechnie, la chimie, la liste est longue. Et nos gouvernements successifs ont eu depuis quarante ans la sagesse de maintenir l'effort, et ainsi de préserver le savoir faire acquis par les industriels. Ce savoir faire a permis à ces industriels d'être plus forts sur les marchés, où la concurrence est très dure.

Ainsi, les sous-marins : les compétences dont l'acquisition avait été nécessaire pour réussir Le Redoutable ont été maintenues par l'enchaînement harmonieux d'autres programmes : les SNA (sous-marins nucléaires d'attaque) type Rubis, l'adaptation des SNLE de première génération au missile M4, les SNLE de deuxième génération type Le Triomphant, leur adaptation au missile M51, et enfin, le programme Barracuda de SNA destiné à la relève des SNA type Rubis.

Et ces programmes développés pour la Marine nationale ont fertilisé les développements de sous-marins à propulsion « classique » : sous-marins type

# Les mises en service emblématiques



Filiation des sous-marins DCNS : une fertilisation croisée

Agosta, sous-marins type Scorpène, aujourd'hui sous-marins type Andраста. Le haut niveau de performance atteint par l'industrie française du sous-marin porte des fruits, puisque le seul type Scorpène a ainsi été vendu à l'exportation en quatorze exemplaires depuis 1997, au Chili, à la Malaisie, à l'Inde, au Brésil.

Ces bâtiments développés pour l'exportation fertilisent eux-mêmes les programmes nationaux, parce que conçus et réalisés pour se frotter au marché international, ils tirent vers le haut le rapport qualité/prix de nos produits.

Bien évidemment, tout cela se fait en préservant scrupuleusement les informations, les savoir faire et les performances « nationales », conformément au processus sur l'exportation des « matériels de guerre » !

Le diagramme ci dessous illustre cette « fertilisation croisée » des sous-marins français conçus par DCNS.

Les clients ne s'y trompent pas, et apprécient ce « plus » de DCNS et l'ensemble de l'industrie navale française. C'est une chance unique pour nous, car nos amis américains comme nos amis anglais ont renoncé (sans doute provisoirement ?) à être présents sur le marché ouvert des sous-marins, et seuls les russes et les chinois pourraient nous concurrencer dans ce domaine.

### Ne dilapidons pas le capital qui nous a été confié

La réalisation du Redoutable a tiré l'industrie française du sous-marin à un niveau d'excellence que tous reconnaissent, en France et à l'étranger. Cette somme de compétences est un capital formidable. Les gouvernements de tous bords qui se sont succédé depuis mars 1963 et la décision de lancer ce programme majeur, ont tous eu à cœur

d'entretenir ce capital. La réalisation des sous-marins nucléaires type Barracuda, les premières études en cours pour la troisième génération de SNLE, en sont la preuve encore aujourd'hui, et il y a partout, dans DCNS comme chez tous les industriels qui concourent à « l'œuvre commune », le même enthousiasme et la même volonté d'aboutir, et d'engager toute leur énergie, toutes leurs compétences. Nous avons la responsabilité de ne pas dilapider ce capital, que des générations d'ingénieurs, de marins, de techniciens et d'ouvriers se transmettent, depuis ce premier décembre 1971 pour le transmettre aux suivants, en particulier aux ingénieurs de l'armement qui auront à cœur de prendre le témoin. ■



# Le programme Coelacanthe



par **Pierre Pennanech, ICETA**

Adjoint au DUM\* Coelacanthe

*Après avoir occupé plusieurs postes dans le domaine des programmes nucléaires de défense, Pierre Pennanech est actuellement l'adjoint du directeur du programme d'ensemble Coelacanthe. A ce titre il a participé à la mise en service du missile M51 sur le sous-marin nucléaire lanceur d'engins Le Terrible en 2010.*

**L'année 2010 a été celle de la mise en service du missile balistique M51 sur le sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE) Le Terrible, quatrième et dernier du type Le Triomphant. Cet événement est le dernier grand succès en date de l'organisation Coelacanthe, mise en place dès 1962 pour réunir tous les acteurs étatiques – DGA, CEA, EMA et marine nationale - de la composante océanique de la dissuasion nucléaire.**

**Les enjeux, le contexte et les acteurs étatiques et industriels de cette mise en service sont largement évoqués dans le numéro 95 de la revue. L'article qui suit décrit les coulisses du processus qui a abouti à ce résultat, construit sur le triple pari d'un développement sans faute du missile M51, d'un rendez-vous ponctuel de ce missile avec le sous-marin porteur et d'une maîtrise des risques techniques fondée sur la simulation numérique. A ces trois challenges fixés aux concepteurs, il faut ajouter l'imposition d'une démonstration préalable de la sûreté nucléaire du système d'ensemble.**

## **Le développement sans faute du missile M51**

Le lancement du développement du missile M51 s'est effectué en 2000 dans un contexte de réduction importante du coût des programmes d'armement. L'objectif était de respecter un devis inférieur de près de 30% à celui du développement du missile M4, mis en service en 1985. Ceci a imposé une optimisation poussée de la logique d'ingénierie et notamment du programme des essais majeurs. Un grand nombre d'essais avait permis une mise au point expérimentale progressive des propulseurs puis des missiles M4. Le M51 dut s'accommoder d'un nombre réduit de vérifications finales de bon fonctionnement. Le succès du projet reposait dès lors sur une maîtrise théorique de l'ensemble des paramètres de fonctionnement du système. Il demandait, par prudence, une conception

robuste fondée sur un conservatisme des options techniques et des marges de dimensionnement importantes.

Or, les portées requises d'une part et les exigences de sécurité d'autre part ont imposé des ruptures avec les missiles précédents, notamment dans les domaines de l'aérodynamique et de la séquence de lancement. Les contraintes d'emménagement dans le sous-marin ont par ailleurs laissé peu de latitude aux concepteurs dans bien des domaines. La conception du système M51 a finalement imposé de subtils équilibres entre optimisation et conservatisme dans de multiples domaines clefs, souvent interdépendants.

## **Le rendez-vous clef du M51 avec le SNLE Le Terrible**

Le SNLE Le Terrible a été conçu pour recevoir d'emblée le missile M51. Ce choix

était pleinement justifié sur le plan économique. Il a évité une refonte longue et coûteuse d'un sous-marin M45 en service pour l'adapter à un nouveau missile plus grand et plus lourd. Il a aussi réduit le coût du soutien des missiles et des SNLE en service. En contrepartie, il a imposé longtemps à l'avance une stricte coïncidence entre les dates d'achèvement du missile et du SNLE.

La mise en service du M51 sur le Terrible a réduit la durée de service prévisionnelle du système M45. Elle a permis de diminuer le nombre de missiles de ce type à fabriquer ou à recycler compte tenu des durées de vie limitées de leurs propulseurs. L'arrêt anticipé des activités industrielles M45 a dégagé des financements utiles au développement du M51. En contrepartie il a rendu impérative la mise en service de ce dernier à la date prévue.

Par ailleurs, le calendrier d'emploi des SNLE

\* Directeur de l'Unité de Management.

# Les mises en service emblématiques



*Tir d'un missile M51 depuis le site DGA/EM de Biscarrosse.  
« A noter que lors des premières photos de tir du missile M20, le missile était masqué... »*

a été construit pour limiter les entretiens lourds des navires sur la période allant jusqu'à la mise en service du Terrible. Cette logique financière a conduit à un retrait de service précoce de l'Inflexible, dernier sous-marin du type Le Redoutable M4, qui a laissé momentanément 3 sous-marins de type Le Triomphant dans le cycle opérationnel. Pour maintenir la posture de dissuasion, le Terrible devait dès lors impérativement entrer en service avant la date d'arrêt pour maintenance qui s'imposait au premier d'entre eux. Cette optimisation économique d'ensemble du programme n'a laissé que très peu de marge manœuvre calendaire, tant pour le développement du missile M51 que pour la construction du Terrible. Elle a imposé la mise en place de logiques aussi découplées que possible pour éviter toute interdépendance entre les deux projets. En

contrepartie, la convergence tardive entre le sous-marin et son missile a été préparée avec soin, tant sur le pan fonctionnel que sur celui de la sûreté nucléaire.

### L'apport de la simulation numérique

La conservation des connaissances techniques acquises au titre du programme M4 a été une condition essentielle au succès du développement du M51. L'essor de la simulation numérique en a été une autre. Elle a valorisé ces connaissances dans les modèles prédictifs qui ont permis de concevoir puis de construire en parallèle un missile et un sous-marin lanceur performants et compatibles.

Le M51 a été le premier missile conçu sans le recours à un sous-marin expérimental, avec des expérimentations partiellement représentatives du système opérationnel et

en nombre limité. Il a requis beaucoup moins d'essais majeurs et notamment 4 fois moins de vols de développement que son prédécesseur, le missile M4. La logique expérimentale du M51 a dans une large mesure été construite au service de la conception des modèles de calcul. La simulation des phénomènes physiques a permis de combiner des résultats partiels d'essais complémentaires effectués à différentes échelles pour conforter ces modèles. Elle a rendu possible la maîtrise théorique du fonctionnement des propulseurs, du vol du missile et de la phase critique de lancement de ce missile depuis un sous-marin en plongée. C'est la simulation, complétée et vérifiée par des essais, qui a permis de démontrer les capacités du SNLE à mettre en œuvre le missile M51 dans les conditions et avec les performances opérationnelles et de sécurité prévues.



### Le pré-requis de la sûreté nucléaire

La sûreté nucléaire a toujours été l'une des performances essentielles d'un système de dissuasion. Le processus d'essais et de mise en service d'un système nucléaire est progressif et chaque étape doit bénéficier d'une autorisation préalable de l'autorité de sûreté.

Pour le programme M51, le pré-requis de la sûreté nucléaire a atteint un niveau jamais atteint par le passé. Le système a fait l'objet dès son lancement d'exigences encore plus élevées que ses prédécesseurs, associées à des critères de démonstration plus sévères. L'ensemble des garanties a dû être apporté d'emblée, sans la progressivité dont avaient pu bénéficier les programmes antérieurs. Ces contraintes ont conduit à des marges de sécurité initiales importantes qui ont

nécessité un ajustement final en 2010 pour répondre aux impératifs connexes de fiabilité du système. Les mises au point ont pu être faites à temps pour prononcer la qualification nucléaire du système et sa mise en service à la date prévue.

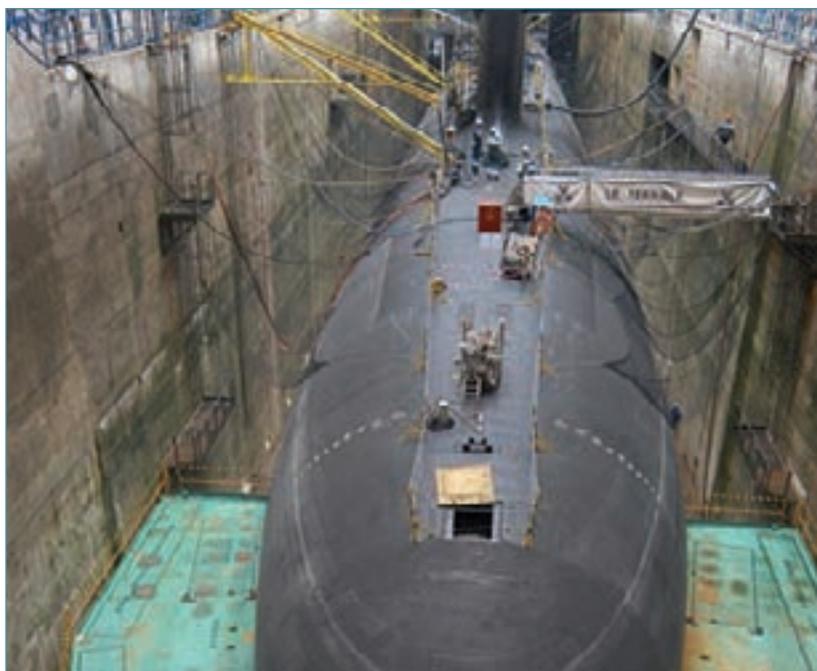
### Un succès à méditer

La capacité de l'Etat et de l'industrie à maîtriser les risques et les délais du projet M51, ainsi que l'engagement remarquable de tous les acteurs, ont permis de maintenir la posture de dissuasion en gagnant une succession de paris pour lesquels rien n'était joué d'avance, bien au contraire. L'année 2010 a été celle des grands essais réussis et de la qualification du système. Au terme de dix ans d'efforts, la culture du résultat des équipes de développement et leur dynamique de résolution des problèmes

ont fini, avec parfois juste ce qu'il faut de chance, par l'emporter sur la succession des difficultés rencontrées.

Ce succès est celui de la culture du résultat qui anime l'organisation du programme d'ensemble Coelacanthe. Depuis 50 ans et par delà les réformes de l'état et les évolutions de l'industrie, cette organisation continue à coordonner et mobiliser les acteurs qui relèvent les défis de la construction, de l'adaptation et de la modernisation de la force océanique stratégique.

L'analyse rétrospective de ce succès historique restera peut être, pour un temps au moins, au cœur des débats préparatoires au lancement des projets qui détermineront l'avenir de cette composante de la dissuasion. ■



*Le SNLE Le Terrible au bassin à l'île Longue*



*Modèle numérique de séparation des étages d'un missile M51*



pour vivre mieux **ici**

Agir **là**

Communication, navigation, défense, protection de l'environnement, science : aujourd'hui, les bénéfices de l'espace sont plus réels que jamais, grâce au leadership industriel d'Astrium et aux solutions spatiales à forte valeur ajoutée que nous proposons. Nos 18 000 hommes et femmes partagent la même volonté : offrir des niveaux de services exceptionnels et mettre les technologies spatiales au service de tous. [www.astrium.eads.net](http://www.astrium.eads.net)

All the space you need\*



**ASTRIUM**

# Ariane 5 : une « success story » européenne



par **Alain Charneau**

Président d'Astrium France

*Alain Charneau, 56 ans, Arts et Métiers, CalTech, INSEAD, a passé la première partie de sa carrière au sein d'Aérospatiale, sur les missiles en particulier le programme ASTER. En 1998, il est nommé VP d'Aérospatiale Matra Missiles, Directeur des Programmes Systèmes de Défense Aérienne. Il accompagne les transformations industrielles en passant successivement chez MBDA, EADS Space Transportation côté missiles balistiques, puis ASTRIUM Space Transportation dont il devient président en 2007.*

**Le lanceur Ariane 5 est aujourd'hui synonyme de réussite européenne en raison notamment de sa fiabilité inégalée avec, à fin 2012, 53 lancements réussis consécutivement et de son succès commercial indéniable depuis plus d'une décennie. Quel plus beau symbole de la réussite d'un programme technologique et industriel ambitieux à l'échelle de l'Europe? Pourtant le combat ne fut pas aisé face à l'ampleur du défi qu'ont constitué le développement d'Ariane 5 et l'industrialisation de sa production.**

## Le dernier né de la famille des lanceurs européens Ariane

Ariane 5 est le fruit d'une aventure européenne commencée il y a près de 40 ans. En effet, c'est en 1973 suite à l'échec du programme Europa, que l'Europe, à l'initiative de la France, a décidé de lancer le programme Ariane afin de garantir son indépendance d'accès à l'espace, mise à mal par le refus américain de lancer les satellites de télécommunications franco-allemands Symphonie. Le premier cadeau de Noël de l'Europe spatiale arrivera le 24 Décembre 1979 avec le succès du vol inaugural d'Ariane 1. Les lanceurs européens, d'Ariane 1 à 4, enchaîneront ensuite les réussites tout au long des années 1980 et 1990, grâce à une domination sans faille sur le marché commercial du lancement des satellites de télécommunications avec plus de 50% de parts de marché sur la période.

## Ariane 5 : un défi technologique quotidien

Avec le démarrage du programme de développement Ariane 5 en novembre 1985

la filière européenne des lanceurs entre dans une nouvelle ère. En effet, le design d'Ariane 5 se caractérise par une grande complexité technique, liée aux multiples redondances des systèmes de contrôle et commandes, qui en font également sa force en assurant sa sûreté de fonctionnement. Les exigences de fiabilité fixées pour le développement d'Ariane 5 étaient même compatibles avec celles du vol habité, le projet d'avion spatial européen Hermès ayant été lancé en parallèle avant d'être abandonné en 1992. Ariane 5 comporte donc son lot de défis technologiques, auxquels les compétences acquises par l'industrie spatiale européenne depuis plus de 30 ans ont permis de répondre, à commencer par le développement et la fabrication de son étage principal cryogénique (EPC) haut de 30 mètres et d'un diamètre de 5,4 mètres, contenant deux réservoirs respectivement de 150 tonnes d'Oxygène Liquide à -182°C et 25 tonnes d'Hydrogène Liquide à -253°C, qui se mélangent pour former des gaz chauds à 3300°C et alimenter le moteur Vulcain 2, lequel délivre 136 tonnes de poussée dans

le vide. Le composite inférieur est complété par deux Etages d'Accélération à Poudre (EAP) contenant 240 tonnes de propergol solide et haut de 31 mètres, qui génèrent chacun 600 tonnes de poussée au décollage. Le composite supérieur de la version actuelle Ariane 5 ECA abrite, lui, la case à équipement, véritable « cerveau », qui assure le contrôle autonome du lanceur pendant la phase de vol et la transmission des paramètres de bord aux stations de contrôle au sol, ainsi qu'un deuxième étage cryogénique de moins grande dimension, contenant 14,7 tonnes de propergol liquide et équipé d'un moteur HM7B hérité d'Ariane 4, qui propulse les satellites jusqu'à leur séparation en orbite. Avec Ariane 5, le défi change donc d'échelle pour la filière européenne des lanceurs. Dans sa version ECA actuelle, le lanceur mesure plus de 50 mètres de haut, pèse 780 tonnes au décollage et affiche une performance pouvant aller désormais jusqu'à 10,3 tonnes en orbite de transfert géostationnaire.

A titre de comparaison, la version la plus performante d'Ariane 4 ne permettait d'emporter « que » 4,4 tonnes. Cette

# Les mises en service emblématiques

capacité d'emport accrue offerte par Ariane 5 au gré de ses évolutions successives, a permis à l'Europe de maintenir et renforcer son leadership sur le marché commercial en permettant le lancement double et ce malgré l'augmentation continue de la masse des satellites. Ariane 5 s'est également révélé indispensable pour mener nombre de missions institutionnelles, à commencer par la desserte de la Station Spatiale Internationale par l'ATV, « cargo » spatial européen, lancé à 3 reprises depuis 2008 par Ariane 5 ES, version qui affiche une performance supérieure à 20 tonnes en orbite basse.

## La réussite de son industrialisation

L'autre défi majeur du programme Ariane 5 relève de l'organisation industrielle complexe et fragmentée à travers 12 pays européens. Cette complexité découle des règles de « retour géographique » appliquées par l'Agence Spatiale Européenne (ASE), qui assure à chaque Etat participant au financement du programme un retour en termes de contrats industriels à la hauteur de sa contribution budgétaire, mais aussi de l'héritage des organisations propres aux lanceurs européens précédents. Les

Le record de performance totale pour une mission GTO standard a été battu par une Ariane 5 ECA à l'occasion du vol 208 le 2 août 2012 : 10183 kg.

premières années de la vie d'Ariane 5 ont été chaotiques et marquées par quelques échecs en vols, à l'image du tir de qualification le 4 Juin 1996 ou encore du premier lancement de la version ECA le 11 décembre 2002. Cette période difficile a conduit à une restructuration importante de la filière européenne des lanceurs décidée en Mai 2003, aboutissant à une nouvelle organisation autour d'un maître d'œuvre industriel unique pour la



52<sup>e</sup> succès consécutif d'Ariane 5 vol VA210, 10 novembre 2012

production et les développements, Astrium Space Transportation, qui tient ce rôle depuis la mise en œuvre de cette nouvelle organisation dans le cadre du lot de Production PA commandé en 2004 et pour toutes les améliorations de performances apportées depuis. Cette nouvelle organisation simplifiant grandement le partage des responsabilités, a permis d'optimiser considérablement la production d'Ariane 5 en utilisant des processus véritablement industriels. La cadence de production a ainsi augmenté de 2 à 3 lanceurs par an au début des années 2000 pour atteindre 6 à 7 lanceurs aujourd'hui. Les coûts de production unitaire d'Ariane 5 ont également pu être mieux maîtrisés avec une baisse de l'ordre 20% par rapport à la situation préexistante. La fiabilité d'Ariane 5 s'est également considérablement améliorée depuis 2003, avec 53 succès consécutifs, lui permettant d'ancrer dans la durée sa position de leader sur le marché commercial international. Pour autant, il n'est pas question de se reposer sur ses lauriers : l'avenir d'Ariane 5 se prépare déjà.

## Un lanceur prêt à évoluer

Pour demeurer compétitif et répondre aux nouveaux besoins du marché liés à l'augmentation constante de la masse des

satellites, à la nécessité de retirer de l'orbite le dernier étage ou encore à l'apparition de satellites à propulsion « tout électrique », qui nécessite d'avoir recours au ré-allumage de l'étage supérieur, Ariane 5 doit évoluer. C'est dans ce contexte que le développement d'Ariane 5 Midlife Evolution (ME) a débuté, d'abord dans le cadre d'un programme préparatoire de l'ASE à partir de 2008, avant d'être confirmé récemment lors du dernier Conseil Ministériel de l'Agence les 20 et 21 novembre derniers à Naples. Ariane 5 ME fournira dès 2017 une capacité d'emport de 2 tonnes supplémentaires par rapport à la version ECA et bénéficiera de la capacité de ré-allumage grâce au moteur Vinci, qui équipera son nouvel étage supérieur. Ariane 5 ME remplacera à la fois les versions ECA et ES et permettra ainsi une nouvelle rationalisation du processus de production. Avec cette évolution d'Ariane 5, l'Europe sera parfaitement armée pour renforcer sa position de leader au cours de la décennie à venir dans un environnement de plus en plus concurrentiel. Et la saga Ariane n'est pas prête de s'achever: les premières études sur Ariane 6, le futur lanceur européen, ont déjà débuté. ■



sea THE FUTURE®



## Le 21<sup>e</sup> siècle sera maritime

DCNS est convaincu que la mer est l'avenir de la planète. Le Groupe invente des solutions de haute technologie pour la sécuriser et la valoriser durablement. DCNS est un leader mondial du naval de défense et un innovateur dans l'énergie. Entreprise de haute technologie et d'envergure internationale, DCNS répond aux besoins de ses clients grâce à ses savoir-faire exceptionnels et ses moyens industriels uniques. Le Groupe conçoit, réalise et maintient en service des sous-marins et des navires de surface. Il fournit également des services pour les chantiers et bases navals. Enfin, DCNS propose un large panel de solutions dans l'énergie nucléaire civile et les énergies marines renouvelables.

# Hélios - Imagerie spatiale et militaire, aspects industriels



par **Jean-Jacques Dechezelles,**

Ex Directeur Observation de la Terre, Aérospatiale puis Alcatel Espace

*Diplômé de la Faculté des Sciences d'Orsay et de l'ESIEA Paris en 1963, il rejoint la société Nord-Aviation.. De 1969 à 1975 il mène l'ingénierie Système du programme franco-allemand de satellites Symphonie. A partir de 1977 il anime à Aérospatiale, site de Cannes, de nombreux projets spatiaux dont l'Ensemble de prise de Vue EPV Hélios. En 1990 il devient Directeur des programmes d'Observation de la Terre à Aérospatiale puis (1998) Alcatel Space.*



et **Philippe Aubay,**

Ex Directeur des Programmes spatiaux de Défense,

Matra Marconi Space puis Astrium

*Diplômé de l'institut Polytechnique de Grenoble en 1962, il rejoint la société des Engins Matra en 1964. Responsable à Matra Espace du projet SPOT1 de 1978 jusqu'à son lancement en 1986, puis Directeur du Programme Hélios I à partir de 1987. En 1994 il devient responsable des Programmes spatiaux de Défense à Matra Marconi Space France, couvrant les domaines d'applications des télécommunications, de la reconnaissance, de l'écoute et de l'alerte avancée.*

**Disposer d'une imagerie de la Terre à haute résolution à partir de moyens spatiaux a créé une rupture historique aussi considérable que l'avènement de la reconnaissance aérienne. Les renseignements ainsi acquis accroissent les instruments au service de la souveraineté et de la Défense. L'industrie française a établi une pleine capacité dans le domaine de l'imagerie spatiale optique. Elle le démontre grâce aux programmes SPOT et Hélios dont les possibilités ont largement progressé, génération après génération.**

Les initiatives nationales, civiles via le CNES et militaires sous l'égide de la DGA, ont conduit respectivement à la filière SPOT et à la filière Hélios. Dès les années 1960 des études avaient été menées par le LRBA, en vue de missions spatiales photographiques, mais c'est lors de l'apparition dans les années 1970 d'un composant photo-détecteur très innovant (CCD ou DTC en français) que la perspective de réalisation de missions de reconnaissance optique apparaît concrètement. Une forme de parallélisme marque cette époque entre des études réalisées au CNES et des études conduites par la DTEN auprès de l'industrie, chaque organisme visant sa propre mission. La réussite du programme de lanceur Ariane favorise l'essor d'applications satellitaires et amène en premier le CNES à proposer le programme SPOT, approuvé en 1979. La DGA initie le

programme SaMRO de satellite de reconnaissance optique tout en acceptant la reconduction de la plateforme SPOT comme véhicule.

Le changement gouvernemental mit fin en 1982 au programme SaMRO tout en préservant le pré-développement de deux éléments essentiels de la charge utile, l'ensemble de prise de vue EPV et l'enregistreur de bord à grande capacité. Les choix industriels majeurs de cette époque ont façonné la politique industrielle desservant les applications d'imagerie spatiale ; d'autres choix issus des partenariats européens, distincts entre applications civiles et applications militaires, ont associé l'industrie des pays partenaires, Suède et Belgique pour SPOT, puis Italie et Espagne en vue de la renaissance en 1986 du programme militaire devenu Hélios.

**Concomitances et synergies civiles et de Défense**

Décidé par la France en juillet 1986, le système de reconnaissance Hélios 1 comprenait deux satellites d'observation optique, lancés respectivement en 1995 et 1999, et une composante sol permettant aux opérationnels militaires de programmer les prises de vue et d'exploiter les images reçues à des fins de renseignement au profit des autorités gouvernementales et des forces armées. Afin de réduire ses coûts de développement, Hélios a été conçu et développé en synergie avec le programme SPOT. La DGA., maître d'ouvrage du programme Hélios, a confié au CNES, selon une convention de niveau ministériel, le rôle d'architecte système compte tenu de son expérience acquise sur le système SPOT et



Ariane L01 - 1979



Mission et satellite	Lanceur et type	Dates de lancement
SPOT 1	Ariane 1	22 / 02 / 1986
SPOT 2	Ariane 40	22 / 01 / 1990
SPOT 3	Ariane 40	26 / 09 / 1993
Hélios 1A	Ariane 403	07 / 07 / 1995
SPOT 4	Ariane 403	24 / 03 / 1998
Hélios 1B	Ariane 403	03 / 12 / 1999
SPOT 5	Ariane 42	04 / 05 / 2002
Hélios 2A	Ariane 5G	18 / 12 / 2004
Hélios 2B	Ariane 5GS	18 / 12 / 2009

Hélios 2 en orbite



lui a délégué la maîtrise d'ouvrage du segment spatial. En concordance, la maîtrise d'œuvre des satellites SPOT et Hélios a été confiée au même industriel, Matra Espace. Aérospatiale, choisi pour le pré-développement de l'EPV SaMRO a été confirmé comme maître d'œuvre de cet instrument avec des performances amplifiées pour la mission Hélios 1.

**Le pragmatisme prévaut pour associer les développements communs**

Le décalage temporel entre Hélios et SPOT a entraîné une concomitance programmatique en sorte que les satellites Hélios 1 ont été réalisés sur la même base que le satellite SPOT4, bénéficiant ainsi de diverses améliorations d'emport de la plate-forme et du lanceur au standard Ariane 4. En 1992, les études d'un système Hélios plus performant sont lancées et conduisent au programme Hélios 2, comprenant deux satellites, avec de nouvelles exigences des services de renseignement français. Ainsi le développement des satellites Hélios 2 se retrouve en concordance avec SPOT 5, utilisant la même plate-forme avec un nouveau standard plus puissant compatible du lanceur Ariane 5.

**Stabilité et efficacité de l'organisation**

L'organisation industrielle de Hélios 1 et Hélios 2 a gardé une grande stabilité pour les responsabilités majeures. Matra Espace, devenu EADS Astrium, a conduit la maîtrise d'œuvre des satellites, des plates-formes et de la composante sol utilisateur alors que Aérospatiale, branche Satellites, devenu

Thales Alenia Space, assurait la maîtrise d'œuvre de l'instrument de prise de vue et demeurait coopérant majeur pour le développement de la plate-forme. Pendant que la plate-forme montait en puissance et en gabarit, l'instrumentation de prise de vue, spécifique des missions Hélios voyait ses performances de résolution et d'étendue spectrale croître d'une génération à l'autre. Réalisateurs d'équipements par eux-mêmes, les maîtres d'œuvre s'appuient aussi sur d'autres sociétés françaises bien qualifiées. En effet, la réalisation d'un satellite d'observation optique requiert l'appui de disciplines spécifiques telles que l'optique et la détection associées en combinaison avec des disciplines de type aéronautique poussées à leur meilleur niveau comme le pointage de très haute précision. L'apport équipementier des sociétés Sodern et Sagem a donc été manifeste ainsi que la qualification de Alcatel Espace devenu Thales Alenia Space pour les transmissions bidirectionnelles entre satellites et stations au sol. Des investissements industriels importants ont été dédiés aux programmes Hélios.

La part prise par des simulations, d'abord pour établir les spécifications en itération avec les photo-interprètes opérationnels, puis pour valider la satisfaction des performances de qualité image et de précision de localisation des vues à l'issue des essais des éléments critiques, représente une expertise essentielle. Le CNES joue son rôle dans ce domaine et les deux leaders industriels y sont étroitement associés. Par ailleurs la société Spotimage, créée en 1986 avec la participation de l'IGN, a développé une compétence mondialement

reconnue pour la fourniture de produits image aux meilleures normes en cours.

**Hélios, un bon exemple de coopération européenne**

Au démarrage du programme Hélios 1 en 1986, l'Italie, en 1987, puis l'Espagne, en 1988, sont venues s'associer au développement à hauteur de 14% pour l'Italie et 7% pour l'Espagne. Le retour industriel vers l'Italie et l'Espagne sur les satellites a suscité quelques difficultés de mise en place. Néanmoins, des équipements spatiaux ont pu être convenablement confiés à l'Italie et à l'Espagne sur la plate-forme et la charge utile, sans toutefois atteindre le retour industriel demandé. Ceci a conduit à sélectionner des industriels italiens (Alenia Spazio et Telespazio), pour 50% de la composante sol utilisateur, et à inclure des industriels espagnols (Sener et Crisa) dans le développement des centres principaux Hélios. L'exploitation opérationnelle Hélios 1 a été partagée, au prorata des contributions financières des Etats, selon des règles de programmation quotidienne des satellites que les services français, italiens et espagnols mettaient en œuvre ensemble. Pour le système Hélios 2, la France a proposé à l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne de mener ensemble le développement mais, un accord de coopération global n'ayant pu aboutir, la France a décidé seule le développement du programme ; il a été convenu ultérieurement d'échanger les données des satellites optiques Hélios 2 avec celles du système des satellites radar SAR LUPE, développé par l'Allemagne, et du système COSMO SKYMED

# Les mises en service emblématiques



*Site dédié aux Instruments HR et THR  
Etablissement de Cannes de Thales Alenia Space*



*Satellite SPOT6 en cours d'intégration et d'essai  
Etablissement de Toulouse de Astrium France*

développé par l'Italie. Ce mode de coopération par échange fonctionne depuis plusieurs années à la satisfaction des différents utilisateurs nationaux auxquels il faut adjoindre pour partie le Centre satellitaire de l'Union Européenne qui dessert les besoins de la Politique Européenne de Sécurité et de Défense.

