



# LE MAGAZINE

DES INGÉNIEURS DE L'ARMEMENT

## INDISPENSABLE DUALITÉ

N° 129 - JUIN 2023



**P04.** Préface de  
**SÉBASTIEN LECORNU**  
Ministre des Armées

**P141.** DÉCOUVREZ  
VOTRE DUALOTYPE  
*par Denis Plane*



## Helsing: l'IA de l'avant pour l'action augmentée

Helsing déploie des solutions frugales  
d'IA embarquées temps réel conférant  
l'ascendant tactique multi-milieux et  
multi-champs.

[helsing.ai](https://helsing.ai)

# MOT DU PRÉSIDENT

Notre association a retenu le thème de la dualité entre le civil et la défense pour ce présent numéro. Ce choix est particulièrement bienvenu pour de nombreuses raisons.

Tout d'abord, cette édition sort à l'occasion du Salon de l'Aéronautique et de l'Espace, qui réouvre ses portes cette année après une coupure de 4 ans. Le spectacle admirable proposé lors de ce salon illustrera clairement la dualité de ce secteur industriel majeur de notre pays, permettant à ces industriels d'être des champions européens et mondiaux, que ce soit dans le domaine des avions, des hélicoptères, des lanceurs et des satellites. Si certaines de ses activités semblent actuellement bousculées (les lanceurs civils), voire présentes de façon trop embryonnaire (les drones), des actions récentes donnent l'espoir d'une évolution positive dans ces derniers domaines. Ce secteur industriel, dont le bilan économique et financier reste très largement positif constitue un fer de lance majeur et une fierté pour notre pays.

Par ailleurs, si le secteur de la défense a pendant longtemps nourri le secteur civil de ses innovations technologiques, ce flux s'est aujourd'hui largement inversé. En effet, le développement des nouveaux systèmes de défense s'appuie aujourd'hui de plus en plus sur les avancées techniques du secteur civil, notamment dans les domaines de l'électronique et des technologies de l'information. Une illustration frappante en est donnée depuis 2022 par l'armée ukrainienne qui résiste à l'offensive russe, grâce aux matériels de défense mis à disposition par les pays occidentaux, mais également par l'apport de capacités issues du monde civil et adaptées à un emploi militaire (traitement des données, systèmes de communication temps réel, drones civils ...).

Cet apport du secteur civil au secteur de la défense est quadruplement essentiel :

- Il permet tout d'abord d'entretenir les compétences et l'activité de nombreuses entreprises qui, sans leurs activités civiles, ne pourraient préserver le niveau d'expertise et la performance de leurs bureaux d'études et de leurs équipes de production, nécessaires pour pouvoir offrir aux forces armées françaises les matériels performants répondant à leurs besoins, compte tenu du cycle de vie des matériels de défense.
- Il offre ensuite aux entreprises de défense, maîtres-d'œuvre ou fournisseurs de premier rang, un accès à des innovations clés grâce au développement dans notre pays de start-ups et de PME technologiques innovantes. Bien évidemment, cette coopération entre ces deux familles d'acteurs doit rester la plus équilibrée possible. Tel est le besoin clair des start-ups et des PME, mais tel est également l'intérêt bien compris des grands comptes.
- Il offre la possibilité d'accélérer significativement les temps de développement des systèmes d'armes par l'utilisation de matériels déjà développés et souvent éprouvés. Cette accélération de la mise à disposition des armées de ses nouveaux matériels est en effet un axe d'effort majeur pour l'industrie de défense.

- Il permet enfin de réduire significativement le besoin de financement des futurs systèmes d'armes, le secteur de la défense devant supporter le développement des seules technologies spécifiquement militaires (charges militaires, matériaux furtifs, discrétion acoustique, propulsion hypersonique...) et des seules adaptations des technologies civiles à leur emploi dans un environnement militaire (électronique, matériaux, logiciel, propulsion classique...). Cela permet de rendre abordable le maintien de notre autonomie stratégique.

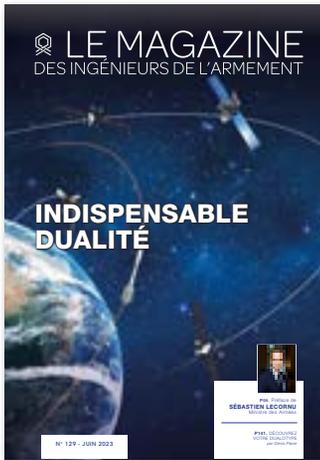


Enfin, cette dualité constitue une richesse intrinsèque significative de notre Corps et de ses ingénieurs. Bien entendu, les ingénieurs de l'armement, qu'ils œuvrent dans les secteurs public ou privé, sont avant tout des ingénieurs travaillant pour le développement et la fourniture des systèmes de défense souverains de nos forces armées. Pour une grande partie, ils doivent le rester car la DGA et l'industrie de défense ont besoins d'ingénieurs, de cadres et de dirigeants compétents pour satisfaire au mieux les besoins de nos forces.

Cependant, leurs compétences riches et solides acquises dans le secteur de la défense peuvent être également et fort utilement exploitées dans d'autres domaines nécessitant notamment une maîtrise du développement et de la réalisation de systèmes complexes et stratégiques reposant sur une multitude de technologies critiques. A titre d'illustration, de nombreux ingénieurs de l'armement furent sollicités pour assurer dans l'urgence des missions étatiques majeures à l'occasion de la crise du COVID tandis que d'autres ont été retenus depuis plusieurs années pour occuper des fonctions éminentes, au sein de l'Administration ou de grandes entreprises françaises et européennes, dans les secteurs du nucléaire civil, de l'aéronautique civile et du spatial, de la sécurité et de la cybersécurité...

Cela souligne l'importance des grands corps techniques de l'Etat et d'une bonne mise en œuvre de la réforme de ces corps souhaitée par le gouvernement. Cette dernière doit renforcer l'attractivité des grands corps techniques, favoriser la mobilité de ses ingénieurs et valoriser leurs compétences, pour le bien de l'Etat et de la nation. Tel est l'un des vœux les plus chers de la CAIA ! Agissons ensemble pour qu'il puisse être exaucé. ☺

**Olivier Martin (IGA 2s)**  
Président de la CAIA



## LE MAGAZINE DES INGÉNIEURS DE L'ARMEMENT

**CAIA** 16 bis, avenue Prieur de la Côte d'Or,  
CS 40300 - 94114 ARCUEIL  
Cedex  
Site : [www.caia.net](http://www.caia.net)  
E-mail : [contact@caia.net](mailto:contact@caia.net)  
Numéro de dépôt légal : 2265-3066

**DIRECTEUR DE PUBLICATION** : Olivier MARTIN

**RÉDACTEUR EN CHEF** : Jérôme DE DINECHIN

**RÉDACTEUR EN CHEF DÉLÉGUÉ** : Philippe COQ

**COMITÉ DE RÉDACTION** :  
Pierre BÉNARD, Bruno BELLIER,  
Claude CHENUIL,  
Yves DESNOËS,  
Flavien DUPUIS, Daniel JOUAN,  
Benoît DE LAITRE,  
Monique LEGRAND-LARROCHE,  
Louis LE PIVAIN,  
Dominique MONVOISIN,  
Denis PLANE, Amandine REIX  
Vincent SOL, Frédéric TATOUT

**CRÉDITS PHOTO** : Adobe  
Stock, André Bour - [www.helicopassion.com](http://www.helicopassion.com), ARKEOCEAN,  
Assemblée nationale Ifremer  
Olivier Dugonay, Comex/  
CNRS, Curtiss-Wright, Latitude,  
Safran Data Systems, TAS/E,  
Briot, XSun, press office of  
55th artillery brigade of Ukraine  
« Zaporozhian Sich »

**ÉDITION ET RÉGIE**

**PUBLICITAIRE** :  
**FFE** 15 rue des Sablons 75116  
Paris  
01 53 36 20 40 - [www.ffe.fr](http://www.ffe.fr)

**DIRECTEUR DE LA PUBLICITÉ** : Patrick SARFATI

**CHEF DE PUBLICITÉ** :  
Franck LEVI - 01 40 21 76 23  
[franck.levi@ffe.fr](mailto:franck.levi@ffe.fr)

Ingrid DUBOCQ - 01 40 09 68  
47 [ingrid.dubocq@ffe.fr](mailto:ingrid.dubocq@ffe.fr)

**MAQUETTE** :  
Matthieu ROLLAT  
[matthieu.rollat@gmail.com](mailto:matthieu.rollat@gmail.com)

**IMPRESSION** :  
ESPACE GRAFIC

N° ISSN-L 2265-3066

# SOMMAIRE

**MOT DU PRÉSIDENT** ..... 1

**ÉDITO**

par Jérôme de Dinechin ..... 3

**PRÉFACE**

Sébastien Lecornu ..... 4

**INTRODUCTION DU DOSSIER**

par Philippe Coq ..... 6

**TECHNOLOGIES** ..... 9

**LE CRIME DU NOT INVENTED HERE**

par Laurent Vieste ..... 10

**L'AVENTURE DES MOTEURS**

par Thomas Flamme  
et Jean-Baptiste Moiroud ..... 12

**SODERN, DES ÉTOILES POUR TOUS**

par Franck Poirrier et Vincent Dedieu ..... 16

**L'HYBRIDATION DES RÉSEAUX DE THÉÂTRES**

par Pierre Benard et Olivier Ondet ..... 18

**L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE - DUALE DÈS L'ORIGINE**

par Alain Tournyol du Clos ..... 20

**AÉRONAUTIQUE : LE NUMÉRIQUE APORTE LA FLEXIBILITÉ**

par Jean-Marie Desmartis ..... 22

**LES BIENS À DOUBLE USAGE**

par Marie-Caroline Vieillelard  
et Gaëtan Bénac-Lestrelle ..... 24

**INDUSTRIE** ..... 27

**JANUS OU LES DEUX FACES DE LA DUALITÉ DANS L'AÉRONAUTIQUE**

par Guillaume Faury ..... 28

**SAFRAN ET LA PROPULSION AÉRONAUTIQUE**

par Stéphane Cueille et Jocelyn Escourrou ..... 30

**AÉROSPATIAL :**

**UNE ÉCHELLE À BARREAUX ALTERNÉS**

par Jean-Brice Dumont ..... 32

**LES GRANDES SOUFFLERIES DE L'ONERA**

par Marie-José Martinez ..... 34

**ESPACE : DE LA DUALITÉ À LA SOUVERAINETÉ**

par Nathanaël Gibert ..... 38

**DE L'ATMOSPHÈRE À L'ESPACE**

par Matthias Bry ..... 40

**L'ESPACE : DES PROBLÉMATIQUES TRÈS TERRE À TERRE**

par Toan Nham ..... 42

**L'ESPACE VOIT TRIPLE : INDUSTRIE, TECHNOLOGIE, USAGES**

par Benoît Hancart et Christophe Debaert ..... 44

**ESPACE : DES BÉNÉFICES CROISÉS**

par Florian Rouziès ..... 46

**HYPRSPACE**

par Philippe Clermont et Sylvain Bataillard ..... 48

**LES GRANDS FONDS MARINS : UN DOMAINE DUAL ?**

par Louis Le Pivain ..... 50

**L'INNOVATION AU CŒUR DE LA MOBILITÉ MILITAIRE ET FERROVIAIRE**

par Charles-Antoine de Barbuat ..... 54

**LE CIVIL, LIVRE DE CHEVET DU MILITAIRE**

par Patrick de Leffe ..... 56

**QUAND LE PRIVATE EQUITY S'INTÉRESSE À LA DÉFENSE**

par David Lebain ..... 60

**COMPÉTENCES ET RESSOURCES HUMAINES** ..... 63

**DES IA AU CŒUR DE LA CRISE COVID**

par Cyril Goutard ..... 64

**2007 : LE SHOM ÉLARGIT ENCORE PLUS SON PÉRIMÈTRE**

par Laurent Kerléguer ..... 66

**DE L'ALPHA JET AU PC-21, LA NOUVELLE MONTURE DES CHASSEURS**

par Matthieu Hastings ..... 68

**DU CHAR LECLERC À LA F1**

par Eric Barbaroux ..... 70

**RÉFLEXIONS** ..... 73

**UNE COMMISSION D'ENQUÊTE EXCEPTIONNELLE**

par Dominique Monvoisin ..... 76

**DUALITÉ À TOUS LES ÉTAGES**

par Denis Plane ..... 78

**ARMEMENT** ..... 81

**NOUVELLE VISION STRATÉGIQUE DGA**

par Amandine Reix ..... 82

**RÉFORME DES CORPS TECHNIQUES**

par Hervé Moraillon ..... 84

**INTERVIEW DU NOUVEAU VP DU CGARM**

par Christophe Salomon ..... 86

**ENTRETIEN AVEC ALEXANDRE LAHOUSSE**

propos recueillis par Kévin Savornin  
et Fabrice Aubert ..... 88

**INTERVIEW DE PIERRE-ANDRÉ MOREAU**

propos recueillis par Claude Chenuil ..... 90

**PRÉPARER LES INTELLIGENCES ARTIFICIELLES À SERVIR LES PROGRAMMES D'ARMEMENT**

par Jérôme Ranc ..... 92

**DOSSIER ENTREPRISES** ..... 95

**MAINTENANCE AÉRONAUTIQUE** ..... 96

**RECRUTEMENT ET CARRIÈRES** ..... 106

**INTELLIGENCE ARTIFICIELLE** ..... 111

**TECHNOLOGIES,**

Localisation et formation,

IA militaire, Sécurisation de données,

Technologies pour le spatial,

Sûreté et sécurité, Logistique ..... 114

**ASSOCIATION** ..... 125

**BILAN DES ASSEMBLÉES GÉNÉRALES 2023 DE LA CAIA**

par Hervé Moraillon ..... 126

**LE NUMÉRIQUE, UNE ARME DE SOUVERAINETÉ POUR L'ÉTAT**

par Nasisma Auvray ..... 128

**LE DÎNER-DÉBAT DU 10 MARS 2023**

**AVEC GUILLAUME POUPARD**

par Jacques Doumic ..... 130

**L'ENTRAIDE À LA CAIA**

par Blandine Vinson-Rouchon ..... 132

**ANNUAIRE INVERSÉ ET MENTORING**

par Amandine Reix ..... 135

**SOUVENIRS DU LEVANT : LE MLRS**

par Alain Filipowicz ..... 136

**HOMMAGE À YVES SILLARD**

par Hervé Guillou ..... 138

**HISTOIRES DE DUALITÉS**

par Yves Desnoës ..... 140

**DÉCOUVREZ VOTRE DUALOTYPE**

par Denis Plane ..... 141

**LU POUR VOUS** ..... 142

**LU AU JO** ..... 143

**NOMINATIONS DGA/ CARNET PRO** ..... 144

# ÉDITO

Jérôme de Dinechin, *Rédacteur en Chef*



## Agents doubles

Difficile de donner une définition claire de la dualité.

En remontant dans mes cours d'algèbre linéaire, « l'espace dual d'un espace vectoriel est l'ensemble (l'espace) des formes linéaires sur cet espace... »

Un cas particulier essentiel en physique comme dans les télécommunications est celui de la complémentarité temps-fréquence et une transposition à l'aide de la transformée de Fourier, cauchemar des taupins.

Elle intervient également en géométrie avec la dualité entre polygones et leurs complémentaires, les sommets de l'un correspondant aux segments de l'autre et réciproquement. De manière amusante, cela trouve une application concrète en analyse fonctionnelle, lorsqu'on considère les actions à mener comme des boîtes reliées des entrées et sorties, ou lorsqu'on considère les entrées et sorties comme des boîtes reliées par des actions...