## Perspectives

La France a décidé, à l'automne 2010, de lancer la réalisation de la Composante Spatiale Optique (CSO) du programme multilatéral européen MUSIS (Multinational Space-based Imaging System for surveillance, reconnaissance and observation) de façon à assurer la continuité capacitaire, au-delà de 2017, et prendre le relais de Hélios 2. Le marché des deux satellites CSO a été notifié en décembre 2010 à Astrium, maître d'œuvre industriel, par le CNES qui assure pour le compte de la DGA une maîtrise d'ouvrage déléguée pour le segment spatial. Le lancement du premier satellite est prévu fin 2016. Thales Alenia Space est le principal partenaire industriel, contractant pour l'instrument optique. De nombreuses sociétés françaises mais également belges, espagnoles et allemandes participent au programme. La génération CSO de satellites de renseignement disposera de performances très supérieures à celles de Hélios 2 en résolution mais aussi en agilité et capacité de transmission. Elle tire bénéfice d'innovations

réalisées sur Pléiades, programme à usage dual développé par le CNES, dont les deux satellites sont maintenant opérationnels. La Défense a contribué budgétairement au développement de Pléiades dont le schéma industriel lie Astrium et Thales Alenia Space selon un partage similaire à Hélios et CSO. Concernant la coopération intergouvernementale, seule la Belgique s'est engagée à ce jour à rejoindre le programme CSO. Le développement d'une éventuelle interconnexion entre les segments sol français de CSO et italien de COSMO SKYMED est en discussion. S'agissant de l'Allemagne, la coopération se fera à minima selon un schéma voisin de celui en vigueur entre Hélios et SAR LUPE, prévoyant des droits de programmation et d'images. En outre, des études ont été menées en 2011, partagées entre Thales Alenia Space et Astrium, pour prédéfinir un Segment Sol d'Utilisation (SSU) de CSO, compatible et inter opérable avec les autres composantes du système MUSIS. A ce jour, seule l'Italie a décidé d'étudier cette interopérabilité à travers une étude spécifique franco-italienne.

## Hélios, des avancées techniques aux retombées industrielles

Les mérites des programmes Hélios, en conjonction avec les programmes SPOT puis Pléiades, ne se mesurent pas seulement en services rendus pour la Défense. La qualité des services prouve que l'industrie française

a acquis un niveau technique parmi les meilleurs au monde. Il se manifeste doublement: d'une part l'industrie française est présente dans les grands programmes spatiaux européens ou internationaux qui requièrent une instrumentation optique de haut niveau ; d'autre part l'industrie française est en mesure, dans le respect des procédures nationales, d'aborder l'exportation de systèmes d'observation de classe métrique. Plusieurs marchés export ont été conclus. ■



*Image provenant du satellite Pléiades 1A –  
visée oblique du centre  
de Rio de Janeiro (CNES)*

# Safran recrute des ingénieurs pour vivre des missions clés



## Les ingénieurs de Safran permettent à des millions de voyageurs de parcourir le monde, tout en réduisant leur impact sur l'environnement

Grâce au LEAP, le nouveau moteur d'avion moins consommateur en carburant et moins polluant, conçu par les ingénieurs de Safran en partenariat avec GE, Léa peut continuer de voyager pour découvrir de nouveaux horizons. Une innovation qui va bien au-delà d'une simple avancée technologique.

[safran-talents.com](https://safran-talents.com)



Le LEAP est une nouvelle génération de moteurs destinés à équiper les avions monocouloirs, et faisant largement appel à des matériaux composites révolutionnaires. Plus léger, moins bruyant, ce moteur consomme 15 % de carburant en moins par rapport aux précédentes générations de moteurs.

Créditphoto : S. Casimir / Getty Images - SFR/CPA



KEY MISSIONS. KEY TECHNOLOGIES. KEY TALENTS

 **SAFRAN**  
AEROSPACE · DEFENCE · SECURITY

## Les MILSATCOM : L'humain d'abord



par **Joël Chenet, IGA**

Senior Vice President Institutional and Business Development  
de Thales Alenia Space

*X75, SupAéro, Joël Chenet a participé aux débuts du programme Helios, puis s'est occupé de réseaux militaires et de satcoms. Après avoir été DP de Syracuse II, il rejoint Aérospatiale en 92 où il travaille sur les satellites militaires, puis en 99, Alcatel Space sur les satellites météo et d'observation océanographique et scientifique. Il a occupé depuis 2005 diverses fonctions de management chez TAS.*

**L'aventure MILSATCOM nationale a été, est et continuera d'être le ferment d'une exceptionnelle capacité nationale, opérationnelle et industrielle pour répondre aux enjeux stratégiques. Disons-le cependant, pour l'avoir vécue, elle fut et demeure une grande aventure humaine qui aura uni les personnels du Ministère de la Défense, de la DGT et du CNES pour réaliser les différentes générations de Milsatcom.**

### **Le noyau dur : concilier Résilience, Capacité et flexibilité**

Il faut souligner la performance quotidienne des systèmes de télécoms spatiaux qui apportent capacité, flexibilité et protection. Leur fiabilité, leur disponibilité et leur résilience sont devenus indispensables au commandement, à la maîtrise de l'information et à la conduite des forces. La maîtrise des ressources spatiales rend possible la maîtrise de l'information.

L'objectif, résumé dans le tableau ci-dessous, est donc de permettre aux forces de « **disposer de liaisons de télécommunications toujours disponibles, quelles soient les circonstances** », c'est ainsi que naît et se traduit dans les faits dès 1985 le concept de **Noyau Dur**.

Les programmes SYRACUSE successifs traduisent la réalisation puis l'extension d'un système souverain - fabriqué et contrôlé en national. Protégé contre les

L'officier de programme Syracuse II, chevronné officier air de transmission disait toujours, lorsque nous étions confrontés à une difficulté majeure: « Dans la radio, c'est toujours le fil du casque qui m... » sentence qui m'a guidé tout au long de ma carrière.

effets du brouillage (si souvent nié et rencontré souvent) capacitif et souple d'emploi il est devenu indispensable au commandement et à la conduite des forces. Depuis 1985, l'irrigation des théâtres en moyens SATCOM n'aura jamais cessé.

### **Et demain ?**

**Entre Coopération et souveraineté, Spécificités militaires et dualité**

Locataire sur les TELECOM 1, copropriétaire sur TELECOM 2, les MILSATCOM

nationales deviendront strictement militaires, avec SYRACUSE III. Quelle solution pour demain ?

Tirons les enseignements du passé, considérons avec responsabilité les contraintes qui s'imposent à nous, mais préservons notre capacité à fournir aux forces des moyens MILSATCOM résilients, flexibles et capacitifs. En terme de coopération soyons déterminés mais réalistes, bâtissons les piliers qui porteront les coopérations sans se détourner des objectifs. L'expérience française et la compétence des équipes méritent largement d'être exportées chez nos voisins plutôt que de céder à des modes ou de renoncer aux besoins légitimes de nos forces.

On l'a vu, Syracuse 1, Syracuse 2, Syracuse 3 et Athena-Fidus sont le fruit d'un investissement constant de la DGA, de la DGT (hier) et du CNES qui a permis



	Segment spatial	Segment sol	Avancées majeures
<b>SYRACUSE I</b>	3 satellites 2 canaux bande X Capacité – classe qq centaines de kbit/s	3 centres métropolitains Qq dizaines de stations Modems durcis SS-CDMA	• Création du noyau dur MILSATCOM
<b>SYRACUSE 2</b>	4 Satellites 5 canaux bande X – 3 couvertures dont une mobile Capacité – Classe qq dizaines de Mbit/s	Près de 200 stations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacité spatiale nationale</li> <li>• Flexibilité en couverture</li> <li>• Considérable extension du segment sol</li> <li>• Contrôle, si besoin, des satellites depuis un site militaire</li> <li>• Satcom sur sous-marin</li> <li>• Coopération Défense/Cnes/France Telecom</li> <li>• Coopération FR/UK (secours mutuel – extension de couverture)</li> </ul>
<b>SYRACUSE 3</b>	2 Satellites 9 canaux bande X 6 canaux EHF Capacité – Classe qq centaines de Mbit/s Antenne active antibrouillée Processeur numérique embarqué	Parc de près de 400 stations Modems durcis EPM (XXI) Réseau capacitif DVB-RCS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satellites souverains contrôlés depuis sites du MINDEF</li> <li>• Antibrouillage</li> <li>• ADSL de théâtre</li> <li>• Flexibilité bande et couverture</li> <li>• Coopération avec OTAN et l'Allemagne</li> </ul>
<b>SICRAL 2</b>	5 canaux bande X Antibrouillage Processeur bord	Parc SYRACUSE 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coopération avec Italie</li> <li>• Apport capacité UHF</li> <li>• Complément capacitaire noyau dur Fr</li> </ul>
<b>ATHENA FIDUS</b>	Un satellite bande Ka	Parc cible de qq centaines de stations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coopération avec Italie</li> <li>• Introduction de la capacité Ka dans le méta-système</li> </ul>
<b>COMSAT NG</b>	Souveraineté et continuité du noyau dur/service public de Sécurité et de défense Coopération – Rationalisation Protection/Capacité et Flexibilité Retour sur investissements (études amonts et réemploi des segments sols) Un enjeu capacitaire stratégique à satisfaire dès 2019		

de construire des compétences uniques en France et en Europe dans certaines technologies clés pour la Défense dont celles des télécommunications spatiales hautement sécurisées et à haut débit.

Ces programmes ont aussi été rendus possibles grâce au caractère dual de l'activité spatiale, source de fortes économies tant pour la Puissance Publique que pour l'Industrie.

Cette dualité repose sur le fort potentiel de réutilisation de la technologie spatiale du domaine civil dans les applications militaires (la plate-forme, par exemple) et, à l'inverse, d'une technologie ou d'un savoir-faire développé d'abord dans le domaine spatial militaire avant d'être réutilisé dans une application civile (la sécurité, la haute performance ou l'approche « système » par exemple).

Les premiers programmes réalisés en coopération DGT/Défense ont permis de développer des compétences uniques dans les charges utiles duales civiles et militaires. C'est en particulier l'expérience Telecom 2/SYRACUSE II qui a permis à THALES ALENIA SPACE de remporter les marchés de développement des satellites duaux KOREASAT 5 lancé en 2006 pour le compte de la Corée du Sud, STAR ONE C1 et C2 lancés en 2007 et 2008 pour le compte

# Les mises en service emblématiques

J'ai souvenir d'une réunion dans une petite salle du congrès américain où j'ai découvert en privilégié malgré le secret l'entourant une maquette de leur satellite MILSTAR, un concept inimaginable! Et bien, en même temps je leur expliquais l'automatisation des appels dans le système SYRACUSE, alors que les forces US utilisaient encore un opérateur. Le 22 non pas à Asnières mais à Washington!

du Brésil ou encore YAHSAT 1A et 1B lancés en 2011 et 2012 pour le compte des Emirats Arabes Unis.

De même, la compétence « système » développée dans le cadre du programme SYRACUSE a permis de gagner les plus gros marchés de télécommunications spatiales de ces dernières années comme les projets de constellations de téléphonie mobile GLOBALSTAR (48 satellites) et IRIDIUM (81 satellites) en 2010.

Aujourd'hui, les nouveaux besoins en sécurité de certains opérateurs civils, de plus en plus confrontés aux brouillages de leurs systèmes spatiaux, peuvent être

satisfaits par un savoir-faire développé et expérimenté dans le domaine des télécommunications spatiales de défense.

La leçon de ces succès est que seul un soutien institutionnel constant et déterminé, visant à consolider des champions nationaux sans dupliquer inutilement les savoir-faire, est à même de maintenir l'excellence française dans le domaine spatial, afin de répondre efficacement aux besoins des forces armées et de rester compétitif sur le marché mondial. ■

## Syracuse III

### Description

Syracuse III offre un débit de plusieurs centaines de Mbits/s via trois satellites (Syracuse 3A, Syracuse 3B et Sicral 2) à un parc de 368 stations sols utilisateur (SSU). Il permet d'avoir une couverture globale qui va du Brésil à la côte ouest de l'Australie (Golfe du Mexique à la mer de Chine) à  $\pm 60^\circ$  de latitude.

L'architecture est conçue de manière à s'adapter à des configurations opérationnelles variables :

- pour offrir une capacité de résistance à une menace de brouillage,
- pour sécuriser les communications entre les stations tout en offrant une capacité optimisant le débit.

### Fiche technique

**Le système Syracuse III comprend trois grandes composantes :**

- La composante « **segment spatial** » comprend les satellites déjà opérationnels Syracuse 3A et 3B, lancés respectivement en 2005 et 2006 pour une durée de vie minimale spécifiée de 12 ans. Elle comprendra à partir de 2013 le satellite franco-italien Sicral 2.
- La composante « **ancrage métropolitain** » comprend les stations métropolitaines qui permettent notamment l'interconnexion du réseau Syracuse avec les réseaux d'infrastructure (Socrate). Elles sont implantées sur deux sites appelés

M3 et M4. Chaque site comprend plusieurs antennes d'un diamètre maximum de 18m, les chaînes d'émission/réception associées, les moyens de gestion locale de l'installation, et les équipements réseau du système Syracuse. Ces stations permettent également le pilotage des satellites.

- La composante « **segment sol utilisateur** » est constituée de stations terrestres et navales autonomes de communications par satellite. Il en existe plusieurs types, développées au titre du programme.
- Stations terrestres : elles possèdent une antenne d'un diamètre de 0,8 m à 4,8 m, supportent de 1 à 24 liaisons et offrent des débits jusqu'à 5 Mbits/s pour le service non protégé et 2 Mbits/s avec protection.
- Stations navales qui équipent les bâtiments de premier rang et les sous-marins. Elles possèdent une antenne d'un diamètre de 0,4 m à 2,6 m, supportent de 1 à 10 liaisons et offrent des débits jusqu'à 5 Mbits/s pour le service non protégé et 2 Mbits/s avec protection.

**Le système Syracuse III offre les services suivants aux forces armées :**

- **Service réseau de transit**, permettant l'élongation du réseau Socrate sur les théâtres, offrant des capacités moyens débits (protégés ou non) et hauts débits

(non protégés) aux stations les plus capacitatives, et interconnectant les réseaux de dessertes déployés, entre eux et avec les réseaux stratégiques de commandement. La composante « transit » du Réseau de Diffusion Syracuse est considérée comme un support du réseau de transit Syracuse.

- **Service réseau de desserte**, offrant un service de raccordement d'usager à des abonnés individuels qui lui sont directement raccordés. Le réseau de mobiles (IP et circuit), la composante desserte du réseau de diffusion Syracuse contribue au service de desserte.
- **Service de fourniture de support de transmission**, Syracuse permettant l'interconnexion au niveau modem de couches réseaux distinctes de leurs couches réseaux propres.
- **Location de capacité spatiale**, Syracuse fournissant dans le cadre du contrat NSP2K avec l'OTAN, une capacité spatiale antibrouillée en bande X.

### Architecture industrielle

La **maîtrise d'œuvre industrielle** du programme est assurée par Thales Alenia Space pour le segment spatial et par Thales Communications pour le système et les segments sol utilisateurs.



## WE LOOK AFTER THE EARTH BEAT

**TODAY, WE CAN'T LIVE WITHOUT SATELLITES.**

We don't see them, but they are with us all the time:  
to predict the weather,  
to understand climate change,  
to stay in touch with the rest of the world,  
to support us in crises,  
to unlock the secrets of the Universe,  
to protect us from above.

At Thales Alenia Space, we provide innovative satellite-based solutions, that bring a new dimension to your projects, to help you achieve your ambitions.

[www.thalesaleniaspace.com](http://www.thalesaleniaspace.com)

**ThalesAlenia**  
A Thales / Finmeccanica Company **Space**

# ONYX

## Le calculateur multi-mission, haute disponibilité, taillé pour la performance



### ► Le premier système Core i7 au monde basé sur COM Express intégrant les fonctions BIT

Les calculateurs durcis envahissent les véhicules terrestres, les drones, les robots marins... Ils doivent être compacts, légers, très performants tout en consommant peu (SWaP), mais aussi peu chers et offrir une sécurité et une garantie de fonctionnement irréprochables.

**Avec ONYX et son Built in Test intégré, ECRIN Systems innove et rend la vie de nos militaires plus sûre...**

- > Système COTS : base Quad-Core i7 d'INTEL
- > GP-GPU AMD E6760 : jusqu'à 576 GFLOPS
- > Entrées VIDEO, encodage H.264
- > -40°C/+71°C en fonctionnement
- > Fiabilité : zéro câblage, zéro ventilateur
- > Etanchéité : IP-67
- > Pré-qualifié MIL-STD-461 et MIL-STD-1275
- > Pré-qualifié MIL-STD-810 et DO-160
- > BIT et Fast BIT au démarrage
- > Continuous BIT sur demande
- > Modularité, flexibilité...



Tél : 01 69 07 83 22 - [www.ecrin.com](http://www.ecrin.com)

 **ecrin**  
SYSTEMS

# MIRAGE 2000

## Une référence mondiale d'avion de combat multirôle en matière de qualité, de sûreté, d'évolutivité et de simplicité de maintenance



par **Roland Codde, IGA**

*Roland CODDE a débuté sa carrière en 1983 au CEV à Istres. En 1993, il rejoint le département avions du STPA au sein du groupe Rafale, qu'il quittera en 1998 pour devenir directeur de la base d'essais d'Istres. Nommé architecte du système de forces « frappe dans la profondeur » en 2001, il devient en mars 2005 adjoint opérations du SPNUM et prend la direction de l'UM MID à sa création le 1<sup>er</sup> janvier 2008. En avril 2009, il rejoint la DI comme chargé de mission en charge des directeurs d'opérations export. Il est chargé de mission au CGARM depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2012.*

Jusqu'au milieu des années 1970, les avions de la famille Mirage (III, 5 et F1) sont pratiquement sans concurrents occidentaux dans leur catégorie. Dernier des avions de la lignée Mirage, sélectionné par le Conseil de Défense de la République le 18 décembre 1975, le Mirage 2000 marquait le retour à la formule aile delta et représentait dans les années 1980 le summum de ce que l'on pouvait produire en matière d'avions de combat. L'armée de l'air a choisi la date du 2 juillet 1984, jour anniversaire du cinquantenaire de sa création, pour donner une valeur plus symbolique à l'arrivée en escadre du Mirage 2000 sur la base aérienne de Dijon-Longvic. Déployé en opérations sur de nombreux théâtres opérationnels, le Mirage 2000 est devenu une référence en termes de disponibilité, de maintenance et d'évolutivité, en démontrant également son interopérabilité avec les appareils de l'OTAN et son efficacité au combat. Véritable aventure technique, industrielle, opérationnelle et surtout humaine, c'est en fait une GENERATION MIRAGE 2000 qui a contribué à la satisfaction de ses utilisateurs nationaux et étrangers, et a fourni des bases du programme RAFALE, une autre GENERATION en perspective pour un appareil omnirôle.



Les versions du Mirage 2000

Il y a près de trente-cinq ans volait pour la première fois le dernier né d'une longue lignée de chasseurs français, creuset des technologies de l'époque. Les diverses versions du Mirage 2000 sont devenues le fer de lance de l'armée de l'air et certaines le resteront encore dans la décade à venir indépendamment de la montée en puissance des Rafale au sein des escadrons.

Le cadre officiel du projet ACF imposait la conception d'un nouvel avion de chasse répondant aux canons de la guerre froide. Les contraintes budgétaires amènent la

société Dassault Aviation à proposer un avion de supériorité aérienne de conception originale et révolutionnaire, garantissant ab initio des capacités d'emport et un rayon d'action pour des missions secondaires air-sol.

Après seulement vingt-sept mois consacrés à son développement, le prototype atteignait, dès son premier vol de 65 minutes le 10 mars 1978, la vitesse de Mach 1,3 et l'altitude de 12 000 mètres. C'était l'annonce d'un avion de toute première technologie et particulièrement innovant, recourant à la CFAO, aux

# Les mises en service emblématiques

## 2000 C RDI : La guerre du Golfe



A la suite de l'invasion du Koweït par l'Irak en août 1990, la « 5 » participe à l'opération DAGUET. 12 Mirage 2000 RDI de la BA 115 d'Orange sont les premiers à rejoindre la base aérienne d'AL HASA en Arabie Saoudite. Tout juste déclaré opérationnel sur cet appareil, le 2/5 Ile de France participe à l'opération « DAGUET » et sera en septembre 1992 le premier à se déplacer sur la base aérienne de Dharan dans le cadre de l'opération « ALYSSE », qui s'intègre dans le dispositif interallié « SOUTHERN WATCH » qui, dans le sud de l'Irak en dessous du 32<sup>ème</sup> parallèle, interdit à l'aviation irakienne de mener des opérations sur des populations chiïtes du pays. Les appareils démontrent une disponibilité de 98%, aucun appareil n'étant indisponible plus de 24 heures.

matériaux composites, aux commandes de vol électriques, à une voilure delta à cambrure variable ainsi qu'un système de navigation et d'attaque conçu dès l'origine pour un appareil multirôle devant intégrer des évolutions ultérieures. Le premier avion de série effectue son premier vol le 20 novembre 1982, équipé d'un réacteur M53-5.

Les débuts sont néanmoins difficiles dans l'attente du Radar Doppler à Impulsions (RDI) de THOMSON CSF et du réacteur SNECMA M53-5. Le RDI était le premier radar français capable de fournir un signal numérique en sortie directe du récepteur et donc en amont des unités de traitement du signal. Se doter au début des années 1980 d'une capacité d'enregistrement du signal brut à haute fréquence, puis de traitement et de stockage était un challenge; l'enregistreur développé à cette occasion donnait alors une capacité d'enregistrement de 7 minutes ! Les 37 premiers monoplaces (2000 C) et les 14 premiers biplaces (2000 B) seront réceptionnés avec le Radar Doppler Multimode (RDM, qualifié tout au long de son développement et de son intégration de « radar TEFAL », car chauffe beaucoup, accroche peu), avec une seule capacité d'autodéfense conférée par les canons DEFA 30 mm et les deux missiles MAGIC 2, la capacité de ralliement radar sur autodirecteur missile (figures de balayage recherche autonomes) constituant une grande avancée en emploi opérationnel. La date de mise en service du 2000 C RDM, au sein de la

2<sup>ème</sup> escadre de chasse (Dijon-Longvic), retenue par l'armée de l'air est le 2 juillet 1984. Ce n'est qu'en 1985, avec le standard S3 qu'est mise en service la capacité d'interception Super 530F. La 5<sup>ème</sup> escadre de chasse (Orange Caritat) reçoit le 20 juillet 1988 la nouvelle génération de 2000 C RDI (capacité look down – shoot down) doté d'un réacteur SNECMA M53-P2 à poussée augmentée et capable du Super 530D. Si le premier appareil affecté au 1/5 Vendée (n° 47) prend l'alerte opérationnelle dès le 1<sup>er</sup> septembre, la montée en puissance pose un défi aux équipages voyant arriver tour à tour des appareils aux standards S4, S4-1, S4-2, S4-2a, S5 (1992) et S5-2c. C'est ainsi que le simulateur Mirage 2000 du centre d'essais en vol à Istres se verra chargé d'un volet formation des pilotes au(x) différent(s) standard(s).

Très tôt, le Mirage 2000 perce sur un marché international qui, au début des années 80, était déjà monopolisé par le F-16 et le F-18. Deux contrats sont décrochés en février 1982, en Inde (42 monoplaces H et 7 biplaces TH, livrés de 1984 à 1990) et en Egypte (16 monoplaces EM et 4 biplaces BM, livrés de 1986 à 1988). En décembre 1982, un 3<sup>ème</sup> contrat est obtenu avec le Pérou (10 monoplaces P et 2 biplaces DP, livrés fin 1986). Les Emirats Arabes Unis s'engagent en mai 1983 pour 18 appareils, et décident un an plus tard de porter la flotte à 36 appareils au standard SAD-8 (22 monoplaces EAD, 8 monoplaces RAD et 8 biplaces DAD, livrés de fin 1989 à fin 1990). Le contrat avec la Grèce intervient en juillet 1985

(36 monoplaces EG et 4 biplaces BG, livrés de 1988 à 1990).

Les équipes étatiques ont été régulièrement mobilisées dans le cadre des contrats export 2000 E, version incluant les capacités de base du 2000 C et un grand nombre de fonctions supplémentaires (air-sol conventionnel, armements guidés laser jour et nuit, air-mer, reconnaissance, renseignement électromagnétique).

## Soutien 2000 : une révolution

Si l'avion et son système d'armes ont apporté une révolution au sein de l'armée de l'air dans son fonctionnement et son emploi, les avancées apportées par le système de soutien précurseur dans de nombreux domaines, progressivement introduites et améliorées au fil des versions, ont largement contribué à l'efficacité et au renom des Mirage 2000 dans le monde. Tant par ses succès que ses relatives limitations révélées en entraînement et en opérations, il a inspiré les choix fondamentaux du soutien du Rafale. Si les modes simulés ont sensiblement modifié l'entraînement en vol des équipages, la maintenance intégrée a bouleversé l'approche culturelle du métier de mécanicien aéronautique militaire. Des premiers CRM et CRV du M2000 DA RDM en passant par la trame « Maintenance » du RDI, jusqu'à la MI du M2000-9 EAU, une évolution qui a justifié de ne plus sur Rafale limiter la surveillance au seul SNA de l'avion. La première surprise en opérations a été de constater que le volume de l'équipe de techniciens français autour des M2000 déployés en Arabie Saoudite était 3 à 4 fois moindre que son homologue britannique en charge de la même quantité de Tornado, pour un taux de disponibilité sans commune mesure.

Pour mémoire, en 1989 a été réalisée au sein du 2/2 Côte d'Or la transformation du premier groupes de pilotes et de mécaniciens émiriens, parmi lesquels le colonel Khaled (futur CEMAA) et le capitaine Jelani (aujourd'hui général de brigade et attaché de défense à Paris).



## Baptême du feu du 2000 D



Dès mars 1993, l'escadron 1/3 Navarre commence sa transformation Mirage 2000 D au CEAM à Mont de Marsan. Les avions 601 - 606 sont livrés au standard R1N1L (capacité AS-30L seule). Le 23 juillet 1993, le premier tir AS-30L de nuit est effectué par un équipage de l'Armée de l'air, et permet de valider le système d'armes du 2000 D avec l'AS 30L.

Quelques jours plus tard, la cellule RAPACE est créée avec 6 avions, en regroupant le noyau dur des équipages formés à Mont de Marsan.

À partir du 19 février 1994, la cellule RAPACE est déclenchée, un ensemble composé de l'escadron 1/3 avec ses Mirage 2000D et l'escadron 2/3 « Champagne » avec ses M2000N K2 se dirigent vers Cervia (Italie) en mars 1994, c'est le début des opérations pour le Mirage 2000D...

De mars 1994 au 23 décembre 1995, l'Escadron 1/3 Navarre sera présent avec ses Mirage 2000D pour effectuer essentiellement des missions de Close Air Support dans le cadre du mandat Deny Flight. Pendant l'opération Deliberate Force, l'escadron va s'illustrer avec le tir de 2 AS-30L sur des positions en Bosnie - Herzégovine.

Quelques années plus tard, dans le cadre de l'opération Trident III, 4 Mirage 2000 D du 3/3 « Ardennes » participeront à la première vague d'attaque nocturne au Kosovo le 24 mars 1999 en configuration BGL 1000 kg.

La première décision d'évolution multirôle apparaît en août 1979 avec la version d'attaque biplace dite de pénétration Mirage 2000N. La cellule est similaire à celle du biplace d'entraînement, avec des adaptations pour le vol prolongé à basse altitude et à grande distance, une configuration de biplace opérationnel avec une répartition des tâches optimisée entre le pilote en place avant et l'officier système en place arrière (navigation, contre mesures, gestion de l'armement et utilisation du radar). Le 2000 N 01 effectue son premier vol à Istres le 3 février 1983, le premier de série est livré à l'armée de l'air en janvier 1987. La mise en service du standard K1 intervient le 1<sup>er</sup> avril 1988 au sein de la 4<sup>ème</sup> escadre de chasse à Luxeuil ; l'alerte opérationnelle sera prise dès le 1<sup>er</sup> septembre. L'architecture « suivi de terrain » fut l'objet d'échanges vifs et constructifs entre les services officiels et l'industrie, les simulations pilotées étatiques gagnant leurs lettres de noblesse avec la démonstration du coût/efficacité en matière de délai de développement et de support à la mise au point.

Avec 70 appareils 2000 N (dissuasion) et de 32 appareils 2000 N-K2 (frappe conventionnelle), le retour d'expérience

en opérations conduit à développer la version 2000 D (initialement baptisée N') d'attaque conventionnelle tout temps, de jour comme de nuit. Le premier vol intervient à Istres le 31 mars 1993 et l'entrée en service actif le 9 avril 1993 au sein de la 3<sup>ème</sup> escadre de chasse (arrivée effective à Nancy Ochev le 29 mars 1994). La mise en service opérationnelle donnera lieu à produire en « crash programme » les 6 premiers appareils au standard R1 N1L (AS30L) en vue d'un déploiement en Bosnie Herzégovine, les 14 suivants au standard R1 N1 pour être tous modifiés à compter de début 1995 au standard R1 (armements classiques ; BGL 1000). Le premier appareil au standard R2 sera livré en 2001, avec une capacité d'emport accrue (APACHE, SCALP, provisions AASM) et une amélioration des moyens d'autodéfense, ainsi que de l'électronique. 86 appareils 2000 D ont été commandés et livrés.

Les versions 2000 N-K2 et D seront régulièrement déployées en OPEX pour des attaques de précision, lors des opérations au Kosovo, en Afghanistan (opérations Enduring Freedom et ISAF) et plus récemment en Lybie (opérations

Harmattan et Unified Protector : engagement dès le 19 mars 2011 dans une formation mixte 2000 D – Rafale ; dernière frappe OTAN le 20 octobre 2011 avec 2 GBU12 sur un convoi).

Le Mirage 2000 réalise une nouvelle percée face aux Américains à Taïwan avec le contrat Mirage 2000-5 le 18 novembre 1992 (48 monoplaces EI et 12 biplaces DI, livrés de 1997 à 1998).

Grâce à l'expérience du Développement Exploratoire Multicible (partenariat fort - Services Officiels - industrie, qui permettra de disposer de deux systèmes air-air

## 2000-5 : une référence en matière de soutien à l'export et de conduite de programme



L'Etat apporte dès le début un soutien à l'export en mettant en place comme pour un programme national et de manière complémentaire aux moyens industriels, un simulateur au CEV à Istres, ce qui permet de mener de pair l'évaluation de la version export et celle d'une éventuelle version nationale (expression de besoin en octobre 1992 pour un rétrofit de 37 appareils 2000 C en 5-F, ouvrant la voie à l'armée de l'air pour rentrer dans le club des Fox 3 ; décision du ministre de la défense le 25 novembre 1993).

L'Etat retient également une conduite de programme originale, puisqu'avant même la décision de lancement du programme national et la conclusion du contrat export, la DGA et l'armée de l'air auront donné leur avis sur la définition du système, au cours d'évaluations successives, dans le cadre d'un partenariat avec l'industrie. La pratique d'évaluations en vol dans un environnement opérationnel, dont la participation d'un Mirage 2000-5 de développement dans un exercice majeur de l'armée de l'air (ODAX) a ainsi permis de valider les orientations retenues bien avant la qualification, et d'exploiter au mieux les performances du radar RDY et du missile MICA.

# Les mises en service emblématiques

## Les Mirage 2000 à Red Flag



Red Flag est un exercice militaire aérien impliquant depuis 1975 plusieurs pays alliés et se déroulant aux Etats-Unis à partir de la base aérienne de Nellis (désert du Nevada) et de la base de Eielson (Alaska).

Le premier exercice impliquant des Mirage 2000 est celui de 1992 avec 4 2000 DA de la BA 102 Dijon et 4 2000 N-K2 de la BA 133 Nancy. Après le vol de convoyage par la route du Nord via Reykjavik et Goose bay, les résultats éloquentes découlant de la qualité du système de contre-mesures bluffent les Américains. C'est même un plaisir pour les personnels au sol de voir leurs amis de l'USAF, observer dans un premier temps amusés et vaguement condescendants l'équipe de mécaniciens opérer l'échange d'un moteur M53, avant de se rendre compte mi-admiratifs mi-vexés que le délai maximal de deux heures affiché pour la remise en vol était plus que respecté.

En 1996, avec 8 appareils engagés sur les 80 participants, la France a remportée 4 des 9 « Oscars » décernés. Le système d'autoprotection du Mirage 2000 N a toujours été un cauchemar pour les Agressors, comme certains F-15 l'ont régulièrement constaté à leur détriment. C'est ainsi que sur la base aérienne 116 Luxeuil, une photo fait légitimement l'orgueil des équipages et trône à l'entrée : on y voit un F-15 pris dans le collimateur d'un 2000 N.

compétitifs au plan mondial dès 1996 à l'export avec le M2000-5, et en 2000 en France avec 2 escadrons 2000-5 F et le Rafale F1) et aux nouvelles technologies issues du programme expérimental ACX (préparation du programme Rafale), les Services Officiels ont su profiter de la conjonction d'un besoin, d'une volonté et d'une opportunité pour retenir en deux ans la configuration 2000-5. Ce premier système d'armes de 4<sup>ème</sup> génération

intègre la dernière génération de missiles actifs air/air MICA conférant la capacité de tir multicible et une capacité de tir à distance, un système de contre-mesures totalement intégré ICMS MkII et une avionique profondément renouvelée avec un combiné tête haute / tête moyenne et des commandes HOTAS (Hands On Throttle And Stick).

Les prototypes 2000-5 B01 et C01 effectuent respectivement leur premier vol le 9 mai 1990 et le 27 avril 1991, le premier vol en configuration -5 est réalisé le 24 octobre 1990 ; la mise en service du standard SF1 (MICA EM) intervient en avril 1999 au sein de la 2<sup>ème</sup> escadre de chasse à Dijon, celle du standard SF1-IR (double capacité MICA EM / IR) en juillet 2006.

En novembre 2009 est livré le premier Mirage 2000 doté de la liaison 16. À terme, l'ensemble de la flotte des Mirage 2000 -5 et D devrait être équipée du MIDS, seul le Rafale étant doté de base d'un tel système de transmission de données.

Continuant de tirer profit du formidable creuset technique et technologique du Rafale, l'export contribue à donner les versions les plus évoluées du Mirage 2000 avec le 2000-5 Mk2 (version polyvalente, dotée d'un nouveau cœur système modulaire, d'un radar RDY disposant de deux nouveaux modes antinavires, d'un nouveau système de contre-mesures ICMS Mk III) et le Mirage 2000-9 (version omnirôle avec un RDY-2 à portée augmentée).

Le Qatar acquiert à l'été 1994 12 Mirage 2000-5 (9 monoplaces EDA et 3 biplaces DDA, livrés de 1997 à 1998). La Grèce acquiert en août 2000 15 appareils Mirage 2000-5 Mk 2 (10 monoplaces EGM et 5 biplaces BGM), ainsi que le rétrofit de 10 monoplaces EGM antérieurement acquis. Les Emirats Arabes Unis commandent en décembre 1997 30 appareils Mirage 2000-9 neufs (livrés de 2003 à 2004), ainsi que le rétrofit de 33 appareils acquis en 1983-1984. L'Inde a procédé le 29 juillet 2011 à la modernisation de 49 de ses appareils en configuration EMTI, RDY400 et ICMS Mk4.

Le succès et la constante modernité du programme Mirage 2000 résident en partie dans la gestion de l'architecture système. Pionnier avec le DIGIBUS, bus numérique à vocation militaire défini dans les années 1980 permettant l'échange de données entre les différents équipements et armements embarqués, il a bénéficié de la clé de l'évolutivité du Rafale avec l'EMTI, offrant une puissance de calcul 50 fois supérieure à celle disponible sur les avions de combat de la génération précédente et facilitant l'intégration de nouvelles générations de processeurs et de logiciels se succédant sans cesse.

23 novembre 2007 : livraison à la Grèce des 15 derniers appareils sortis des chaînes de production de Bordeaux Mérignac. Une page d'histoire était tournée. ☐



## Mirage 2000-5 : le meilleur appareil de défense aérienne des années 2000

Les principaux atouts de cet appareil sont son radar RDY, sa puissance de feu (6 MICA) et la perception de la situation tactique via la liaison 16.

Un des avantages du radar réside dans la discrétion du pistage au regard des radars américains APG modifiant la vitesse de balayage pour les pistes détectées. La portée de détection et de poursuite en mode Track While Scan, associée à une très bonne tenue des poursuites en dépit des manoeuvres adverses et l'automatisation poussée de la gestion des formes d'onde donnent au pilote une grande souplesse d'utilisation tactique en temps contraint. Son autonomie de 2 heures à 500 nautiques de sa base en configuration 6 missiles (4EM et 2 IR) en fait un monstre de supériorité aérienne.

LES CIVILISATIONS  
FONT NAÎTRE LES TECHNOLOGIES...



... ARINC AIDE  
À LES FAIRE PROGRESSER

ARINC SA

arinc  
TECHNOLOGIES

arinc  
SERVICES

AA/ROK

41, AVENUE MONTAIGNE • 75008 PARIS - FRANCE  
TÉL. +33 (0)1 45 51 88 74 // FAX. +33 (0)1 45 51 74 59  
E-MAIL. ARINC SA@ARINC.FR

Décembre 2011

# 1<sup>er</sup> NH90 TTH livré à l'Armée de Terre française



# Le Tigre et le Caïman



par **Caroline Gervais, IGA**

Directrice de l'unité de management des opérations d'armement hélicoptères (DGA)

*1989-1996 : équipements de pilotage et navigation des avions et hélicoptères,*

*1996-2003 : trois postes à la direction du renseignement militaire,*

*2004-2011 : politique des systèmes d'information de la DGA, puis chef de la mission des systèmes d'information d'administration et de gestion au SGA puis sous-directrice à la DGSIC*

*2011-2012 : directrice adjoint de l'unité de management aéronautique, à la DGA*

**Ces deux hélicoptères conçus tous deux aux temps de la guerre froide ont grandi dans la jungle de la coopération européenne. Ils ont pourtant su devenir des systèmes d'armes très performants et pleinement adaptés aux conflits actuels.**



*Le Caïman sur Surcouf*

### Une coopération sinon rien

Si les hélicoptères font partie de notre environnement quotidien, l'ingénieur qui veille en nous reste toujours émerveillé par l'alchimie qui permet à ces étranges machines de voler, voire de combattre. Mais comme toujours, la complexité et la performance ont un coût, et développer et industrialiser un hélicoptère militaire coûte bien trop cher pour être finançable par un

unique Etat. Les programmes Gazelle, Puma et Lynx ont donc été lancés en coopération avec le Royaume Uni, le programme Tigre avec l'Allemagne. Le développement du NH90 a été lancé en coopération avec l'Allemagne, l'Italie, et les Pays-Bas.

Du côté industriel, les divisions hélicoptère d'Aérospatiale et de MBB (Allemagne) se sont regroupées en 1992 pour former Eurocopter. Chez nos partenaires européens, Agusta et Westland ont lié leurs destins en

2000. L'hélicoptère militaire est structurellement une affaire de consolidation et de coopération.

**« Leur emploi n'a de limite que notre imagination »**

Parce qu'une guerre ne ressemble jamais à la précédente, l'hélicoptère militaire, né au début de la seconde guerre mondiale, a dû s'adapter aux conflits qui ont émaillé ces soixante dernières années. Composante de la troisième dimension des théâtres terrestres et maritimes, ses missions sont passées de l'observation d'artillerie et du transport vers des sites inaccessibles à la lutte anti navire et anti sous-marine et à l'attaque et la destruction de matériels militaires lourds ou d'infrastructures.

En complément des raids aériens, l'hélicoptère assure une présence et une certaine permanence sur zone et ses trajectoires peu prédictibles par l'adversaire gênent considérablement les actions de leurrage et de camouflage. Enfin, l'évolution des technologies de l'information, assurant des échanges de données automatiques, alliée à l'amélioration des systèmes d'autoprotection permettent l'action

# Les mises en service emblématiques

autonome dans la profondeur (au cœur du dispositif adverse), en coopération avec les milieux terrestre, aérien et naval.

## Le Tigre

Basé sur une expression de besoin datée de juin 1984, le programme est lancé en 1988 en coopération avec l'Allemagne. Initialement, pour la France étaient prévues deux versions, l'une d'appui feu (HAP) et l'autre anti char (HAC), pour un total de 215. L'évolution du concept d'emploi et des formats d'armée issus des travaux des lois de programmation militaire en 2002 et 2007, ont conduit à abandonner le HAC au profit d'une version plus polyvalente de destruction (HAD), et à réduire le nombre d'hélicoptères à 120 puis 80.

Le premier vol du prototype a eu lieu en 1991. Le premier HAP est livré en 2005 à l'armée de terre française, et la première capacité opérationnelle est prononcée en 2009. Le Tigre est déployé trois mois plus tard en Afghanistan, puis dans l'opération Harmattan, deux ans plus tard.

En 2004, l'Espagne rejoint le programme pour la version HAD. Le premier hélicoptère de cette version va être livré à l'armée de terre française dans les semaines à venir.

### « Jamais sans mon Tigre »

Trois ans après son déploiement en 2010, une opération ou un déplacement en zone hostile n'est plus envisageable sans l'escorte du Tigre. Au-delà de ces missions d'appui, le Tigre a également démontré sa capacité offensive lors de la campagne Harmattan : plus de 20 missions de destruction nocturnes en modules mixtes (avec des Gazelles) qui ont détruit plus de 600 cibles, soit 90% des objectifs attribués aux hélicoptères de la coalition.

Vingt ans entre l'expression du besoin et les premières livraisons du premier hélicoptère d'attaque en coopération, ce n'est probablement pas si mal : il s'agit d'une plateforme révolutionnaire par rapport aux hélicoptères maîtrisés auparavant par les industriels, munie d'un système d'arme intégré, répondant à un besoin opérationnel qui a profondément évolué et, concernant la France, en interface avec 16 programmes ou opérations d'armement.

### Le programme NH90

Initialisé par une expression de besoin OTAN datant de 1987, le développement est lancé en 1992, en deux versions, l'une orientée transport (TTH) visant, pour la

France, au remplacement des Puma et d'une partie des Cougar, et l'autre orientée lutte anti surface et anti sous-marine (NFH), en remplacement des Lynx et Super-Frelon.

Le premier vol prototype a lieu en 1995, et le contrat de production est notifié en 2000. Le Portugal, en 2001 puis la Belgique en 2007 rejoint le programme. La première livraison a lieu en 2006 au profit de l'armée de terre allemande. Le premier NFH français a été livré en 2010 et le premier TTH français en 2011. Les objectifs initiaux sont de 27 NFH et 133 TTH. A ce jour, 8 NFH et 4 TTH ont été livrés aux forces françaises. Le nom Caïman a été donné au NH90 au cours de l'année 2011.

Le NH 90 a été commandé à plus de 500 exemplaires, dont plus de 200 exemplaires à l'export, ce qui représente plus de vingt variantes. Plus de cent appareils ont été livrés au total.

Malgré une organisation complexe aggravée par une application stricte du principe de juste retour, le résultat est un hélicoptère extrêmement prometteur, qui une fois passées les phases d'appropriation, comble les utilisateurs. En août 2012, l'armée de terre italienne a déployé avec succès quatre TTH sur la base d'Herat, en Afghanistan. Les appareils affichent une excellente disponibilité (de l'ordre de 80%) malgré un faible effectif de mécaniciens (une petite vingtaine). 



*Tigre en opération*

Les NFH ont été déclarés opérationnels pour la mission de secours maritime en décembre 2011. Une semaine plus tard, la tempête Joachim jetait à la côte le cargo TK Bremen. Un Caïman de la flottille 33F est intervenu en pleine nuit pour hélitreuiller les 19 membres d'équipage. Compte tenu du vent (plus de 110 km/h) l'apport des commandes de vol électriques a été déterminant dans la réussite de la mission.

# 18<sup>ème</sup> salon mondial de la sécurité intérieure des Etats



Parc  
des Expositions  
Paris Nord  
Villepinte

19-22  
novembre  
2013

[www.milipol.com](http://www.milipol.com)

# Le MILAN, missile légendaire



par **Maurice Desmoulière, IGA**

*Maurice Desmoulière a passé 12 ans à la Section armes et engins du Centre d'essais en Vol, avant de s'occuper pendant huit ans des études amont de missiles tactiques à la DGA/DME/STET. Après un détachement durant quatre ans sur la base de l'US Army de Huntsville (Alabama), il a terminé son parcours professionnel chez MBDA en s'occupant à nouveau des études amont.*

Avec la participation de **Patrick Mercillon** et **Jean-Marie Nicklaus**

**Les bases technologiques d'un des plus grands succès européens dans le domaine des missiles furent posées dans les années 1960. Suite à la priorité donnée en 1958 à la mise au point d'urgence des missiles balistiques stratégiques de la force de dissuasion, l'administration française focalisa les crédits de R&D pour les armements conventionnels sur un thème unique, celui de rendre plus performant le guidage des missiles, et à rechercher un partage des coûts de développement grâce au lancement de coopérations européennes.**

## Une prescience dans la préparation de l'avenir

La France avait, dans les années 1950, été pionnière de la mise au point, très en avance sur le reste du monde, d'une première génération de missiles antichars (SS.10, ENTAC, SS.11), dont le guidage s'effectuait manuellement à l'aide d'un mini manche, le tireur télécommandant son missile comme un modèle réduit. Cela nécessitait beaucoup de doigté, après un long et coûteux entraînement.

Après cette première étape qui s'était traduite par un réel succès à l'exportation, et bien que la période ne s'y prêtait guère, les responsables de l'armement terrestre lancèrent en 1959 les premières études consacrées à la « TéléCommande Automatique » (TCA), confiées à la SAT et à Nord Aviation.

Le missile antichar de deuxième génération serait désormais asservi automatiquement à la ligne de visée pointée sur la cible par le tireur. Ce dernier n'avait donc plus qu'à maintenir la visée sur la cible jusqu'à l'impact, ce qui se révélera effectivement être un jeu d'enfant.

Outre sa télécommande automatique, le MILAN présentait deux autres innovations aidant à la compacité du système et constituant des grandes premières mondiales : son conditionnement en « coup complet » dans un tube servant au stockage, au transport et au tir et l'application d'une électronique transistorisée, qui donna au MILAN sa réputation devenue légendaire de fiabilité et de résistance aux pires conditions météorologiques.

## L'encouragement de la coopération franco-allemande

Pour ce qui concernait la coopération européenne, les services officiels français donnèrent leur aval au rapprochement dès 1958 de la société française Nord Aviation avec la société bavaroise Bolkow pour étudier des missiles en commun.

Le programme de « Missile d'Infanterie Léger Antichar » (MILAN) leur fut confié en toute logique en mars 1963, dans la foulée de la signature le 22 janvier 1963 du traité franco-allemand de l'Elysée.

## Des difficultés de développement attendues

Le besoin militaire exprimé par les armées de terre française et allemande était extraordinairement ambitieux et l'on pouvait s'attendre à rencontrer quelques points durs durant le développement. La sortie du missile de son tube sans rupture du fil de guidage donna, c'est le cas de le dire, beaucoup de fil à retordre aux ingénieurs ainsi qu'un problème de point bas lors du départ du missile.

Les responsables de la DTAT ne perdirent néanmoins jamais la confiance qu'ils avaient investie envers les industriels. A une époque où la simulation n'existait pas, le développement emprunta des voies empiriques et itératives, mobilisant une équipe industrielle, qui devait réagir rapidement aux résultats des nombreuses campagnes d'essais, et les deux armées très impliquées dans ces campagnes pour vérifier l'adéquation du produit au besoin. La philosophie générale de la conception fut celle du souci permanent du moindre coût et du maximum d'efficacité pour un matériel voué à une grande consommation



*Entré en service en 1974 et modernisé à plusieurs reprises, le MILAN a encore tout récemment été utilisé en Afghanistan. Cette photo montre un tir depuis un véhicule blindé léger VBL.*

et présentant néanmoins des caractéristiques révolutionnaires.

### **Un missile révolutionnaire en tout point**

A sa mise en service en 1974, le MILAN présentait des caractéristiques totalement révolutionnaires qui offraient une arme légère, simple et facile à mettre en œuvre, aisément portable par deux hommes (missile de 12 kg et poste de tir de 17 kg), ne nécessitant qu'une courte instruction et une maintenance minimale, présentant une portée maximale de 2000 m, un départ discret, un trajet de courte durée, la puissance d'un coup de canon de char de 105 mm grâce à une charge creuse de 103 mm perçant 700 mm de blindage, soit la capacité de détruire les chars les plus lourds, et enfin une extrême précision, le missile ne s'écartant jamais à plus de 30 cm de la ligne de visée.

Après une formation simple, les tireurs appelés du contingent démontrèrent entre 90 et 95% de probabilité d'atteinte de leurs objectifs, à comparer avec les 50 à 75% obtenus par les tireurs professionnels des missiles de première génération. Ainsi, en passant du viseur périscopique du début nécessitant du tireur une grande habileté et une grande résistance au stress, au

viseur associé à la TCA où le tireur n'a plus qu'à maintenir son réticule sur la cible, l'amélioration des résultats s'est révélée spectaculaire.

Le MILAN offrait surtout 20 fois la portée du bazooka pour une masse seulement trois fois plus grande. Il détrôna principalement le canon sans recul comme arme antichar en se révélant beaucoup plus maniable, plus facile à dissimuler et à utiliser sur le terrain, tout en présentant une portée doublée.

### **Un immense succès international**

Sans véritable concurrent américain, le MILAN connut un succès international immédiat, avec plus de 44 pays clients. Il finit par s'octroyer 75% du marché libre mondial des antichars à moyenne portée (ACMP). La production totale a atteint plus de 10.000 postes de tir et plus de 380.000 missiles dont 80% à destination de dix membres de l'OTAN (Allemagne, Belgique, Espagne, France, Grèce, Italie, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Turquie).

L'arrivée en 1982 de la caméra thermique MIRA rendit le MILAN aussi redoutable de nuit que de jour, au bénéfice de la permanence du combat d'infanterie et

en offrant aux unités un extraordinaire moyen d'observation lointaine dont l'utilité a été prouvée bien au-delà du combat antichar.

### **Une phénoménale expérience du combat**

Le MILAN est également un des missiles occidentaux à avoir accumulé le plus d'expérience du combat dans le monde en participant jusqu'à présent à 12 conflits dans les rangs de 11 armées utilisatrices.

Aux Malouines en 1982, le MILAN eut une action décisive dès la première bataille terrestre le 28 mai à Goose Green.

Au Tchad en 1987, les guerriers Toubous remportèrent trois batailles contre un corps expéditionnaire libyen lourdement armé, à Fada (2 janvier), à Bir Kora (19 mars) et finalement à Ouadi Doum (22 mars).

Lors de la guerre du Golfe en 1991, le MILAN fit preuve de son extraordinaire polyvalence en armant aussi bien les commandos du SAS (Special Air Service) faisant la chasse aux missiles sol-sol Scud irakiens loin à l'arrière des lignes ennemies, que l'infanterie qatarie qui repoussa l'assaut d'une brigade irakienne en pleine ville de Khafdjji ou que les compagnies antichars des unités de l'opération « Daguet » française et de la première division blindée britannique, la 1st (UK) Armoured Division, les fameux « Rats du Désert ».

Au cours de ces emplois emblématiques au combat, le MILAN a fait preuve sous toute les latitudes et dans tous les climats de son efficacité contre tous les types de chars existants, mais aussi de sa polyvalence comme arme d'appui feu en tir direct. Le MILAN s'est révélé être en fait une arme « anti-tout », immédiatement disponible en première ligne aux unités d'infanterie pour traiter en tir direct toutes les cibles dangereuses, devenant ainsi une véritable « artillerie portable du fantassin » et faisant d'ailleurs naître l'idée que « le missile épargne le sang ami ».

# Les mises en service emblématiques



*Le missile MILAN, ici vu au milieu de ses soldats français en Afghanistan, détient un record, celui du missile ayant participé au plus grand nombre de guerres dans le monde, avec 12 conflits de 1975 à aujourd'hui.*

## Une modernisation permanente

Avec un grand sens de l'anticipation, les services officiels ont veillé durant toute la guerre froide à accroître régulièrement la capacité de perforation du MILAN, pour qu'elle soit toujours en avance de phase par rapport à l'évolution du blindage des chars soviétiques.

Le MILAN 2 fut donc mis en service en 1984 (avec une charge de 115 mm perçant 800 mm de blindage), le MILAN 2T en 1991 (avec une double charge en tandem pour contrer les blindages réactifs) et le MILAN 3 en 1995 (avec un guidage résistant au brouillage infrarouge soviétique).

MBDA poursuit cet effort de modernisation, avec la version MILAN ER (Extended Range) destinée à l'exportation, et qui dote le système d'une portée de 3000 m, en augmentant encore ses performances létales.

## 4 décennies d'innovations, de succès, et un vrai futur

Les innovations technologiques développées au titre du programme MILAN ont

largement contribué au succès de deux autres coopérations franco-allemandes : le missile antichar à longue portée HOT, mis en service en 1978 et équipant aujourd'hui encore de nombreux blindés ou hélicoptères (18 pays clients, 1500 postes de tir et plus de 80 000 missiles fabriqués) et le système sol-air à courte portée Roland, mis en service en 1978 (11 pays clients, 625 postes de tir et plus de 25 000 missiles fabriqués). On voit donc comment une décision prise en France en 1959, dans un contexte difficile, fut la base de trois immenses succès de l'armement européen. Depuis 40 ans, ces programmes assurent une activité de haute technologie et contribuent au développement d'un savoir-faire de premier rang. Ces succès ne coûtèrent d'ailleurs rien en finale aux Etats français et allemand, les royalties versées par les industriels sur les exportations remboursant les frais de développement. Peut-on rêver meilleur retour sur investissements ?

Pour assurer la succession du système d'arme MILAN, la DGA a notifié en décembre 2011 à l'industrie (MBDA) un marché de levée de risques concernant

un « Missile à Moyenne Portée », dit MMP. Le marché d'acquisition de série est attendu au cours du premier semestre 2013.

Le missile MMP doit se distinguer du MILAN par sa capacité à être tiré en espace confiné (c'est-à-dire depuis l'intérieur d'un bâtiment) et par la possibilité nouvelle d'engager des cibles mobiles, comme les chars les plus modernes, en mode « tiré et oublié », permettant au tireur de se mettre à couvert immédiatement après le départ du missile.

Le MMP constitue un nouveau bond technologique, avec notamment l'intégration d'un autoguidage bi-mode doté d'une voie infrarouge non refroidie ainsi que d'une voie visible.

Grâce à une liaison de données par fibre optique, le MMP offrira la capacité de « rester dans la boucle » jusqu'à l'impact pour limiter les dommages collatéraux et redésigner éventuellement la cible en vol.

Avec une portée de 4 km, le MMP sera également prédisposé au « tir au-delà de la vue directe » (TAVD), grâce à une fonction navigation installée à bord. Il s'intégrera donc parfaitement dans l'environnement tactique défini par le programme FELIN et SCORPION de l'armée de terre française.

En guise de conclusion, souhaitons au MMP, dernier-né de la famille des missiles de combat terrestre, le même succès en France, en Europe et à l'exportation que son glorieux prédécesseur MILAN, ainsi que le développement, si possible en coopération européenne, d'une gamme de missiles s'appuyant sur les acquis du programme MMP mais répondant à des besoins complémentaires de type portée allongée, emport sur plate-formes hélicoptères. ■

## L'innovation au service des grands projets

En France comme à l'international, Bertin Technologies propose une offre qui couvre l'ensemble du cycle de l'innovation, depuis la Recherche & Développement jusqu'à l'industrialisation et la commercialisation.

**Conseil, études et expertise**

**Développement de procédés, pilotes et prototypes**

**Conception et fourniture de logiciels et produits à forte valeur ajoutée**

Près de 500 collaborateurs dont plus de 350 ingénieurs et experts techniques.

Des infrastructures et équipements performants : laboratoires, salles blanches et grises, halls d'intégration et d'essai.

Une Structure de Recherche sous Contrat, labellisée par OSéo.

Un capital technologique et intellectuel :  
• une trentaine de marques déposées  
• une cinquantaine de brevets actifs

### DANS DES SECTEURS DE POINTE

#### ■ Défense & Sécurité

DGA - Sécurité Civile - DCNS - Thales - EADS - Safran - Nexter - MBDA...

#### ■ Energie & Environnement

EDF - Aréva - IRSN - CEA - Total - Solvay - GDF SUEZ - Veolia...

#### ■ Santé & Sciences du Vivant

Sanoil Aventis - Laboratoires Servier - Cayman Chemical - Biogaran...

#### ■ Aérospatial

CNRS - ESA - ONERA - Astrium - Thales Alenia Space - Airbus - DGAC...

Bertin Technologies est structuré par métiers et domaines de compétences : une organisation au sein de laquelle les collaborateurs travaillent en équipes projet pour répondre au mieux aux besoins de ses clients.

Conseil en **Stratégie & Innovation** Technologiques  
**Sécurité des Systèmes d'Information**  
**TRAITEMENT** avancé des Contenus  
**Multimédias Multilingues**

Expertise en **Ergonomie & Facteurs HUMAINS**  
**Modélisation & Simulation**  
Maîtrise des **RISQUES**  
**Génie des procédés**

Optique - **Optique**  
Traitement du **SIGNAL**  
**Electronique** embarquée  
**ARCHITECTURE** Système  
Génie **Biologique**

### UNE SOCIÉTÉ DU GROUPE CNIM

Depuis janvier 2008, Bertin Technologies est une filiale du Groupe CNIM (coté à Euronext Paris)  
CA 2011 : 665 M€ ; 2 600 collaborateurs dans 14 pays

[www.cnim.com](http://www.cnim.com)

#### SIÈGE SOCIAL

#### Bertin Technologies

Parc d'activité du Pas du Lac  
10 bis avenue Ampère  
78 100 Montigny-Le Bretonneux

#### ETABLISSEMENTS SECONDAIRES

Aix-en-Provence :  
+33 (0)4 42 60 46 00

Tarnos :  
+33 (0)5 59 64 86 48

#### CONTACT

+33 (0)1 39 30 60 00  
[communication@bertin.fr](mailto:communication@bertin.fr)

#### TWITTER

@BertinTechnolog  
[www.bertin.fr](http://www.bertin.fr)

#### FILIALES BERTIN TECHNOLOGIES

#### Vecsys

// Traitement automatique de la parole & Technologies vocales embarquées  
[www.vecsys.fr](http://www.vecsys.fr)

#### Bertin Pharma

// Services & expertise pour la R&D pharmaceutique  
[www.bertinpharma.com](http://www.bertinpharma.com)

#### Bertin Corp.

// Diffusion aux USA des équipements de laboratoire et protection NBC  
[www.bertin-corp.com](http://www.bertin-corp.com)

# Les missiles de croisière français



par **Patrick Tramier, ICA**

Directeur exécutif des programmes de MBDA

*X 1975 ENSAE, Patrick Tramier a débuté sa carrière en 1980 au Centre d'Essais des Landes de la DGA. Il a rejoint Matra Défense en 1990 pour s'occuper d'intégration d'armements aux avions, avant de devenir en 1998 le directeur des programmes air-air de Matra BAe Dynamics, puis en 2007 le directeur commercial France de MBDA. Il est depuis janvier 2007 le directeur des programmes de MBDA.*

Avec la participation de **Patrick Mercillon**

## Où tout commence par un... retard !

L'histoire des missiles de croisière en France et en Europe est peu commune, dans la mesure où elle commence par l'existence d'un retard par rapport aux États-Unis, qui avaient effectué le premier tir d'un Tomahawk dès 1976, la première réalisation française, l'Apache, ne venant rattraper ce retard, partiellement, que 17 ans plus tard. À la fin des années 1980, il devint manifeste que le considérable renforcement des défenses aériennes soviétiques rendait de plus en plus aléatoire le survol des arrières ennemis pour des missions d'interdiction en cas de conflit en Europe ou ailleurs. Pour contrer la supériorité numérique des forces aériennes du pacte de Varsovie, il était pourtant vital pour les Occidentaux de neutraliser dès les premières heures les bases aériennes à l'Est en détruisant les pistes pour clouer les avions au sol.

Les États-Unis lancèrent en 1986 une initiative dans le cadre de l'OTAN pour développer à sept pays une arme modulaire tirée à distance de sécurité, baptisée Modular Stand-Off Weapon (MSOW). Les services officiels français eurent l'intuition que ce projet était trop ambitieux pour ne jamais voir le jour. Ils craignaient également de voir le scénario habituel des coopérations transatlantiques se dérouler une fois encore, avec une focalisation des crédits européens sur ce programme jusqu'à son annulation par le

Congrès américain lors de la révélation d'un Black programme, ne laissant aux Européens que le choix d'adopter ce dernier. Ils eurent la sagesse de pousser une solution franco-française, l'Apache (pour Arme Propulsée A CHarges Éjectables), dont le marché de développement fut notifié en septembre 1989 à Matra Défense, en association étroite avec Aerospatiale.

## L'émergence d'une famille européenne de missiles de croisière

La fin de la guerre froide et les enseignements tirés de la guerre du Golfe de 1991 confortèrent la France dans le bien-fondé de son choix de développer une filière de missiles de croisière. La réflexion dessinait alors le besoin nouveau d'une arme de plus grande portée (au moins doublée), plus précise en passant du décimétrique de l'Apache au métrique, et équipée d'une charge unitaire à fort pouvoir de pénétration pour traiter des objectifs fixes et durcis, de type infrastructures bétonnées et enterrées, avec une précision chirurgicale afin de limiter les dégâts collatéraux.

L'usage du Tomahawk pendant la guerre du Golfe en 1991 avait clairement montré l'intérêt de pouvoir ainsi frapper dès les premières heures d'un conflit les centres nerveux de l'adversaire (postes de commandement, centres de télécommunication...) dans toute la profondeur

de son territoire. Le besoin d'armes tirées à distance de sécurité fut encore renforcé lorsque les Irakiens exhibèrent à la télévision un équipage britannique abattu alors qu'il bombardait un aéroport en le survolant à basse altitude et grande vitesse.