Dans ce numéro, nous avons choisi de nous intéresser à la dualité entre civil et militaire, comme si l'un était l'image de l'autre dans une forme de « transposition », de complémentarité : mêmes technologies, industries, compétences pour des usages à la fois civils et militaires.

Nombre de systèmes et services utilisés aujourd'hui ont une origine militaire : l'aéronautique, le spatial (encore l'espace !), les télécommunications, l'énergie nucléaire, la pyrotechnie, les équipements d'urgence, la chirurgie,... , ont été développés dans un objectif d'armement.

Le « dualotype » en fin de magazine en propose une liste distrayante.

Réciproquement, nos sociétés évoluées ont connu depuis quelques décennies un développement technologique exponentiel qui a conduit à inventer de nouveaux services largement tirés par le numérique : songeons que les GAFAM ont une valorisation supérieure au PIB de tous les pays à l'exception des USA et de la Chine, et que leur investissement en R&D était en 2020 de plus de 150 Md\$, à comparer au budget du ministère de l'enseignement et de la recherche et de l'innovation français (24 Md€).

Que les innovations aient eu une origine d'un côté ou de l'autre, il convient de veiller à ce que les équipements des forces restent au meilleur niveau technique, et qu'il y ait une version militarisée des principales technologies permettant d'assurer une supériorité opérationnelle. La nouvelle vision stratégique DGA le détaille avec force.

Ingénieurs de l'armement, nous sommes à la fois civils et militaires, et endossons le rôle de transposeurs d'un monde à l'autre. Intégrant la compréhension du besoin militaire, son ambition, mais aussi le pragmatisme industriel et technologique ; l'objectif des armées françaises mais aussi l'obligatoire coopération ; l'obéissance, l'uniforme, le commandement mais aussi le management, le leadership, les KPI ; l'efficacité, le dirigisme, l'organisation mais aussi la curiosité, et l'esprit startup.

C'est qu'en chacun de nous, cohabitent aussi ces deux personnalités, une civile et une militaire. Au moment de rejoindre le corps, nous avons – à quelques exceptions près – compris que nous rentrions dans l'état militaire et sa fameuse « grandeur et servitude ». Dans notre itinéraire, peut-être avons-nous connu des périodes d'ouverture, voire un passage plus définitif vers un environnement civil, et une autre facette de notre personnalité a pu se développer. La clef d'une croissance psychologique harmonieuse selon Carl Gustav Jung est de réussir à considérer que tout en nous est bon, que tout a une intention positive. Quelles seraient les intentions positives du moi militaire, ou du moi civil, qui sont en nous ? Plus encore, notre identité sera renforcée en apprenant à intégrer ces différentes facettes plutôt que les opposer, afin de les vivre pleinement.

Intégrer la loyauté, la magnanimité (voir grand), le sens du service et aussi le pragmatisme industriel et technologique ; vibrer en entendant « les clairons d'airain » d'une prise d'armes et verser des larmes devant la finesse de sentiments d'une pièce de piano de Robert Schumann. 🎹

# PRÉFACE

---

## Sébastien Lecornu, *ministre des Armées*



### Un levier de puissance

Chers Ingénieurs de l'Armement,

Depuis le Général de Gaulle, la France a toujours défendu avec vigueur son indépendance et sa souveraineté, pour préserver sa liberté d'action et protéger ses intérêts stratégiques dans le monde. Cette vision se traduit à travers ses investissements dans notre politique d'innovation et notre industrie de défense.

L'évolution des technologies civiles et leur impact sur la société ont créé de nouvelles opportunités. Ces avancées – telles que l'intelligence artificielle, les communications sans fil, la robotique ou la cybersécurité – transforment indéniablement notre monde. Mais ces mêmes technologies menacent notre sécurité et les équilibres géopolitiques.

Pour rester à l'avant-garde de l'innovation et tenir notre rang comme puissance militaire, nous devons faire preuve d'audace. Cela suppose de considérer les technologies civiles et militaires comme des forces complémentaires. La dualité représente un levier puissant pour relever les défis de sécurité qu'ont fait naître ces sauts scientifiques et techniques.

Outre la nécessité de financer cette innovation par les fonds privés, les synergies se créent aussi entre les différents services de l'Etat. Le Ministère des Armées s'est donc engagé à contribuer au plan d'investissement France 2030, piloté par le Secrétariat Général pour l'Investissement. En rapprochant la DGA des entités de recherche et des acteurs publics, nous créons des dynamiques permettant le ruissellement non seulement du domaine militaire vers le civil - comme ce fut historiquement le cas pour des technologies qui bouleversé nos vies (le GPS, Internet...) - mais aussi, désormais, du civil vers le militaire. De ce point de vue, le calcul quantique représente par exemple une rupture technologique majeure.

La Loi de Programmation Militaire, actuellement en discussion au Parlement, en prend toute la mesure. Elle répond au cumul des menaces passées et des menaces émergentes, en transformant notre modèle d'armée.

En tant qu'ingénieurs de l'armement, le cœur de votre métier réside avant tout dans le service de l'État et en particulier au sein du ministère des Armées. Pourtant, les liens nourris entre les domaines civil et militaire doivent également trouver à s'appliquer dans vos carrières pour – précisément – mieux appréhender la dualité des technologies. En travaillant au sein d'entreprises, de laboratoires de recherche ou de start-ups civiles, vous pourrez acquérir une compréhension approfondie des tendances technologiques, des besoins de la société et des défis auxquels sont confrontés les acteurs civils. En embrassant cette dualité, vous serez en mesure d'apporter une expertise unique et de contribuer activement à la défense et à la sécurité nationale. Il nous revient d'imaginer les parcours professionnels qui permettront cette respiration : non pas seulement des « allers » mais aussi des « allers-retours », dans le respect de l'intérêt général. À ma demande, la DGA, le CGARM et plus généralement l'ensemble du ministère ont commencé à y travailler.



À l'Assemblée nationale, le 22 mai 2023, pour le lancement des débats sur la LPM - © Assemblée nationale

Le défi de la synergie des idées et des innovations technologiques est un levier de puissance dont nos armées doivent se saisir. C'est la voie que je vous demande de tracer pour rendre notre pays plus puissant, plus résilient et plus innovant pour assurer demain, et pour longtemps encore, le succès des armes de la France. ☞



Septembre 2022 : visite à DGA EM, centre d'essai de Biscarrosse, pour évoquer la « guerre de demain »

## LE MEILLEUR DES DEUX MONDES

par Philippe Coq, /CA

Écrire quelques lignes pour l'éditorial de cette revue est un exercice difficile, sans commune mesure avec celui qu'il faut déployer pour écrire une intervention dans un colloque ou une fiche sur un sujet, même ardu. Tout d'abord, que dire de plus que ce qui se trouve déjà dans cet ensemble d'articles particulièrement variés et riches proposé au lecteur, autour de ce fil conducteur qu'est la dualité. Comme si ce n'était déjà pas suffisant, le mot du président développe la synthèse que j'aurais aimé faire...

Après quelques minutes de détresse devant cette page blanche, mon œil a été accroché par cette phrase : « cette dualité constitue une richesse intrinsèque significative de notre corps et de ses ingénieurs ». Elle met en avant ce qui est sans doute le plus important, le capital humain. Les ingénieurs de l'armement acquièrent, dans leur première partie de carrière, des savoir-faire et une expérience exceptionnels, bien plus rapidement qu'ils ne l'auraient fait dans le monde de l'entreprise. Ils sont ensuite disponibles, forts de ces compétences acquises au sein du ministère des armées, pour rayonner dans le domaine civil, de façon très large, dans d'autres ministères ou administrations et dans l'industrie, bien au-delà du traditionnel secteur aérospatial et de défense où ils sont largement présents. Mon propos n'est pas seulement déclaratoire, il reflète aussi mon vécu personnel, comme celui de nombreux camarades.

Cette dualité des compétences est un capital précieux pour nos entreprises de défense. Je pense bien sûr au secteur aérospatial, par essence dual et cela depuis l'origine, mais également aux entreprises de défense. Mixer les cultures, intégrer de nouvelles compétences

ou de nouvelles façons de travailler est essentiel pour la compétitivité de nos entreprises. La fertilisation croisée qui en résulte est un facteur clé de performance, mais aussi de résilience, facilitant une gestion étendue des compétences transverses.

La défense a bien sûr ses spécificités. Mais, dans de nombreux domaines, et pas seulement dans le numérique, le secteur civil va beaucoup plus vite, pressé par le besoin vital de compétitivité sur des marchés internationaux où la concurrence est acharnée. C'est naturellement le cas dans ce domaine aérospatial que je connais bien, et en particulier dans celui de l'aéronautique civile où les investissements sont constamment à des niveaux très élevés. En comparaison, les cycles d'investissement dans le domaine de la défense sont beaucoup plus longs.

La dualité permet à nos armées de disposer d'un portefeuille de technologies, de produits ou de services disponibles grâce à l'investissement privé. Elles n'ont donc pas besoin de les financer, et peuvent se focaliser sur l'implémentation des fonctions militaires. En retour les programmes de défense offrent aux programmes civils des briques technologiques de très haut niveau, résultant d'une prise de risque partagée avec l'Etat qui ne serait pas possible autrement. Pour prendre un exemple d'actualité, il est clair que développer au sein de la même entreprise sur un grand drone stratégique, la mobilité urbaine aérienne et l'autonomisation des vols commerciaux présente quelques synergies évidentes... Elle permet également à l'industrie d'atteindre la masse critique nécessaire à son indispensable résilience, tant sur le plan de l'outil industriel que de celui des compétences.

On pourrait citer de très nombreux exemples concrets, que le lecteur retrouvera pour une bonne part dans les articles qui s'ensuivent. La dualité fut pendant longtemps univoque, par la diffusion des technologies ou pratiques de défense vers le domaine civil, particulièrement au sortir de la seconde guerre mondiale : des missiles vers les lanceurs, le concept même de Qualité dans l'industrie, Internet, les turboréacteurs d'avion, le Nucléaire, etc. Mais un flux inverse existe aussi depuis longtemps. Ainsi, les commandes électriques de vol et des moteurs développées pour Concorde (même si les moteurs Olympus dériveraient de ceux pour le bombardier Vulcan !), ou encore du système de freinage sont à la base de la révolution des commandes de vol numériques pour les avions militaires et civils quelques années plus tard. La DGA, ou plutôt à l'époque la DMA, Délégation ministérielle à l'armement, était très directement impliquée, avec le soutien technologique de l'ONERA. Demain, le travail conceptuel et technologique qui sera mené pour développer le système de systèmes européen nécessaire au SCAF est un exemple puissant. Garant de la souveraineté nationale et européenne pour les opérations aériennes militaires futures, ce développement ouvrira la

voie au développement de systèmes analogues et interconnectés dans les domaines navals et terrestres. Il offrira aussi des briques complètes pour des clouds temps réel sécurisés dans le domaine civil, non moins indispensables pour garantir la souveraineté économique européenne.

Bonne lecture ! 📖



#### Philippe Coq

*ICA, Directeur des affaires publiques Airbus pour la France*

Philippe Coq est directeur des affaires publiques d'Airbus pour la France depuis juillet 2020. Il en était auparavant le directeur adjoint. Il a rejoint Airbus en 2003 comme directeur de Military Air Systems France, quittant ses fonctions de directeur au sein de la banque ARJIL&Associés. Il a occupé diverses fonctions au sein de la DGA, tout d'abord au Centre d'essais des propulseurs et au Service technique des programmes aéronautiques, puis attaché d'armement auprès l'ambassade de France à Madrid et enfin sous-directeur à la direction de la coopération et des affaires industrielles. Il est diplômé de l'Ecole Polytechnique et ingénieur de SUPAERO.



Souvenir des campagnes espagnoles de Philippe : Le Cougar, issu du Super Puma, hélicoptère civil, lui-même héritier du Puma militaire. Ils sont devenus aujourd'hui le Caracal (H225M) et le Super-Puma (H225)



Partie 1

# TECHNOLOGIES



# LE CRIME DU *NOT INVENTED HERE*

## ACCEPTER QUE D'AUTRES ONT PEUT-ÊTRE UNE RÉPONSE À NOTRE PROBLÈME

Par Laurent Vieste, IGA

Si la DGA a « de tout temps » été organisée pour planifier et conduire avec succès des défis technologiques complexes et ambitieux, notamment au travers des études amont, son ADN inscrit dans l'industrie de défense ne la portait pas naturellement à considérer que le secteur civil pourrait répondre à ses ambitions technologiques sauf à la marge et dans des secteurs précis (technologies de l'information, spatial, ...). L'agence de l'innovation de défense (AID) a justement été créée pour relever ce challenge, en totale collaboration avec la DGA.



Projet d'innovation ouverte SKOLL soutenu par l'AID avec l'entreprise XSun. Le projet vise à étudier les potentialités des drones solaires pour les fusiliers marins et commandos marine. Crédits photo : XSun.

La DGA n'aurait pas été aussi techniquement compétente si elle n'avait eu en son sein sa fameuse direction des recherches, études et techniques (DRET), disparue en 1994 et chargée jusqu'alors de développer les technologies d'intérêt militaire en irriguant tout un tissu de sociétés, et pas seulement les grands de la BITD. Oui mais voilà, c'était le temps du Minitel, autre produit phare des puissantes administrations animées par les grands corps d'ingénieurs de l'Etat, et le temps était venu de la révolution des nouvelles technologies de l'information et des communications. De jeunes gens, qu'on allait bientôt appeler *geeks*, levaient d'énormes fonds sur une idée bien vendue. Après ce tsunami, la marée s'est retirée et les survivants sont devenus des mastodontes technologiques,

tels les GAFAM, avec des capacités d'investissement en R&D nettement supérieures aux états. Les temps avaient clairement changé, la DGA le devait aussi.

Certains pourraient penser que ce changement de paradigme concerne essentiellement le secteur numérique. Mais en fait, pas vraiment, ou pas que... Les tout premiers ordinateurs, la cryptographie, ARPANET devenu Internet, le spatial ont bien une origine militaire. Et une bonne partie des progrès de l'aéronautique, le nucléaire (pas seulement la bombe, d'ailleurs), les matériaux les plus performants, les fusées, la médecine d'urgence... tout cela, c'est bien le secteur militaire qui l'avait tiré vers le haut (en le finançant lourdement) et dont le secteur civil a été bénéficiaire. Oui, mais ça c'était avant : les dot-com ont été rattrapées par les biotechs, les startups des micro-lanceurs, des microréacteurs nucléaires, de l'exploration des eaux profondes et autres impressions 3D. Il n'existe plus beaucoup de domaines spécifiquement défense...

Face à cet écosystème bouillonnant, il aurait été criminel de ne pas s'interroger sur son potentiel à répondre, au moins partiellement

mais rapidement et à moindre coût, à certains de nos sujets de préoccupations technologiques de défense. La chose n'est pas nouvelle : ainsi, le dispositif RAPID (Régime d'Appui à l'Innovation Duale) s'attache depuis 2009 à soutenir les PME et ETI d'intérêt dual. Mais l'ambition voulue par la ministre des armées en 2017 était clairement de changer de braquet et de mieux positionner l'apport de ces innovations issues du monde civil, qui par nature n'avaient pas été pensées pour répondre aux besoins militaires. Plus qu'une évolution des processus, il fallait incarner ce nouveau souffle : ce serait l'agence de l'innovation de défense. Je ne vais pas refaire ici l'exégèse de sa création, les pionniers d'alors la conteraient nettement mieux que moi !