Cela conduisit dès 1991 au lancement par le Royaume-Uni d'une Request for Information (RFI) pour l'équipement de la Royal Air Force avec un missile de croisière appelé CASOM (Conventionally Armed Stand-off Missile), tandis que l'armée de l'air française menait une réflexion sur un besoin similaire baptisé APTGD (Armement Précis Tiré à Grande Distance). Matra Défense, qui bénéficiait de l'expérience de l'Apache, fut sélectionné en 1994 par la France pour le développement de l'APTGD. La même année, le Royaume-Uni lançait un appel d'offres CASOM, ouvert aux missiliers du monde entier.

## Le Scalp/Storm Shadow : l'ouverture à la coopération franco-britannique

Devant la vigueur de la compétition CASOM, notamment du côté des Américains, Matra Défense se lança alors dans une démarche inédite : convaincre les autorités françaises de rapprocher leurs spécifications de celles des Britanniques, ce qui permit de proposer avec la société British Aerospace Dynamics Ltd une solution commune,



SCALP sous Mirage 2000D

baptisée Scalp / StormShadow, répondant aux deux besoins et répartissant les coûts de développement entre les deux pays. La victoire du Storm Shadow dans la compétition CASOM en 1996 scella le projet de fusion entre les deux sociétés pour créer Matra BAe Dynamics (MBD), pionnière de la consolidation de l'industrie des missiles en Europe. Les autorités britanniques souhaitant néanmoins maîtriser sur une base nationale le développement du CASOM, Matra Défense et BAe Dynamics acceptèrent le développement de cette solution commune à l'aide de deux contrats nationaux distincts, notifiés en février 1997 en Grande-Bretagne pour le missile Storm Shadow et en décembre 1997 en France pour le missile Scalp. Si cette approche inédite et courageuse de la part de deux sociétés privées mérite d'être soulignée, il convient également de saluer l'attitude des autorités étatiques des deux pays, et notamment de l'armée de l'air française et de la DGA qui ont accepté de réexaminer leur besoin opérationnel pour le rapprocher de celui des Britanniques.

### **Les succès d'une équipe franco-britannique intégrée**

La création de MBD facilita grandement le développement du Scalp/Storm Shadow. Elle permit la constitution d'une équipe de développement réellement intégrée, qui réussira à fournir un produit répondant à l'ensemble des spécifications, tout en respectant des délais et des coûts très serrés, phénomène suffisamment rare dans la coopération européenne pour être mis en valeur. Ainsi, les tirs d'essais en vol eurent lieu en 2001 et 2002, et le dernier tir

de qualification fut réussi le 25 mars 2003. Le coût du développement s'est révélé être très nettement inférieur à celui d'un programme américain correspondant (le TacTom), avec un coût unitaire équivalent en comparant les productions à rang analogue. Il convient de remarquer aussi que le contrat de développement du JASSM, un autre programme américain équivalent, a été notifié le même jour que celui du contrat Storm Shadow, mais que sa mise en service subit plusieurs années de retard. Ceci explique le succès immédiatement rencontré par la famille Scalp/Storm Shadow avec plus de 2000 exemplaires commandés par six pays : France, Royaume-Uni, Italie, Grèce, Arabie Saoudite et Émirats Arabes Unis, ce dernier pays co-développant avec la France une variante baptisée Black Shaheen. Le Storm Shadow fut employé pour la première fois au combat en 2003 lors de la seconde guerre du Golfe par la Royal Air Force avec le tir de 27 missiles. Les premiers eurent lieu dans la nuit du 21 au 22 mars 2003, effectués par les célèbres « briseurs de barrage » du N°617 Squadron. La précision enregistrée fut telle qu'elle fit l'objet de la part du client britannique d'une médiatisation dont il est assez peu coutumier. Puis, à l'occasion des opérations aériennes au-dessus de la Libye en 2011, plus de 100 missiles de la famille Scalp/Storm Shadow ont été tirés entre les mois de mars et de septembre lors de raids nocturnes mettant en œuvre des Rafale B et Mirage 2000D de l'armée de l'air et des Rafale Marine de l'aéronautique navale décollant du porte-avions Charles de Gaulle, des Tornado de la Royal Air Force et de l'armée de l'air italienne et des Mirage 2000-9 de la force aérienne des Émirats Arabes Unis. Tous les utilisateurs saluèrent unanimement les performances du système.

### **L'aventure continue aujourd'hui avec le « Missile de Croisière Naval » (MdcN)**

L'aventure continue aujourd'hui avec la mise au point du missile de croisière naval MdcN, dont le tir est adapté au système de

lancement vertical des frégates FREMM et aux tubes des sous-marins Barracuda. Quatre tirs ont, à ce jour, été effectués avec succès, dont le plus récent le 25 octobre 2012 était le premier tir complet dans la configuration dite à « changement de milieu », c'est-à-dire lancée depuis un moyen d'essais représentatif du tube lance-torpille d'un sous-marin. La qualification est attendue en 2013, avec l'équipement de la première frégate FREMM en 2014 et du premier sous-marin Barracuda en 2017.

### **Le futur des missiles de croisière**

Les missiles de croisière sont très naturellement appelés à rester un pilier essentiel autour duquel la coopération entre la France et le Royaume-Uni devra continuer à se développer, en attirant à elle si possible d'autres partenaires européens. Les deux pays sont en effet arrivés aujourd'hui dans le domaine des missiles de croisière à une situation où ils sont, technologiquement parlant, au sommet. Il semble donc essentiel de continuer à « faire la course en tête » en terme de performances de portée, de furtivité ou de vitesse, et de se poser également la question des futures plateformes, qui pourraient être l'avion de transport A400M ou le ravitailleur A330 MRTT, prévus pour être mis en service dans les deux pays. Un certain nombre de qualités intrinsèquement reconnues aux personnels de la DGA, et notamment aux ingénieurs de l'armement, ont largement contribué au succès de la famille Scalp/Storm Shadow. On citera une indéniable vision à long terme, une compétence technique permettant d'aboutir toujours aux compromis optimaux et une longue expérience de la conduite étatique de programmes de façon à tenir les délais.

Ces qualités devraient une fois encore jouer un rôle essentiel tant pour achever le développement et réussir la mise en service du MdcN que pour structurer les futures coopérations assurant l'avenir des missiles de croisière en Europe. ■

# Dictao

Partenaire de confiance du

**AUTHENTIFI  
FORTE**

Sécurité d

**SIGNATU  
ÉLECTRON  
ET PREU**

Sécurité des

**TRAÇABI  
COFFRE- I  
NUMÉRIQ**

## FONCTIONS DE

Signature él  
Parapheur  
Cachet serve  
Vérification  
Horodatage  
Coffre-fort  
Pérennisati  
Authentifica

SI C

## USAGI

Signature et  
de tous type  
Codes exéc  
Enregistre  
Traces et jo  
Flux de donn  
Messagerie  
Documents b  
etc.

SI A

**Plates-f  
de confi  
multi-app**

SI

**Plates-f  
confiance p  
sur les t**



Utilisateur



Solutions  
**G A I A**



# Un best-seller international « made in France » ? Comment renouveler avec CONTACT le succès du poste radio PR4G



par **Christophe Dumas, ICA**

Directeur du domaine des communications aéronautiques et navales Groupe Thales

*Après 12 ans au sein de la délégation générale pour l'armement, notamment à la direction de la coopération et des affaires industrielles puis comme chef de cabinet du délégué, Christophe Dumas a rejoint le Groupe Thales en 2002, où il a été directeur des activités « radio logicielle », puis directeur de la stratégie de la Division Systèmes C4I de Défense et Sécurité, avant d'occuper ses fonctions actuelles.*

**A l'heure où l'industrie française perd du terrain sur les marchés internationaux, le secteur de la défense est-il condamné à suivre la même pente décroissante, ou parviendra-t-il à maintenir sa capacité d'exportation ? L'analyse de la « success story » du PR4G permet d'illustrer les facteurs clés de la réussite, à appliquer à présent au nouveau programme de radiocommunications tactiques CONTACT !**

### Un besoin venu du terrain

Début des années 1980 : les troupes françaises débarquent au Liban armées de leurs postes radios VHF traditionnels. Mais les brouilleurs syriens en rendent l'emploi inopérant ! Il devient clair que le temps des radios à fréquences fixes est révolu. Or Thales – alors Thomson-CSF - a prototypé pour le marché export un poste radio à évocation de fréquences qui retient logiquement toute l'attention de la DGA. S'ensuit un dialogue constructif et pragmatique entre DGA et industrie, qui conduit en 1991 à la livraison du 1<sup>er</sup> poste Radio de 4<sup>ème</sup> Génération (PR4G) à l'armée de terre française.

### Le pari gagnant d'adresser d'emblée le marché international

Dès le départ, industriel et DGA font le pari de l'export. A l'époque, le marché des communications radio tactiques est éclaté entre de nombreux acteurs nationaux (Signal aux Pays Bas, Racal en Grande Bretagne, Ascom en Suisse, etc..), du fait notamment des questions de sécurité (cryptologie). Cependant, la radio PR4G est conçue d'emblée pour répondre aux besoins du marché international, grâce à une politique de sécurité adaptée, et la possibilité de transférer la production localement. Ce souci de développer le bon produit face à la concurrence conduit à innover jusque

dans le « design » du poste, qui allie pour la première fois esthétique et richesse fonctionnelle. Enfin, le PR4G bénéficie d'un soutien étatique à l'export sans faille, de la DGA et l'armée de terre jusqu'au plus haut sommet de l'Etat. Pour

### Le choix de ruptures technologiques pour économiser un milliard

Pour tenir les coûts de série, un plan composants plastiques est mis en œuvre, en vue de remplacer les composants céramiques traditionnels.  
=> Pari réussi et gains en fiabilité, volume et coûts à la clé.

# Les mises en service emblématiques

l'anecdote, Jacques Chirac appelait le PR4G, dont il était un ardent promoteur à l'international, le... RP4G ! Résultat: le PR4G est retenu dans 8 pays européens, y compris aux Pays-Bas qui renonce pour ce faire à son programme en coopération avec l'Allemagne.

Dans un groupe habitué aux ventes de grands systèmes, l'approche commerciale « produit » est nouvelle mais la spirale du succès s'enclenche très vite, avec une saine émulation des équipes de ventes pour engranger toujours plus de nouvelles commandes. Le succès européen se transforme rapidement en succès mondial. Aujourd'hui ce sont plus de 150 000 radios vendues dans plus de 45 pays. Il se produit cinq fois plus de PR4G pour des clients export que pour les besoins français, générant un rayonnement international très important de la technologie française – et une baisse des coûts de production grâce à l'effet de quantité.

## La culture client au cœur du succès

Le nombre des armées à travers le monde équipées de radios PR4G conduit Thales à mettre en place un « club d'utilisateurs » d'abord en Europe puis au Moyen Orient. La communauté des clients peut y découvrir les innovations apportées à la ligne de produit et échanger sur leurs retours d'expérience et leurs visions du futur des communications tactiques.

Pour conserver son avance sur la concurrence, Thales introduit dès 2005 une nouvelle révolution dans le poste PR4G : la transmission simultanée de la voix et des données sur un même canal, ouvrant la voie à ce que les militaires

appellent la « Numérisation de l'Espace de Bataille ».

Les prochaines avancées du PR4G sont en cours de développement : un débit multiplié par 5 et toujours plus de services offerts, comme le suivi en temps réel des positions sur le terrain des forces amies.

## Et demain ? CONTACT : le réseau « 4G » tactique interarmées

Les besoins accrus en transmission de données et en connectivité transverse (interarmes, interarmées et interalliés) ont conduit la France à engager le programme CONTACT. Il s'agit d'accélérer les échanges et les prises de décision, pour une plus grande efficacité opérationnelle, tout en garantissant l'interopérabilité.

CONTACT vise le développement de réseaux mobiles, à base de radios de nouvelle génération dites « logicielles » : elles seront en effet programmables de par la standardisation de leur

architecture. Large bande, elles offriront de plus hauts débits sur toutes les bandes de fréquences utilisées par les militaires. Elles équiperont non seulement l'armée de terre, mais aussi - et ce sera une première - l'armée de l'air et la marine. Elles apporteront des

## Qu'est-ce qui caractérise une radio logicielle ?

Son architecture est standardisée afin de faciliter le portage sous forme logicielle de nouveaux modes de communication. C'est comparable aux ordinateurs personnels, capables de faire tourner toutes sortes de logiciels sur des bases matérielles différentes grâce à des systèmes d'exploitation standardisés.

capacités de transmission de données accrues tout en capitalisant sur les services du PR4G et des radios aéronautiques et navales actuels.

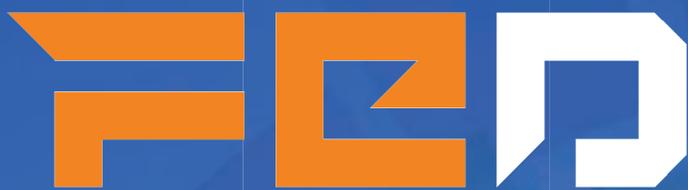
CONTACT sera dès lors bien plus qu'un « PR5G », ce sera le support de communication universel, indispensable aux applications de commandement, de surveillance et de reconnaissance de demain.

Comme le rappelle Jean-Michel Lagarde, l'un des artisans du succès commercial du PR4G et aujourd'hui PDG de Thales Communications & Security, il s'agit d'appliquer à CONTACT la même recette gagnante : co-investissement entre l'industrie et le ministère de la défense sur la maturation des technologies, définition dès le départ d'un produit compétitif de classe mondiale, capacité à mettre en place des coopérations internationales et soutien étatique à l'export. C'est de cette manière que CONTACT pourra perpétuer le succès du PR4G et maintiendra le niveau d'excellence et d'activité de la filière technologique et industrielle française des communications tactiques. ■



## Qualité d'écoute client ... et réactivité !

Le client Suisse s'alarme un jour que le PR4G ne fonctionne pas à certains endroits (du fait des multi-trajets). Le client français est lui-même incrédule, et les équipes vont ensemble vérifier sur le terrain. Les Suisses ont raison. En quelques semaines, les équipes techniques développent une version logicielle qui améliore significativement l'efficacité du PR4G dans ces zones particulières.



**FORUM ENTREPRISES DÉFENSE**

LE SEUL CARREFOUR D'AFFAIRES DES DONNEURS D'ORDRE ET DES FOURNISSEURS DE LA DÉFENSE

**RENCONTREZ  
LES ACHETEURS  
DE LA DÉFENSE**

**29-30 MAI  
2013**

**QUARTIER INGÉNIEUR GÉNÉRAL JAYAT  
VERSAILLES SATORY**

**TÉL. 01 30 75 35 65**

[www.fed.versailles.cci.fr](http://www.fed.versailles.cci.fr)



Chambre de commerce et d'industrie  
Versailles Val-d'Oise - Yvelines

À vos côtés, précisément.

# Le Système d'Information des Armées, Une nouvelle approche pour des grands systèmes



par **Christophe Salomon, ICA**

Conseiller technique industrie auprès du Ministère de la Défense

*X 94, Sup'aéro, il débute sa carrière au service des programmes observation et technologies de l'information comme spécialiste technique, architecte, puis chef de département et directeur de programmes d'études amont. Il est en 2006 directeur de l'opération SIC pôle stratégique de Paris, puis dirige le programme « SI des armées » qu'il amènera jusqu'au stade de réalisation. Il rejoint en 2012 le cabinet du ministre de la défense en tant que conseiller technique pour les affaires industrielles.*

Il me faut reconnaître que je suis d'abord resté perplexe devant la demande du comité de rédaction de la CAIA. Dans une revue consacrée aux mises en service emblématiques, parler d'un programme qui vient à peine d'entrer au stade de réalisation, qui plus est sept mois après en avoir quitté la direction, alors que j'occupe désormais des fonctions qui m'obligent à beaucoup plus de neutralité, voilà qui constituait un défi intéressant. Mais je dois avouer aussi qu'ayant passé de près ou de loin huit ans sur le SIA, je ne pouvais refuser une dernière production sur ce sujet.

## **Le SIA : une démarche avant d'être un système**

Je n'ai pas l'ambition par cet article de faire comprendre ce qu'est le SIA. Disons simplement, pour résumer, qu'il s'agit d'un système informatique qui équipera toutes les armées, depuis les centres de commandement et de renseignement en métropole (CPCO, DRM...), jusqu'aux bateaux et sous-marins, en passant par les

bases aériennes ou encore les brigades de l'armée de terre. Soit 30 000 utilisateurs directs. Mais le principal intérêt du SIA, c'est surtout la démarche, qui a fait exploser les canons habituels de la conduite des programmes d'armement, que ce soit en termes d'expression du besoin, de stratégie d'acquisition ou de politique industrielle.

## **Un lourd historique**

Commençons par le contexte : le paysage des systèmes d'information opérationnels d'aujourd'hui est la résultante d'une grande quantité d'opérations d'armement lancées dans les années 1990 et au début des années 2000, par une génération de personnes qui sentaient confusément qu'il y avait un enjeu d'informatisation, mais qui n'avaient pas les outils dont nous disposons aujourd'hui. Au bilan : des montants considérables investis, des systèmes ayant souvent localement donné satisfaction, mais une hétérogénéité incroyable, peu d'interopérabilité entre outils, plusieurs générations de retard par rapport au domaine civil.

## **Un mode d'expression de besoin totalement revu**

La première révolution apportée par le SIA tient donc déjà à l'expression de besoin : la rationalisation de tout ce paysage est affichée comme un objectif par les armées elles-mêmes, ce qui n'avait jamais été le cas jusque-là, la tendance étant généralement plus à empiler les couches qu'à en retirer. Or dans un contexte de réduction des effectifs le ministère n'a plus les moyens d'entretenir une telle complexité. Deuxième progrès majeur : les armées se sont moins exprimées en besoin fonctionnel qu'en objectifs capacitaires. Le besoin lié au SIA dit beaucoup plus : « le SIA devra me permettre d'atteindre telle performance », qu'il ne dit : « le SIA devra assurer telle fonction ». C'est une belle avancée que l'on doit en particulier à l'EMA et aux armées. De la sorte, toute la réalisation du SIA sera guidée par le souci d'atteindre ces performances. Alors que cela semble évident par exemple dans l'aéronautique, c'est une première dans le domaine des systèmes d'information.



## Une stratégie d'acquisition qui replace la DGA en maître d'œuvre

Deuxième grand changement : la stratégie d'acquisition. Pendant bien vingt ans, l'essentiel des financements du domaine est allé aux deux grands industriels que sont Thales et EADS, très souvent associés. C'était la traduction d'un choix de la DGA de se mettre de plus en plus en retrait. Ce choix a conduit à déléguer la responsabilité du fonctionnement de l'ensemble à deux piliers industriels. Avec un paysage se complexifiant de plus en plus, et ce de notre propre fait, cela s'est traduit par un effet d'éviction pour d'éventuels nouveaux entrants, le ticket d'entrée étant bien trop élevé, ainsi que par une explosion des coûts. Le cas de l'armée de terre est assez illustratif : de plus en plus de complexité, de moins en moins de maîtrise par la DGA, des spécifications de plus en plus lourdes pour tenter de compenser ce manque de maîtrise, des provisions pour risques de plus en plus grandes prises par les industriels... En bref, tous les ingrédients d'un mauvais scénario qui a conduit à l'arrêt brutal de l'opération d'ensemble SIC Terre fin 2008.

### Le déclencheur OE SIC Terre

Ce mini cataclysme à l'époque pour le domaine, est probablement le vrai déclencheur de la démarche SIA qui a suivi. La prise de conscience a été collective, que ce soit dans les armées, à la DGA ou dans l'industrie : il fallait changer d'approche. La première décision a été d'ouvrir la définition du SIA à un large panel d'industriels, avec au bilan un paysage industriel totalement restructuré, et faisant une large place aux SSII. La deuxième décision, beaucoup plus lourde, a été de ne pas déléguer la responsabilité du résultat à un maître d'œuvre industriel. Il y avait beaucoup de raisons : cela supposait

**« une nouvelle stratégie d'acquisition dans les SI : conserver la maîtrise d'œuvre d'ensemble et adopter une stratégie d'acquisition morcelée »**

d'abord de savoir spécifier le résultat, ce qui est impossible dans le cas du SIA qui se construira par « petits pas » ; cela revenait par ailleurs à fermer totalement l'accès du SIA à de nouveaux acteurs, très peu ayant la capacité à porter de tels enjeux financiers (800 M€ environ) ; un tel marché, enfin, induirait une rigidité qui est l'inverse de la finalité recherchée pour un domaine par essence fortement évolutif. La conséquence a été de conserver la maîtrise d'œuvre d'ensemble au sein de la DGA et d'adopter une stratégie d'acquisition très morcelée, avec un grand nombre de marchés, par définition accessibles au plus grand nombre. Une telle décision va à l'encontre de la posture plus générale de conduite des opérations d'armement, et on peut louer la hiérarchie DGA d'en avoir exceptionnellement accepté le principe, ainsi que les conséquences en termes de ressources humaines.

### Déjà une mise en service emblématique

A l'heure où les premiers marchés SIA commencent à être notifiés, tout cela ne relève-t-il que de la promesse ? Revenons un instant début 2009, post OE SIC Terre. A l'occasion d'une réunion mémorable dans les bureaux de l'EMA, nous nous engageons à livrer la première brique du SIA à la fin de la même année, et ce sans besoin, sans marché, avec un SIA qui en était simplement au stade de préparation. Dix

mois après, le STC-IA (socle technique commun interarmées) était livré par THALES et EADS, et mis en service à l'EMA d'abord, puis progressivement étendu à l'ensemble du ministère (NDLR : la voilà donc, la mise en service qui justifiait cet article...). Nous en avons tiré beaucoup d'enseignements. D'abord celui que nos grands industriels peuvent aussi être extrêmement réactifs, et que le succès ou l'échec d'une opération nous est en grande partie imputable. Mais aussi que si nous avons cherché à exprimer un besoin, puis à spécifier finement un contrat, il nous aurait fallu au moins trois ans et des montants financiers plusieurs fois supérieurs pour un résultat qui aurait été, probablement, nettement moins bon.

### Vers le « SIA Store »

La suite du SIA sera à l'avenant : des réalisations très rapides, aux faibles montants financiers, faites par des PME comme des grands groupes, qui viendront alimenter une sorte d'« Apple Store de défense ». Avec le droit à l'erreur que permet une stratégie d'acquisition aussi morcelée, et que ne permet pas un marché d'ensemble. Je pourrais passer encore beaucoup de temps à expliquer comment nous avons pu passer un DLR (dossier de lancement de réalisation) dans un tel contexte, ou quelle stratégie contractuelle est mise en œuvre pour rendre tout cela gérable par une équipe qui n'est finalement pas si conséquente, ou enfin comment sera structurée cette maîtrise d'œuvre étatique. Je me contenterai simplement d'indiquer que tout cela a été rendu possible par un incroyable travail d'équipe interne DGA (DP/DT/DO/DS) mais aussi, et surtout, une très grande proximité avec les armées, qui sont peut-être les premières réussites du SIA. L'histoire la plus intéressante sera celle de son succès, mais je la laisse cette fois à d'autres. ■

# Le programme Véhicule Blindé de Combat d'Infanterie (VBCI) : vingt ans déjà !



par **Philippe Hervé, IGA**  
Directeur des relations France

*Après l'X et l'ENSTA (Option génie industriel), Philippe Hervé fait une carrière dans l'industrie d'armement terrestre (AMX-APX puis Giat Industries puis Nexter Systems) d'abord sur les véhicules, puis sur les systèmes de systèmes et les systèmes d'information associés.*

**Avec la participation de Frédéric Bouty (ICA), Michel Debusschere (IGETA) et Fabrice Gilbert (ICETA)**

**Dans le domaine des véhicules blindés terrestres, le programme VBCI est le dernier « grand » programme conduit par le ministère français de la Défense. Maintenant que les différentes versions (VPC, VCI, VCI Eryx, ...) de la famille sont « Combat proven », un regard sur le passé doit permettre à tout un chacun d'en tirer des enseignements pour l'avenir.**

### **Une importante phase préparatoire côté industriels.**

Dès le début des années 90, Giat Industries s'est attaché d'une part à conclure des partenariats industriels, si possible à dimension internationale, d'autre part à prendre des positions technique, industrielle et commerciale en prévision d'une demande export émergente sur ce type de produits.

Les tentatives d'alliances avec des industriels français (Panhard, alors filiale de PSA et RVI) ont connu des hauts, des bas et des retournements de situation.

Au démarrage associés au lancement d'un démonstrateur de concept, Giat Industries et RVI ont finalement pris leurs distances : Giat Industries, entre 1992 et 1994, a réalisé seul et sur fond propre le VEXTRA et RVI, en 1994 et 1995, dans le cadre d'un PEA, a développé le X8A, démonstrateur de mobilité 8x8 de 24 tonnes, mettant en évidence les effets de seuil (performances versus coût global de possession) grâce à des composants de grande diffusion de la gamme commerciale.

Au fil des évènements, Giat Industries s'est aussi rapproché des industriels allemands jusqu'à lancer, en 1994, un embryon de société commune appelée Move International, réunissant Krauss Maffei, Mercedes Benz, Panhard et Giat Industries, société basée à Satory et chargée du développement d'un concept véhicule EVA, en tirant parti des acquis de l'EXF de Mercedes Benz et du VEXTRA. Ce projet de société commune n'a pas résisté aux procédures de consultation mises en œuvre par les états allemand et français.

### **Une ambition de coopération étatique.**

Les instances étatiques françaises ont très vite recherché une coopération étatique franco-allemande s'appuyant sur le programme français VBM et sur le programme allemand GTK ; les états-majors français et allemands ont signé en 1993 une fiche de caractéristiques militaires commune pour le VBM et le GTK, même si, à la base, le besoin n'était finalement pas si commun : pour la France, le VBCI même à roues, est appelé à opérer au côté du Char Leclerc sur « la ligne

de front » et pour l'Allemagne, le GTK est un engin de seconde ligne car à roues...

Très vite, les stratégies d'acquisition se sont heurtées aux procédures française et allemande de l'époque. Toutefois, la France a accepté la signature en juillet 95 d'un protocole DGA – BMVg/BWB lequel stipulait le leadership allemand pour la procédure d'acquisition GTK-VBM, la France se plaçant en observatrice de la consultation menée par l'Allemagne pour le choix de l'industriel allemand, futur partenaire de Giat Industries, et se réservant la possibilité de poursuivre le projet EVA sans l'Allemagne.

Début 96, le BWB a donc lancé une consultation pour la part allemande de la maîtrise d'œuvre ; c'est à cette époque que l'Allemagne (programme GTK) s'est rapprochée de la Grande Bretagne (programme MRAV). Giat Industries, associé à Panhard et à RVI, devait se rapprocher des différents consortiums germano britanniques en compétition. Toutefois, l'Allemagne n'a pas donné suite à ces tentatives de rapprochement.



*VBCI en opérations*

Aussi, en juillet 96, la DGA, en parallèle stricte avec la procédure allemande, a lancé une consultation auprès des industriels français. Quatre offres françaises ont été déposées en parallèle du dépôt en Allemagne des offres germano-britanniques. Les discussions internationales se sont poursuivies jusqu'en décembre 1998, sans déboucher.

#### **Une compétition franco - française sévère.**

Début 99, la DGA a relancé une consultation pour la seule version VCI avec toujours en arrière-pensée des « restes » de coopération tripartite. Après moultes péripéties dont plusieurs demandes d'« offres finales », cette consultation VCI, tout comme la coopération étatique tripartite, a été suspendue ; l'ultime procédure, française, d'acquisition d'un total de sept cents véhicules pour les deux versions VCI et VPC a finalement été lancée en mai 2000. La DGA a, jusqu'en octobre 2000, fait jouer la concurrence entre les deux compétiteurs en présence, Giat Industries et Renault VI d'une part et Panhard et Henschel d'autre part. Le marché a finalement été notifié « à la hussarde » le 6 novembre 2000 au GME Giat Industries (M)-RVI avec, à la même date, mise en vigueur de la tranche ferme (développement et livraison de 65 matériels). A ce jour, seize avenants, soit un à deux par an, ont été notifiés au GME.

#### **Un démarrage contractuel chaotique**

D'une part, l'utilisateur militaire français, pour des raisons de capacité opérationnelle au combat, a souhaité faire évoluer la solution contractualisée. Principal problème, la notion retenue pour le VCI de « tourelle biplace

virtuelle » (le tireur en tourelle et le chef en châssis) pouvait nuire à une bonne coopération entre le chef et le tireur et induire des restrictions opérationnelles pour le chef ; ceci conduisit à une évolution importante des capacités d'observations extérieures mises à la disposition du chef d'engin. L'avenant 4, en refondant les clauses techniques et en clarifiant définitivement le besoin, a mis un terme au démarrage contractuel difficile.

D'autre part, Giat Industries et RVI ont mis en place une JV commune, Satory Military Vehicle ou SMV, dont l'objet social permettait le transfert du marché VBCI confié au GME Giat Industries RVI vers cette nouvelle société. Finalement, l'État français n'a pas autorisé le transfert de ce marché vers cette société « créée pour ».

#### **Une commande réduite mais globale**

L'avenant n°15, très important, a certes acté la réduction de sept cents à six cent trente de la cible de production, et globalisé des évolutions de définition mais surtout a affirmé la totalité de la production des matériels. Les deux industriels Giat Industries, devenu Nexter Systems et RVI, devenu RTD ont donc pu optimiser complètement la « Supply chain ». Aujourd'hui, toutes versions confondues, c'est pratiquement un matériel qui est réalisé tous les deux jours ouvrables.

La mise en service opérationnelle (MSO) du VBCI a été prononcée en juillet 2010.

En décembre 2009, l'armée de Terre a décidé de déployer le VBCI en opérations extérieures, tant en Afghanistan qu'au Liban. Ceci a nécessité d'adapter les exemplaires prévus d'être projetés aux contraintes particulières d'utilisation.

#### **Déjà, une composante d'un Système de systèmes.**

Pour l'armée de Terre, le VBCI est une composante d'un système de système dont le maître d'œuvre industriel est la DGA. Par exemple, le VCI est équipé du système d'information terminal SIT V1, marché notifié à Nexter Systems, tire les munitions de 25 mm, marché notifié à Nexter Munitions et les combattants amenés à être transportés et à

combattre à partir du VCI sont équipés FELIN, marché notifié à Sagem DS. Ceci a donc conduit à établir précisément et contractuellement les interfaces techniques et industrielles tout autant que la cohérence calendaire entre des programmes contractuellement donc juridiquement indépendants que sont le VBCI, le SIT V1, les munitions de 25 mm et le FELIN.

#### **Un avenir en cours de préparation**

Sur le marché export, de nombreux pays semblent intéressés sous réserve de modifications parfois importantes pour l'adapter aux besoins du prospect.

Le client français, très logiquement, se préoccupe du soutien du parc des matériels VBCI au-delà des marchés en cours.

D'ores et déjà, des obsolescences, sans conséquence sur le soutien à moyen terme des matériels commandés et en cours de traitement pour de nouveaux contrats, sont déjà apparues sur ces produits dont la définition date de bientôt quinze ans : obsolescences techniques ou industrielles inéluctables pour des composants dérivés du civil, dont la durée de vie est sensiblement plus courte que les durées des programmes d'armement.

Le client français prépare aussi les nécessaires évolutions à apporter aux matériels en service non seulement pour prendre en compte des nouveaux besoins opérationnels particuliers, conduisant à l'alourdissement sensible des véhicules avec toutes les conséquences qui vont avec, mais encore pour que le VBCI soit, à terme, une composante de SCORPION, programme majeur de l'armée de Terre pour l'équipement des forces de contact. ■



*Un matériel réalisé tous les deux jours ouvrables*

Balise de détresse  
SARBE



Simulateur signaux  
satellites GNSS  
Spectracom



Systèmes de synchronisation  
temps et fréquence  
de haute précision  
Spectracom



## SPECIALISTE MONDIAL DES APPLICATIONS GPS CRITIQUES

Orolia est l'un des quelques acteurs mondiaux de référence capable de fournir des équipements et systèmes de positionnement, de navigation et de timing pour les applications GPS les plus exigeantes en termes d'environnement et de performance. Présent sur de nombreux programmes d'infrastructure et de dissuasion nationaux, les systèmes de balise de détresse, de synchronisation et de mesure du temps du groupe permettent de garantir la sécurité, la conformité réglementaire et la maîtrise opérationnelle de vos systèmes et infrastructures critiques.

# Des vies sauvées en OPEX

## L'adaptation réactive des systèmes terrestres



par **Dominique Luzeaux, IGA**

Directeur de l'unité de management

« opérations d'armement terrestre », DGA

*Depuis plus d'une vingtaine d'années, l'IGA D. Luzeaux a occupé à la DGA des fonctions d'expertise et de direction de projets et d'entités, principalement dans les domaines des systèmes d'information, d'observation, de renseignement, de la robotique et des systèmes terrestres. Il est responsable depuis 2009 de l'acquisition des systèmes terrestres. Par ailleurs il a écrit une dizaine d'ouvrages en français et en anglais sur l'ingénierie système.*



et **Marc Limon, Colonel**

Chef du bureau adaptation réactive, EMAT/STAT

*Officier du génie, le colonel LIMON, après un brevet technique du cours supérieur des systèmes d'armes terrestres, a occupé des fonctions d'officier de programme segment sol d'observation par satellite à l'EMA. Puis, comme chef de la section coordination espace, il a négocié les aspects opérationnels des accords de coopération avec l'Italie sur COSMO-SkyMed et avec l'Allemagne sur SAR-Lupe et participé au lancement du programme MUSIS. Il est en charge depuis 2011 de l'adaptation réactive à la STAT.*

**Août 2012 : nouvelle attaque d'un engin explosif improvisé sur un char AMX10RC. Char endommagé. Aucun blessé dans l'équipage. Une nouvelle démonstration du succès d'un travail en commun entre la DGA et la STAT pour l'adaptation réactive de nos matériels projetés en opération extérieure.**

Face à la menace évolutive des théâtres d'opérations extérieures, la protection de nos forces est une priorité. Les années de présence en Afghanistan ont redéfini certaines des menaces, face auxquelles les systèmes développés par la DGA et utilisés par les Forces n'étaient pas nécessairement optimisés. Ainsi le théâtre afghan a mis en évidence la menace des EEI (engins explosifs improvisés) et des roquettes anti-char (RPG, « rocket-propelled grenade »), ainsi que les attaques de petit calibre sur tout type de véhicule.

La STAT (Section technique de l'Armée de Terre) et la DGA travaillent en équipe intégrée tout au long de la conception et de l'acquisition des systèmes d'armes terrestres pour optimiser les spécifications technico-opérationnelles au besoin militaire dans un contexte de respect des coûts et des délais.

Dans le cadre des « urgences opérationnelles » qui ont rythmé un certain nombre d'acquisitions de ces 3 dernières années, cette intégration forte des équipes a clairement démontré son intérêt : alliant les compétences d'acheteur et d'architecte d'un côté, d'expert opérationnel en lien étroit avec les forces en présence sur les théâtres extérieurs de l'autre, de nombreuses adaptations réactives d'équipements ont été développées, qualifiées et mises en service.

**Des tourelleaux téléopérés pour les VAB (véhicules de l'avant blindé)**

En 2008, un marché a été notifié en urgence pour acquérir 60 tourelleaux téléopérés pour VAB (connus sous le doux nom de VAB TOP) : ainsi le tireur peut observer et

défendre le convoi tout en restant protégé à l'intérieur du véhicule. De fait, le tireur reste en permanence sous une protection de niveau 3 balistique. Fin 2008, les premiers véhicules modifiés étaient livrés et projetés quelques jours plus tard par Antonov. La totalité des systèmes fut livrée au printemps 2009. Vu le succès opérationnel de cette adaptation, une commande complémentaire en urgence opérationnelle de 20 VAB TOP a été notifiée à l'été 2009, avec livraison et projection dans les mois qui ont suivi.

Plusieurs attaques EEI ont détruit des tourelleaux téléopérés, mais les tireurs protégés à l'intérieur du véhicule n'ont pas été blessés. Par ailleurs la présence de ces tourelleaux a donné un avantage opérationnel majeur à de nombreux convois lors d'embuscades.

# Les mises en service emblématiques



*Le Buffalo déterrant un obus sous la protection d'un VAB 12,7. En 2008, l'acquisition en urgence opération par le biais d'un accord gouvernement à gouvernement de cinq matériels américains Buffalo sonne le début de l'aventure. Grâce à son bras articulé et sa forte protection, le Buffalo apporte une première réponse au besoin. La protection du dispositif et le transport des sapeurs sont assurés par des ARAVIS.*

## Protection des VAB contre les EEI et les roquettes

Les VAB équipent l'armée de terre depuis plus de 3 décennies et ont connu de très nombreux théâtres. Ils n'étaient cependant pas adaptés à la menace EEI qui s'est avéré prioritaire en Afghanistan. En 2009 a donc été développée en urgence opérationnelle l'adaptation VAB anti-EEI. Elle comprend les améliorations suivantes : sièges anti-mines, bouclier ventral anti-mines, protections latérales anti-EEI et déflecteurs latéraux de souffles avant et arrière.

Par ailleurs des kits de protection anti-RPG ont été développés, permettant de faire face à la menace de roquettes avec des taux d'interception très élevés sans nuire au comportement opérationnel du véhicule, avec livraisons et projections au long de l'année 2012. Plusieurs solutions ont été testées, utilisant le retour d'expérience des kits déjà mis en place sur d'autres véhicules. Le travail en équipe intégré entre DGA et Armée de Terre est ici essentiel, car il faut trouver les bons compromis entre l'efficacité maximale des technologies de protection, leur intégration sur le véhicule

tant sur le plan technique que sur le plan opérationnel : en effet, la protection ne doit pas limiter l'emploi opérationnel du véhicule dans ses différentes missions, d'où des optimisations à trouver sur l'encombrement, le poids, la géométrie des protections en fonction des ouvertures et des systèmes embarqués, etc. C'est ainsi que les solutions sont différentes suivant le véhicule considéré (VAB, VBCI, ARAVIS).

## Protections d'autres véhicules

De la même manière, des surprotections du tireur ont été développées et livrées pour le PVP, pour que le tireur puisse observer et défendre le convoi tout en restant protégé derrière une circulaire bouclier de niveau 2. Pour l'AMX10RC, des protections latérales et ventrales ont aussi été développées et mises en place sur les véhicules projetés, sauvant ainsi des vies lors de plusieurs attaques ces dernières années. Des phares de conduite infrarouge permettent aussi à ces divers véhicules d'opérer en condition de nuit en toute discrétion. Pour le VBCI, ce sont des kits mines, des filets anti-RPG, des équipements de protection interne anti-projection,

des supports d'armes en sabord arrière, un ajout de phare de conduite infrarouge.

Là encore, ces adaptations se sont révélées essentielles, protégeant les équipages dans plusieurs attaques depuis 2 ans, les dégâts au véhicule étant par ailleurs limités grâce aux protections et ayant pu être réparés sur place.

Outre ces adaptations réactives, un certain nombre de brouilleurs ont été acquis et installés sur les divers véhicules mentionnés, afin de faire face à certaines menaces d'EEI rencontrés, comme ceux à déclenchement massif ou infrarouge, ou radiocommandés.

## Le DOIP (détachement d'ouverture d'itinéraire piégé)

Pour limiter les risques d'attaques par EEI, chaque passage de convoi logistique est précédé d'une reconnaissance par le DOIP, la nouvelle capacité dont la France s'est dotée pour détecter et neutraliser les EEI qui visent les forces de la coalition sur les itinéraires qu'elles empruntent. La France fait ainsi partie du club des rares pays qui, comme les États-Unis ou le Royaume-Uni, disposent de cette capacité bien particulière.

Servis par les sapeurs du 13<sup>e</sup> Régiment du Génie de Valdahon qui ont progressivement optimisé leur concept d'emploi, les matériels très spécifiques qui composent le DOIP ont été acquis à partir de 2008 par la DGA. Depuis avril 2011, le



*En décembre 2009, le contrat de développement-réalisation du système SOUVIM2 (Système d'OUverture d'OUverture d'OUverture Miné de deuxième génération) est notifié à MBDA en à peine plus d'un mois. Quatre véhicules seront modifiés en urgence pour recevoir notamment un détecteur de métal et un brouilleur. Le VDM (Véhicule de Détection Métallique) est projeté en 2011 en Afghanistan. Dès ses premières missions opérationnelles il augmente sensiblement la capacité du DOIP, détectant quelques jours après son arrivée 4 EEI.*



*Des protections anti-RPG ont aussi été apportées au Buffalo, et elles se sont révélées utiles, sauvant un équipage essayant un tir de plusieurs roquettes. L'agrandissement montre les impacts 3 à 8.*

DOIP a « ouvert » plus de 12 000 km de routes et de pistes afghanes et neutralisé plus d'une trentaine d'EEL. Le résultat est pour l'instant optimal : aucun convoi

circulant après le passage du DOIP n'a subi d'attaque par EEI. Les modes d'intervention du DOIP sont maintenant bien rôdés : en juillet 2012 par exemple,

il a fallu moins d'une heure pour que des EEI de 15 et 12 kg détectés par le VDM soient mis à jour par le Buffalo puis neutralisés. ☑



## Master 2

# SÉCURITÉ INTERNATIONALE ET DÉFENSE

Finalité Recherche et Professionnel

Enseignement présentiel et à distance

Formation pluridisciplinaire. Le Master 2 Sécurité internationale et défense s'attache à former des spécialistes de haut niveau capables de développer une vision globale des problèmes de sécurité internationale et de défense, associant à l'approche juridique des approches économiques et politiques dans une vision renouvelée de la sécurité.

- Etudes juridiques, économiques et politiques de la **sécurité internationale**
- **Défense de la France, maîtrise des armements, géopolitique, géoéconomie**
- **Intelligence économique, conflits économiques, économie de l'armement**
- **Enseignement présentiel ou à distance**
- **Ouvert à la formation continue**

### Renseignements

Faculté de Droit - UPMF  
BP47 - 38040 Grenoble Cedex 9  
Web <http://droit.upmf-grenoble.fr>

**Présentiel**  
+33 (0)4 76 82 55 05  
[scolarité-droit-M2-securedefense@upmf-grenoble.fr](mailto:scolarité-droit-M2-securedefense@upmf-grenoble.fr)

**Enseignement à distance**  
33 (0)4 76 82 54 96  
[scolarité-droit-M2-securedefense-ead@upmf-grenoble.fr](mailto:scolarité-droit-M2-securedefense-ead@upmf-grenoble.fr)




# Sous-marins Barracuda : leur mise en service se prépare dès aujourd'hui au sein d'un programme d'ensemble



par **Laurent Sellier, IGA**

Directeur de l'Unité de Management NAV

*L'IGA Laurent Sellier (X87) est directeur de l'unité de management opérations d'armement navales depuis janvier 2012. Il était auparavant directeur de l'unité de management C/lacanthé et avait piloté la mise en service du système M51 et du SNLE Le Terrible. Sa carrière à la DGA a essentiellement été au service de la dissuasion nucléaire : il a notamment été directeur des programmes MSBS.*

**Plus gros, plus furtifs, plus polyvalents, les sous-marins nucléaires Barracuda remplaceront à partir de 2017 les six sous-marins nucléaires d'attaque de la classe Rubis qui étaient entrés en service entre 1983 et 1993. La maîtrise d'ouvrage d'ensemble du programme Barracuda est confiée à la DGA, le CEA assurant la maîtrise d'ouvrage déléguée pour la réalisation de la chaufferie nucléaire. La maîtrise d'œuvre d'ensemble a été confiée à DCNS qui s'appuie sur son cotraitant AREVA TA pour la chaufferie nucléaire. A ce jour, trois exemplaires sont en chantier dans les ateliers de DCNS : le Suffren, le Duguay-Trouin et le Tourville. Les Barracuda seront plus volumineux que leurs prédécesseurs mais également plus automatisés, si bien que leurs équipages seront réduits :**

Ils apportent des capacités opérationnelles nouvelles, notamment dans le domaine des actions vers la terre avec le déploiement du missile de croisière naval et la mise en œuvre des nageurs de combat.

Le missile de croisière naval, d'une portée de plusieurs centaines de kilomètres, offrira au Barracuda une capacité de frappe mer-sol en profondeur. L'armement du sous-marin comprendra également les futures torpilles lourdes F21 et les missiles antinavire SM39 de la famille Exocet.

Les SNA de la classe Rubis mettent en œuvre des plongeurs de combat mais pas de manière aisée. Le Barracuda disposera, lui, d'un « hangar de pont ». Ce compartiment étanche, extérieur à la coque mais accessible par un sas depuis l'intérieur du sous-marin, sera intégré sur le pont à l'arrière du massif. Les plongeurs pourront en sortir avec des propulseurs sous-marins.

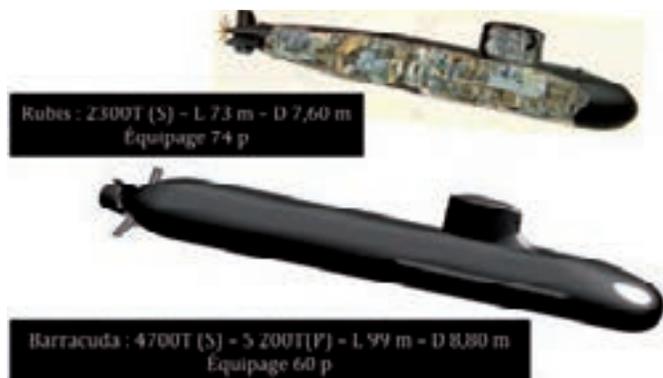
Avec le Barracuda, le domaine d'emploi du sous-marin nucléaire d'attaque pourra s'étendre de l'océanique au côtier. Ce sera le premier



*Embarquement du module chaufferie du Suffren en novembre 2012*

sous-marin français équipé de barres arrière disposées en croix de saint André, dispositif lui offrant une agilité précieuse par petit fond.

Bénéficiant des avancées technologiques des SNLE de la classe Le Triomphant, il possèdera une discrétion supérieure à celle de ses prédécesseurs et, d'une manière générale, d'une furtivité accrue. L'augmentation de la taille du sous-marin permet en effet d'installer tous les équipements sur module ou sur plots. Sa propulsion mixte « vapeur - électrique » lui offre, à basse vitesse et sur mode électrique, un silence de fonctionnement exceptionnel. Enfin, grâce à l'automatisation, le Barracuda





*Le Barracuda disposera d'un hangar de pont permettant la mise en œuvre de nageurs de combat*



ne nécessitera plus qu'un équipage de 60 personnes contre 70 sur les Rubis. Il pourra aussi embarquer des passagers.

Le programme de réalisation des sous-marins Barracuda a été lancé en 2006. Fin 2012, et alors que les études de conception et d'emménagement détaillés des installations s'achèvent, tous les tronçons de coque du premier de série, le Suffren, et 90% de ceux du Duguay-Trouin sont réalisés ; le module chaufferie du Suffren a été embarqué dans son tronçon. Par ailleurs, les premières études d'avant projet pour les infrastructures d'accueil et d'entretien du sous-marin viennent d'être lancées.

Les sous-marins de la classe Barracuda sont réellement différents de leurs prédécesseurs : ils nécessitent que les ports d'accueil et d'entretien des sous-marins nucléaires d'attaque de la classe Rubis (Toulon, Brest, île Longue) soient complètement adaptés et rénovés avant leur mise en service. Les travaux d'infrastructure correspondants doivent en outre être organisés pour que l'activité opérationnelle et l'entretien des Rubis ne soient pas perturbés.

Dans ce cadre et en amont des premières études d'infrastructure, un programme d'ensemble a été créé mi-2011, regroupant sous pilotage de la DGA le programme de réalisation du nouveau sous-marin et le programme d'infrastructure d'adaptation des ports conduit par le service d'infrastructure de la défense (SID). Son objectif est de garantir la cohérence de toutes les actions qui conduisent à la mise en service des Barracuda et ce, aux dates correspondant au retrait du service des Rubis.

Prenons le premier Barracuda, le Suffren. Il doit précisément remplacer le Rubis. Son entrée en

service, fin 2017, nécessite l'application d'un processus d'acceptation rigoureux dérivé des principes de l'ingénierie système : essais en usine des installations unitaires chez les différents fournisseurs (2010-2014), essais systèmes sur plateformes chez AREVA TA et DCNS (2013-2015), essais globaux à quai (2015-2016) puis périodes d'essais à la mer dès 2016.

Le Suffren constitue à la fois un prototype et un premier de série ; les phases d'essais doivent donc permettre aussi bien la réception technique et contractuelle du sous-marin que la qualification de sa définition, afin de pouvoir construire les SNA suivants en conformité. Tout au long de ces années d'essais, une bonne maîtrise de la configuration des installations est indispensable (évolutions et traitement des non conformités) pour s'assurer de la bonne représentativité des essais précédemment réalisés et garantir une bonne prise en main du bâtiment en phase de MCO. Préparer la mise

en service du Suffren consiste déjà à organiser une méthode, des outils et des équipes avec 6 à 7 ans d'anticipation, en parallèle des opérations de construction proprement dites !

En outre, de nombreux jalons liés aux infrastructures doivent être réalisés en parallèle de ce processus de qualification des installations du sous-marin : mi-2015 à Toulon, locaux et plates-formes pour la formation des équipages ; début 2016 à Brest, un quai d'accueil ainsi qu'un bassin compatible Barracuda à l'île Longue ; mi 2016 à Toulon (voir schéma ci-après), un quai d'accueil (quai est) et un bassin d'entretien (bassin 1) à Missiessy, ainsi que des quais pyrotechniques pour le chargement des armes. Auparavant, la démonstration de la tenue des objectifs de sûreté nucléaire devra être apportée dans l'ensemble des situations d'exploitation : en mer, à quai ou au bassin lorsque le navire est relié à son support terrestre.

Le programme d'ensemble Barracuda a été créé à l'instar des programmes d'ensemble qui régissent les programmes de dissuasion nucléaire (Cœlacanthe pour la composante nucléaire océanique, Horus pour la composante nucléaire aéroportée). C'est une organisation qui a fait ses preuves depuis plusieurs décennies et tout dernièrement avec les mises en service opérationnel du missile ASMPA sur Mirage et Rafale et du missile M51 sur le SNLE Le Terrible. ■



*Des aménagements spécifiques pour l'accueil des Barracuda dès 2016 à Toulon*

## Les torpilles de nouvelle génération, l'indispensable suprématie



par **Jean-Marc Daubin, ICETA**

Directeur des programmes de torpille MU90 et ARTEMIS (torpille F21)

*L'auteur a débuté sa carrière dans le domaine des missiles tactiques et stratégiques, tour à tour responsable d'essais, expert propulsion et enfin architecte du programme de missile de croisière naval (MdCN). Il a par la suite été responsable des achats dans le domaine de l'armement terrestre, puis adjoint au directeur du programme Rafale. Il occupe depuis 2010 la direction du segment de management « actions sous la mer » regroupant les armes sous-marines et la guerre des mines de la DGA.*

**Avec l'entrée en service en 2008 de la torpille légère MU90, la marine française a retrouvé la suprématie sur ses éventuels adversaires. Cette arme équipe toutes les frégates de premier rang et est également tirée par les hélicoptères et avions de patrouille maritime ATL2. Elle précède de quelques années sa grande sœur la F21 qui sera utilisée par l'ensemble des sous-marins nucléaires français.**

### Une arme de guerre froide ?

Le monde maritime partage de nombreux points communs avec le monde aérospatial. La maîtrise des espaces en trois dimensions requiert la possession d'armes supérieures à celles de l'ennemi. Une différence de niveau technologique

se paye au prix fort, capacité d'initiative et liberté de manœuvre sont à la clef.

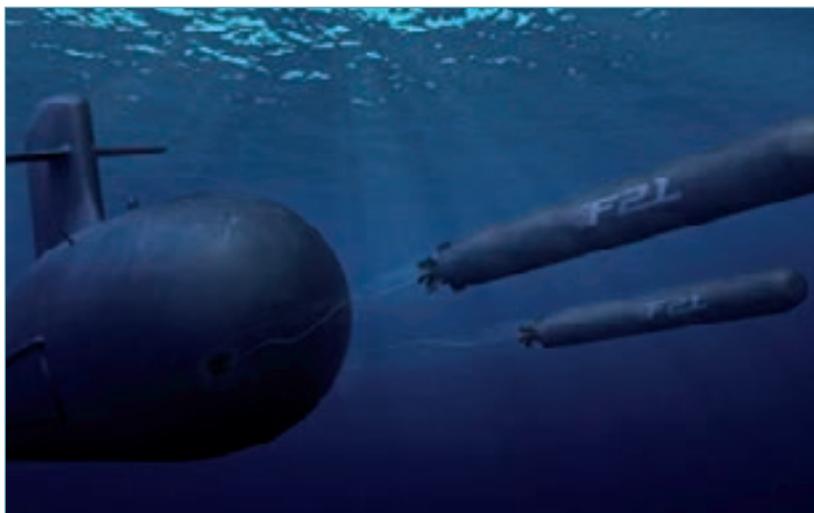
Ce constat a conduit la marine française à exprimer le besoin d'une nouvelle torpille anti-sous-marine dans les années 80, le programme « Murène ». De nouveaux sous-marins soviétiques devaient alors être mis en service. L'arrivée de ces

équipements plus furtifs et capables d'immersions très importantes menaçait alors l'équilibre des forces en présence. Les matériels en service en France étaient soit des matériels américains « Mark 46 », soit des torpilles L5 fabriquées par la direction des constructions navales à Saint-Tropez.

La marine italienne ayant exprimé le même besoin issu de la même analyse, les deux pays ont lancé un programme commun la « MU90 », fusion de la Murène française avec la A290 italienne.

### Un monde qui change

La décennie suivante, au cours de laquelle sont réalisés les premiers tirs de développement, voit de nombreuses transformations s'opérer. La menace soviétique disparaît mais les sous-marins russes parcourent encore le globe. De nombreux pays se dotent de petits sous-marins, certes incapables de réaliser de longues traversées, mais engendrant une menace sérieuse dans les zones stratégiques des détroits et golfes.



La future torpille lourde F21 sera l'arme discrète mais mortelle de nos sous-marins d'attaque



*Avec la torpille MU90 les rôles s'inversent et le sous-marin chasseur devient proie*

La vitesse de la MU90 est supérieure à 50 nœuds et elle peut atteindre des sous-marins naviguant à plus de 1000m (valeurs classifiées). Son sonar actif lui permet de distinguer une vraie cible d'un leurre, celui-ci n'ayant pas les dimensions suffisantes pour répondre aux impulsions sonores émises par l'arme. La dernière caractéristique qui constitue un facteur de suprématie est son autonomie presque deux fois plus importante que celle des autres matériels en service dans le monde.

La conflictualité maritime se rapproche de la terre, il faut être capable de se défendre près des côtes et dans des zones peu profondes. Cette nouvelle donne est source de complexité accrue pour les torpilles. Ces cibles plus petites peuvent se cacher à proximité du fond qui perturbe le sonar de l'arme. Les traitements acoustiques et logiciels doivent être adaptés. Ces nouvelles spécifications seront prises en compte par les ingénieurs de la DGA qui parviendront, sans remettre en cause les points déjà acquis, à mettre au point de nouvelles tactiques en quelques années.

### Une complexité sous-estimée ?

Comme la plupart des programmes qui représentent un saut technologique, la torpille MU90 a connu sa période de doute. Alors que la phase sous-marine du tir était au point, plusieurs échecs de tir ont été rencontrés à l'orée du nouveau siècle. Ces échecs ont mis en évidence la complexité de la phase de transition air/eau, complexité connue des fabricants de missiles à changement de milieu. Cette période a également été marquée par d'autres mutations, la direction des

constructions navales est progressivement devenue une entreprise autonome. Les méthodes de management et de développement ont évolué. Les outils de simulation numérique et hybride ont réduit le nombre de tirs nécessaires. Les ingénieurs de l'armement ont été largement sollicités pour accompagner les équipes de développement pendant cette période de doute. En particulier l'apport de confrères issus du milieu des missiles et de l'aéronautique a été essentiel. Le brassage des cultures techniques et managériales a démontré une nouvelle fois son intérêt.

### Le succès au rendez vous

Les difficultés ayant été analysées et corrigées, les succès se sont enchaînés. De 2007 à nos jours 250 torpilles ont été livrées à la marine française. L'arme a été mise en service en 2008 sur les frégates anti-sous-marines puis en 2010 sur les hélicoptères Lynx et avions de patrouille maritime ATL2. Les frégates Horizon ont été récemment admises au service actif avec la MU90 à leur bord comme le seront les FREMM d'ici peu.

Les succès à l'exportation ont également été nombreux puisque 4 pays ont commandé cette torpille et d'autres sont espérés prochainement. S'il y a bien des armes concurrentes, aucune ne peut rivaliser en termes de performances.

### La torpille lourde F21 va plus loin

Fort de ces succès le programme de torpille lourde F21 a été lancé en 2007. Elle conservera bien sûr les points forts de la MU90 en termes de vitesse et résistance aux contremesures, mais elle possèdera des caractéristiques propres aux armes offensives à longue distance. Capable d'atteindre une cible à plus de 50 km, elle réalisera son approche en mode silencieux. Comme sa petite sœur elle pourra être tirée en mode « tire et oublie » mais le plus souvent elle déroulera une fibre optique la reliant au sous-marin tireur. Cette capacité permettra de changer de cible jusqu'au dernier moment, ou bien même d'annuler la mission en fonction de la situation tactique du moment. Son arrivée en service est prévue à partir de 2016 sur tous les sous-marins nucléaires français. ■

# Queen mary 2 : naissance d'une légende



par **Laurent Castaing,**

Directeur Général STX France SA

*Né en 1960, Laurent Castaing est diplômé de l'Ecole Polytechnique, puis de l'Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées, section Génie Maritime. Après avoir occupé divers postes dans le groupe Alstom, puis au Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire, il est nommé en 2008 Président du Directoire du Grand Port Maritime du Havre. Il est depuis Février 2012 Directeur Général de STX France SA, membre de l'équipe de Direction du groupe STX Europe et Administrateur.*

**Alors que Queen Mary 2 n'est encore qu'une signature au bas d'un contrat et un rêve dans la tête d'architectes amoureux des grands transatlantiques, l'annonce de sa construction à Saint-Nazaire déchaîne déjà des tempêtes médiatiques. Le 7 novembre 2000, les Chantiers de l'Atlantique deviennent ainsi le centre d'une attention qui ne se démentira pas tout au long des trois années que durera sa construction. Saint-Nazaire renoue grâce à lui, avec son passé de constructeur de navires de légende.**

### La genèse du projet

Miami – Mars 1999 : les couloirs du plus grand salon international consacré au marché de la croisière bruissent d'une rumeur exaltante : Cunard Line, héritier d'une longue tradition maritime, envisage de construire Queen Mary 2 (QM2), un paquebot transatlantique.

Immédiatement, la démesure du projet fait rêver tous les chantiers dans le monde. Celui de Saint-Nazaire n'échappe pas à la règle. Fort d'une histoire qui s'écrit depuis 150 ans, constructeur de navires prestigieux, disposant d'un outil industriel à la pointe et de compétences reconnues, le chantier rêve de relever ce défi. L'opportunité leur en est donnée le 7 novembre 2000 avec la signature ferme du contrat.

Commence alors une aventure humaine et industrielle qui va démontrer l'excellence des savoir-faire du dernier grand chantier de construction navale français.

### Les études

Lorsque les discussions débutent en phase projet entre le futur constructeur et l'armateur, l'architecte de Cunard Line, a

déjà travaillé deux ans sur le dossier. Face à lui, l'architecte du Service Projet côté constructeur a la charge de vérifier la viabilité du projet. A partir du « General Arrangement » du client qui précise



Pose bulbe 8



Bureaux d'études



Pose de l'étrave

principalement les besoins hôteliers du bord, il doit tout d'abord évaluer les futures performances du navire. C'est ainsi qu'au cours des discussions « entre gens raisonnables et respectueux de l'autre » comme il tenait à le rappeler, le chantier a amené l'armateur à prendre en compte certains changements techniques importants. Ceux concernant la propulsion notamment permettent au navire de gagner en souplesse (grâce à l'utilisation croisée de moteurs diesel et de turbine à gaz), en puissance (avec l'installation de 4 pods de 21 mégawatts) et en fiabilité (au moyen d'un steering électrique).

#### Le déroulement de l'affaire

Une fois le contrat signé entre l'armateur et le constructeur, « l'affaire » à proprement parler démarre. Placées sous la responsabilité d'un Responsable Affaire (RA dans le jargon chantier) issu de l'ENSTA, les équipes vont œuvrer aux études, à la fabrication, à l'armement, au montage et à l'emménagement du futur géant des mers. Parmi eux, dix ingénieurs sont issus des écoles de l'armement. Le rôle du RA est de donner vie au projet. Il lance les études, donne le coup d'envoi

des achats, définit une stratégie de réalisation tout en gérant les demandes du client.

Une des étapes clés du processus a débuté 2 semaines après la signature du contrat avec la réalisation d'une coque virtuelle en 3D. Le but : la confronter à des situations extrêmes pour en comprendre les réactions en mer. En transformant les paramètres navire en calculs, le chantier a pu par exemple démontrer qu'il allait pouvoir résister à des vagues de 17m de haut avec une déformation maximale de 40 cm.

Après 1 an consacré à la conception générale, les études de détails sont lancées progressivement. Mises bout à bout, elles représentent 1 million d'heures de travail.

Puis vient le lancement de la fabrication avec la découpe de la 1<sup>o</sup> tôle le 16 janvier 2002. Ce jour là, plus de 150 personnes se donnent rendez vous dans l'atelier d'usinage du chantier nazairien. Au cours du discours prononcé à cette occasion, la PDG de Cunard Line, résume parfaitement l'émotion partagée par l'assistance. « La rivière Clyde (Ecosse)

ne pouvant plus accueillir la construction du successeur de Queen Mary, il semble tout naturel que ce dernier naisse à l'endroit même où Normandie, seul véritable homologue et rival de Queen Mary, avait lui-même vu le jour ».

Derrière la fierté de tous, se profile déjà l'ampleur de la tâche. Le coordonnateur d'ouvrage de QM2 la résume avec humour : « la construction d'un navire, c'est comme une vague de surf, on ne peut plus l'arrêter... il faut rester debout sur la vague : si vous tombez devant, vous êtes broyés, si vous chutez derrière, vous n'êtes plus dans le coup ». En effet, gérer la construction d'un tel navire suppose une bonne dose d'organisation... et des nerfs solides. Il faut en effet planifier, ordonnancer et ajuster dans notre découpage, quelques 50 000 tâches. Compte tenu de la taille du navire, et de la complexité de ses locaux publics, le montage à lui seul a « consommé » 30 000 tâches d'une durée comprise entre 50 et 800 heures (contre 20 000 sur d'autres paquebots). L'avancement est vérifié chaque semaine afin de procéder aux ajustements nécessaires tant sur le plan des délais que sur la main d'œuvre nécessaire.