Deux grands changements ont rapidement été identifiés et mis en œuvre :

- Il existait plusieurs modes d'interaction avec le monde civil ou dual (on a cité RAPID, il faudrait y ajouter les ASTRID<sup>1</sup>, les ASMA ou ASTRID Maturation, les thèses, ...) : tout cela n'était pas suffisamment lisible pour les acteurs extérieurs (et surtout ceux qui ne connaissaient pas l'organisation du monde de la défense, la cible prioritaire de l'AID !). Un guichet unique fût donc créé : derrière cette in-

<sup>1</sup> : *Accompagnement Spécifique des Travaux de Recherches et d'Innovation Défense*

terface unique pour ceux qui ne nous connaissent pas, le back-office de l'AID trouve ensuite le bon dispositif pour le bon projet et assure l'aiguillage.

- La chasse et la pêche (© Mas-sis, si tu nous lis !) : dit comme cela, il faut une petite explication. A partir des manques ou irritants prioritaires remontés par les armées-directions-services, des managers de l'AID conduisent une action volontariste sur le secteur industriel concerné, ciblent des entreprises d'intérêt et les démarchent : c'est la chasse. Parallèlement à ce mode, le guichet unique permet de lancer un filet permanent, relevé périodiquement pour constater ce qui s'y trouve (de la pépite au projet ésotérique – il faudra d'ailleurs un jour consacrer un numéro aux projets farfelus...) : c'est la pêche.

Mais la finalité n'est pas de faire une belle maquette ou une innovation séduisante : l'objectif est évidemment que cette innovation se retrouve sur le terrain, déployée, utilisée et soutenue par les forces. Et c'est là souvent que le bât blesse : le passage de la vallée de la mort, entre la bonne idée et sa généralisation sur le terrain. Et c'est là qu'il faut rechercher à la fois des bonnes fées et surtout le budget. Pour le premier point, un état d'esprit généralement bienveillant de la part des forces et de la DGA permet de promouvoir les bonnes idées, surtout quand elles ont été présentées suffisamment en amont. Pour le second, des budgets spécifiques ont été sanctuarisés aux P144, P146, P178 pour amorcer puis concrétiser le passage à l'échelle d'une première capacité – 14 projets ont ainsi été passés à l'échelle en 2022.

Le défi réside aussi dans la capacité des opérations d'armement à prévoir l'intégration d'innovations tout au long de la vie du programme,

innovations non nécessairement planifiées et encore moins définies mais qu'il faudra prendre en compte au moins pour faire face à l'évolution de plus en plus rapide de certaines menaces : c'est complexe, difficile, potentiellement risqué. Le tout en négociant ces potentialités avec des maîtres d'œuvre qui ne les auront pas inventées chez eux et qui ne les connaîtront donc pas, le fameux syndrome NIH pour *Not Invented Here*. C'est bien auprès de toute la BITD qu'il faut valoriser les innovations duales les plus prometteuses : l'esprit de l'innovation doit souffler sur tous, et les invitations assez fermes pour « faire autrement » y trouvent un champ d'action naturel et puissant.

Une autre condition est d'accroître largement notre zone de chalandise hors BITD en faisant connaître notre réelle intention de prendre en considération toutes les technologies ouvertes d'intérêt défense, *urbi et orbi*, donc à Balard mais aussi dans tous les coins de l'Hexagone. Ainsi, les pôles d'innovation, animés par la direction de l'ingénierie et de l'expertise avec le concours de nombre d'entités des forces, permettent de drainer des initiatives locales d'acteurs ne connaissant parfois des armées que le centre défense voisin – qui, lui, pourra identifier le bon cas d'usage et le remonter à la Capitale.

Ce large terrain de jeux technologiques n'est pas que celui de l'AID : c'est bien tout le ministère des armées, l'industrie, les partenaires proches ou plus lointains, les acteurs institutionnels, le monde académique, les start-up, ... qui contribuent à détecter, évaluer, expérimenter, adopter, déployer, soutenir toutes ces initiatives d'innovations.

J'ai commencé en invoquant les mânes de feu la DRET, je terminerai en rappelant que cet état d'esprit n'est pas complètement nouveau. Il y a plus d'un siècle, une



Projet d'innovation ouverte PROTEUS soutenu par l'AID avec l'entreprise ARKEOCEAN, en partenariat avec l'ENSTA Bretagne et DGA Techniques Navales. Le projet vise à transformer des drones sous-marins existants en objets connectés aptes à conduire des missions d'observation et d'évaluation du milieu subaquatique à grande échelle. Crédits photo : ARKEOCEAN

direction des inventions intéressante la défense nationale fut ainsi créée au sein du ministère de l'Instruction publique en 1915, avant d'être transférée en 1916 au ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre. Une commission supérieure des inventions vérifiait l'intérêt des projets soumis (notamment la capacité à rapidement produire un effet concret sur le terrain) et les orientait vers les sections *ad hoc* : nous tenons ici l'ancêtre du notre guichet unique ! Autre clin d'œil, le premier directeur de cette nouvelle entité était un normalien, Emile Borel : ce n'est pas sans rappeler la genèse de l'AID... ☺



**Laurent Vieste,**  
IGA

Diplômé de l'ENSIETA, l'IGA Laurent Vieste a effectué l'essentiel de sa carrière dans le domaine des C4I (technique, affaires industrielles, capacitaire, programmes, responsable de pôle), avec une escapade au sein de l'armée de l'air. Il est aujourd'hui **chef du pôle « stratégie et technologies de défense » de l'AID** et s'intéresse à tout le spectre des technologies d'intérêt défense.

# L'AVENTURE DES MOTEURS

Par Thomas Flamme, IPA et Jean-Baptiste Moiroud, IA

A l'heure où le moteur CFM56 atteint le cap du milliard d'heures de vol sur Boeing 737 et autres Airbus A320, difficile de se rappeler ses débuts délicats. Pourtant, les premiers clients qui soutinrent son démarrage poussif ne furent autre que les avions ravitailleurs KC-135 de l'Armée de l'air et de l'US Air Force ! Cette dernière reste à ce jour le plus grand opérateur de CFM56.

Grand visionnaire, notre camarade René Ravaud, artisan de cette success story transatlantique, avait bien compris cette nécessaire dualité, déjà esquissée avec l'Olympus du Concorde. Transformant une société 100% militaire issue des décombres de l'après-guerre, il a amené SNECMA à devenir un motoriste international civil de premier plan grâce à un partenariat 50/50 inédit, simple mais puissant, avec l'américain General Electric.

SNECMA, maintenant Safran Aircraft Engines, était toutefois condamnée à l'exploit : pour survivre et rester compétitif sur un marché avec très peu d'acteurs, un motoriste n'a en effet pas d'autre choix que de faire vivre la rétroaction entre le monde militaire et le monde civil.

## Du militaire au civil...

### Des racines historiques

La synergie entre ces deux domaines est au cœur du développement technologique des turboréacteurs : les tous premiers avions à réaction civils le furent uniquement grâce au développement de leur pendant militaire. Le Boeing 707 a par exemple largement bénéficié du réacteur Pratt & Whitney J57 : développé pour le bombardier B-52, il a aussi équipé un grand nombre de chasseurs, bombardiers et autres avions de ligne.

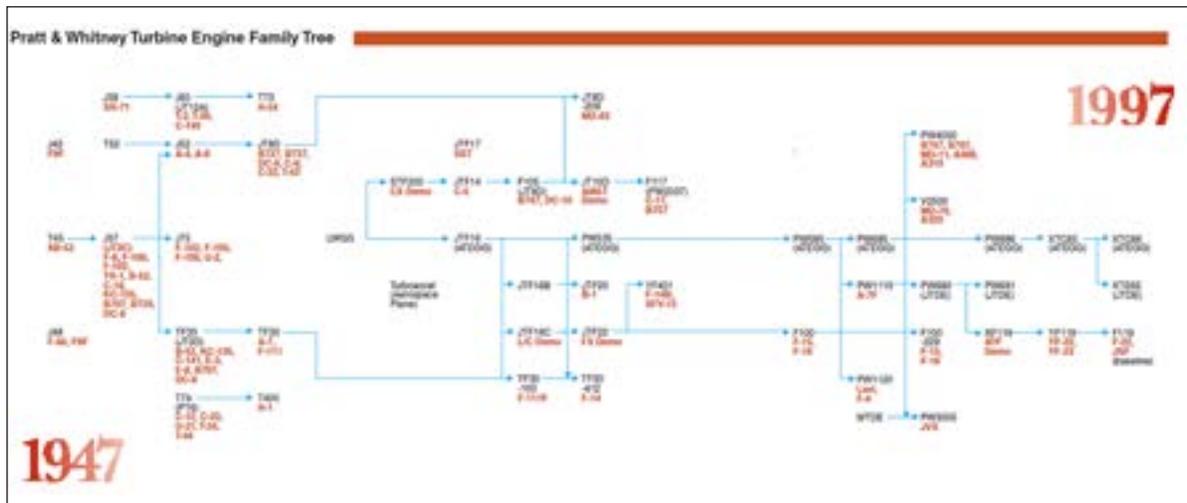
Ce volume d'applications permet d'assurer une masse critique, et d'initier une famille de produit, déclinée selon les besoins propres des différents porteurs. Tous peuvent ensuite profiter d'améliorations incrémentales, réduisant notamment la maintenance ou la consommation de carburant.

La complexité des turboréacteurs est en effet telle qu'il n'est pas envisageable d'innover à partir d'une page blanche. Les turboréacteurs modernes sont ainsi majoritairement

le fruit de la lente métamorphose des premières machines des années 50. Par exemple, Boeing 747 et F-35 sont tous deux propulsés par des descendants quasi-directs du J57 !

## Une aventure industrielle sur le temps long

En particulier, les parties chaudes du moteur, fonctionnant dans des conditions de température et de contraintes mécaniques infernales, nécessitent des technologies clés pour être performantes. Pour ces dernières, le ticket d'entrée est si



Arbre généalogique des produits militaires et civils de Pratt & Whitney

### René Ravaud, un grand industriel de l'aéronautique

Ingénieur général, X40, René Ravaud aura dirigé la Snecma de 1971 à 1982. C'est sous sa direction que cette dernière se sera lancée dans l'aventure de l'aéronautique civile avec l'accord conclu avec General Electric. En dix ans, il aura transformé une société qui se pensait arsenal d'Etat en un compétiteur international qui réalise plus de la moitié de son chiffre d'affaires à l'exportation. Il aura en même temps préservé la capacité nationale à concevoir ses propres réacteurs militaires, en particulier le M53 du Mirage 2000.

Référence : Torres, F. (2020) *Réné Ravaud, une vie pour l'industrie*, First Editions

considérable qu'il ne peut qu'être financé par des Etats dans le cadre de besoins militaires. Et quand bien même ce financement serait acquis, reste à mener à bien l'investissement industriel mais surtout humain, pour lequel seul le temps est l'étalon du succès. Métallurgie des poudres, superalliages, fonderie monocristalline : ces techniques très spécialisées nécessitent un savoir-faire bâti sur la durée, et souvent dans la douleur d'interminables essais et erreurs.

Pour ces raisons, seule une poignée de nations dans le monde sont capables de produire des aubes de turbines monocristallines pour les turboréacteurs modernes. La Chine, malgré sa force de frappe gigantesque et plusieurs décennies d'effort, n'a toujours pas pleinement abouti à un moteur militaire souverain et performant. C'est pour cela qu'Airbus et Safran ont racheté très récemment Aubert et Duval afin de pérenniser leurs compétences industrielles stratégiques.

Une fois levé ce verrou des parties chaudes, c'est alors l'occasion d'en dériver tous azimuts des applications civiles. Compétitives, d'une part, car issues d'un besoin de performance militaire, et à un coût raisonnable, d'autre part, car les outils industriels les plus spécialisés auront déjà été mis en place. Ainsi, le CFM56 a été développé à partir du F404 de General Electric, et

ce choix d'architecture se retrouve dans le partenariat General Electric - Safran, où l'américain est chargé des parties chaudes, et Safran, des parties froides.

Cette démarche de réutilisation d'un corps haute pression a traversé les époques, et c'est encore un passage incontournable pour la robustesse d'une gamme de moteur : pour Safran Aircraft Engines, le SAM146 et le TP400 sont notamment dérivés des parties chaudes du moteur du Rafale, le M88.

### ... et du civil au militaire

#### Des acteurs duaux

Si dans les débuts des turboréacteurs, le chiffre d'affaires était quasiment 100% militaire, depuis une quarantaine d'années, le marché civil est la force motrice du secteur aéronautique.

Aussi, la culture civile rejaillit et transforme même la perception de

l'aéronautique militaire : la sécurité ou navigabilité, la disponibilité et le coût de possession deviennent des sujets d'intérêt pour la presse et le politique. Dans un monde où le coût unitaire augmente, on ne peut plus faire appel à des flottes pléthoriques pour masquer le manque de fiabilité. Le soutien devient un sujet central qui est désormais mieux anticipé dans les programmes d'armement.

### Mais aussi des produits civils duaux ou faiblement militarisés

Pour limiter les coûts de développement, il est intéressant de réutiliser des plateformes civiles afin de se concentrer sur les systèmes à bord purement militaires. Aussi, mis à part pour les avions de chasse, la plupart des moteurs sont achetés sur étagère.

S'agissant des hélicoptères, la quasi-totalité de la flotte française est motorisée par Safran Helicopter Engines (ex-Turbomeca). Les spécificités militaires sont faibles et les adaptations afférentes sont portées au niveau de l'hélicoptère : des filtres limitent l'ingestion de sable pour les opérations en Afrique et les gaz chauds sont déviés et dilués pour se protéger des missiles ennemis.

Ces deux dualités limitent les coûts et facilitent l'adoption de standards communs.



L'US Air Force : premier et plus gros client du moteur civil CFM56 pour les ravitailleurs KC135



Un H160 civil pour le marché pétrolier en mer

### Les enjeux de la dualité

Numérique et propriété de la donnée  
Le numérique est introduit au cœur de ces produits, non pas par technologisme excessif mais pour mieux comprendre le comportement en utilisation et prédire les dégradations futures. Cet usage de la donnée a pour but de réduire les coûts de maintenance et donc de possession.

Se pose alors la question de la propriété de ces données : le ministère des armées est un très gros exploitant, et il est normal qu'une partie des économies réalisées lui revienne. Il s'agit donc d'un véritable

enjeu politique et de souveraineté : cette valeur ajoutée doit être partagée entre le concepteur privé et l'exploitant public, sur nos flottes et à l'export. La DMAé poursuit cette ambition avec le développement d'un système d'information multi-flottes dénommé Brasidas.

### Navigabilité

Pour permettre cette dualité d'acteurs et de produits, les environnements réglementaires d'exploitation se doivent d'être les plus similaires possibles.

Dans le domaine civil, la création de l'EASA au début des années 2000

a permis d'unifier les certifications civiles dans tous les domaines : de la formation en aéroclub à la définition de l'A380.

L'exploitation étatique n'est pas couverte par la convention de Chicago de 1944 et des réglementations nationales doivent les prendre en compte. Dans le même élan politique que l'agence unique pour le civil, un standard militaire européen a été développé par l'Agence Européenne de Défense : les European Military Airworthiness Requirements ou EMAR. Ce standard dérivé du civil harmonise les exigences et favorise les coopérations ! L'Australie non partie prenante l'a même repris pour son usage !