# Les mises en service emblématiques



*Cheminée 9*



*Départ de Saint-Nazaire*



*Forme C*

Sur le chantier nazairien, les étapes s'enchaînent. Des moyens humains et techniques exceptionnels sont mobilisés pour construire ce navire de tous les superlatifs. Des chiffres impressionnants sont d'ailleurs mis en lumière : 2 000 tonnes d'échafaudages sont nécessaires pour construire le futur fleuron de la flotte de Cunard Line, 4 000 m<sup>2</sup> de cuisine et 2 000 m<sup>2</sup> de chambres froides sont installés, 400 tonnes de peinture sont appliquées pour couvrir près de 50 hectares, des milliers de kilomètres de câbles électriques sont tirés... Les compétences des hommes et des femmes du chantier nazairien sont fortement mobilisées sur ce navire, aux côtés des entreprises sous-traitantes travaillant à son aménagement.

Le jour inéluctable de la livraison approche à grands pas, les réservations pour les premières croisières s'affolent et les équipes font face à tous les aléas en respectant tous les jalons de construction. Après des essais mer pleinement satis-

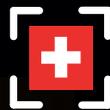
faisants, le navire est livré à son armateur le 22 décembre 2003, date prévue à la signature du contrat 3 ans plus tôt. Sobrement salué par des milliers de personnes, Queen Mary 2 quitte les quais de Saint-Nazaire pour commencer dès janvier 2004, son programme de croisière sous le commandement du Capitaine Ronald Warwick. Le navire est encore aujourd'hui sur toutes les mers du monde, le symbole d'un savoir-faire reconnu et envié. Celui d'équipes qui ont su

pleinement tenir leur rôle. Parmi eux, se trouvent bien évidemment des ingénieurs issus des écoles de l'armement. Il rappelle également que nos compétences techniques et managériales communes ont été à la hauteur du défi qui nous était présenté. Il est enfin une vitrine de notre expertise première en matière de systèmes complexes et ce, à un moment où les « vieilles nations » ne tiennent plus le haut du pavé que sur quelques domaines techniques et industriels. ☐

**Comment se remémorer la construction de Queen Mary 2, sans évoquer la date funeste du 15 novembre 2003 ? Ce jour là en effet, une passerelle d'accès reliant le navire au quai s'est effondrée entraînant la chute de 48 personnes. 15 y laisseront leur vie.**

**Tout a été dit sur ce drame, tout a été écrit, la justice a statué. L'émotion ressentie par un pays tout entier a été à la mesure de la fierté ressentie face à l'excellence mise en œuvre pour la construction du liner. Chaque année, les cérémonies de commémoration de cet accident sont l'occasion de se rappeler que toute œuvre humaine n'a de sens que si elle se fait dans le respect des hommes.**

# Swiss Precision since 1965 Contact Manufacturing



**LEMCO**

dominating precision

[www.lemco.ch](http://www.lemco.ch)

**ULTRA  
PRECISION**

dominating precision

[www.ultraprecision.ch](http://www.ultraprecision.ch)

**SWISS  
INTERCONNECT**

dominating precision

[www.swissinterconnect.com](http://www.swissinterconnect.com)

Members of the Swiss Interconnect Group

# Les souffleries de l'ONERA et le programme A400M



par **Denis Maugars,**  
Ingénieur en chef des Mines

PDG de l'ONERA

*Denis Maugars (X75) a débuté son activité en DRIRE, puis a été en charge des budgets de la Recherche et du Spatial à la Direction du Budget. Il a été ensuite directeur adjoint de M. Fillon, Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Responsable d'opérations et services satellites à l'Aérospatiale en 1995, il prend en 1998 la responsabilité des télécommunications multimédias sur satellites chez Alcatel Space Industries. Il est depuis 2003 PDG de l'ONERA et membre des conseils d'administration du CNES et du CERFACS ainsi que de fondations de Recherche aéronautiques.*

**Les souffleries aéronautiques de l'ONERA, centre de recherche Français pour l'aérospatial et la Défense, ont une longue tradition au service des programmes militaires. La grande soufflerie transsonique S1MA à Modane a été construite dans l'immédiat après-guerre à partir d'une conception et de matériels provenant d'une prise de guerre. Les infrastructures et les compétences se sont accumulées et concentrées sur des aspects militaires essentiels comme la trajectographie, les emports, les tuyères, le supersonique, l'hypersonique et la rentrée atmosphérique.**

Un très grand nombre de programmes militaires, du MIRAGE au NEURON en passant par l'ASMP, le RAFALE et le M51, se sont appuyés sur les grandes souffleries. Les deux événements récents les plus marquants sont le tir d'un missile METEOR dans la soufflerie hypersonique S4MA et les campagnes d'essais réalisées pour la conception de l'A400M. L'actualité de l'A400M nous conduit naturellement à mettre en évidence le rôle particulier qu'a joué l'aérodynamique expérimentale dans sa conception. Pour concevoir l'A400M, on estime qu'il a fallu doubler l'effort en volume dans le domaine de l'expérimental, par rapport à ce qui est habituellement consenti pour des travaux analogues sur un avion de transport civil.

L'A400M est sans nul doute l'un des projets les plus ambitieux qui ait été développé ces dernières années en termes de conception aérodynamique. Les évolutions par rapport « à ce qui est connu » sont un véritable défi

pour les aérodynamiciens, du fait de la nature des modèles aérodynamiques : modèles de turbulence non complètement satisfaisants, zones de l'écoulement très mal maîtrisés comme les zones de choc ou de décollement, zones d'interaction fortes entre structures et écoulement,...

Le mode de propulsion de l'A400M fait appel à des hélices de très forte puissance qui interagissent très fortement avec la voilure, la pointe arrière et toutes les surfaces de contrôle de l'appareil. Elles influencent aussi grandement l'alimentation des entrées d'air des moteurs. Les caractéristiques globales de l'appareil en seront affectées, ainsi que les comportements d'éléments locaux (volets, gouvernes...). Cela modifiera à la fois les performances globales de l'avion (bilan propulsif, vitesse, distance franchissable, capacité d'emport), sa manoeuvrabilité et sa capacité à bien répondre au cahier des charges initial (distance de décollage et d'atterrissage, ..)

Pour répondre à ces exigences, l'Onera a réalisé des campagnes d'essais sur différents types de maquettes d'A400M, de la maquette complète de l'appareil à certains sous-ensembles de l'avion :

**1 - Essais sur maquette complète à grande échelle pour la haute vitesse.** L'emploi d'une maquette de grande taille donne une bonne représentativité géométrique de l'avion dans le respect du détail. Cela permet une excellente simulation aérodynamique. De plus, équiper la maquette en moyens de mesures importants permet de tirer le maximum des essais. C'est l'Onera qui a étudié, fabriqué, étalonné et mis en œuvre une bonne partie des moyens de mesures mis en œuvre pour ces essais. La maquette de l'A400M à grande échelle utilisée dans la soufflerie S1MA de Modane a été équipée de 4 moteurs pneumatiques qui entraînaient les 4 hélices. Le torseur des efforts selon les 6 composantes était mesuré pour chaque hélice. Une régulation très précise du régime de rotation des hélices a permis



Maquette motorisée d'A400M dans la veine de la grande soufflerie transsonique S1MA à Modane.

d'étudier les différents cas de régime de rotation en vol.

Une balance principale a permis de mesurer les efforts sur l'ensemble de l'appareil. Cette balance était d'un montage particulièrement complexe, pour laisser passer les alimentations pneumatiques des moteurs des hélices sans perturber les mesures d'efforts.

La préparation des essais sur cette maquette, avec de nombreux étalonnages, est elle aussi un modèle de complexité. La maquette était équipée d'un très grand nombre de prises de pression, de capteurs acoustiques, ainsi que de mesures de température, de position, d'inclinaison et de déplacement. Une version assez notablement différente de cette maquette, équipée d'une balance d'efforts tout à fait spécifique a permis d'évaluer les efforts sur la pointe arrière dans les cas de vol extrême (braquage d'empennage très important lors de manœuvres particulières de l'avion). C'était là l'un des points les plus délicats de la conception, en relation directe avec les exigences militaires essentielles.

**2 – Essais à basse vitesse.** Une maquette complète, tout aussi équipée mais dédiée à la basse vitesse a été essayée dans la soufflerie F1 du Fauga-Mauzac. Les objectifs étaient, pour cette maquette, plus orientés vers la caractérisation du comportement en configuration hypersustentée, ces cas de vol

étant essentiels pour un avion de transport militaire.

L'ensemble des essais sur maquette complète a permis d'optimiser notablement l'avion par la mise en évidence des effets du souffle des hélices sur les parties portantes. Ce phénomène était très difficilement accessible au calcul, du moins absolument pas avec la précision demandée. Avant les essais, il fallait prendre en compte une marge d'incertitude très importante sur la prédiction des calculs. Les essais en soufflerie sur l'A400M sont intervenus pour réduire cette marge d'incertitude.

Les essais en soufflerie sur l'A400M ont été particulièrement salutaires pour le programme. Les résultats des essais étaient attendus avec grande impatience par les concepteurs. Ainsi, ils ont pu déterminer les efficacités des gouvernes et dimensionner correctement les dispositifs qui, lors des phases de décollage et d'atterrissage, augmentent notablement la portance de l'appareil. Le dimensionnement correct de ces dispositifs est essentiel, mais il ne faut pas pour autant être trop conservateur dans la conception. Cela pénaliserait l'avion, dans les phases de croisière, par un excès de poids. Dans le cas de l'A400M, les effets de souffle sont extrêmement importants du fait de la taille des hélices. Il était donc crucial de

bien appréhender le comportement de toutes ces surfaces, qu'elles soient portantes ou déflectrices de l'écoulement, et ce dans toutes les phases de vol.

Les qualités de vol de l'appareil ont, elles aussi, été totalement identifiées. Il s'agit des capacités de l'appareil à utiliser ses différents gouvernes pour manoeuvrer, ce qui permet ensuite de déterminer les lois de contrôle.

Des mesures acoustiques ont également été réalisées pour déterminer les champs incidents sur le fuselage et les systèmes embarqués.

**3 - Une maquette d'intégration motrice** a été conçue, réalisée et expérimentée par l'Onera dans la soufflerie S1MA. La totalité du système d'alimentation en air du moteur a été simulée. Les distorsions résultant du dispositif d'entrée d'air ont ainsi été mesurées en présence de l'hélice jusqu'à des nombres de Mach de croisière. Il a été vérifié que les plans d'entrée compresseur des moteurs étaient alimentés dans des conditions acceptables sur une grande plage de fonctionnement. L'hélice était entraînée par un moteur thermique placé à l'intérieur de la soufflerie d'une puissance de 1MW. Ces essais ont servi de précurseurs à ceux réalisés par Snecma sur un TP400 à l'échelle 1 à Istres.

**4 - Les caractéristiques de la tuyère du moteur TP 400** ont été étudiées à Modane dans une installation spécialisée (BD2), ces essais ont permis d'optimiser la tuyère et les étages de sortie du moteur, et d'optimiser ainsi la poussée du moteur.

Toutes ces réalisations sont évidemment passées par des interactions fortes et régulières entre les souffleurs, les ingénieurs de conception, la DGA et les Etats-Majors.

Au total depuis la phase exploratoire jusqu'aux essais programmes, les ingénieurs Français au service de la Défense ont su démontrer la capacité de notre pays à faire face aux difficultés et à se donner toutes les chances d'une bonne entrée en service de cet aéronef dans nos forces. ■

# Les racines de la crise : la recherche et les hommes ?



par **Jean-Pierre Rabault, IGA**

Ancien Vice Président du CGARM

*Jean-Pierre Rabault (X59), a eu une carrière riche très orientée nucléaire. En marge d'un parcours DGA qui l'a conduit à plusieurs postes de directeur, il a été conseiller auprès du Ministre de la Défense. Au terme de cette carrière, il a été nommé en 1999 PDG de l'ONERA, puis conseiller du président de MBDA et Vice-Président du Conseil Général de l'Armement.*

**Lorsqu'on parle aujourd'hui de « la crise », il s'agit souvent d'une description des symptômes, mais pas des causes profondes. Dans ces lignes, un observateur privilégié tente de repérer la part du monde de la recherche et de la technique dans cette situation, et s'adresse en premier lieu aux Ingénieurs de l'Armement dont la vocation est bien de constituer au sein des structures étatiques l'aile marchante du progrès scientifique et technologique.**

L'expression utilisée « la crise » surprendra certainement d'aucuns qui considèrent qu'il n'y a pas une crise mais des crises et que de plus ces crises sont financières et engagent fort peu la responsabilité des ingénieurs.

Les explications financières n'ont pas la rigueur que l'on serait en droit d'attendre en ce siècle : chacune appelle toujours une question nouvelle : « Oui, mais alors pourquoi ? ». Premier niveau d'explications, le plus subjectif : la crise résulte de comportements humains mus plus par l'attrait du gain que par le sens des responsabilités, jouant sur la « dissymétrie d'information » -pour ne pas dire l'abus de confiance- et sur des « anticipations » à la frontière de l'irrationnel. Alors pourquoi ? La faiblesse de telles explications est qu'elles ne sont hélas pas propres à l'économie financière. Deuxième niveau d'explications : il ne s'agit là que de dysfonctionnements du système financier que l'on peut aisément corriger par de simples mesures jurisprudentielles : réglementer la titrisation, les taux de fonds propres des banques, séparer des

opérations bancaires d'investissements et de dépôts...

Mais force est de constater que l'on enchaîne les crises financières depuis plus de vingt ans ! Même en évacuant les crises comme celles du Sud Est Asiatique, du Mexique, de la Russie ou de l'Argentine, il n'en reste pas moins que les sociétés les plus avancées ont connu successivement la crise boursière des nouvelles technologies de l'information et des télécommunications en 2000, la crise d'endettement privé des « subprimes », la crise bancaire qui a conduit des États comme l'Islande ou l'Irlande à la quasi faillite, des crises d'endettement public qui ne touchent pas seulement des pays comme la Grèce, le Portugal ou l'Espagne, mais aussi la France, la Grande Bretagne, les États-Unis demain... Sans parler d'un phénomène qui certes n'a interpellé que les techniciens de la finance et Allan Greenspan président de la FED -son fameux conundrum- et qui se manifestait par des taux d'intérêt long terme inférieurs aux taux d'intérêt court terme ! Et c'est délibérément que je ne cite que maintenant

le cas du Japon. Alors que ce pays a été, il y a trois à quatre décennies, la référence industrielle et économique à imiter, il est en crise depuis 1990 -récession, atonie du PIB, apparition du chômage...- et ne semble pas devoir en sortir de sitôt.

Notre comportement devant ce déluge de crises est en tout point semblable à celui d'un médecin qui devant un patient présentant une succession de pathologies qu'il peut individuellement traiter ne se poserait jamais la question de savoir si ces pathologies ne sont pas les symptômes d'un mal unique. Il n'y a pas des crises, il y a une crise !

Toutes ces tentatives d'explication relèvent plus souvent de la description que d'une véritable approche scientifique des causes. Comment expliquer que la crise des subprimes qui en terme d'en -cours de crédits n'a concerné que des montants modestes au regard de l'ensemble des transactions financières quotidiennes ait pu provoquer de tels ravages ? Comment expliquer le fameux conundrum d'Allan Greenspan autrement que par un excès de liquidités : à défaut de trouver moult



*Une technologie duale : la Plateforme Arcadis de vision assistée par ordinateur développée par l'ISL*

projets technologiques ou techniques à long terme -prometteurs en retour sur investissement et ne présentant pas de risques- elles n'ont alors d'autre voie de placements que les actifs financiers à court terme ou les obligations d'État ! Pour reprendre un commentaire autorisé récent qui peut surprendre, ce ne sont pas les liquidités qui actuellement font globalement défaut : la problématique, comme le démontrent les crises de dette publique, c'est en fait le risque de défaut des emprunteurs !

Quelle est donc la cause profonde de la situation actuelle ? Comme je viens de le laisser entendre, il résulte d'un défaut de projets véritablement novateurs porteurs de progrès à l'instar de ce qui s'est produit il y a environ soixante ans avec le développement et l'émergence de nouvelles technologies, qu'elles soient aéronautiques, spatiales, nucléaires, informatiques, de communication et de télécommunication, de santé... pour n'en citer que quelques unes. En fait nos sociétés vivent sur ce capital. On peut même dire qu'elles en vivent bien, ce qui explique l'abondance des liquidités qui circulent actuellement de par le monde !

Mais ce n'est pas sans conséquence. A défaut de pouvoir se placer sur des nouveaux projets techniques et industriels, ces excès de liquidités provoquent un phénomène de financiarisation de l'économie mondiale. Selon certaines données officielles le ratio entre les montants des transactions financières et des transactions courantes mondiales s'élève aujourd'hui à plus de 70.

Si le lecteur veut bien me suivre, il convient d'aller un peu plus loin dans l'analyse. La situation ne serait pas si grave si ce phénomène de plateau technologique et industriel ne se conjugait pas avec le phénomène de globalisation. La problématique que la globalisation pose aux sociétés avancées, n'est pas seulement une question de coût du travail ! La globalisation est un défi pour celles-ci : elles se trouvent en compétition technologique et technique avec des puissances comme la Chine, l'Inde... Ce défi est plus grave que le différentiel de coût du travail qui devrait s'atténuer avec une amélioration du niveau de vie de ces États. La formation de leurs élites est en effet au cœur de leurs ambitions géopolitiques ! Et, comme ce fût le cas pour la France pour le nucléaire militaire, l'effort demandé pour réaliser tel ou tel projet que l'on sait réalisé par ailleurs, est sans commune mesure avec celui demandé « ab initio ».

Sans réaction de la part des sociétés occidentales, la conjugaison des phénomènes de plateau technologique et de globalisation -compétition technique et coût du travail- ne peut avoir à long terme que des effets déflationnistes sur elles. Elles ne maintiennent aujourd'hui leur niveau de vie que par l'endettement public.

La seule voie pour sortir des crises à répétition et/ou d'une atonie à la japonaise est bien évidemment de relancer le progrès technique et technologique. Mais en ayant des idées claires ! Seul un progrès impliquant de fortes barrières d'investissement peut répondre au défi. Si nous nous reportons aux décennies de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et du début du XX<sup>ème</sup> siècle, la force de l'Europe et des USA, c'était alors leur monopole de fabrication de tout un ensemble de produits industriels : il leur permettait d'en fixer le prix à volonté et le coût du travail n'était alors qu'un facteur second... Cette position tenait au fait que de véritables barrières d'investissement interdisaient à d'autres pays d'entrer sur le marché. Pour qu'une barrière d'investissement soit efficace, faut-il encore qu'elle soit à la fois technologique -une réelle avancée-, financière -des investissements conséquents- et enfin humaine -des ingénieurs de très haut niveau. Et ne nous laissons pas abuser par l'innovation ! L'innovation est nécessaire, ne serait-ce que parce qu'elle nous est imposée par la compétition mondiale, mais elle n'est aujourd'hui que le succédané du progrès. N'étant jamais constitutive de barrières d'investissements, elle ne conduit, comme la financiarisation, qu'à une course qui ne protège pas à terme de la compétition des coûts du travail !

Alors, Messieurs les Ingénieurs de l'Armement, vous qui restez l'un des derniers Corps à vocation technique de l'État sans lequel il ne pourra remplir sa mission de sécurité et de défense, à vous de relever le défi ! Car au delà de cette mission, c'est véritablement l'avenir de notre société qui en dépend !

# Le dernier bouton de guêtre



par **Denis Plane, IGA**

*Plusieurs fois directeur de programme, directeur des programmes de la DGA, contrôleur général des armées en mission extraordinaire, commissaire du gouvernement de sociétés de défense, il a vécu les programmes d'armement depuis des points de vue variés. Il est membre « armement » de la commission de déontologie.*

**Une mise en service n'est jamais terminée : il faut sans cesse assurer la cohérence du système de forces, s'adapter aux variations opérationnelles, à l'environnement et aux systèmes en interface, mettre à jour, maintenir... Le Graal est la construction d'une architecture qui s'adapte facilement, résultat d'une ingénierie complexe. N'est-ce pas la plus noble mission des IA ?**

Si on n'y prend pas garde, le titre de ce numéro pourrait sous-entendre qu'il existe un jour précis où le travail est fait, la réalisation est achevée, qu'une étape unique et presque instantanée marque l'aboutissement d'un travail long et difficile.

## Vers les pleines performances

Pour des raisons budgétaires étalant la réalisation des programmes ou pour des raisons techniques tenant à la difficulté d'assurer d'emblée les performances finales, les grandes mises en service se font très souvent par étapes. Il est évident que le maître d'ouvrage comme le maître d'œuvre cherchera à annoncer le plus tôt possible la mise en service alors que la réalisation n'est pas achevée.

La visée commerciale est parfois caricaturale, comme dans le cas du LAMS, système antiaérien naval en coopération, décrit dans une plaquette de 1990 « operational now » alors que ses avatars n'entreront en service que presque 20 ans plus tard. Peu de grandes réalisations échappent toutefois à ce petit mensonge : le tunnel sous la manche où le transport de véhicules se limite aux vélos, la centrale

nucléaire produisant ses premiers kW alors qu'on attend des centaines de MW, le Rafale qui n'a pas encore son caractère polyvalent, la frégate Forbin dont l'autodéfense est en cours d'intégration, le canon Caesar qui attend sa munition performante. Cas extrême, une légende raconte que le métro marseillais a été inauguré alors qu'une seule station était en service.

Il reste des réserves, des manques, des détails à mettre au point. Une période de déverminage et d'apprentissage est courante avant l'emploi réel, et à l'inverse l'emploi peut être anticipé en opérations pour placer un équipement sur le devant de la scène ou tout simplement pour en découvrir les contraintes d'utilisation.

## La mise en service est une décision

Réception, livraison, mise en service, décision de mise en service opérationnel, déploiement, emploi :

la longue séquence d'annonces décrit la période finale où les termes sont ambigus à dessein.

La question principale est : que met-on en service ? Sans l'accompagnement

technique, la formation, les outillages de soutien, les infrastructures, les programmes connexes, on ne peut pas déceimment s'estimer satisfait. Et pourtant, l'équipement fourni peut être utile, voire indispensable, et la « mise en service opérationnel », décision formelle, peut être prononcée. Elle prend en compte les conditions d'emploi, la capacité des opérateurs et le niveau de soutien. Une performance essentielle, rarement exprimée dans la rédaction du besoin, est alors la flexibilité. A ce stade, l'approche est souvent capacitaire, c'est-à-dire qu'on regarde ce qu'on peut faire avec un objet plutôt que l'objet lui-même.

## Pas d'instrument de mesure universel

Comment mesurer la date de mise en service ? Les Britanniques distinguent la mise en service du premier équipement, utile mais insuffisante, de la première capacité opérationnelle, l'IOC, initial operational capability, niveau de performances techniques et de nombre d'équipements déterminé à l'avance en dessous duquel le programme est réputé ne pas avoir abouti. Plus tard, une FOC, full operational capability (à ne pas confondre



avec le first of class des bâtiments de la marine) marquera la satisfaction des caractéristiques essentielles. Les Américains dans une approche d'acquisition en spirale programment une mise en service progressive avec une montée en capacités échelonnée dans le temps. De plus, chacun comprendra aisément qu'une mesure complète inclura le soutien et la formation, sans lesquels il n'y a personne pour profiter de la mise en service !

### **Le monde change, les équipements s'adaptent**

Le besoin ou la menace évoluent dans la vie des équipements de défense, qui ne peuvent rester en service que par une adaptation permanente : aux conditions d'emploi nationales, elles-mêmes issues du premier emploi ; des conditions d'emploi imposées par nos alliés, en OPEX ou par des STANAGS. Il a fallu au Kosovo ouvrir le domaine de tir des Mirage pour larguer des bombes à haute altitude, et compléter la fiabilité (vue par les Américains) des informations transmises par les liaisons de données tactiques. Une bonne ingénierie est adaptative en regard du contexte opérationnel, technique, législatif, et agile lorsque le client change de besoin. Dit autrement, les grandes mises en service contiennent, cachées, des performances peu explicites mais essentielles à long terme.

### **Le grand défi, la cohérence d'ensemble**

Les équipements de défense sont construits au sein de systèmes de forces, et leur existence n'a de sens que par leur contribution à une fonction opérationnelle. La cohérence de ces systèmes est maintenant bien organisée avec les architectes de systèmes de force, les officiers de cohérence opérationnelle, les

officiers de cohérence d'armée : le travail en amont met en jeu tous les acteurs. A cet égard l'opération Harmattan devant la Libye est une première à cette échelle en ce sens qu'à quelques exceptions d'aide par nos alliés l'ensemble cohérent des moyens nécessaires était prêt d'emblée. Ce résultat est le fruit d'un travail commun dans la Défense.

Un porte-avions ne se conçoit pas sans avions, qui eux-mêmes emportent des missiles, donc des données géographiques et stratégiques alimentées par un satellite et envoyées par des réseaux sécurisés. Plus fondamentalement pour les systèmes d'armes, la DGA « assure la cohérence des opérations qui lui sont confiées » : il s'agit bien sûr de réaliser les systèmes un par un, mais surtout de réaliser des systèmes de systèmes, et l'adaptation des uns aux autres est difficile et permanente. Ainsi il n'y aura pas de mise en service emblématique pour les ensembles tels que SCCOA, Scorpion, SIA, Contact. La mission impossible est de définir les interfaces avec des systèmes qui n'existent pas encore : de demander un AASM compatible avec le Rafale alors que les modèles aérodynamiques ne sont pas définitifs ; de spécifier les chocs reçus par l'ASMP et son arme alors que la peinture du pont d'envol est susceptible de changer ; de vouloir un A 400M capable de transporter un VBCI à la masse inconnue. Boris Vian, qui était ingénieur, l'avait compris : « Y'a quelque chose qui cloche là dedans / J'y retourne immédiatement ».

C'est ainsi, a contrario, qu'un groupe aéronaval franco-britannique manquera de cette cohérence d'ensemble indispensable pour mener des missions complètes ; avec des avions de l'un et un porte-avions de l'autre, « on peut tout faire, sauf la mission ».

Dans un tout autre domaine, la cohérence d'ensemble est loin d'être à notre portée

dans l'énergie éolienne, qui n'est utile que pour autant qu'une autre énergie puisse prendre le relais en absence de vent, ou dans l'électricité photovoltaïque qui est muette lors de la forte demande des soirs d'hiver. Ce n'est que peu à peu que nombre de nos décideurs prennent vraiment conscience de la difficulté du problème d'ensemble des énergies renouvelables... dont la solution dépend même de la théorie sur laquelle s'appuie le modèle économique de référence.

L'ambition et la fierté, c'est la cohérence des systèmes et leur capacité à rester performants dans un environnement mal connu et changeant.

En résumé, la notion de dernier bouton de guêtre se réfère à une défense figée, donc vite inadaptée.

Il nous reste à décrypter les annonces souvent prématurées qui font vendre la presse spécialisée.

De quoi sommes-nous fiers ? Le métier qui se cache derrière les grandes mises en service est l'ingénierie, le travail des ingénieurs. Il est passionnant et sans fin. ■

### **Le bouton de guêtre...**

Formule tirée d'une réponse du Maréchal Leboeuf, Ministre de la Guerre de Napoléon III, en juillet 1970,



devant la Commission du Corps législatif. A la question : « Qu'entendez-vous par être prêts ? » [à déclarer la guerre à la Prusse], le maréchal répondit « J'entends par là que si la guerre devait durer un an, nous n'aurions pas besoin d'acheter un bouton de guêtre ». Les faits ont montré qu'il n'en était rien.

# Les PME et ETI innovantes, des acteurs naturels dans les grandes réalisations de défense



## Entretien avec **Philippe Demigné**, Président de Bertin Technologies

*X82-Corps de l'Armement*

*Responsable de programmes de développement à la délégation générale pour l'Armement, puis directeur associé chez Arthur D. Little, cabinet de conseil en management, R&D et innovation, Philippe Demigné entre chez Bertin & Cie en 1997 comme responsable de l'activité Conseil. En 1998, nommé président du directoire, il participe au plan de reprise de la société fondée en 1956 par l'ingénieur Jean Bertin et devient PDG de celle qui renaîtra en avril 1999 sous le nom de Bertin Technologies.*

*Il est également aujourd'hui membre du directoire du groupe CNIM, ETI industrielle française dont Bertin Technologies est devenu filiale en 2008.*

Longtemps avant les « mises en service emblématiques », des mois, des années de recherche et de développement s'écoulent durant lesquels des PME et ETI opèrent souvent en coulisse et livrent leurs expertises techniques et scientifiques aux grands maîtres d'œuvre industriels. Bertin Technologies, filiale du groupe CNIM, appartient à ces fournisseurs discrets de savoir-faire de pointe et de technologies innovantes.

### Quelle est la particularité de l'apport des PME et ETI dans la défense ?

Les PME et ETI sont des acteurs naturels dans les grandes réalisations de défense.

**« Les PME et ETI sont capables d'apporter des solutions innovantes de manière réactive. »**

A condition qu'elles soient dotées d'une véritable R&D et de savoir-faire éprouvés, elles sont capables d'apporter des solutions innovantes de manière réactive, ce qui permet de réduire les coûts sans sacrifier la valeur. Elles ne disposent pas des moyens

industriels ni de l'aura des grands groupes auprès des acheteurs, mais n'en sont pas moins des partenaires précieux dans les études et programmes d'armement. Leur créativité et leur dynamisme sont aussi des moteurs pour l'exploration de nouveaux gisements de croissance et de compétitivité.

### Le pacte PME Défense va donc dans le bon sens, selon vous ?

Nous voyons bien sûr d'un très bon œil la volonté du ministère de la Défense de faire des PME et ETI la priorité de son action industrielle. En tant que premier investisseur industriel public et privé, il assume sa responsabilité en instaurant les bonnes règles du jeu dans un secteur où règne la loi du plus fort. Au-delà des enjeux essentiels de compétitivité et de préservation de l'emploi qui sous-tendent le pacte, c'est le

rôle fondamental des acteurs de rang 2 dans l'écosystème de l'innovation et dans la constitution d'un outil de défense agile, qui est reconnu. Parmi les mesures phare avancées, nous retenons en particulier celle qui vise l'augmentation de 25% des crédits soutenant l'innovation duale. Le dispositif RAPID [NDLR : Régime d'Appui pour l'Innovation Duale] est cependant aujourd'hui destiné aux PME de moins de 250 salariés et aux ETI de moins de 2 000 salariés en consolidé. Filiale du groupe CNIM, dont l'effectif total s'élève à 2 660 collaborateurs, nous ne sommes pas, à l'heure actuelle, éligibles au dispositif, alors que nous disposons d'une R&D performante et de compétences pluridisciplinaires permettant de porter et faire aboutir ce type de projets. Loin de remettre en cause la nécessité d'un critère numérique dans la mise en œuvre du RAPID, nous proposons



de considérer le statut d'ETI au regard de la loi de modernisation de l'économie de 2008, soit la prise en compte d'un effectif consolidé inférieur à 5 000 salariés, et de privilégier les entreprises privées indépendantes.

#### **De quelle manière Bertin Technologies contribue à l'innovation duale ?**

Depuis de longues années, nous investissons humainement et financièrement dans le développement et l'industrialisation de technologies et équipements servant à protéger aussi bien les forces armées en opérations que les populations civiles. C'est notamment dans le domaine de la détection et de l'identification des menaces biologiques et chimiques que nos efforts et notre prise de risques sont récompensés. Nous avons, par exemple, vendu des caméras de détection de gaz toxiques par imagerie infrarouge, Second Sight, à la Pologne afin d'assurer la surveillance chimique du championnat d'Europe de football 2012. Et la Sécurité Civile française s'est récemment dotée de plusieurs de nos biocollecteurs d'aérosols pathogènes, Coriolis, en vue d'équiper les premiers VDIP [NDLR : Véhicule de Détection, d'Identification et de Prélèvement]. Engagés au premier rang dans le programme DETECTBIO depuis 2009, nous sommes aujourd'hui un acteur de référence dans le domaine NBC.

#### **Quels sont les autres domaines dans lesquels Bertin Technologies est présent ?**

Notre pluridisciplinarité et notre capacité « multi-métiers » - services et produits,

nous permettent d'intervenir tant dans le naval que dans le spatial ou le terrestre, et de traiter une diversité de problématiques, qu'elles en appellent à l'ergonomie, à l'efficacité énergétique, à l'optronique ou encore aux technologies de l'information. Je pense notamment à notre intervention auprès de DCNS, sur la définition du plan d'intégration des facteurs humains de la FREMM et du PA2 Charles de Gaulle, ainsi que dans la conception du MESMA, Module d'Énergie Sous-Marine Autonome qui équipe actuellement le Scorpène. En spatial de défense, nos savoir-faire en développement et réalisation d'instruments optiques embarqués sont sollicités par Thales Alenia Space dans le cadre du programme

MUSIS. Dans les Technologies de l'Information, nous avons notamment contribué au PEA HERISSON, Habile Extraction du Renseignement d'Intérêt Stratégique à partir de Sources Ouvertes Numérisées, et développé le logiciel SINAPSE, Solution Informatique à Noyau Avancé Pour une Sécurité Élevée. Celui-ci a abouti à l'hyperviseur de sécurité multi-niveau, PolyXene, qui va être déployé et testé au Ministère de la Défense dans les prochains mois. Nous sommes également présents dans le programme Simulation de la Force de dissuasion. Depuis 2002, nous collaborons avec CNIM sur le Laser Mégajoule. Nous avons livré récemment nos premiers équipements de métrologie optique de très haute précision. ■

#### **Bertin Technologies livre ses premiers équipements pour le Laser Mégajoule.**

Outil expérimental du programme Simulation destiné à garantir la fiabilité et la sûreté des armes nucléaires, sans recourir aux essais auxquels la France a renoncé depuis 1996, le Laser Mégajoule permet de valider certains modèles physiques dans des conditions de température et de pression jusqu'à présent inaccessibles en laboratoire et proches de celles rencontrées en vraie grandeur.

Bertin Technologies a été choisi, dans le cadre du marché ECI (Équipements de Chambre et Intégration) confié par le CEA DAM (Direction des Applications Militaires) au groupement CNIM/Areva/Thales, pour étudier, réaliser et installer le système d'alignement des 176 faisceaux laser de puissance sur la cible située dans la chambre d'expérience. Le niveau de performance de ce système conditionne le fonctionnement nominal de l'installation.

Après plus de 5 ans d'efforts, en octobre 2012, Bertin Technologies a livré et monté sur la chambre d'expérience les viseurs SOPAC (Système d'Observation Position AntiCollision) et l'informatique associée qui permettent de connaître la position de la cible avec une extrême précision, équivalente au diamètre d'un cheveu vu à une trentaine de mètres. Une performance au plus haut niveau mondial.

En outre, Bertin Technologies a livré l'électronique de pilotage du robot mobile SIHE (Système d'Intervention dans le Hall d'Expérience) dont la mécanique est conçue par CNIM. Le SIHE permet le montage d'un certain nombre d'équipements du Hall d'Expérience.

# DÉFENSE 2013

Livre Blanc-LPM 2014-2020 : quelles priorités stratégiques et budgétaires ?  
Les impacts pour l'armée et les industriels



**Mercredi 27 mars 2013**

Salons Hoche ■ Paris

**Avec notamment les interventions de :**



**Introduction**

**Jean-Yves LE DRIAN, Ministre de la Défense**



**Déjeuner-débat**

**Jean-Bernard LEVY, Président-directeur général, Thales**

En partenariat avec :



En association avec :

**Programme et inscription : [www.conference-defense.fr](http://www.conference-defense.fr)**

**Contact : Sylvie TRUBERT ■ Tél. : 01 49 53 67 46 ■ [strubert@lesechos.fr](mailto:strubert@lesechos.fr)**

## LA FILIÈRE BRETONNE DÉFENSE ET SÉCURITÉ POSITIONNÉE SUR L'ÉCHIQUIER MONDIAL

Région industrielle de premier plan, la Bretagne s'impose comme un acteur majeur de la défense et de la sécurité du territoire national. Le développement de la filière s'appuie sur un fort potentiel technologique et humain auquel s'ajoute le dynamisme d'un réseau structuré prêt à répondre aux enjeux stratégiques de la France.

### La Défense en Bretagne : un engagement historique, une volonté d'avenir

La Bretagne a de tout temps représenté une place forte sur l'échiquier maritime et militaire de la nation. Au gré des événements géopolitiques et des évolutions technologiques, elle a su développer d'indispensables capacités d'adaptation et d'innovation. 5<sup>ème</sup> région industrielle de France, elle est aujourd'hui une composante majeure des axes de développement d'une filière Défense à grande échelle. Au total en Bretagne, ce sont plus de 500 acteurs ayant une activité totale ou partielle en lien avec le secteur : Marine Nationale, DGA-Maîtrise de l'information, équipes de recherche, écoles supérieures et universités, clusters et pôles de compétitivité, centres de ressource, plateformes et centres techniques, PME sous-traitantes. Fortement présente sur les secteurs des nouvelles technologies (télécom, informatique, électronique, photonique, robotique, sécurité des systèmes d'informations), la filière bretonne contribue activement à la modernisation et la polyvalence des matériels.

### Le ministère de la Défense soutient les projets innovants des PME duales de la région Bretagne

La Bretagne est la deuxième région à bénéficier d'une convention avec le ministère de la Défense : Jean-Yves Le Drian, ministre de la Défense, et Pierrick Massiot, président du Conseil régional de Bretagne, ont signé le 7 septembre 2012 un partenariat de développement des PME/ETI duales\* et des activités de recherche. Cette convention facilite le cofinancement et l'accompagnement de projets innovants proposés par les industriels, notamment par le biais des pôles de compétitivité ou de thèses de doctorat.

La mise en œuvre de ce partenariat est confiée à Bretagne Développement Innovation.

### Paul-André Pincemin

Directeur de la filière Défense et Sécurité

02 99 84 53 00

pa.pincemin@bdi.fr

www.invest-in-bretagne.org/defense

*\*dont les applications intéressent à la fois les marchés militaires et civils*

### LA FILIÈRE DÉFENSE ET SÉCURITÉ EN BRETAGNE :

- 2 grands groupes (DCNS, Thales groupe)
- 440 entreprises (50% services & recherche, 50% industrie)
- 8 clusters et pôles de compétitivité (IEF ERO, Bretagne Pôle Naval, Eden Bretagne, Photonics Bretagne, MEITO, etc.)
- 9 grandes écoles supérieures ou universitaires
- 9 centres de ressource, plateformes et centres techniques
- 43 équipes de recherche

Source : CTCI Défense & Sécurité - Août 2012

Le groupe CTCI (Comité Technique de Concertation Informel) Défense & Sécurité, mis en place par Bretagne Développement Innovation, comprend les partenaires suivants : IEF AERO, Bretagne Pôle Naval, la Direccte Bretagne, le Pôle Mer Bretagne, Images et Réseaux, la MEITO, Photonics Bretagne, la Chambre de Commerce et d'Industrie de la région Bretagne, E.D.E.N. Bretagne, l'Université Européenne de Bretagne, l'ENSTA Bretagne, la Direction Générale de l'Armement, Bretagne Commerce

International et la Région Bretagne.





# Actualité des programmes... et du reste

par **Michel Clamen, IGA**

**L'Europe aussi a ses programmes mais, contrairement aux diverses réalisations de l'Armement évoquées dans ce bulletin, ils visent rarement une réalisation physique, dont la mise en service marque l'aboutissement (le cas de Galileo, évoqué prochainement, reste exceptionnel.)**

A Bruxelles, un programme est l'expression d'une politique. Entendons-nous sur le terme : il ne fait pas allusion au jeu des partis (la politique politicienne), mais à une stratégie publique à long terme, que les anglais appellent policy et non politics. Il désigne une volonté pérenne, non de se procurer des équipements (routes, armes, lycées...) - cela, les pays savent bien le faire tout seuls ; mais plutôt de faire progresser certaines préoccupations de fond plus faciles à assumer en commun : l'environnement, la protection du consommateur, les échanges commerciaux avec le reste du monde, l'équilibre international... et, depuis peu, la maîtrise du système financier.

Une fois les intentions structurées, les programmes visent à franchir une étape, sans forcément donner lieu à des réalisations opérationnelles. Dépourvus qu'ils sont de performances tangibles, les programmes pourraient prêter le flanc au scepticisme, s'ils ne bénéficiaient pas de qualités notoires :

## L'autonomie

Il s'agit d'abord de savoir ce que l'Union veut faire dans tel ou tel domaine, en s'attachant à des principes permanents (par exemple, pour l'environnement, le principe « pollueur-payeur »). Comme ces intentions s'expriment souvent par des

textes législatifs, sans effet direct sur les finances publiques, le budget ne vient qu'après et chaque structure thématique (les « DG ») conçoit et anime ses programmes de façon autonome.

Ce serait, en France, une révolution : comment imaginer, au plan national, que le Ministère de la Défense répartisse lui-même ses dépenses, la seule contrainte étant de respecter une enveloppe globale ?

## La pluriannualité

Une vision pérenne des objectifs et des actions est la règle. Les programmes communs sont perçus comme des instruments au service d'intentions, sur une durée suffisante pour s'affranchir du court terme : la plupart (R et D, environnement, agriculture, aménagement du territoire...) s'étalent sur 5 ou 6 ans. Belle continuité comparée à la pratique nationale où, avec sa loi de programmation, la Défense reste l'exception, d'ailleurs parfois soumise à quelques vicissitudes de mise en œuvre.

Le tout sans que les questions financières soient négligées. Chaque intention présentée aux décideurs s'accompagne d'une fiche d'analyse coût/efficacité. Le contrôle ne s'exerce pas a priori ; il prend la forme de comptes-rendus à mi-parcours ; la place des révisions est considérable.

Il ne faut pas se tromper sur l'esprit de ces programmes. Contrairement à ce qu'on imagine à première vue, le vaste PCRD (programme européen de recherche et développement), fortement doté financièrement, n'a pas pour seul objet d'accroître les connaissances scientifiques et techniques. Son but premier est de faire travailler ensemble les divers chercheurs des 27. Certains programmes n'ont d'ailleurs pas d'autre justification : le succès incontestable d'Erasmus, échange d'étudiants, ne réside pas dans la qualité académique des études – ça, les États-membres s'en occupent déjà – mais dans l'occasion qui leur est offerte de voyager et s'ouvrir l'esprit par les contacts avec l'étranger.

**Dans ces conditions, les programmes européens ne sont jamais finis. C'est que l'Europe, plus encore qu'un projet, est un état d'esprit.**

L'actualité de cet avent où j'écris met de nouveau en lumière l'émigration fiscale. Après quelques grands patrons, après quelques milliardaires, après quelques patrons milliardaires, voici que c'est une grosse vedette qui choisit ostensiblement de résider à l'étranger, à quelque pas de notre frontière mais « du mauvais côté. » Et qui s'en explique en prenant l'argument de la « chasse au talent » que notre pays

organiserait par ses prélèvements confiscatoires. N'entrons pas dans le débat de fond, certains pourraient prétendre qu'il vaut mieux taxer les pauvres, on crée ainsi de plus en plus de pauvres. Un gisement qui s'accroît au fur et à mesure qu'on l'exploite (le mot est à sa place), c'est le rêve de toute compagnie minière.

La question qui nous préoccupe est plutôt : est-ce « la faute à l'Europe » ? Oui, en partie, par incohérence. En construisant nos libertés de citoyens – circuler, s'établir – comme des conditions essentielles d'un espace unique, on s'est arrêté en chemin et l'édifice Europe est incomplet. De même qu'on ne peut laisser le voyageur aller où il veut sans contrôle sous peine de voir les trafiquants et malfrats se jouer des polices nationales - et il faut alors qu'elles s'organisent entre

elles (elles ont commencé à le faire) ; de même, le libre établissement devrait avoir sa contre partie : sinon des charges fiscales (et sociales) identiques, du moins une certaine harmonisation des modalités nationales.

Il y a belle lurette que le Conseil a été saisi de projets en ce sens. Mais c'est l'un des domaines régaliens où la tendance naturelle est de garder jalousement ses prérogatives. Et quand on connaît nos voisins qui habitent dans une île, on perçoit bien qu'eux au moins n'abandonneront rien de gaité de cœur.

Pour couronner la difficulté, ce type de décision se prend encore à l'unanimité, déjà impossible à réaliser pour des questions plus anodines. La situation est bloquée. Nous risquons donc de voir notre Europe dériver vers un partage où les riches habiteront la Belgique, où les firmes

**PS final**

Pendant près de 15 ans, j'ai tenu cette rubrique sur l'Europe, je m'arrête aujourd'hui. L'âge venant, je me suis de plus en plus éloigné du quotidien des dossiers. Le projet européen a beaucoup évolué. A mes yeux, il s'est affadi et j'en perçois de moins en moins le sel. Moins compétent, moins convaincu, j'ai de plus en plus de mal à vous en parler.

Place à un jeune !

auront leur siège en Irlande ou aux Pays-Bas, trouveront leur main d'œuvre à l'Est et leurs consommateurs à l'Ouest (mais alors d'où viendra l'argent ?) Vivement de vrais décideurs européens, qu'un passage à la majorité fera sortir de la paralysie ! ☘

**French-German Research Institute of Saint-Louis**

**A Research Institute for Innovation in the Field of Defence and Global Security**

An institute fully dedicated to serving innovation for **Defence** and **Global Security** and transferring research to Defence and other ministries as well as to **Industrial Partners**.

A regional, national, bilateral and **European Research Actor** to the benefit of citizens.

- Energetic materials and nanomaterials
- Flight techniques for projectiles
- Protection and situational awareness
- Directed energy and electromagnetic systems

[www.isl.eu](http://www.isl.eu)

© ISL 2013

French-German Research Institute of Saint-Louis (ISL) • 5 rue du Général Cassagnou • BP 70034 • 68301 SAINT LOUIS Cedex • France  
Tel.: +33 (0)3 89 69 53 18 • Fax: +33 (0)3 89 69 58 58 • E-mail: communication@isl.eu



## Mot du président

par Philippe Roger, IGA

Président de la CAIA

Mes chers Camarades,

Le présent numéro du magazine ayant dû être divisé en deux tomes, oui, tomes, au vu de l'ardeur de nos rédacteurs (en chef, délégués et vulgaris), je vous glisse un quart de feuille avant que d'être fissionné, moi aussi, dans le numéro suivant.

Meilleurs vœux, tout d'abord, aux camarades qui n'ont pas de mail, les autres ayant été -rapidement- déjà traités. Puisse Saint Nicolas du 3.0 vous apporter une connexion Internet, un mail, ou la volonté de le divulguer.

Les mails CAIA, faire-part de décès, convocations, appels et rappels de cotisations, ont, j'en conviens, un faible pouvoir hilarant. Mais vous ne le savez pas : ce n'est pas une excuse !

Et vous n'êtes pas à l'abri d'un coup de chance : on y trouve de temps en temps une information utile. Même dans les faire-part : vous arrivez à temps aux obsèques d'un bon camarade, ou vous notez avec une moindre affliction que l'on en enterre un bien mauvais.

Merci ensuite à nos 1063 cotisants 2012 ; 230 nouveaux (dont les 18 nouveaux IA, inscrits d'office) viennent compenser, et au-delà, les 132 fuyards, dont 10 ont il est vrai l'excellent motif d'avoir alimenté la CAIA en faire-part dans l'année.

Merci aussi au rédac' chef, à notre auto-entrepreneuse qui fait tourner la CAIA, à

notre secrétaire général, à l'organisateur du Gala, aux bénédictins de l'annuaire, et aux autres membres du Bureau et du Conseil, qui ont tous donné beaucoup de leur énergie en 2012, et ont permis, sans que nous diminuions le niveau de la caisse de notre omniprésente trésorière, un niveau d'activité correct, et un déménagement bien réussi.

Mais voilà que je pars dans le rapport moral pour l'AG... qui aura lieu, notez-le, le 11 avril, en principe à la suite d'un symposium « Les IA et l'enseignement », monté par Yves Demay, nouveau DG de l'X, donc réservez votre après-midi.

D'ici là, deux chantiers, dont on se serait passé :

1- Le guide d'éthique de la DGA interdit maintenant plus explicitement aux IA d'accepter une invitation d'industriel au Gala de l'Armement, au Bal de l'X, et au Gala de l'Air, ce qui va nécessiter un nouvel effort d'imagination de votre Conseil si on veut éviter la disparition de notre Gala. Inviter un lawyer américain à chaque table pour veiller à la conservation de votre vertu ? Ou y réciter cette prière qui se terminait de mon temps par « et ne nos inducas in tentationem » ?

Mais il y a sûrement quelque part un guide d'anti-impérialisme et un guide de laïcité qui y mettraient bon ordre.

Quousque tandem, et caetera...

2- A l'occasion des travaux du Livre Blanc, certains officiers aussi généraux qu'éclairés n'ont rien trouvé de plus important et de plus enthousiasmant, dans l'état actuel des problèmes de Défense, que de proposer que le statut militaire soit réservé à ceux qui sont susceptibles de partir au combat.

Personne ne songe, soyons-en sûrs, à étudier une scission basée sur ce principe au sein des Corps d'officiers des Armées ou de la Gendarmerie ; on n'ose parler ici d'ouverture de la boîte de Pandore...

Ce sont donc uniquement les Corps qui animent la DGA et le Contrôle qui sont visés.

Il faudra mettre fin à cette résurgence de la querelle tricentenaire de la Plume et de l'Épée. En attendant, elle fait peine à voir.

Serons-nous rendus à la vie civile ? Vous le saurez, peut-être, en assistant à l'AG !

Mais s'il nous faut quitter l'habit militaire, que ce soit pour de bonnes raisons.

Je n'en vois pas.

Très amicalement,

Philippe Roger. ☐

# Actualité des IA

## Quelques événements qui ont ponctué cette saison pour les IA

### 1 - Carrefour du IA

Le carrefour 2012 des IA a rassemblé le 11 décembre dernier les IA des promotions X 1986 1991, 1996 et 2001 et assimilés. Une centaine de camarades se sont ainsi retrouvés pour une journée à Arcueil, au cours de laquelle ils ont pu entendre le Délégué Général pour l'Armement Laurent Collet-Billon, Jean-Paul Herteman Vice Président du Conseil Général de l'Armement, Jean-Bernard Pene, Inspecteur Général des Armées – Armement, et Patrick Renvoisé, chef de l'Inspection de la DGA entre autres. Des temps d'échanges étaient aussi organisés interpromos, et ont été particulièrement appréciés.

Soulignons que ce carrefour était ouvert aux personnes en activité ou en détachement, ainsi qu'aux camarades en congé pour convenances personnelles. Cela a permis des échanges fructueux, par exemple entre Jean-Christophe Doux, PDG de Fillon Technologies et le Délégué, sur le thème « Comment faciliter la reprise de PME sensibles par des IA ? ». La CAIA y consacrera le dossier de son magazine d'octobre prochain. Volontaires bienvenus : [magazine@caia.net](mailto:magazine@caia.net)

### 2 - Concours IA-IPA

Le concours IA et le concours IPA se sont tenus fin 2012. La CAIA souhaite la bienvenue aux lauréats de ces concours :

#### Lauréats du concours IPA

Mickaël JOSIEN (1978),  
Badri BADREDDINE (1973)  
Nicolas GRANGIER (1977)

#### Lauréats du concours IA

Xavier MALDAGUE (1982)  
Guillaume BROSSE (1983)  
Anne-Hélène BRIAND (1979)

### 3 - Réunion du Conseil de l'armement

Une réunion du Conseil de l'Armement s'est tenue le 10 janvier 2013 en présence du Ministre de la Défense, son Président. Jean-Paul Herteman, Vice-Président du CGARM, y a fait présenter deux études, l'une sur la sécurité des approvisionnements avec les contraintes pesant sur les matériels de guerre et l'autre sur les ingénieurs et la maîtrise d'ouvrage. Cette dernière étude concerne directement le Corps des IA, et le Ministre a été très intéressé par les propositions visant à rayonner plus et mieux, de manière à renforcer le caractère inter-administratif de notre Corps, et renforcer nos compétences en maîtrise d'ouvrage de grands systèmes à forte dimension technique.

### 4 - La FAMIA

En janvier, s'est ouverte la FAMIA, formation administrative et militaire des ingénieurs de l'armement. L'édition de 2013 dure trois mois, et vise à transformer les jeunes IA qui arrivent au terme de leurs études en jeunes professionnels. Ils y découvrent le fonctionnement de l'administration, le rôle des IA dans la mise au point des programmes d'armement, mais aussi se forgent un esprit de promotion et développent leur savoir-être. 14 jeunes sont concernés, la plupart en fin de cursus court, d'autres en cours de thèse, et enfin certains déjà affectés et qui n'ont pas pu suivre la FAMIA en 2012. Devant eux, près de 70 intervenants se succèdent, officiers des armes, cadres de la DGA ou des administrations, industriels pour leur présenter leur métier actuel et préparer le futur de nos métiers. ■

### Préparation de l'annuaire 2013

Les travaux de préparation de l'annuaire 2013 commencent et la CAIA souhaite avancer la date de parution le plus tôt possible dans ce semestre ; mettez donc à jour, surtout si vous venez d'être muté ou de prendre votre retraite, vos coordonnées. Cela peut se faire directement sur le site à l'aide de vos identifiants, ou par simple mail à [caia@caia.net](mailto:caia@caia.net)



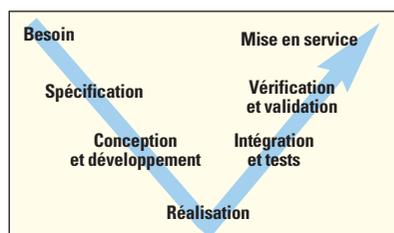
## La part de l'humain dans les projets Réussite subjective ou échec objectif

par **Jérôme de Dinechin, ICA**

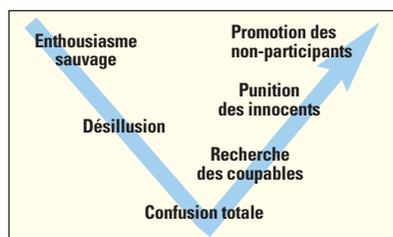
Responsable de la Section Carrières au CGARM

Les programmes ici présentés sont tous le résultat d'une aventure humaine et technique de haute intensité, et dont nous retenons essentiellement le second goût, la durée en bouche dirait-on dans une dégustation de vin.

Leur déroulement a probablement fait l'objet du fameux cycle en V des méthodologies de conduit de programme, et peut-être également sa variante humoristique attribuée à des ingénieurs d'IBM visiblement expérimentés...



Le cycle en V de la conduite de programmes



Variante du cycle en V, vu par IBM

Chacun peut comprendre que pour tout projet ambitieux, il est nécessaire d'assumer un niveau de risque élevé, car sinon, une autre équipe, un autre pays pourrait faire mieux. Les risques concernent en premier lieu les trois dimensions du besoin, coût, performance, et délai. Et comme le rappelle le théorème de Michot, du nom de l'ancien président de l'Aérospatiale qui fut aussi ingénieur de marque du Concorde, « dans un

projet ambitieux, il est impossible de remplir les trois en même temps. Mais si on en tient deux sur les trois, alors, on atteint une solution optimale ! »

Dans ces projets, la prise de risque s'étend aux autres dimensions des programmes, comme l'architecture du produit, la maturité des technologies mises en œuvre, les compétences et la disponibilité des équipes, les interfaces, etc... Ces considérations remplissent les pages des bons ouvrages sur l'ingénierie système.

Je voudrais prendre ici un point de vue différent, et poser la question : Qu'est-ce qui fait en définitive le succès d'un programme ?

Prenons d'abord quelques indicateurs de succès lors de la livraison d'un système ou d'un produit :

- Le respect du cahier des charges technique,
- Le respect des objectifs, permettant l'acceptation du produit,
- Le respect du besoin initial, souvent assez différent des objectifs contractualisés,
- Le respect du besoin tel qu'il a évolué jusqu'à aujourd'hui,
- Le succès commercial, quoique comme le disait un architecte avec qui j'ai travaillé : « on se souvient quand c'est beau, on ne se souvient pas quand c'est cher ».

La qualité du produit final n'est en effet pas suffisante pour conclure à la réussite ou non, puisque le produit doit s'intégrer dans un contexte évolutif qu'il ne maîtrise pas, conduisant par exemple aux constats suivants :

- « C'est un bon produit, mais il y en a un meilleur sur le marché », et que veut dire meilleur ?
- « C'est un bon produit, mais il arrive trop tard, il faudra bientôt le remplacer »,
- « C'est un bon produit, mais qui va être

inopérable avec tel autre système, on ne saura pas l'utiliser »,

- Ou à l'inverse, « c'est le produit qu'on a, et on va lui faire dire tout ce qu'il peut... »

Nous avons tous en tête des exemples civils et militaires de projets techniquement réussis, mais perçus par tout le monde ou par le marché comme des échecs. Il est de l'autre côté assez rare qu'un produit raté devienne leader mondial, quoique...

Troisième aspect, le système final est le résultat du long processus d'élaboration, qui s'étend sur plusieurs années. En la matière, une mauvaise équipe peut faire échouer même le meilleur projet. Afin d'éviter cela, quelles sont les bonnes pratiques du métier ?

- L'alliance faite avec son client et qui permet des ajustements au plus tôt, et donc à moindre coût,
- La mise en marche d'une intelligence collective dès la définition de l'architecture,
- Le franchissement des jalons selon le rythme prévu,
- La bonne correction des accidents de programme, qui ne manquent pas de se produire,
- La contractualisation sur la base de documents bien construits, respectant les arcanes de la conduite des programmes,
- La confiance construite avec les fournisseurs et collaborateurs du programme,
- Un a-priori favorable que l'on saura répondre à toutes les difficultés !

Sur ces trois aspects, le résultat final, le contexte et le déroulement du programme, les facteurs de réussite peuvent être placés sur deux plans bien différents. D'une part, le niveau objectif, ayant trait à des objets mesurables, quantifiables, à l'intérieur d'un process cadré, et d'autre part le niveau subjectif, c'est-à-dire

concernant des sujets, leurs comportements, sentiments, culture, la dynamique de groupe, etc...

dans l'instant présent, et insistent sur l'importance de célébrer les succès lorsqu'ils se présentent, afin de les ancrer.

les résultats excellents du passé, obtenus par de l'enthousiasme, de l'inventivité, de la flexibilité. Et elles ont pour cela mis en place du contrôle, du reporting, de la prévisibilité, de la cohérence en tentant de capitaliser leur savoir faire. « Faites plus pour moins cher avec des contraintes plus lourdes » ou « soyez créatifs tout en respectant les best practices et les guides d'application », ou encore « nous devons nous rapprocher des ratios EBITDA / RH de nos concurrents », ordonnent-elles. Mais ce savoir-faire est-il reproductible sans que l'on développe en parallèle un savoir-être ? C'est probablement tout l'enjeu des organisations « apprenantes », dans lesquelles production et apprentissage ne s'opposent plus, et où la question du « qui » précède la question du « quoi ».

	Processus objectif	Processus subjectifs
PRODUIT OU SYSTÈME	Qualité quantifiée Performances du produit Respect des objectifs	Qualité perçue Confiance dans l'utilisation Satisfaction du besoin
CONTEXTE	Produit moyen dans le marché	Produit unique qu'on est fier d'utiliser
DÉROULEMENT	Définition du besoin Respect du process Contratualisation formelle des lots de travaux Achats par un service extérieur	Alliance avec les émetteurs du besoin Détection rapide et correction des accidents de parcours Intelligence collective et dynamique de groupe Culture et habitude de travailler ensemble

Il est assez aisé d'équilibrer les deux colonnes. En poussant un peu, s'il y a moins d'éléments du côté subjectif que du côté objectif, c'est louche !

Le cycle en V d'IBM ne pourrait-il pas être l'occasion de repenser les programmes pour prendre en compte non pas la seule colonne de gauche, mais les deux ! Cela pourrait nous donner un nouveau cycle de vie des projets, mettant en avant l'émotionnel, le relationnel et le subjectif, qui n'ont rien à voir avec de l'irrationnel, soit dit en passant.

Parcourons de nouveau le déroulement du projet, en examinant le cycle relationnel qui lui est associé et les points importants de chaque phase :

Dès l'origine, faire alliance avec les détenteurs du besoin, de manière à faire ressortir un besoin partagé et global par la dynamique de groupe. Construire une dynamique positive. Réduire les oppositions et renforcer les liens dans les équipes. Communiquer en vérité sur les difficultés rencontrées. Etablir une délégation réelle allant jusqu'à un « lâcher prise » sur des décisions importantes. Restaurer la confiance à partir de la mémoire des succès passés, que nous avons tous tendance à oublier rapidement. Les psychologues ont observé qu'un groupe vit

Un programme d'une certaine ampleur n'est plus concevable par une seule tête. Franchir les inévitables phases de « confusion », ou d'apnée par une communication venant d'en haut, sur la base de la robustesse des méthodes utilisées, et de l'alliance faite entre les acteurs. Lorsque les parties ont pris en compte ensemble les difficultés, la recherche d'un coupable perd une partie de son sens. Le phénomène de bouc émissaire est d'ailleurs gravement contre-productif.

La prise en compte des phénomènes subjectifs est particulièrement délicate dans nos organisations. A titre d'exemple, les formations d'il y a quelques années nous demandaient expressément de mettre de côté nos croyances, opinions et sentiments pour nous centrer uniquement sur les faits. Nous passions à côté de la moitié de la réalité, mais il y avait tant à faire entre l'invention des méthodologies, la résolution des difficultés, le défrichage de secteurs entièrement nouveaux. Les mises en service emblématiques témoignent d'ailleurs que les programmes passés ont bénéficié de ces bons comportements. Les grands directeurs de programmes étaient des leaders, chacun dans son genre.

Aujourd'hui, la question est plus complexe. Nos organisations ont atteint un niveau de maturité supérieur, où il faut reproduire voire dépasser

Dans son ouvrage « Good to Great », Jim Collins, présente les résultats d'une étude sur les entreprises sur-performantes dans leur secteur depuis quinze années. Une conclusion étonnante est que les managers de ces entreprises sont des « leaders de type 5 » possédant un mélange paradoxal d'humilité personnelle et de détermination pour leur entreprise. Un cocktail détonant pour nous convaincre si besoin en était qu'on ne se trompe pas en choisissant l'humain, le sujet. Sans se faire envahir par les processus objectifs !