Il n'y a toutefois pas d'agence commune, chaque Etat reste maître de la navigabilité de ses aéronefs.

Culture du soutien et du service : adossement aux programmes civils  
Les moteurs sont un équipement essentiel des programmes militaires où peu d'acteurs sont présents. Il fait partie du porteur par opposition au système de mission (ordinateurs, capteurs) qui est souvent peu mis à niveau au cours de la longue vie d'un programme. Ce



Un H160M Guépard pour les frégaes de la Marine Nationale



Le légendaire B52 sera remotorisé avec des moteurs de business jets !

marché est donc stratégique et captif pour le client étatique : il est donc intéressant de réutiliser l'existant civil pour ne pas être le seul client d'un marché et donc faire baisser les coûts par le jeu de la concurrence.

Dans ces cas-là, l'Etat achète également le plus souvent le service associé pour bénéficier de l'effet de masse du marché. Il y a deux niveaux possibles qui sont deux niveaux de dépendance acceptée :

- l'achat sur étagère : c'est le cas des moteurs d'hélicoptères intégrés sur des porteurs militarisés.
- location de flottes civiles : l'Etat achète des heures de vol et ne s'occupe plus de la mise en œuvre. Ce schéma est utilisé pour le secours en mer avec des équipages marins.

Cette synergie de marchés permet des coûts acceptables pour le contribuable mais elle nécessite un changement de mentalités car elle bouscule les habitudes. En effet, l'Etat n'est pas propriétaire de la définition dans le premier cas et même du matériel dans le deuxième !

### Conclusion :

Pour le B-52, qui grâce au J57 a largement initié l'ère du jet, la boucle est aujourd'hui bouclée. Qui à l'époque aurait pu prédire qu'il serait un jour remotorisé par un moteur civil Rolls Royce utilisé sur avion d'affaire ?

A l'heure où le civil et le militaire se nourrissent plus que jamais l'un de l'autre, et que le monde s'interroge sur un nécessaire retour à une économie de production de masse des systèmes d'arme, la véritable résilience n'est-elle pas à trouver dans un adossement au civil et une généralisation des achats sur étagère ?

La militarisation rapide de drones civils en Ukraine a démontré l'agilité nécessaire dans un conflit. Elle pose aussi la question de la valeur : si le système civil remplit 90% du besoin, est-il pertinent de se lancer dans un développement spécifique ?

Une politique industrielle de l'armement se doit d'y répondre : développer les technologies clés pour les besoins souverains pour les chasseurs et se libérer de la marge financière en s'adossant au civil quand c'est possible. Celle-ci

permet d'accroître la robustesse de notre défense (mutualisation des stocks civils) et fait émerger des champions technologiques comme Safran à l'international. ☺



**Thomas Flamme,**  
IPA  
Architecte  
plateforme  
Guépard, DGA

Il est en charge, au profit du programme Hélicoptère Interarmées léger (HIL), du développement de la plateforme du futur hélicoptère Guépard, dérivé du H160B civil d'Airbus Helicopters. Il a précédemment occupé plusieurs fonctions dans le domaine de la propulsion aéronautique, au sein de la R&D d'aubes de turbine de Safran, et à la DGA, notamment sur le M88, le moteur du Rafale.



**Jean-Baptiste Moiroud,** IA  
Architecte moteurs  
hélicoptères et  
Mirage 2000, DGA

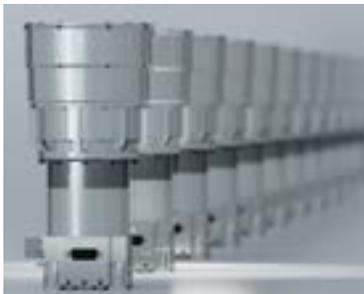
Il a suivi un Mastère Spécialisé en Management de Projets. Pilote des corps techniques, il commence sa carrière chez Safran Aircraft Engines sur le développement de réacteurs de 2030 puis rejoint la DGA comme architecte moteurs sur les programmes Tigre, Guépard et Mirage 2000. Il est depuis 2020 trésorier de la CAIA.

# SODERN, DES ÉTOILES\* POUR TOUS

## OU COMMENT LA DISSUASION BÉNÉFICIE DU MARCHÉ COMMERCIAL SUR UN ÉQUIPEMENT CRITIQUE...

Par Franck Poirrier, IGA et Vincent Dedieu, ICA

Les viseurs d'étoiles sont des caméras qui permettent à leurs porteurs de s'orienter dans l'Espace en reconnaissant les étoiles dans la voute céleste. Sodern est le leader mondial pour cette technologie très répandue dans le domaine spatial mais également utilisée sur le M51.



Le viseur d'étoiles Hydra sur étagère, produit par Sodern

### Historique : la dualité, du civil au militaire

Si l'Homme utilise les étoiles pour s'orienter depuis des millénaires, les premières applications modernes datent des années 1980, avec un système de pointage pour des instruments scientifiques installés par l'Agence spatiale européenne sur la navette spatiale américaine. Après plusieurs améliorations, Sodern développe dans les années 90 les premiers équipements pour l'ATV, le vaisseau cargo européen, et pour des missions d'observation de la Terre. Imaginés d'abord pour les besoins scientifiques, les viseurs d'étoiles sont assez vite classés comme biens double usage en raison de la performance qu'ils offrent pour géolocaliser les images des satellites d'observation. Au milieu des années 2000, Sodern lance le développement du premier viseur commercial, le SED26. C'est ce viseur qui servira de base au développement d'un viseur dédié au missile M51, permettant de tenir

des délais de développements et de livraison courts malgré certaines adaptations liées aux contraintes spécifiques d'emploi (environnement mécanique, conditions de stockage, durcissement...).

La dualité des viseurs d'étoiles, c'est donc d'abord la militarisation d'une technologie civile. Le nouveau viseur du M51.3 reprend d'ailleurs également plusieurs éléments clés des viseurs commerciaux Hydra développé dans les années 2010, comme le détecteur, l'objectif, et une grande partie du logiciel.

### Les bénéfices de la dualité

La dualité, qui constitue l'ADN historique de Sodern, est un modèle vertueux. Les contrats militaires permettent d'avoir une visibilité de long terme sur nos flux de dé-

veloppement de compétences, grâce en particulier à la planification des investissements de défense. Ces contrats de Défense nous poussent aussi à préparer des innovations technologiques majeures, à sécuriser nos approvisionnements et à concevoir des produits très fiables. Ce sont des éléments clés pour rassurer nos clients commerciaux à l'exportation dans le monde entier.

A l'inverse, les succès commerciaux de Sodern sur les viseurs d'étoiles spatiaux avec les produits Hydra et Auriga bénéficient également au Ministère des Armées. D'abord, parce que les marges réalisées par Sodern sur ces marchés sont largement réinvesties dans l'autofinancement de nouveaux produits ou de moyens industriels, ce qui contribue

Le viseur diurne présenté cette année au salon SIAE Paris-Le Bourget constitue une rupture technologique et capacitaire. C'est une nouvelle déclinaison de la dualité des viseurs d'étoiles, avec un nouveau champ d'application dual pour cette évolution de technologie tirée aujourd'hui par la Défense. Ce viseur, capable de voir les étoiles de jour comme de nuit, s'adapte parfaitement aux difficultés des militaires déployés en théâtre d'opération, souvent confrontés aux brouillages des systèmes GPS, ainsi qu'aux besoins de tous types de porteurs. Le viseur diurne contourne ces aléas et propose une technologie fiable et inattaquable, au service de la souveraineté nationale. A terme, cette technologie permettra non seulement d'adresser des marchés export et de futurs débouchés civils. Afin d'accélérer ces perspectives et d'accompagner les efforts du Ministère des Armées, Sodern a autofinancé le développement d'un démonstrateur qui sera présenté lors du Bourget.

(\* NDLR : en algèbre linéaire, l'étoile signifie l'espace dual, avis aux mathématiciens

à limiter la dépendance aux financements de Défense. Ces succès sont aussi une assurance pour l'Etat que Sodern est une entreprise compétitive au meilleur niveau mondial. En effet, si le marché de la défense requiert des compétences très poussées, il évolue moins rapidement que le marché civil qui permet à Sodern de capter l'innovation et de proposer des ruptures technologiques majeures. Enfin, les viseurs du M51 ont traditionnellement réutilisé des composants ou des sous-ensembles de ces viseurs civils, permettant ainsi de dérisquer ces développements.

### Un modèle qui n'est ni spontané, ni magique...

Les marchés civils ne permettent pas aux entreprises duales de se passer totalement du financement du ministère des Armées. Premièrement, les spécificités liées aux produits à usage militaire doivent être prises en compte : les viseurs du M51 doivent par exemple tenir des environnements très différents de ceux d'un viseur spatial, qu'il s'agisse du stockage, des chocs, des vibrations ou des rayonnements, conduisant à des solutions différentes : cavités étanches, suspensions mécaniques, etc. Un financement régulier est indispensable pour développer ou entretenir ces compétences spécifiques ; la logique d'incrément mise en place sur le M51 et les projets de



Le viseur d'étoiles Auriga, produit par Sodern

En 2020, Sodern a été sélectionnée par la NASA et l'ESA dans le cadre de la mission Mars Simple Return, grâce notamment aux efforts significatifs consentis par la France pour financer ce programme lors de la conférence ministérielle de l'ESA en 2019. Sodern développe actuellement une caméra de très haute performance qui permettra de détecter une capsule d'échantillons en orbite autour de Mars, à 3000km de distance. Ce projet permettra, avec d'autres initiatives financées dans le cadre de France 2030, de développer une nouvelle activité duale autour de caméras de détection d'intrus qui intéressera, à n'en pas douter, le Ministère des Armées...

technologies de défense sont de ce point de vue des leviers précieux. La dualité n'est pas une recette magique, elle doit être soutenue et accompagnée.

L'activité duale de Sodern sur les viseurs d'étoiles est la preuve que les innovations du *New Space* peuvent être déclinés au monde militaire. Elles participent pleinement au maintien d'une industrie de défense compétitive et souveraine, conformément aux objectifs fixés par la Loi de Programmation Militaire 2024-2030. Pour cela, le ministère des Armées peut apporter son savoir-faire en matière de politique industrielle pour accompagner les travaux menés par le Centre National d'Etudes Spatiales pour faire émerger des acteurs capables de percer au niveau international. Le CNES occupe un rôle incontournable d'accompagnement de ces acteurs industriels innovants à travers le financement, la formation et la promotion des entrepreneurs du spatial. A l'image des pépites civiles que l'Agence d'Innovation de Défense de la DGA identifie comme ayant un potentiel usage militaire, le CNES est une institution essentielle pour l'émergence des futurs acteurs innovants dans la dualité.

Si le ministère des Armées et le CNES ont un rôle très important à jouer pour entretenir cette dualité, c'est *in fine*, les choix stratégiques des dirigeants d'entreprises qui permettent de donner du corps à

ce modèle plus exigeant à mettre en œuvre. Le succès du modèle dual de Sodern doit beaucoup au détachement historique d'ingénieurs généraux et d'ingénieurs en chef de l'armement à des postes clé de direction. Par nos parcours au sein de la Direction Générale de l'Armement, nous sommes en effet sensibles aux enjeux financiers du Ministère des armées et contribuons depuis l'industrie à l'effort de Défense. ☺



**Franck Poirrier,**  
IGA et Vincent  
Dedieu, ICA,  
Sodern.

Après 10 ans à la DGA, Vincent Dedieu participe comme rapporteur pour la mission Fioraso visant à renforcer la compétitivité du secteur spatial français (2016). Il rejoint alors Sodern, une ETI réputée pour ses viseurs d'étoiles et ses sources de neutrons. A partir du 1<sup>er</sup> juillet 2023, il succédera à Franck Poirrier, PDG de Sodern depuis 2004.



**Vincent Dedieu,**  
ICA, Sodern.

Après 10 ans à la DGA, Vincent Dedieu participe comme rapporteur pour la mission Fioraso visant à renforcer la compétitivité du secteur spatial français (2016). Il rejoint alors Sodern, une ETI réputée pour ses viseurs d'étoiles et ses sources de neutrons. A partir du 1<sup>er</sup> juillet 2023, il succédera à Franck Poirrier, PDG de Sodern depuis 2004.

# L'HYBRIDATION DES RÉSEAUX DE THÉÂTRES

## UN EXEMPLE DE DUALITÉ OPÉRATIONNELLE

Par Pierre Benard, ICA et Olivier Ondet, Thales

La constellation Starlink et les opérateurs mobiles commerciaux ont apporté une contribution déterminante aux forces armées ukrainiennes, avant de trouver leurs limites à l'automne 2022. Ce retour d'expérience confirme le besoin de concevoir des « réseaux » de théâtre nativement hybrides, à partir d'un socle réseau maîtrisé, sécurisé et résilient, capable d'agréger dynamiquement et simplement des ressources commerciales.

De nombreuses informations en source ouverte nous parviennent du théâtre ukrainien. Elles viennent nourrir, souvent confirmer et parfois infirmer nos convictions d'industriel spécialiste des communications critiques. Avec plus d'un an de recul, quels enseignements peut-on en tirer pour les systèmes de communication critiques des armées engagées dans un conflit de haute intensité ?

### Utilisation de réseaux commerciaux sur le front ukrainien

Regardons les faits. Pendant les six premiers mois du conflit, les forces ukrainiennes se sont félicitées d'avoir utilisé la constellation Starlink au profit d'opérations militaires : contribution au guidage de l'artillerie par les dronistes amateurs Aerodvzdka pendant la bataille de Kiev en mars, utilisation par des forces spéciales mobiles et infiltrées dans la profondeur pendant la bataille de Kharkiv en septembre, attaque du port de Sébastopol par un drone naval en octobre, etc.. : Starlink a incontestablement joué un rôle majeur.

Mais depuis octobre 2022, cette communication se fait beaucoup plus discrète. Starlink ne fonctionnerait plus en zone occupée. Ces dysfonctionnements seraient à l'origine d'opérations ukrainiennes avortées. Plusieurs explications circulent. D'une part, si le nombre

de satellites d'une constellation la met hors de portée d'une attaque cinétique, ceux-ci restent fragiles à d'autres agressions, comme l'a montré la perte de 40 satellites Starlink par une tempête solaire en février 2022. Or en orbite basse, ces satellites sont des cibles faciles pour des attaques similaires depuis le sol. D'autre part, il est difficile d'empêcher son utilisation par l'ennemi. Par exemple, le 13 février 2023, un drone naval russe a attaqué le pont ukrainien de Zatoka, copiant le mode opératoire utilisé à Sébastopol. Or deux jours plus tard, Starlink annonçait avoir désactivé la fonction mobilité et affirme ne plus vouloir supporter d'opérations militaires.

Il en va de même de la connectivité 4/5G fournie par les opérateurs mobiles ukrainiens : pendant la bataille de Kiev en mars 2022, les forces des deux camps ont massivement utilisé les infrastructures encore en place, sans doute faute de dotations suffisantes en postes radio sécurisés. Nul doute que la constitution rapide de boucles whatsapp a contribué à l'agilité des troupes engagées... puis ce dispositif a également rapidement montré ses limites, avec l'interception de nombreuses communications, la « neutralisation » de généraux russes dont la présence sur le front avait été dévoilée, ou même le bombardement en décembre d'un

rassemblement de troupes russes détectées par le bornage simultané de plusieurs centaines de mobiles sur le réseau public.

Ces quelques faits permettent de tirer deux enseignements :

1) Sur les théâtres où ils sont disponibles, les réseaux commerciaux sont précieux : ils apportent un confort d'utilisation indéniable pour écouler des flux d'informations indispensables aux opérations, à un coût au Mbyte imbattable, et peuvent donc combler quelques lacunes capacitaires...

2) ... mais ils restent vulnérables et sources de vulnérabilité, contrairement aux réseaux militaires résilients conçus pour gérer un certain nombre de risques de transmissions.

### Hybridation dynamique

L'idée est alors simple : permettre aux transmetteurs d'adapter rapidement et simplement leur socle militaire de communications sécurisées en tirant profit des réseaux commerciaux disponibles sur place, au bénéfice des opérations et selon le niveau de risque assumé par le commandement : c'est ce qu'on appelle **l'hybridation des réseaux**.

Le concept d'hybridation n'est pas en soi nouveau. Les opérations extérieures stabilisées utilisent massivement des ressources com-



« ASTRIDE, au cœur de la mise en réseau »

merciales, en particulier pour des applications de type « welfare ». Toutefois, en haute intensité, il faut pouvoir exécuter cette véritable manœuvre des réseaux dans le tempo de la mission : en quelques minutes et non plus avec plusieurs semaines ou mois de préavis.

### Socle résilient, orchestrateur de la mise en réseau

Le socle doit donc être conçu pour permettre cette hybridation rapide et adaptative. On parle ici de supervision et modification dynamique des tables de routage et éléments de sécurité. Cela permet la mise en réseau effective des unités, pour leur permettre d'échanger entre elles le trafic nécessaire aux opérations.

Il s'appuie sur des solutions nativement conçues pour être rapidement déployables et sécurisées : faisceaux hertziens point à point, stations satcom utilisant des satellites souverains (Syracuse par

exemple), VHF, UHF, HF, ... avec une contrepartie au niveau de protection attendu : le débit. En effet, plus la qualité du canal de transmission se dégrade sous les effets du brouillage ennemi, ou même plus simplement du manque de coordination inhérent à un déploiement rapide et en mobilité constante, plus le débit écoulé diminue. C'est d'ailleurs pour pallier cette menace que les « formes d'onde » militaires sont conçues pour continuer à fonctionner avec des niveaux de bruits dépassant de plusieurs ordres de grandeur le niveau du signal, contrairement aux systèmes commerciaux optimisés d'abord pour la performance économique.

Une fois déployés, les réseaux agissent comme un véritable multiplicateur au bénéfice de la manœuvre : en assurant la priorité aux flux de commandement, l'itinérance de données entre réseaux alliés dans un déploiement en coalition ou encore le fonctionnement

optimal du cloud de défense pour assurer un déploiement rapide et maîtrisé des applications.

### Reconfiguration rapide

On ajoutera un dernier élément : les infrastructures de communication sont parmi les premières cibles visées en haute intensité. Sur le théâtre Ukrainien on note en source ouverte au moins 10 destructions de postes de commandement en un an. Il est donc clé d'intégrer ces équipements dans des plateformes adaptées (véhicules, shelters, colis) et de minimiser au maximum les opérations de câblage/recâblage pour pouvoir monter et disloquer rapidement le dispositif, en utilisant notamment les technologies de bulle privée 4/5G, le LiFi, des mâts télescopiques motorisés.

C'est notamment l'enjeu du programme ASTRIDE (Accès par Satellite et par TRansmission hertzienne au réseau de zone et de l'Intranet DE l'espace de bataille), qui assure aux armées françaises la capacité à commander une opération projetée en toute autonomie, aussi bien que d'assumer un rôle de nation cadre dans une coalition. ☞



**Pierre Bénard,**  
ICA, VP Commerce  
France de  
Thales Systèmes  
d'Information et  
Communications  
Sécurisés

Après des débuts chez DCN, Pierre a dirigé plusieurs établissements chez SNPE et Thales qu'il a intégré en 2006.



**Olivier Ondet,**  
ICM, VP Stratégie  
Réseaux & Cloud

Olivier a occupé chez l'opérateur Orange divers postes en R&D, régulation économique et service aux entreprises avant de rejoindre Thales en 2020.

# L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE – DUALE DÈS L'ORIGINE

Par Alain Tournyol du Clos, JGA

Il existe deux manières de récupérer une partie de l'énergie contenue dans les noyaux des atomes : fissionner les noyaux lourds ou fusionner les noyaux légers. La fusion, même si d'importants travaux sont en cours pour l'appliquer à la production d'énergie électrique, n'est aujourd'hui utilisée que dans des applications militaires. En revanche la fission a été dès l'origine développée de façon duale.

## La dualité : un atout ou un inconvénient ?

En 1939, Frédéric Joliot – prix Nobel de chimie avec son épouse Irène Joliot-Curie – et son équipe déposent cinq demandes de brevets : le premier, intitulé « dispositif de production d'énergie » couvre pratiquement le principe de tous les types possibles de réacteurs nucléaires. Le troisième, « perfectionnement aux charges explosives », décrit le principe d'une bombe atomique.

Cette double histoire – le réacteur et la bombe – va se poursuivre en parallèle.

La première « pile atomique », c'est-à-dire l'ancêtre des réacteurs nucléaires, fut construite en 1942 dans une salle de squash abandonnée, sous les gradins du stade de football américain de l'université de Chicago.

Trois ans après, la première explosion nucléaire eut lieu le 16 juillet 1945 à Alamogordo au Nouveau-Mexique, dans le cadre du projet Manhattan.

A l'issue de la deuxième guerre mondiale la conjoncture va toutefois conduire à deux vitesses d'évolutions distinctes.

Dans le contexte de la guerre froide, l'arme nucléaire se développe rapidement ; en revanche l'abondance et la facilité d'utilisation du pétrole



Au premier rang de gauche à droite : Jean-Louis Andrieu et Jacques Chevalier, lors de l'arrêt définitif du PAT

vont ralentir le développement des applications civiles de l'énergie nucléaire ; les premiers réacteurs seront conçus dans le but de produire du plutonium à des fins militaires, la fourniture d'électricité n'étant qu'une mission secondaire.

Il fallut la vision pénétrante et la ténacité d'un capitaine de vaisseau de l'US Navy, Hyman George Rickover, pour que la firme Westinghouse développe un réacteur à eau pressurisée destiné à la propulsion d'un sous-marin. Le prototype baptisé S1W divergea à Arco dans l'Idaho en 1953 et le premier sous-marin, l'USS Nautilus, prit la mer en 1955.

Il faut noter que deux filières avaient été étudiées en parallèle : celle des réacteurs rapides refroidis par du sodium liquide et celle des réacteurs à eau pressurisée ; les américains, ayant développé une technologie d'enrichissement de l'uranium pour

les besoins des armes, avaient ainsi le choix entre davantage de filières que les pays, comme la France, qui ne disposaient pas encore de cette technologie.

Même si la filière « rapide-sodium » fut essayée sur le deuxième sous-marin nucléaire américain, le Seawolf, la filière à eau pressurisée s'imposa rapidement comme la mieux adaptée à la propulsion nucléaire.

En 1953, le président américain Eisenhower prononça à l'ONU un discours, resté célèbre sous le nom « *Atoms for Peace* », qui ouvrit la voie à la « civilisation » de la filière des réacteurs à eau pressurisée ; la société Westinghouse développa à partir des réacteurs de sous-marins une centrale à terre d'une puissance de 70 MWe sur le site de Shippingport en Pennsylvanie, centrale dont les américains firent la promotion au congrès de Genève en 1958.

### Une équipe bicéphale

La propulsion nucléaire en France doit beaucoup à deux pionniers : L'ingénieur du génie maritime Jacques Chevalier et le capitaine de vaisseau Jean-Louis Andrieu.

Ces deux officiers, aux parcours très différents, se rencontrèrent à Saclay en juillet 59 et formèrent une équipe très performante qui releva le défi de la réalisation du PAT en un temps remarquablement court.



Le projet Nuward, Small Nuclear Réacteur Français

La centrale de Shippingport fut fin 1957 le premier réacteur à produire de l'électricité sur un réseau national et peut donc être considérée comme l'ancêtre de la plupart des réacteurs électrogènes en service aujourd'hui.

En France le premier réacteur à eau pressurisée à fonctionner fut également le prototype des réacteurs de sous-marins.

Décidé en 1959, à une époque où nous ignorions tout et de la filière à eau pressurisée et de l'enrichissement de l'uranium, à une époque où les responsables américains imprégnés de Maccarthysme et jugeant la France trop proche de l'URSS refusaient toute coopération, le PAT (prototype à terre) divergea à Cadarache en 1964, cinq ans seulement après la décision de le réaliser, trois ans avant la centrale de Chooz, premier réacteur civil à eau pressurisée français !

Toutefois les responsables du CEA ne réussirent pas à persuader les pouvoirs publics de l'intérêt de développer à partir du PAT une gamme de réacteurs de puissance à usage électrogène – le projet mille-PAT – et la France acquit la licence Westinghouse pour lancer son programme civil.

Néanmoins, dans les premiers temps, l'expertise française en matière de réalisation de ce type de réacteur était concentrée dans l'Etablissement des Constructions et Armes Navales (ECAN) d'Indret et en particulier le laboratoire d'étude des matériaux de cet établissement fut fréquemment mis à contribution lorsque des difficultés étaient rencontrées sur les réacteurs Westinghouse.

Très vite toutefois le rapport de force s'inversa et ce fut la propulsion nucléaire qui bénéficia du retour d'expérience des réacteurs civils.

En effet alors qu'aux Etats-Unis l'US Navy est, et de loin, le premier exploitant nucléaire avec plus de 80 réacteurs en service, en France la Marine nationale n'exploite que 12 réacteurs nucléaires quand EDF en a 56.

La doctrine française a donc été, ces dernières années, d'utiliser chaque fois que possible les mêmes technologies que celles des réacteurs civils afin de pouvoir bénéficier d'investissements communs. C'est ainsi que le combustible des sous-marins nucléaires français utilise de l'uranium enrichi de qualité civile – c'est-à-dire enrichi à moins de 20 %.

### Le futur

On assiste aujourd'hui à un retour du balancier : alors que pendant un demi-siècle les concepteurs de réacteurs se sont efforcés, pour des raisons économiques, d'augmenter la puissance électrique fournie par ceux-ci, depuis quelques années les petits réacteurs – appelés SMR pour « *Small Modular Reactor* » - deviennent à la mode, soit pour rempla-

cer les centrales à charbon, soit pour compléter les réseaux existants.

Tout naturellement les pays qui maîtrisent la propulsion nucléaire, et ont donc l'expérience de la conception des petits réacteurs, occupent les premières places dans ces développements.

La Russie a ainsi mis en service une barge équipée de deux réacteurs identiques à ceux qu'utilisent ses brise-glaces à propulsion nucléaire, la Chine, l'Angleterre et les Etats-Unis développent leurs propres projets.

En France, les acteurs majeurs de la propulsion nucléaire – le CEA, Technicatome et Naval Group – se sont associés à EDF pour promouvoir le projet Nuward basé sur des réacteurs de 170 MWe dont le design n'est pas sans rappeler les réacteurs du Charles de Gaulle.

La réponse à la question posée en tête de cet article est donc ambivalente : si le caractère dual de l'énergie nucléaire a été largement (et abusivement) utilisé par les organisations anti-nucléaires pour susciter la peur vis-à-vis de ce type d'énergie, on peut affirmer qu'au niveau des réacteurs la dualité entre les réacteurs de propulsion navale et les réacteurs électrogènes a profité et continue de profiter au développement de ces deux types d'application. ☺



Alain Tournyol du Clos, JGA

Alain Tournyol du Clos est sorti de polytechnique dans le corps du génie maritime, il s'est spécialisé dans le domaine de la propulsion nucléaire.

Il a dirigé la direction des réacteurs nucléaires au CEA, participé à la mise en place du partenariat mondial d'assainissement des anciennes bases de sous-marins nucléaires soviétiques et a été conseiller pour les affaires nucléaires près l'ambassade de France en Chine.

# AÉRONAUTIQUE : LE NUMÉRIQUE APORTE LA FLEXIBILITÉ

Par Jean-Marie Desmartis, ICA

L'aéronautique civile et militaire sont intimement liées. Des fondamentaux, les équations de Navier-Stokes ne différencient pas la couleur de la peinture, au produit final, un Phénix (A330 MRTT) est avant tout un A330 auquel on a apporté des modifications, les synergies sont nombreuses. En ayant bien en tête que synergies ne veut pas dire uniformité ; ce qui est parfaitement vrai dans le domaine du numérique.



Le numérique est omniprésent lors de la conception

## Design

Qui ne s'est pas régalé les yeux avec un 3-vues de Concorde fait à la planche à dessin ? Aujourd'hui même, l'un de mes principaux outils de travail est un poster représentant un éclaté d'A320 permettant de distinguer les principaux composants ainsi que leurs lieux de fabrication ou de sous-traitance. Et la quasi-totalité de nos machines sont à commande numérique. Il y a donc bien, quelque part, assez en amont de cette chaîne de valeur, un passage au numérique. L'un de nos enjeux principaux de transformation est de devenir « *digital native* », y compris sur un avion comme l'A320 développé il y a plus de 40 ans. Dans notre jargon Airbusien, nous parlons de DDMS – *digital design, manufacturing & services* – qui montre bien cette continuité entre la conception, la fabrication et l'exploitation en service de nos avions ainsi que l'impérieuse nécessité d'avoir la continuité numérique associée.

Le dernier né de la famille, l'A321XLR, actuellement dans la phase d'essais en vol, en est l'illustration parfaite. Il a permis de numériser l'ensemble de la famille A320, d'optimiser la conception et d'en simplifier l'industrialisation.

## Manufacturing

Le remplacement des anciens avions par ceux ayant une empreinte carbone beaucoup plus faible porte actuellement le marché aéronautique. Elle se traduit également dans nos procédés industriels, où nous cherchons la durabilité maximale. L'un des moyens évident est l'optimisation de l'usage des matières premières pour la production des pièces élémentaires. La fabrication additive y répond parfaitement. Cela a également souvent un effet induit d'optimisation de la masse et donc un gain de performance énergétique pour l'avion.

Pour illustrer avec la partie émergée de l'iceberg, lorsque Airbus annonce la création de nouvelles FALS (*Final Assembly Lines*, l'endroit où le grand jeu de Léo se réalise avec notamment l'assemblage du fuselage complet et l'installation de la cabine), il ne s'agit pas de recopier nos usines anciennes mais bien de créer de nouvelles usines optimisées avec ces nouvelles technologies.

Par exemple, pour améliorer les conditions de travail, et éviter moult déplacements et risques d'erreurs, les pièces et outils sont apportés automatiquement par des AGV (automated guided vehicles). Cela permet également de vérifier à chaque fin de période de travail qu'aucun d'entre eux n'est oublié au sein de l'aéronef, et donc d'augmenter la sécurité.