#### Cinq niveaux de leadership selon Jim Collins

- 1 individu compétent, avec compétences, qualités relationnelles, bonnes habitudes de travail
- 2 esprit d'équipe, apporte ses compétences au groupe et travaille à le faire vivre
- 3 dirigeant compétent, organise efficacement personnes et ressources vers les objectifs
- 4 leader effectif, catalyse l'engagement de tous, apporte de la vigueur dans son action, a une vision claire et exigeante, sait stimuler les performances
- 5 construit de l'excellent qui dure à travers un mélange paradoxal d'humilité personnelle et de détermination pour son entreprise

# Commander par la pensée. Quelles perspectives pour la défense ?



par **Pierre Schanne, IGA**

Chargé de Mission Innovation auprès du DS/DGA

*Docteur en sciences physiques, Pierre Schanne a été opticien, directeur technique du CAD, adjoint au chef de la Mission pour la Recherche et l'Innovation Scientifique et secrétaire général des ASF.*

et **Didier Bazalgette**

RDS Hommes et Systèmes à la DGA/MRIS

**Les progrès des interfaces neuronales laissent pressentir une modification radicale de la manière dont nous interagissons demain avec notre environnement. Quelles sont les conséquences pour les systèmes de défense ?**

Communiquer et commander par la pensée ne relève plus complètement de la science fiction. Depuis une quarantaine d'années, des dispositifs expérimentaux ont abouti à des avancées spectaculaires, principalement en matière de neuroprothèses dans le but de restaurer la vue ou une incapacité motrice. Des personnes paralysées ou souffrant de graves maladies neurologiques ont pu recouvrer une certaine autonomie. Les interfaces neuronales ont même montré la possibilité d'étendre les facultés d'un individu au-delà de ses capacités naturelles, par exemple par le contrôle du curseur d'un ordinateur à une vitesse et une précision impossible à atteindre avec une souris.

Quels sont les principes d'interfaçage ? L'acquisition des signaux provenant de l'activité électrique des neurones repose sur deux catégories de techniques :

- Les techniques invasives consistent à implanter dans le cortex une grille d'électrodes grâce à la neurochirurgie. Elles offrent une excellente résolution spatiale, la

sensibilité pouvant descendre jusqu'au neurone individuel, et sont très discutées sur le plan éthique. Des techniques partiellement invasives, moins risquées au plan clinique, encore très peu diffusées, utilisent des composants implantés dans la boîte crânienne mais qui ne pénètrent pas dans la masse cérébrale. Les électrocorticogrammes qui en résultent offrent un bon compromis en termes de résolution spatiale et de rapport signal/bruit ;

- Les techniques non invasives consistent à placer des électrodes sur le cuir chevelu afin de produire un électroencéphalogramme (EEG). Ces interfaces sont économiques, portables et faciles à mettre en œuvre, mais elles présentent une résolution spatiale et un rapport signal/bruit nettement plus faible car les tissus qui entourent le cortex atténuent fortement les signaux. Leur utilisation nécessite soit une concentration et un entraînement intensif du sujet soit un traitement du signal sophistiqué et pas encore complètement maîtrisé. Leur embarquabilité est aussi loin d'être acquise.

En termes d'applications à moyen terme pour la défense, les techniques non invasives basées sur l'acquisition d'EEG sont les seules crédibles. Aux Etats-Unis, la DARPA a financé des programmes portant notamment sur la communication d'homme à homme sur le champ de bataille sans utiliser la parole mais en exploitant le signal EEG (projet Silent Talk) et sur la coopération entre un humain et un ordinateur dans une séquence complexe de traitement d'image (projet Cognitive Technology Threat Warning System). Les performances de détection de menace par un ordinateur couplé à un opérateur coiffé d'un casque EEG se révèlent nettement supérieures à celles d'un opérateur seul ou d'un ordinateur seul.

Jusqu'où peut-on pousser ce concept ? A l'horizon des 30 prochaines années, l'utilisation de signaux physiologiques de type EEG sous l'angle de la « commande par la pensée » n'est pas envisageable comme commande primaire d'un système. Le signal EEG est bien trop complexe et variable en



*AutoNOMOS Labs, une équipe de recherche du laboratoire d'intelligence artificielle de l'Université Libre de Berlin explore les utilisations d'interfaces cerveau-ordinateur dans la conduite automobile*

regard de la robustesse exigée par la commande. Oublions donc le rêve d'un drone commandé par le cerveau...

De façon plus réaliste, un champ immense reste à investiguer : le monitoring par EEG des états cognitifs d'un opérateur pour lui permettre soit de conserver ou de retrouver ses capacités d'analyse et de décision dans un contexte de charge de travail ou de stress extrêmes par la mise en œuvre de contre-mesures cognitives soit pour enclencher le contrôle automatique des systèmes critiques avec homme dans la boucle, à des fins de sécurité ou pour la tenue des effets recherchés. Des applications civiles sont à envisager dans différents domaines tels que l'aéronautique ou le pilotage des grandes installations industrielles. Les concepts innovants de partage d'autorité, d'interface



*Projet "Cognitive Technology Threat Warning System (CT2WS)" de la DARPA américaine.*

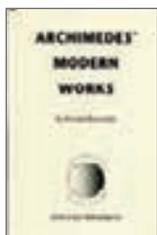
adaptative, d'initiative mixte sont le pendant technologique nécessaire de ce monitoring.

L'exploitation des mesures d'électro-encéphalographie et l'amélioration des technologies support (capteurs, traitement du signal...) constituent un enjeu qui

dépasse largement le domaine médical. L'utilisation de ces technologies dans les systèmes avec homme dans la boucle va progressivement s'imposer. Notre industrie, y-compris de défense, ne doit pas rater le virage. ■

# Archimede modern's work

par Bernard Beauzamy



Dans un livre atypique, Bernard Beauzamy nous fait découvrir des démonstrations peu connues d'Archimède, dont il décrit ensuite la méthode, celle des comparaisons : plutôt que chercher une formule en introduisant une constante telle que  $\pi$ , Archimède compare les propriétés de figures. Alors que personne ne s'étonne aujourd'hui que le  $\pi$  de la surface  $S = \pi R^2$  soit le même que le  $\pi$  de la circonférence  $C = 2 \pi R$

ou du volume, une série de constructions merveilleuses et sans passer par  $\pi$  démontrent avec une rigueur absolue que  $S = CR/2$  ; de même Archimède prouve – et ce sera marqué sur sa tombe – que le volume de la sphère est égal aux deux tiers du volume du cylindre circonscrit, grâce à un calcul intégral qui ne dit pas son nom.

Il n'y a aucune approximation logique, aucune fantaisie philosophique comme chez Newton ou arrière-pensée politique comme chez Pythagore.

Avec une méthode analogue, Archimède traite les problèmes difficiles en les transportant dans un ensemble connu par une transformation

qui respecte les valeurs de la variable la plus importante, par exemple la surface, le volume... Bref quand on a un problème inextricable par exemple à N dimensions on le transpose en un problème plus simple, par exemple à N-2 dimensions.

En un mot c'est un ingénieur. Aujourd'hui il préférerait contourner un problème et en résoudre exactement l'équation plutôt que d'en confier à l'ordinateur le calcul d'une solution approchée dans un cas particulier ; mieux, il résoudrait le problème posé sans passer par la résolution de chacune des équations qui le composent ; il éviterait les approximations hasardeuses et non vérifiées ; comprenant les techniques utilisées pour ses engins de guerre, il poursuivrait après leur réalisation l'optimisation de l'emploi des armes qu'il avait conçues ; sans doute préférerait-il une bonne décision, s'appuyant sur des faits, à une bonne fiche truffée d'hypothèses.

Ne serait-il pas ingénieur de l'armement ?

Souhaitons à nos camarades que leurs innovations techniques et leurs méthodes de tombent pas dans l'oubli aussi longtemps que certaines découvertes d'Archimède... 

## Camarades écrivains

### Une enfance au Café

par René Neyret, aux éditions Mon Village

Après plusieurs romans, René Neyret confirme son talent d'écrivain en racontant dans cet ouvrage une partie de son enfance. Né dans un hameau rural, René y a grandi ... au café, puisque c'est là que ses grands-parents et la famille vivaient. Dans un parler savoureux, qui fait parfois penser à du Vincenot, René Neyret nous raconte le cri aigu du robinet en bois blanc quand on le tourne pour lui soutirer du rouquin, la légende de son grand-père qui s'arrachait lui-même les dents quand il souffrait, la pêche à la mouche... L'écriture



est un exercice difficile, surtout quand on l'aborde sur des souvenirs personnels. René m'a raconté ses débuts d'écrivain avec un expert de Calman-Levy. Phrases plus courtes, pas de qualificatifs, au passé... « Tu n'écris pas pour toi ! Tu dois écrire pour la fille qui prend son RER et que tu transportes ailleurs ». Aujourd'hui, il écrit tous les jours, à des heures variables, parfois une seule page, ou une seule phrase, voire un seul mot, qu'importe si c'est le bon. Et l'exercice est plaisant à l'œil, à l'oreille et aussi au goût : nous nous retrouvons tous dans cette enfance rêvée ! 

JDD

# Monsieur le Président, ne vendez pas la Joconde ! Plaidoyer pour l'Industrie

par Henri Conze - Jérôme Do Bentzinger Editeur

EAN (9782849603581)



Il y a un peu plus de cinquante ans, la cinquième République naissante était dans une situation morale aussi difficile qu'aujourd'hui. Et pourtant les trente années qui ont suivi ont vu le redressement économique de la France et son retour sur la scène internationale. Pour notre camarade Henri Conze, ingénieur général de l'Armement et ancien Délégué général pour l'armement, auteur de ce dernier livre, il ne s'agit pas d'un miracle, mais du

résultat d'une politique industrielle déterminée que nous n'avons pas poursuivie, un peu endormis par les conséquences de la fin de la Guerre froide. L'environnement a évolué, mais mondialisation et globalisation n'expliquent pas tout.

Henri Conze pense cependant qu'il n'est pas trop tard pour réagir et identifier quelques pistes de redressement.

Au titre des conditions préliminaires à satisfaire, il mentionne la formation de nos ingénieurs qui doit leur redonner le goût de l'industrie, et un effort des médias qui doivent éviter la dérive

vers un intégrisme écologique privilégiant les mythes, s'opposant aux règles les plus élémentaires de la physique.

Deux domaines industriels retiennent plus particulièrement l'attention de l'auteur qui les considère comme porteurs d'un possible redressement de l'économie française. D'une part, la France a de nombreux atouts dans l'économie numérique dont l'évolution des performances pourrait conduire à l'aube d'une nouvelle révolution industrielle, « le Cloud Computing ». D'autre part, le domaine de l'énergie est porteur de développements prometteurs. Les nouvelles technologies, notamment dans le domaine des énergies renouvelables, sont à notre portée.

Pour ce redressement, Henri Conze préconise le rétablissement d'un grand ministère de l'industrie, et recommande un nouveau statut pour l'entreprise et pour ses dirigeants.

Un livre particulièrement intéressant, rédigé en termes clairs malgré le sujet traité, souvent réservé aux spécialistes utilisant un langage parfois abscons. Bien d'actualité, quand l'industrie en France fait l'objet des grands titres quotidiens des médias, on ne peut qu'en recommander la lecture comme une pièce supplémentaire à verser au dossier. ■

D.J.

## Les voiliers très rapides

par François Lefaudeux, aux éditions Cépaduès



Architecte naval émérite, François Lefaudeux marque par cet ouvrage une nouvelle étape dans sa passion de la voile. Oui, c'est bien un secteur de pointe où l'innovation fourmille. Des records de vitesse sont battus régulièrement, atteignant des valeurs inimaginables : 100 km/h pour les planches à voile ou des kite surfs. Loins du « rho moins a

» classique, les dernières générations d'engins couplent des foils, des coques ultra-plates, des patins, des ailes, le tout monté en

assymétrie. François Lefaudeux nous fait comprendre les phénomènes aériens ou hydrauliques mis en jeu, le théorème d'Euler, les phénomènes cavitants, et comment modéliser les efforts. Car bien sûr, la mer comme le vent sont capricieux, et la robustesse des engins est une partie essentielle de la performance.

Un ouvrage de référence pour les passionnés de la mer et du vent. ■

JDD



# CABINET D'AVOCAT

Maître Marc Lecacheux

Orientation dt public,  
fonction publique  
Droit médical



1-3 villa Gagliardini - 75020 PARIS  
Tél. / Fax : 01 43 61 77 42 - Mob. : 06 14 70 68 46  
Email : [marclecacheux.avocat@yahoo.fr](mailto:marclecacheux.avocat@yahoo.fr)

# Lu au JO

## Par décrets d'août 2012

### Sont nommés :

- L'IGA1 Prats (Olivier, Jean, Arnaud), de mission auprès du secrétaire général du Conseil général de l'armement (27 août 2012).

## Par décrets de septembre 2012

### Sont nommés :

- L'IGA2 Reb (Stéphane), directeur du développement international de la direction générale de l'armement (14 septembre 2012).

## Par décrets d'octobre 2012

### Sont nommés :

- L'IGA Le Pesteur (Jean-Pierre), président du conseil d'administration de l'Agence nationale des fréquences (15 octobre 2012).

- L'IGA2 Howyan (Marc, Eric), directeur de l'unité de management Rafale de la direction des opérations (18 octobre 2012).

- L'IGA2 Tavernier (Caroline, Marie-Noëlle), épouse Gervais, directrice de l'unité de management Opérations d'armement hélicoptères de la direction des opérations (18 octobre 2012).

## Par décrets de novembre 2012

### Sont nommés :

- L'IGA2 Legrand (Marie-France, Annick), épouse t'Kint de Roodenbeke, chargée de mission auprès du chef du service centralisé des achats techniques de la direction technique (22 novembre 2012).

- L'IGA2 Schanne (Pierre, Jean, Nicolas), chargé de mission innovation auprès du directeur de la stratégie (22 novembre 2012).

- L'IGA2 Bruni (Eric, Christophe), chef du centre d'instruction en sécurité industrielle de l'armement et maintenu dans ses fonctions de chef du service de la sécurité de défense et des systèmes d'information (22 novembre 2012).

- L'IGA1 Miallet (Séverin, Marie, Adrien), chargé des fonctions de directeur adjoint du développement international et de chef de service des procédures d'exportation et des moyens de la direction du développement international (29 novembre 2012).

- L'IGA2 Bommelaer (Guy, Jacques, Marie), chargé de la mission de supervision des opérations d'exportation de la direction du développement international (29 novembre 2012).

- L'IGA2 Tinland (Jean-Luc, Serge), chargé de la sous-direction de la gestion des procédures de contrôle du service des procédures d'exportation et des moyens de la direction du développement international (29 novembre 2012).

- L'IGA2 Howyan (Marc, Eric), directeur de l'unité de management avions de chasse et équipements de la direction des opérations (29 novembre 2012).

- L'IGA2 Laurensou (Benoît, François, Jacques), adjoint au délégué général pour l'armement, directeur et chef du service central de la modernisation et de la qualité (1<sup>er</sup> décembre 2012).

## Par décret de décembre 2012

**Sont promus au grade d'ingénieur général de 1<sup>e</sup> classe, et élevés aux rang et appellation d'ingénieur général hors classe de l'armement à la même date, avec maintien dans leurs fonctions :**

### Pour prendre rang du 1<sup>er</sup> janvier 2013

- L'IGA2 Laurensou (Benoît, François, Jacques).

- L'IGA2 Reb (Stéphane).

**Sont promus au grade d'ingénieur général de 1<sup>ère</sup> classe :**

### Pour prendre rang du 1<sup>er</sup> février 2013

- L'IGA2 Osterroth (Bernard, Louis, Emile).

**Sont nommés au grade d'ingénieur général de 2<sup>e</sup> classe :**

### Pour prendre rang du 1<sup>er</sup> janvier 2013

- L'ICA Da Silva (Elisabeth, Jocelyne, Yvette, Adouke), épouse Crépon.

### Pour prendre rang du 1<sup>er</sup> février 2013

- L'ICA Terrail (François, Maurice, Jean).

## Par décret du 14 novembre 2012

Lallemand (Didier, Charles) responsable de la politique immobilière de l'Etat dans une direction régionale des finances publiques, est nommé au grade de commandeur de l'Ordre national du Mérite (officier du 26 avril 2000).

## Par décret du 31 décembre 2012 portant promotion et nomination

**Sont nommés au grade de chevalier dans l'Ordre National de la Légion d'Honneur**

- Multon (Hervé, Marie, Henri), directeur de la stratégie dans un groupe aéronautique et de défense.

- Salomon (Arnaud, Guy), directeur général d'un groupe de hautes technologies dans le domaine des télécommunications.

## Deux autres distinctions méritent d'être citées dans nos colonnes :

- L'IGA Joël Barre, Directeur du Centre Spatial Guyanais a reçu le vendredi 8 juin 2012 ses galons de légionnaire de 1<sup>ère</sup> classe d'honneur de la légion étrangère, ce qui souligne le lien indéfectible et le soutien mutuel entre le CSG et le régiment présent à Kourou. Il rejoint des personnalités telles qu'Edouard Herriot, le président Giscard d'Estaing ou encore le Général Schwarzkopf (US Army).

- Le chef d'état-major des armées, l'amiral Guillaud, a décerné le 26 septembre 2012 une citation à l'ordre de la brigade à Walter Arnaud. Actuellement en poste à la direction internationale (DI) de la DGA, cet ingénieur principal de l'armement est cité pour ses actions remarquables réalisées dans le cadre de son détachement en Afghanistan du 2 décembre 2011 au 4 juin 2012 alors qu'il était affecté à la direction du renseignement militaire (DRM).

# Nominations DGA

## Décorations

### • Ordre national du Mérite Maritime

Décret du 28 septembre 2012

- Au grade de chevalier  
COUSQUER Jacques

### • Ordre national du Mérite

Décret du 8 novembre 2012

- Au grade de commandeur  
CHABBERT Christian    COSTES Alain    IMBERT Vincent
- Au grade d'officier  
BICHET Gerard    REB Stéphane    TINLAND Jean-Luc
- Au grade de chevalier  
AUFORT Patrick    BURIGANA Dany    CATHERINE Olivier  
FINCK Richard    HOLLEAUX Louis    LOUVART Laurent  
POUPARD Guillaume    ROUFFET Thierry    SIMON Christophe  
VOGEL Laurent

### • Ordre des Palmes académiques

Décret du 9/10/2012

- Au grade d'officier  
EL KAIM Laurent

### • Ordre de la Légion d'honneur

Décret du 6 juillet 2012

- Au grade d'officier  
ARGENSON Daniel    CALECA Yves    DOUAT Jean  
DUQUESNE Thierry    FARGERER Norbert    JACQUOTTE Olivier-Pierre  
PINTART François    TAILLEUR Christophe
- Au grade de chevalier  
BALLET Fabian    BIELECKI Arnaud    BRUXELLE Jean-Yves  
CARLIER Thierry    CHENUIL Claude    CORTAMBERT Jean-Marc  
DE CHANTERAC Louis    DECOURT François    DELANNOY Bruno  
DELAUNAY Gilles    DUVAL Rachel    GUYONNEAU Patrick  
HANCART Benoît    LAMAL Christine    MARTY Jean-Youri  
ROVES Jean-Paul    SIRVEN Marc    SPINA Evelyne  
THIVET Frédéric    WENCKER Michel

## Promotions - Nominations

### • Au grade d'ICA

- au 1/07/2012    SALMON Erwan    HUGON Philippe
- au 1/08/2012    CAILLARD Paul-Emmanuel
- au 1/09/2012    CALAMY Hervé
- au 1/10/2012    LAPIERRE Gérard    PHAN Pierre-Emmanuel  
PEIRACHE Alexia
- au 1/11/2012    NEDJAR Evelyne    RABILLOU Jean-Baptiste
- au 1/12/2012    LECOINTE Olivier    GOY Alexandre

### • Au grade d'IPA

- au 1/07/2012    SCHILTZ Aurélie    NAVILLE Mathieu  
GRUNENWALD Julien
- au 1/09/2012    BRENOT Damien    PAYERNE Cyril  
PAGES Thomas

## Mobilités et départs

### • Mouvements de juillet

IPA BAHUREL Philippe	DO UM COE
ICA BUJON Eric	DS CATOD
ICA CARLIER Thierry	DO UM ESIO
IA GERMAIN Laurent	DT DGA Ingénierie des projets
IPA GOY Alexandre	DS CATOD
IPA GRANDJEAN Hervé	DT DGA Techniques hydrodynamiques
IPA GROFF Nicolas	SMQ SDSE
ICA L'EBRALY Hubert	DT DGA Techniques aéronautiques
ICA LENGLIN Geoffroy	DS SDCDE
IPA MANTA Mathieu	DT DGA Ingénierie des projets
ICA MICHEAU Pascal	DP BAG
ICA ROTH Sylvain	DP BAG

*Direction d'arrivée*

### • Mouvements d'août

IPA ARNAUD Walter	DI SED
IPA BOIREL Mathieu	DO UM ESIO
IA BOUDOT Thomas	EMAA/SIAé/AIA Bordeaux
ICA CHENUIL Claude	DRH CHEM
ICA DUGAST Olivier	DT DGA Ingénierie des projets
ICA DUZERT Sébastien	DI PPE
ICA FOURNIER Nicolas	DS SDCDE
IA GERVAIS Clément	DT DGA Essais en vol
ICA KOBAK Eric	DT DGA Maîtrise de l'information
IA LASFARGUES Rémi	DT DGA Essais en vol
IA MARTIN Hugo	DT DGA Maîtrise de l'information
IA MAUDOU Loïc	DT DGA Maîtrise de l'information
IA PLUMET Sébastien	DT DGA Maîtrise NRBC
ICA RENHAS Yves-Henri	SHOM Paris

*Direction d'arrivée*

### • Mouvements de septembre

IPA ASTIER-PERRET Loïc	DO UM MID
ICA BARRACO Laurent	DO UM TER
IPA BOUVIER Pierre	DO UM HELI
ICA COSSON Philippe	INSP Inspection
IA DRILLAUD John	DT DGA Ingénierie des projets
IA GALLAND Edouard	DT DGA Maîtrise de l'information
IA GRELOT Frédéric	DT DGA Maîtrise de l'information
IA GROLLEAU Antoine	DT DGA Ingénierie des projets
IPA GUILLERMIN Nicolas	EMA DIRISI
ICA JANNIN Laurent	DT DGA Ingénierie des projets
ICA LAPORTE Emmanuel	DT DGA Essais propulseurs
ICA LE CAM Mickael	DT DGA Techniques navales
ICA L'EBRALY Julie	DO SMCO
ICA MEYRAT Jean	DO UM ESIO
ICA MOYRET Pierre	DT SCAT
ICA PAUCHON Eric	DS SDPA
IPA PAYERNE Cyril	OCCAR programme A400M
ICA PEDO Eric	Ecole de guerre, session 2012-2103
ICA PERTHUIS Laurent	OTAN / NAHEMA
IPA PLUMET Alexia	DT DGA Ingénierie des projets
ICA PRADIER Pierre	DS SASF
ICA QUENEZ Jean-Marc	DO UM COE
IGA REB Stéphane	DI Directeur
ICA REBOUL Guilhem	DO UM RAF
ICA RIVALS Pierre	DT DGA Maîtrise de l'information
IPA ROUAHI Jamel	DT DGA Ingénierie des projets
IA ROULAND Charles	DT DGA Ingénierie des projets

*Direction d'arrivée*

ICA SILVESTRE Nicolas  
ICA TATOUT Frédéric  
ICA THOMASSIER Vincent  
ICA WATTEAU François

• **Mouvements d'octobre**

ICA BOUEDEC Vincent  
IPA BRUN Steven  
IGA GERVAIS Caroline  
IGA HOWYAN Marc  
IPA LE GARFF Christophe  
ICA LECINQ Xavier  
ICA LOYER Frédéric  
ICA LY Lam Fung  
IPA MENEGAUT Thierry  
IA MORANGE Nicolas  
IA NHAM Toan  
IPA REINGEWERTZ Joël  
ICA WINDHEISER Daniel

• **Mouvements de novembre**

IA BICHOT Anne  
ICA de LASSAT de PRESSIGNY Yves  
  
ICA de MARICOURT Antoine

DO SCA  
DO SMCO  
DGA Cabinet  
DO UM NAV

*Direction d'arrivée*

DT DGA Ingénierie des projets  
DO PPE  
DO UM HELI  
DO UM ACE  
DP SDP  
DO SDCOA  
DS SASF  
DO SMCO  
DT DGA Ingénierie des projets  
DT DGA Ingénierie des projets  
DT DGA Maîtrise NRBC  
DT DGA Maîtrise de l'information  
DS SASF

*Direction d'arrivée*

DT DGA Essais de missiles  
  
DT DGA Techniques aéronautiques  
  
DS S2IE

IPA FLACHERE Laurent  
ICA LAURENT Hervé  
ICA PRIOU Richard

• **Mouvements de décembre**

ICA AVRIN Jérôme  
ICA NOUREAU Jean-Christophe  
IA PEYRET Amélie  
IPA TARTIERE Mathieu

DT DGA Ingénierie des projets  
DS SRTS  
SMQ SDSE

*Direction d'arrivée*

DP SDI  
EMM  
DT DGA Essais propulseurs  
DGA Cabinetde

**Départs (Retraite - 2<sup>e</sup> section)**

**Mouvements de juillet/août/septembre**

IGA BESSERO Gilles  
IGA DOUAT Jean  
ICA FAURY Guillaume  
ICETA GUEIT Thierry  
ICA MONTAGNE Jean-Louis  
IGA TAILLEUR Christophe

IPA BONNET Frédéric  
ICA ELZIERE Vianney  
IGA GRAS Olivier  
ICA IMBERT Eric  
ICA PEYRICHON Marc

**Mouvements d'octobre/novembre/décembre**

ICA ALIAS Jean-Marc  
ICA CHOCHOIS Yves  
IGA GODIN Jose  
ICA JOUX Antoine

ICA BROCHARD Pierre  
IGA DELOR Bruno  
IGA HELOU Christian  
IGA WOLF Philippe

# LA PILE THERMIQUE

Une source d'énergie électrique pas comme les autres

*La pile thermique, une technologie mature, qui a été initialement développée pour des applications militaires de type missiles car très robuste, fiable, et des durées de stockage très longues sans maintenance. Elle est maintenant utilisée en Aéronautique, dans le Spatial et dans l'Industrie, pour toutes les applications qui demandent une source d'énergie électrique en sommeil et qui puisse fournir instantanément une forte puissance.*



**ASB**  
L'ÉNERGIE DE SÉCURITÉ

Allée Sainte Hélène - 18021 Bourges cedex  
Tél. 02.48.56.03 - Fax : 02.48.48.56.01  
[www.asb-group.com](http://www.asb-group.com)

## Carnet pro

**Isabelle Badrinath** (1974) rejoint l'ENSTA comme adjoint au directeur des études (1/8/2012)

**Didier Lecomte** (1956) est nommé au Conseil Général de l'Armement comme chargé de mission (1/8/2012)

**Olivier de Vulpillières** (1963) est nommé au Conseil Général de l'Armement comme chargé de mission (1/8/2012)

**Paul-Emmanuel Caillard** (1977) rejoint l'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information service dépendant du SGDSN – services du Premier Ministre, en tant que coordinateur sectoriel (1/9/2012)

**Bertrand Delmas-Marsallet** (1962) est affecté au SGDSN comme adjoint au sous-directeur de la planification de sécurité nationale (1/9/2012)

**Joaquim Nassar** (1971), devient Directeur des Etudes à l'Ecole Polytechnique (1/09/2012)

**Mathieu Melgrani** (1988) est affecté temporairement chez Eurocopter comme ingénieur en charge de travaux d'aérodynamique numérique (1/10/2012)

**Thanh-Tâm Lê** (1970), crée le poste de Responsable du centre national Français de l'Institut Européen d'Innovation et de Technologies (EIT)/Climate-Kic (01/11/2012)

**Sarma Gadjendra** (1964), est recruté comme Conseiller scientifique à la DGGN (Direction Générale de la Gendarmerie Nationale) (01/11/2012)

**Nicolas Morange** (1985), est chargé de Recherche fondamentale en physique des particules au CERN (12/11/2012)

**Serge Duval** (1965), devient Chef du service parisien de soutien de l'administration centrale du SGA/SPSAC (12/11/2012)

**Benjamin Frenais de Coutard** (1981), entre chez SNECMA comme responsable qualité (14/11/2012)

**Rachel-Marie Pradeilles-Duval** (1966), Expert haut niveau (groupe III) auprès du chef de service de la stratégie de l'enseignement supérieur et de l'insertion professionnelle à la Direction générale pour l'enseignement et la recherche au MESR/DGESIP (15/11/2012)

**Philippe Duluc** (1961), devient Directeur de l'Activité sécurité de BULL/Issy-les-Moulineaux (01/12/2012)

**Jean-Marie Betermier** (1962), est nommé Président de ZODIAC AEROSPACE (01/12/2012)

**Emmanuelle Thivillier-Plessiet** (1971), rentre au cabinet du Ministre de la Défense comme conseillère (17/12/2012)

**Cyril Goutard** (1976), prend le poste de Support section leader au sein de l'OCCAR/EA (01/01/2013)

**Gilles Bessero** (1952), est élu Directeur du BHI (Bureau Hydrographique International) (01/01/2013)

**Pascal Le Roy** (1962), devient Président d'Itaguaí Construções Navais (ICN), filiale locale de DCNS et Odebrecht en charge du programme des sous-marins brésiliens (15/01/2013)

**Vincent Martinot-Lagarde** (1967), est nommé Directeur de DCNS Lorient (15/01/2013)

**Anne Bianchi** (1971), prend les fonctions de Directrice des programmes des Frégates Multi-Missions – FREMM chez DCNS (15/01/2013)

**Olivier Duperret** (1962), devient Directeur des programmes à la BU ASM de DCNS Armes sous-marines/St Tropez (04/02/2013)

**Hervé Multon** (1962) est promu directeur général adjoint du groupe Thales, en charge de la stratégie, de la recherche et de la technologie (4/2/2013)

**Philippe Logak** rejoint le groupe Thales en qualité de secrétaire général (1/3/2013)



**Inclinaison des miroirs sur les satellites**  
La communication entre satellites s'effectue via un rayon laser. A cet effet, l'émetteur doit être orienté très précisément en direction du récepteur. Le rayon laser est stabilisé à l'aide d'un miroir de déviation.  
Les valeurs de position sont détectées à l'aide de capteurs à courant de Foucault miniatures de Micro-Epsilon qui permettent d'atteindre une résolution meilleure que celle du micron.

[www.micro-epsilon.fr](http://www.micro-epsilon.fr)  
MICRO-EPSILON France S.a.r.l. | 78100 Saint Germain en Laye  
Tel. +33 1 39 10 21 00 | france@micro-epsilon.com

# VIVRE UN AVENIR SEREIN AVEC UNÉO



LA DÉFENSE DE VOTRE SANTÉ



## ARMÉO A partir de 2,57 euros/mois pour les 16-34 ans

- Une rente mensuelle de 300 euros/mois
- Un capital décès de 8 300 euros max.
- De l'assistance à domicile
- Des services à la personne

## vie de couple, reconversion, retraite... Unéo partenaire de toute une vie.

**Lorsque la perte d'autonomie, l'invalidité ou bien le décès touche l'un de vos proches ou vous-même, êtes-vous préparés ?  
Moralement, matériellement ou financièrement ?**

Certains événements (accident, maladie, vieillissement) peuvent entraîner la dégradation des fonctions physiques, psychiques ou sensorielles. On parle alors de dépendance ou de perte d'autonomie et le besoin d'assistance apparaît. C'est pourquoi, Unéo fait évoluer son contrat Décès-Invalidité vers un contrat obligatoire Maintien d'autonomie/Dépendance et Décès.

**Notre objectif :** maintenir le plus longtemps possible l'autonomie et/ou le maintien à domicile à nos adhérents.  
**ABSENCE DE DÉLAI DE CARENCE - AUCUNE FORMALITÉ MÉDICALE À L'ADHÉSION -  
AUCUNE LIMITE D'ÂGE À L'ADHÉSION**

**NOUVEAU**  
à compter du  
1<sup>er</sup> janvier  
2013

# Arméo

# Mobilité et efficacité sur tous les terrains

- Carcasses haute longévité
- Utilisation mixte
- Capacité de franchissement élevée
- Maîtrise des coûts