## Jumeaux numériques

Les dernières FALS (Alabama, Chine, et deux modernisées à Toulouse) appliquent pleinement cette démarche. Elle est également nécessaire avec une production annuelle d'environ 550 avions de la famille A320, dont seulement une dizaine seront identiques à un avion déjà produit ! Cette diversité de production, véritable enjeu industriel, est liée à la fois à la volonté d'offrir à nos clients un avion parfaitement adapté à leurs besoins, donc personnalisé, et à une évolution permanente de l'aéronef, par exemple pour optimiser son empreinte environnementale. Le concept de maquette numérique, et son extension de jumeau numérique



Design numérique et application industrielle - département DDMS

mis en valeur par les programmes militaires, prend alors tout son sens dans l'industrie aéronautique civile. Elle facilite également le soutien aux compagnies aériennes lors de la vie de l'avion, facilitant la réactivité et l'adéquation des propositions de support indispensables à une exploitation optimisée. Et ce jumeau numérique est d'une utilité critique pour réaliser une adaptation majeure sur un aéroplane déterminé, comme par exemple transformer l'iconique A380 MSN001 en démonstrateur d'essais en vol de moteur à pile combustible à hydrogène.

### On board

La vidéo à la demande du passager est directement liée à ce passage au numérique. Et elle cache des transformations profondes comme celle du système de câblage. Au vu de sa complexité, son élaboration ne saurait plus être réalisée sans un support numérique consistant.

La composante cybersécurité est également un objet critique, objet d'attentions particulières « *beyond the requirements* » tant les enjeux sont importants dans le secteur aéronautique.

### Services

La maintenance prédictive a révolutionné l'écosystème aérien. Skywise, grand « *data lake* » dans lequel beaucoup de compagnies aériennes partagent leurs données d'exploitation, permet d'anticiper des

pannes et d'améliorer la conception. Les *data* d'un A330 militaire, par exemple MRTT, ne peuvent pas être traitées de la même façon sur un joint du système de carburant dans l'aile droite et dans l'aile gauche. Le design n'est pas parfaitement symétrique pour limiter le nombre de pièces miroirs l'une de l'autre et donc différentes entre les deux demi-voilures. Résultat : un joint était plus exposé aux variations de température que son alter-ego, d'où une panne systémique. Le digital a permis de trouver une solution pérenne.

Il ne faut pas être trop simplificateur pour autant, les questions technologiques d'anonymisation des données, d'accès contrôlé à celles-ci, de respect des différentes réglementations du secteur numérique... voire de souveraineté sont des questions critiques dont les réponses ne tiennent pas en quelques lignes et nécessitent encore parfois des adaptations, tant dans l'implémentation que dans la régulation.

La dualité aéronautique civile et militaire a d'ailleurs une limite sur cet accès à la donnée. Un A330 « civil » a toujours son transpondeur allumé. Certaines missions d'un A330 « militaire » (MRTT par exemple) vont exiger une discrétion renforcée et générer des paramètres confidentiels – ce terme générique renvoyant à beaucoup de subtilités. Il est donc « évident » qu'ils ne peuvent, en termes de *data*, pas être traités de

la même façon. Une flotte beaucoup plus réduite, des exigences supérieures..., la balance coûts / bénéfices est alors transformée.

### Sécurité & Réglementation

L'aéronautique civile est par essence un domaine très réglementé. La sacro-sainte certification de type est à la fois la naissance et l'aboutissement d'un aéroplane. Nous sommes là dans le domaine de la Safety, – sécurité en bon français – qui est de plus en plus lié à celui de la Security – sûreté –. Ces deux notions sont de plus en plus imbriquées et vont sans doute devenir indissociables. Reprenons l'exemple de nos équipements embarqués. Imaginons que les ports usb des passagers donnent accès aux commandes de bord de l'avion. Un défaut de cybersécurité – sûreté pour ceux qui ont bien suivi – pourrait donc être un défaut critique de safety. Au sein de l'écosystème aéronautique, ce point-là est sujet de coopération et non de compétition.

La place du numérique dans l'aéronautique civile est, à l'image de celle dans la société, croissante et présente les mêmes risques et opportunités, en les accentuant. L'aéronautique militaire tire elle aussi avantage de ces transformations, même si des contraintes complémentaires et la spécificité de l'usage, peuvent actuellement limiter une partie de ces améliorations. Cela rend ces transformations encore plus indispensables et attractives pour un ingénieur ! ☺



**Jean-Marie Desmarts, ICA,**  
Head of A320  
Family Ramp up,  
Airbus

Un début de carrière aux essais en vol, un virage vers la cyber avec une succession de postes tantôt opérationnels, tantôt en gestion de programme, puis un poste de conseiller au SGDSN avant d'atterrir chez Airbus, à la sûreté puis sur la remontée en cadence post-COVID de la famille A320.

# LES BIENS À DOUBLE USAGE

Par Marie-Caroline Vieillelard, ICA et Gaëtan Bénac-Lestrille, ICA

Le contrôle des exportations des biens à double usage est un délicat équilibre économique, sécuritaire, diplomatique, bien dans les cordes des IA



Cyber et naval, deux domaines duaux auxquels on ne pense pas toujours

## Qu'est-ce qu'un bien à double usage ?

Les « biens à double usage » (BDU) sont les produits, y compris les logiciels et les technologies, susceptibles d'avoir une utilisation tant civile que militaire. Une centrifugeuse à gaz permet d'enrichir de l'uranium, soit faiblement pour les centrales nucléaires, soit hautement pour les armes. Un réacteur chimique permet de fabriquer un pesticide ou une arme chimique. Un viseur d'étoiles permet de guider une sonde vers un satellite de Jupiter ou un missile balistique M51.

Tout bien listé au règlement doit préalablement à son exportation obtenir une licence délivrée par le SBDU (Service des biens à double usage). La décision est la conclusion d'une consultation interministérielle, au sein de la Commission Interministérielle des Biens à Double Usage, qui réunit le SBDU (au nom

du Ministère en charge de l'industrie), le SGDSN, le Ministère de l'Europe et des affaires étrangères, le Ministère des armées, le CEA, et les ministères concernés selon les dossiers : Santé, Energie, Intérieur, Recherche, Douanes. L'ANSSI est également sollicitée pour les biens de cryptologie.

Le SBDU est en charge de la mise en œuvre des sanctions économiques impliquant des restrictions d'exportation, en collaboration avec la Direction générale du Trésor et les Douanes, tout en assurant un accompagnement des opérateurs français concernés.

## Les enjeux du contrôle

Chaque dossier est étudié sous plusieurs angles :

- utilité légitime du bien : fabriquer un médicament, produire de l'énergie, protéger des secours, surveiller une zone.

- économie : interdire une exportation, c'est pénaliser un fabricant et potentiellement favoriser son concurrent étranger.
- sécurité : quel est le risque que le bien soit détourné pour plutôt fabriquer des armes ? C'est la raison d'être du contrôle.
- diplomatie et valeurs : adéquation avec la politique étrangère et les engagements internationaux de la France, atteinte possible aux droits de l'homme.
- souveraineté industrielle et de défense, comme dans le nucléaire ou l'aéronautique.

## Un contrôle à l'échelle européenne et multinationale

Un contrôle n'a de sens que s'il est effectué à plusieurs États. À quoi bon refuser une exportation si le bien peut trivialement être acheté auprès d'un autre acteur ? Il existe plusieurs régimes multilatéraux pour s'accorder sur la liste des

### La guerre en Ukraine, ou quand le périmètre d'action s'élargit soudainement.

24 février 2022 : début de l'invasion. 28 février : 1<sup>er</sup> renforcement des sanctions existantes (interdiction d'exportation des BDU et d'autres types de biens vers la Russie et la Biélorussie). Les douanes des pays de l'Union stoppent les flux pour les vérifier. Branle-bas de combat au SBDU pour autoriser les flux non interdits, expliquer aux exportateurs peu familiers la nouvelle réglementation applicable, comprendre les listes avec ces nouveaux biens non BDU, gérer les demandes de dérogations, se mettre à jour presque chaque mois avec un nouveau train de sanctions plus larges (depuis février 2022, l'UE a adopté plus de dix paquets de sanctions), se coordonner avec la DG Trésor.

biens à contrôler. Les membres de l'Union Européenne sont soumis au règlement (UE) 2021/821 dont l'annexe I est la concaténation des listes issues de quatre régimes de contrôle : le Groupe des Fournisseurs Nucléaires (NSG-1975), le Groupe Australie pour les domaines chimique et biologique (AG-1985), le Régime de Contrôle de la Technologie des Missiles (MTCR-1987) et l'arrangement de Wassenaar (WA-1996) sur les armes conventionnelles et les BDU. Les technologies évoluant, il est primordial de maintenir à jour ces listes. Bien évidemment, contrôler, c'est ajouter une contrainte au système du libre-échange. Il est donc essentiel de vérifier, sans naïveté, que l'objectif atteint sera bien d'éviter une prolifération indue, sans déséquilibrer la concurrence, qui peut dépendre des quantités en jeu.

Autoriser ou non une exportation reste une décision nationale souveraine dans le respect des règles.

### Un contrôle au cœur de l'actualité

L'invasion de l'Ukraine a élargi soudainement l'action du SDBU

La montée des tensions avec la Chine conduit les Etats-Unis à limiter les exportations de biens et technologies à double usage (comme les semi-conducteurs avancés en

octobre 2022), non seulement pour lutter contre la prolifération d'armes mais aussi avec des objectifs de protection d'intérêts économiques stratégiques. Elle est également un défi pour l'unité européenne, avec des intérêts qui peuvent être divers, et une prise de conscience renforcée depuis la pandémie COVID du besoin de réduire les risques d'interdépendance, notamment avec la Chine.

Les nouvelles technologies telles que le quantique ou l'intelligence artificielle auront des applications futures très larges, y compris dans le domaine militaire. Les acteurs du secteur civil sont moins sensibilisés aux enjeux sécuritaires de prolifération, et il faut travailler à la mise en place d'un contrôle finement défini sans freiner la recherche et le développement des écosystèmes qui peuvent être très sensibles aux contraintes administratives.

### Les IA sont bienvenus !

Les capacités du SBDU – où presque un tiers des effectifs du service est constitué d'ingénieurs militaires (soit 5 ingénieurs) – couvrent celles que les ingénieurs de l'Armement acquièrent à la DGA et dans l'industrie :

- technicité. Une grande partie des biens contrôlés sont, ou ont été, des technologies de pointe qu'il est nécessaire d'appréhender.

- connaissance du matériel militaire, des usages potentiels et des enjeux régaliens.
- polyvalence, car les domaines couverts par plus de 4000 décisions annuelles sont multiples : aéronautique, biologie, chimie, électronique, lasers, marine, navigation, nucléaire, télécommunications.
- négociation et balance entre les risques et les bénéfices, entre enjeux économiques et sécuritaires : **défendre une position en argumentant est parfois nécessaire.**
- environnement européen et international. Connaître les habitudes culturelles de certains, comprendre la posture diplomatique d'autres
- connaissance du milieu de l'entreprise, pour discriminer une exportation cruciale pour une PME.

Bref, des missions où les IA sont un précieux atout, y compris pour eux-mêmes. ☺



**Marie-Caroline Vieillelard, ICA**

Marie-Caroline Vieillelard est chef du Service des biens à double usage depuis 2021, après un parcours au sein de la DGA dans la conduite de programmes aéronautiques (management de programme et achat public), notamment en coopération internationale.



**Gaëtan Bénac-Lestrille, ICA**

Gaëtan Bénac-Lestrille est conseiller aux affaires de Défense du Service des biens à double usage depuis 2022, après un doctorat en chimie à Toulouse et huit années à Vert-le-Petit dans la défense NRBC.

[thisisalf.com](https://thisisalf.com)



Bénéficiez  
d'une démo de  
notre solution



# Gérez vos dossiers juridiques de A à Z grâce à l'IA, en toute sécurité

Découvrez comment  
nous pouvons vous aider  
**[thisisalf.com](https://thisisalf.com)**  
(Automated Legal  
Framework)



STATION F





Partie 2

# INDUSTRIE



# JANUS OU LES DEUX FACES DANS L'AÉRONAUTIQUE

Par Guillaume Faury, CEO Airbus

Comme les deux visages du dieu romain Janus, la dualité des activités d'Airbus a prouvé, au fil du temps, les avantages et les bénéfices qu'un groupe aéronautique pouvait en tirer. Comment cela se traduit-il concrètement et de quelle dualité parle-t-on ?

Chez Airbus, la composante civile et défense du groupe se reflète parfaitement dans notre raison d'être : « Être les pionniers d'une industrie aéronautique et spatiale durable pour un monde sûr et uni ». Cette dualité est inscrite dans les gènes d'Airbus et dans son histoire : c'est grâce à la division Engins d'Aérospatiale qu'Airbus a pu voir le jour et lancer l'A300 ou, aujourd'hui, grâce à l'équilibre entre ses activités civiles et militaires que la résilience de notre division Hélicoptères peut en grande partie s'expliquer.

La dualité de nos activités n'est pas un hasard. Tous nos grands concurrents sont duaux. Ceux qui ne l'étaient pas ont disparu, victimes d'inversion de cycle ou de sous-criticité. C'est à la fois un axe stratégique de l'entreprise et une condition *sine qua non* d'un succès durable.

## La dualité nourrit l'innovation et la compétitivité

La dualité nourrit indéniablement l'innovation et la compétitivité d'Airbus. L'innovation dans le domaine civil va venir tirer vers le haut la sécurité aérienne et la performance économique au profit des activités de défense. Les cycles sont longs et coûteux mais ils vont s'amortir par un effet de volume. L'innovation dans le domaine militaire vient tirer vers le haut la performance technologique pour garder un avantage stratégique et affronter des menaces toujours plus complexes. S'il fallait des exemples évidents, j'en prendrais deux. Le succès du programme

Ariane, nous le devons à nos travaux sur les missiles balistiques. Et la réciproque est vraie : les activités civiles vont avoir la capacité d'adapter plus rapidement des technologies civiles, produites plus vite et en plus grand nombre, au monde militaire : sachiez-vous par exemple que c'est le cockpit de l'A380 que l'on retrouve dans l'A400M ?

Dans un domaine que je connais bien, les hélicoptères, la dualité s'exerce aussi entre la production d'appareils et les activités de soutien en service. L'équilibre qui s'est établi au fil du temps avec la dualité des plates-formes hélicoptères, est un bénéfice incomparable. En développant des versions civiles puis en proposant une version militaire (Ecureuil/Fennec, Dauphin/Panther, Super Puma/Cougar et aujourd'hui H160/Guépard), Airbus fait un meilleur usage de ses investissements en R&D et fait bénéficier les acteurs de la défense des exigences du plan de maintenance des appareils civils qui, par nature et souci de rentabilité, vont voler plus et consommer davantage de rechanges. En s'assurant de cette dualité, Airbus peut ainsi maintenir des sources de revenus stables même en cas de fluctuations du marché dans l'un ou l'autre de ces domaines.

La dualité est aussi une des conditions pour conserver une masse critique de compétences, en particulier dans le domaine de la défense. En tant qu'acteur de la souveraineté française, il est de notre devoir d'y veiller attentivement et de gérer ce

savoir-faire grâce à la polyvalence des ingénieurs, en particulier pour les activités de conception. Ainsi, au cours de leur carrière, ils seront amenés à travailler sur différents programmes. Cela facilite également la recherche de synergies concernant les choix technologiques.

## La dualité est une force

La recherche de synergies civiles et militaires s'exerce aussi en aval. Elle permet de préserver des plans de charges et des compétences au niveau des chaînes de production. De nombreuses différences subsistent dans la mesure où la conception d'appareils civils et militaires obéit à des critères très différents, mais la dualité permet de construire une logique générale de préservation de l'outil industriel.

La dualité est aujourd'hui une condition pour trouver les financements, notamment pour la recherche et les développements, pour les grands programmes et, pour notre plus gros défi : celui de la décarbonation. Je tiens à souligner l'importance des financements et soutiens étatiques : les investissements sont si importants qu'Airbus ne peut pas supporter seul le risque. L'entreprise le partage avec l'État, les États même pour des programmes multinationaux. En France et en Europe, les soutiens sectoriels existent : la loi de programmation militaire, les financements du CNES ou de l'ESA dans le spatial, ceux du CORAC dans l'aéronautique et le fonds européen de défense.



La dualité en deux images : le poste de pilotage de l'A380 est le même que celui de l'A400M

Quant à la flexibilité offerte par la dualité d'Airbus, elle permet de s'adapter à différents besoins du marché. Par exemple, si la demande pour de nouveaux appareils diminue, la société peut se concentrer davantage sur les services de maintenance et de réparation pour compenser cette baisse de la demande. Cela permet à Airbus de mieux naviguer dans un environnement économique changeant et de maintenir sa viabilité financière. Au-delà de la flexibilité de l'offre, la dualité contribue à la diversification des risques pour Airbus en répartissant ses activités sur plusieurs segments du marché. Cela réduit sa dépendance excessive d'un seul secteur ou d'un seul type d'aéronef, ce qui protège la société contre les chocs économiques ou les perturbations du marché spécifiques à un secteur particulier, voire contre une crise majeure comme notre compétiteur américain l'a vécu récemment.

### La dualité comme avantage concurrentiel

Justement, en parlant de compétition, notre dualité nous fait bénéficier d'un avantage concurrentiel en proposant une gamme plus large de produits et de services tout en disposant d'une base de clients plus large et plus diversifiée. Nous renforçons ainsi notre position sur certains marchés et nous pouvons mieux répondre aux besoins diversifiés de nos clients, un avantage concurrentiel par rapport à certains de nos concurrents spécialisés dans un seul domaine.

La dualité est une des conditions de la masse critique, clé pour notre modèle économique, tout particulièrement dans la défense, et qui permet à Airbus d'accéder au niveau d'une entreprise de souveraineté, capable d'imposer des normes et standards (et non pas de se les faire imposer), de compléter les commandes d'État insuffisantes pour constituer un marché, de ne pas dépendre à l'excès de l'exportation (de plus en plus « challengée » dans la défense) et de favoriser la coopération multinationale.

En somme, la dualité offre plusieurs avantages à une société comme Airbus, grâce à ses produits (avions commerciaux et militaires, hélicoptères, satellites de télécommunication et d'observation de la terre, etc.), grâce aux technologies (digitalisation, IA, cyber, cloud et big data, matériaux, architectures de systèmes, savoir-faire d'intégration de systèmes complexes), grâce aux compétences employées, mais aussi en favorisant l'innovation, la compétitivité, les compétences, la flexibilité, la diversification des risques et en créant un avantage concurrentiel. Cependant, il est important de noter que la mise en œuvre réussie de la dualité peut également présenter des défis en matière de gestion, de coordination et de ressources, et nécessite une planification et une stratégie appropriées et coordonnées pour en tirer pleinement parti.

Airbus ressemble donc à Janus, personnage mythologique à deux têtes, avec, ne l'oublions pas, un vi-

sage tourné vers le passé car nous sommes fiers de notre héritage, et, de l'autre vers l'avenir afin de réaliser notre raison d'être : la dualité et la décarbonation.

A titre personnel, ce défi me passionne car l'aviation a vécu plusieurs révolutions. La première, au-delà de celle de mettre un objet plus lourd que l'air en vol, c'était la sécurité des vols. La deuxième fut celle de la démocratisation de l'aviation commerciale. La troisième, celle que nous vivons actuellement pour que ce mode de transport reste sûr, efficace et libre, est celle de la décarbonation et Airbus assume clairement son leadership dans cette ambition. Et le leadership, comme je le dis souvent, c'est la capacité à importer le stress - beaucoup de gens essaient de nous expliquer que ce ne sera pas possible - et exporter l'enthousiasme et là, chez Airbus on n'en manque pas ! Si j'étais un jeune ingénieur aujourd'hui, je serais fasciné et vraiment impatient de participer à une telle révolution. ☺



**Guillaume Faury,**  
ICA, CEO Airbus

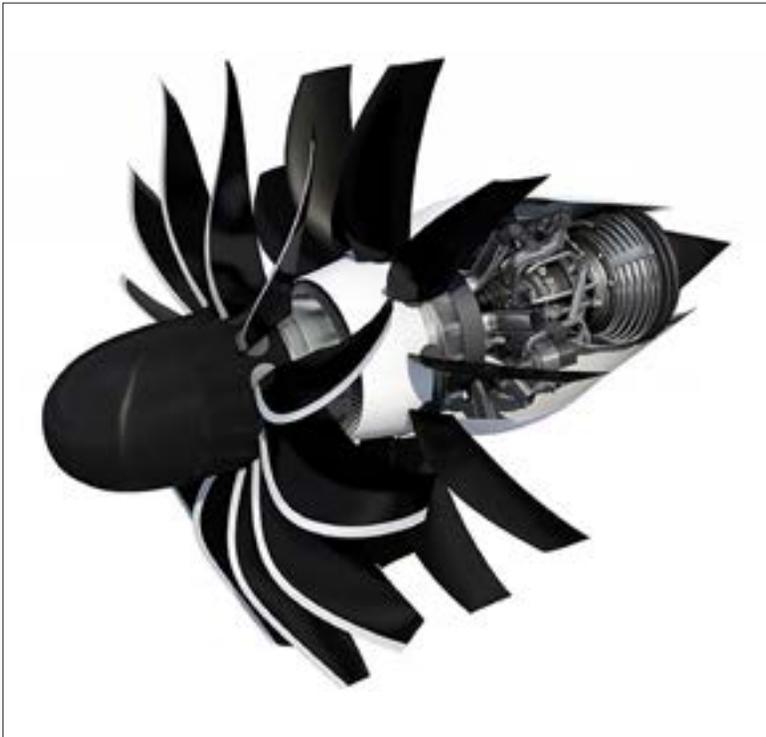
Guillaume Faury est Chief Executive Officer d'Airbus depuis avril 2019. Auparavant CEO d'Airbus Helicopters et Vice-Président exécutif R&D chez Peugeot. Il a débuté sa carrière en 1992 comme ingénieur navigant d'essai pour l'hélicoptère Tigre, au sein de la Direction Générale de l'Armement (DGA). Il est diplômé de l'École polytechnique et ingénieur de SUPAERO.

# SAFRAN ET LA PROPULSION AÉRONAUTIQUE

## DES PROJETS STRUCTURANTS ET COMPLÉMENTAIRES

Par Stéphane Cueille, ICA et Jocelyn Escourrou, IPA

Le groupe SAFRAN doit en grande partie son succès au développement de la propulsion militaire, puis à une diversification remarquable vers le civil. Il participe à deux ambitieux programmes de démonstration : RISE pour la décarbonation et SCAF pour le militaire



RISE, moins 25% de consommation par rapport aux dernières générations de moteurs

Si les lois de la thermodynamique sont immuables, les turbomachines ont connu plusieurs révolutions depuis leur avènement au siècle dernier : architecture, température, matériaux, procédés de fabrication... avec des progrès considérables sur la sécurité, les performances, la consommation, la durée de vie ou le coût global de possession des moteurs. Les révolutions successives des turbo machines (architecture, température, matériaux, consommation) ont été nourries par la fertilisation croisée des produits civil et militaire : le militaire a par exemple

tiré les technologies pour la performance (montée en température), compte tenu des contraintes extrêmes de compacité, là où le civil a tiré la fiabilité et la maturité industrielle (cadences). Aujourd'hui, le défi climatique et l'enjeu associé de décarbonation du transport aérien poussent de nouvelles frontières sur l'efficacité énergétique, les carburants durables et l'hybridation par exemple.

### Une course technologique

Dans le civil, la consommation de carburant par passager au kilo-

mètre d'un turboréacteur a déjà été réduit d'un facteur 5. Et l'enjeu est désormais d'atteindre zéro émission nette d'ici 2050 !

La propulsion militaire est également au cœur des enjeux des systèmes de combat aérien futurs : la compacité du moteur, son architecture et ses performances sont des contributeurs essentiels aux performances et à la soutenabilité de l'avion et du système d'armes.

**Dans le militaire, la course technologique ne s'est jamais arrêtée : sur les 17,6 Md\$ engagés depuis 2012 par les Américains pour préparer le programme NGAD (Next Generation Air Dominance), 8 Md\$ concernent les travaux liés à la propulsion militaire<sup>1</sup>.**

Il n'y a que 4 motoristes complets au monde capable de concevoir, intégrer, certifier, produire et maintenir l'ensemble d'un turboréacteur à l'état de l'art : deux américains, un britannique et Safran. Aucun d'entre eux n'est purement civil ou purement militaire : tous sont duaux. Ce n'est donc pas un sport de masse – il y a nettement moins d'acteurs motoristes au Monde que d'avionneurs à titre de comparaison – avec de nombreux verrous technologiques ou industriels à lever, nécessitant un engagement de très long terme et une palette de compétences larges, pointues et fortement interdisciplinaires.

<sup>1</sup> : Source : <https://mobile.twitter.com/MJouppiAW/status/1524151824546033665>

Le moteur CFM56 réalisé dans le cadre du partenariat CFM est l'un des plus grands succès commerciaux de l'histoire de l'aéronautique civile. Son successeur, le moteur LEAP, dispose, fin 2022, d'un carnet de commandes d'environ 10 000 moteurs.

### Pour commencer, le militaire

Tout a commencé par le militaire. C'est le cas de la Société Nationale d'Etude et de Construction de Moteurs d'Aviation (SNECMA devenu Safran Aircraft Engines) qui a consolidé en 1945 la plupart des motoristes français (dont Gnôme & Rhône qui trouvent leur racine dès 1905) et obtient un premier contrat de développement pour le moteur ATAR en 1946 (et plus tard ses grands programmes successeurs : le M53 pour le Mirage 2000 et le M88 pour le Rafale). Ces développements ont permis de développer des technologies, des compétences et un outil industriel avec des retombées majeures. Cela a permis à Safran Aircraft Engines de lancer début des années 1970 avec GE Aviation un accord structurant dans le cadre de CFM International, co-entreprise à 50/50 pour faire le CFM56, renouvelé pour son successeur le LEAP, avec la success-story que l'on connaît. Ces succès civils ont permis à leur tour de maintenir les bureaux d'études, de découpler les volumes produits et d'améliorer la compétitivité-coût, perpétuant ainsi un cercle vertueux dual bénéficiant également au monde militaire.

Ces compétences ne sont jamais acquises pour de bon. Elles doivent être sans cesse exercées. Tous les motoristes de rang mondial ont d'ailleurs fait l'expérience ces dix dernières années de difficultés majeures rencontrées sur l'un au moins de leurs programmes de développement de moteurs.

### Le futur : RISE et SCAF

**Lancé en 2021, RISE (Revolutionary Innovation for Sustainable Engines) est un pro-**

### gramme de développement technologique préparant la prochaine génération de moteurs civils.

Ce programme vise une réduction de plus de 20% des émissions par rapport à la génération actuelle (LEAP, elle-même 15% plus efficace que la génération précédente), ainsi qu'une compatibilité à 100% avec les carburants durables et l'hydrogène. Il comprend des travaux sur une architecture non carénée et la capacité d'hybridation électrique. La nouvelle génération de moteurs pourrait être mise sur le marché vers 2035. Les technologies développées dans le cadre du programme RISE serviront de fondement à la nouvelle génération de moteurs CFM qui pourrait être mise sur le marché vers le milieu de la prochaine décennie. La feuille de route technologique associée comprend des travaux ambitieux sur toutes les briques : aubes de soufflante en composite, alliages métalliques résistants à très haute température, composites à matrice céramique (CMC), hybridation électrique et fabrication additive.

### SCAF : un enjeu de souveraineté européenne

La feuille de route côté moteur passe par une phase de R&T qui a fortement accéléré fin 2022 avec la notification de la phase R&T 1B du programme, un démonstrateur moteur et le développement du moteur final qualifié à l'horizon 2040. Une architecture nouvelle (dite à « cycle variable »), une augmentation très significative de la température au cœur du moteur (avec les développements de matériaux et technologies associées) et de l'efficacité aéro-thermo-mécanique des modules, l'hy-

bridation et la gestion de l'énergie embarquée, les technologies liées à la furtivité du moteur seront au cœur des travaux des prochaines années. Au-delà de l'ambition technologique, ce moteur est également l'opportunité de structurer une filière industrielle européenne souveraine.

Complexité et dualité sont donc au cœur de notre histoire et intimement lié à notre « business model ». Et cela ne se limite évidemment pas à la propulsion aéronautique, mais se retrouve également sur de très nombreux autres exemples au sein du groupe : la propulsion des hélicoptères, la propulsion spatiale, la navigation inertielle, les caméras thermiques, les équipements électriques. ☺



**Stéphane Cueille,**  
*ICA, Président de Safran Electrical & Power*

X1991 et Docteur en Physique théorique (1998), Stéphane Cueille débute sa carrière en détachement chez Snecma (Safran Aircraft Engines). De 2001 à 2008, au sein de la DGA, il travaille notamment sur la propulsion du Rafale, et au Service des Affaires industrielles (S2IE), en charge des missiles et de l'espace. Depuis 2008 chez Safran, il est depuis 2016 membre du comité exécutif, d'abord comme directeur Recherche, Technologie et Innovation, puis depuis juillet 2021, en tant que Président de Safran Electrical & Power.



**Jocelyn Escourrou,**  
*IPA, Directeur du programme SCAF chez Safran Aircraft Engines*

Diplômé de l'X, du Caltech et de HEC, après un début de carrière technique dans la propulsion aéronautique notamment au sein d'Airbus et à la DGA, il rejoint ensuite l'Agence de des participations de l'Etat avant de rejoindre le groupe SAFRAN où il va notamment travailler sur le moteur du FCAS avant de prendre en 2021 la direction d'EUMET, le consortium industriel en charge de son développement.

# AÉROSPATIAL : UNE ÉCHELLE À BARREAUX ALTERNÉS

Par Jean-Brice Dumont, IPA

Le modèle économique-industriel du secteur aéronautique et spatial est fondé sur la dualité. Dans les années à venir, ce modèle sera d'autant plus pertinent et vertueux que le digital y prend un place de plus en plus prépondérante.



Deux systèmes militaires basés sur des modèles civils ou reprenant des équipements d'origine civile

Ici-bas et dans nos métiers, au commencement était la science ; et lorsqu'on est ingénieur, on sait que la science irrigue tous les domaines d'activité. Civil, militaire, finance, médical ou agroalimentaire tous les secteurs du primaire au quaternaire nourrissent et se nourrissent de la recherche scientifique et des développements technologiques.

De fait, la dualité civil-militaire permet tout d'abord d'obtenir un amortissement des développements. Chez Airbus, nos activités de recherche et de conception sont principalement duales, et nos ingénieurs et techniciens sont souvent polyvalents. Comme beaucoup d'entre eux, j'ai été amené à travailler sur différents programmes civils et militaires au sein du groupe.

Mais auparavant, j'ai eu la grande chance de commencer ma carrière dans la DGA et de travailler sur un

de ses fantastiques programmes : l'hélicoptère Tigre. Sa forme effilée et sa manœuvrabilité exceptionnelle le rendent a priori assez différent d'un hélicoptère civil. Pourtant son développement a bénéficié d'un très grand nombre d'avancées technologiques issues du domaine civil. A l'inverse, et sans dévoiler de secret de fabrication, je me souviens que certaines pièces de son rotor, conçu pour répondre aux exigences de vol d'un hélicoptère d'attaque, ont permis d'améliorer significativement les rotors des machines qu'Airbus commercialise pour ses clients commerciaux.

## Une complémentarité civil-militaire à la fois client et produit

Pour Airbus Helicopters, la dualité se traduit très concrètement par une gamme de produits largement composée de couples d'appareils. Encore parfois désignés par des duos animaliers type Ecureuil/

Fennec, les hélicoptères civils et leur version militaire respective (H125/H125M, H145/H145M, H225/H225M) partagent les mêmes plateformes. Leurs chaînes de montage sont différentes mais souvent co-localisées et surtout la production d'un grand nombre de pièces communes permet de dégager de vraies synergies.

La dualité est cœur de la stratégie d'Airbus Helicopters qui a besoin de ces deux jambes pour avancer. Ce modèle économique lui confère sa résilience face aux cycles économiques des marchés civils et des programmes militaires.

Plus généralement, toute l'histoire du progrès dans l'aéronautique et le spatial repose sur ce schéma d'échelle à barreaux alternés et cette fertilisation croisée.

Initialement développées par l'aviation de chasse pour maîtriser l'instabilité intrinsèque d'une aile delta, les commandes de vol électriques ont ensuite bénéficié de développements sur les avions commerciaux comme l'A320, avec les exigences de sûreté et certification que requiert l'aviation civile. Aujourd'hui tous nos avions commerciaux disposent de commandes électriques d'une certaine manière plus avancées que celles qui équipent beaucoup d'avions de chasse actuellement en service.

A l'inverse l'A400M d'Airbus Defence and Space est doté d'un cockpit et d'un système de na-

vigation hérités des développements de l'aviation commerciale. Si on veut pousser un cran plus loin, le MRTT Phénix est un avion 100% commercial, un A330, converti et transformé dans nos usines pour en faire le meilleur ravitailleur militaire au monde. Et qui sait, peut-être la Marine nationale volera dans quelques années sur des A320 en version patrouille maritime (MPA).

Dans le domaine spatial, l'amélioration de la résolution optique des satellites d'observation de la Terre a bénéficié des développements successifs des programmes militaires et civils, le dernier en date est le développement sur fonds propres des satellites Pléiades Neo d'Airbus Defence and Space. Ces satellites ont des applications dans des domaines aussi variés que la défense, la sécurité, l'agriculture, le transport maritime, l'assurance ou l'énergie.

Plus récents, les développements de drones se sont eux-aussi inscrits dans cette dualité. On pense avant tout au marché des mini-drones ; un certain nombre d'acteurs, initialement tournés vers le grand public, ont progressivement amélioré les performances de leurs machines pour aller vers les applications de défense et de sécurité. Zephyr, l'HAPS (High Altitude Platform Station) d'Airbus qui fonctionne à l'énergie solaire, peut tout aussi bien servir de plateforme pour des capteurs de renseignement ou de relai de communication posté au-dessus d'un théâtre d'opération, que de box géante permettant de connecter à internet des pollutions et des activités dans des zones isolées.

Par ailleurs, les développements sur notre démonstrateur Auto'Mate dans le domaine du ravitaillement autonome, voire l'autonomisation des drones grâce à l'intelligence

artificielle, bénéficieront tant aux drones d'appui du SCAF qu'aux futures solutions d'aéro-mobilité.

### Le digital : la dualité au carré

Enfin s'il est un secteur où la dualité est évidente, avec aujourd'hui un barycentre sans doute davantage du côté du civil, c'est bien celui du digital. Que ce soit dans les réseaux de télécommunication ou les systèmes d'information et de commandement, le machine learning, le data mining et l'intelligence artificielle en général sont en train de modifier profondément ces outils. Les applications digitales de nos smartphones arrivent progressivement dans tous les équipements militaires, y compris les aéronefs et leur futur cloud de combat collaboratif porté par le programme SCAF.

Dans l'aviation commerciale, la connectivité est aussi en plein essor, non seulement pour fournir aux passagers un accès à internet et à des services numériques, mais aussi pour connecter le cockpit de l'avion afin de le monitorer en temps réel depuis le sol, à la fois pour améliorer l'efficacité de la maintenance et accroître encore la sécurité.

Qui dit connectivité, dit besoin de cybersécurité. La sécurité des systèmes d'information des forces a longtemps reposé sur des technologies militaires telles que la cryptographie gouvernementale et l'antibrouillage. Mais depuis près de vingt ans, les menaces sur les systèmes d'information se sont généralisées et touchent aussi bien le secteur privé que les états et les organismes dits d'importance vitale, y compris dans la dimension lutte informatique d'influence.

Le digital par nature dual est donc partout dans l'aérospatial militaire et civil, y compris dans les outils numériques de simulation et de conception de nos appareils.

De façon plus générale, l'aéronautique militaire dont les séries sont limitées bénéficie de l'effet de volume - au plan technologique et humain - de l'aviation commerciale et des outils du monde numérique. A l'inverse les produits civils vont continuer à tirer parti de technologies disruptives ou poussées à leur limite du fait des exigences d'emploi des équipements militaires.

A l'instar d'Airbus, un certain nombre d'acteurs majeurs de la BITD se sont développés sur ce modèle dual. En outre, nous intégrons de plus en plus dans nos projets de R&D des entreprises d'autres secteurs, des PME et des start-ups qui voient dans ces coopérations avec le monde militaire des leviers de croissance dans le civil.

Progrès technologiques, amortissement des coûts, résilience face aux cycles des marchés ou aux crises telles que celle du Covid-19, la dualité est donc presque toujours un pari gagnant-gagnant. Je dis « presque toujours » car il faut aussi en éviter les pièges ; c'est par exemple le cas lorsqu'une entreprise réutilise des pièces d'équipements militaires sur un produit civil, et qu'elle se rend compte un peu tard qu'elle ne pourra pas l'exporter dans un certain nombre de pays. Expérience vécue... ☺



**Jean-Brice Dumont, IPA,**  
Executive  
Vice-Président  
Engineering  
d'Airbus

Jean-Brice DUMONT (X91 - ISAE96) est Executive Vice-Président de Military Air Systems et membre du comité de direction d'Airbus Defence and Space depuis 2021. Il débute sa carrière dans la DGA à Istres sur les programmes Super Puma et Tigre. En 2004, il devient chef de projet sur NH90 chez Eurocopter, puis Directeur technique de NH-Industries. En 2012, il est Directeur technique et ingénierie d'Eurocopter avant d'être nommé en 2018 Executive Vice-Président Engineering d'Airbus.

# LES GRANDES SOUFFLERIES DE L'ONERA

## LE SOUFFLE DE L'INNOVATION AÉRONAUTIQUE ET SPATIALE

Par Marie-José Martinez, IGA

A l'ONERA, on a coutume de dire que tous les grands programmes aérospatiaux en France et en Europe portent une part de son ADN. On pourrait tout aussi bien dire que tous les grands programmes aéronautiques et spatiaux, français et européens voire au-delà, portent la marque des grandes souffleries de l'ONERA. Visite guidée de cet outil exceptionnel et dual par excellence !



Le site exceptionnel de Modane en Savoie

### Petit tour des grandes installations industrielles de Modane Avrieux et du Fauga Mauzac

« Waouh ! » (sic) : c'est l'effet produit à l'arrivée dans la chambre de tranquillisation de la grande soufflerie S1MA de Modane Avrieux, à quelques mètres de la veine d'essai. En version plus technique, S1MA c'est 155 m de longueur de tube, 24 mètres au point le plus haut, 8 mètres de diamètre pour la veine d'essais qui peut accueillir des maquettes de 3 mètres et surtout une puissance délivrée de 88 MW permettant de simuler des vitesses atteignant celle du son.

Pour ménager l'effet de surprise, on commence en général la visite par les installations de taille plus modeste mais non moins stratégiques. Certaines, comme S3MA et S4A, sont les plus secrètes : atteignant

l'hypersonique, elles accueillent missiles, munitions et autres vecteurs de la dissuasion ou du spatial.

S2MA est le couteau suisse des souffleries grandes vitesses : couvrant tout le domaine de vol d'un avion de combat ou d'un missile, elle permet d'évaluer notamment de nouvelles configurations pour orienter les développements : c'est typiquement ce qui a été fait lors de la première phase du projet SCAF (système de combat aérien du futur) dès 2021.

Aux côtés des souffleries grandes vitesse de la vallée de la Maurienne, les souffleries du Fauga Mauzac près de Toulouse, accueillent les essais basses vitesses pour y valider en particulier les phases critiques de décollage et d'atterrissage, phases dans lesquelles une erreur sur la prédiction des conditions du décrochage peut être fatale.

Avec cette palette de moyens, complétée par quelques installations spécialisées pour tester, par exemple, les performances de tuyères de moteur ou le bruit de jet, l'ONERA dispose d'installations

très complémentaires qui ont été au cœur de tous les développements aéronautiques et spatiaux en France.

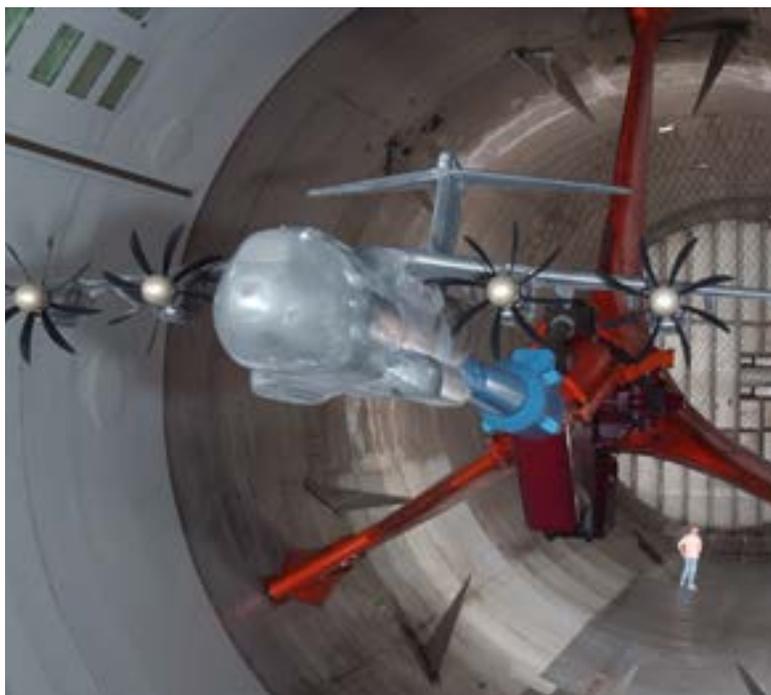
Mais pourquoi donc un tel outil industriel en 2023, qui plus est, pas tout jeune ?

### Expérimenter pour innover

Construites pour la plupart au lendemain de la seconde guerre mondiale, les grandes souffleries de l'ONERA restent un outil incontournable pour la conception de nouveaux aéronefs. S'appuyant sur les données expérimentales, les constructeurs peuvent affiner les marges de conception et donc développer des aéronefs plus optimisés (par exemple pour gagner en masse, réduire la traînée et donc la consommation, ...) ou plus manœuvrants. Les essais des phases critiques de vol (décollage/atterrissage, phases de largage/séparation d'armements, etc...) sont par ailleurs précieux pour garantir la sécurité des vols : en soufflerie, aucun problème pour tester par exemple le comportement en cas de pannes (braquage de gouvernes, perte d'un bec, etc...) ou ce qui se

#### Les grandes souffleries en chiffres :

- 10 grandes souffleries et installations spécialisées couvrant tout le spectre de vol des aéronefs et missiles jusqu'à l'hypersonique (> Mach 6)
- Valeur à reconstruction : 1,5 Md€
- 220 personnes en 2022, CA 2022 : 22,5 M€



La soufflerie S1MA, la plus grande au monde, peut simuler un vol à mach 1

passé au-delà du décrochage (en essais en vol, on préférera tester comment on se récupère !). En principe, tous les aéronefs sont testés en soufflerie avant un premier vol.

Essentielles à la conception d'aéronefs, les grandes souffleries s'avèrent incontournables pour soutenir l'innovation, dès lors qu'il s'agit de lever des verrous technologiques ou d'étudier des concepts n'ayant jamais volé. Pour consommer moins, les avions de demain auront des formes différentes de celles que nous connaissons aujourd'hui. Pour ne citer qu'un exemple, l'ONERA réfléchit à ce que peut apporter le concept de moteur semi enterré dans le fuselage. Sur le principe, cela devrait améliorer le bilan propulsif de l'avion et réduire la consommation. Le problème est que dans ce type d'intégration motrice, la distorsion de l'air absorbé par le moteur peut perturber son fonctionnement : les essais en soufflerie permettent de caractériser finement les phénomènes physiques et la performance apportée par ce type d'intégration moteur/fuselage.

### Plus de 70 ans et pas une ride...

Cela peut sembler paradoxal, à l'heure des grands développements numériques, de s'appuyer sur des installations âgées de 40 à plus de 70 ans pour soutenir l'innovation. Pourtant, si on devait les repenser aujourd'hui, on recréerait les mêmes

infrastructures. Car, si la construction est ancienne, les capacités en termes de taille et de représentativité du vol ainsi que la qualité aérodynamique de la veine d'essais restent exceptionnelles. Et bien sûr, les capacités d'essais et les techniques de mesures ont considérablement évolué. Les grandes souffleries de l'ONERA ont ainsi fait l'objet d'un important projet de modernisation et de pérennisation des installations, soutenu par la Banque européenne d'investissement et par des financements de la DGA et de la DGAC.

Dans le même temps, les codes de calcul ont également bien progressé mais à la fois ils ne permettent pas de simuler les phénomènes les plus complexes et, pour les rendre plus performants, il faut les alimenter avec des données expérimentales de plus en plus riches. Il y a donc aujourd'hui une vraie complémentarité entre calculs et essais en soufflerie, les essais devenant plus ciblés, plus complexes et plus riches en données grâce à des techniques de mesures de plus en plus innovantes.

### Témoignage de l'ICA Lauriane Schneider (en période d'ouverture à la direction des souffleries de 2018 à 2020)

Les deux années passées à la Direction des Souffleries ont été pour moi l'occasion de découvrir :

- des personnels hautement qualifiés, dont la grande expertise et l'esprit « recherche » m'ont beaucoup apporté sur le plan technique et humain ;
- des installations où les structures héritées du passé et remises au goût du jour, notamment en intégrant des installations de mesure à la pointe de la technologie, permettent de construire le futur de l'aéronautique française et internationale ;
- l'Histoire de l'aéronautique, en prenant la mesure de tout ce que les souffleries de l'ONERA ont permis d'accomplir dans le domaine depuis plus de 50 ans et en constatant qu'une grande partie de ce qui vole y a été testé un jour ;
- le génie de nos illustres ancêtres ingénieurs aéronautiques : respect et humilité face à l'incroyable outil qu'ils ont réussi à construire au lendemain de la seconde guerre mondiale, et qui permet encore aujourd'hui de développer des innovations de rupture.

Une expérience extrêmement enrichissante et marquante, que j'encourage nos jeunes IA à envisager !



Un ventilateur de la soufflerie avec ses pales acier et composite. Jusqu'à 10 tonnes d'air par seconde

### Des souffleries rénovées pour relever les nouveaux défis de la Défense et préparer l'aviation civile décarbonée

Une des richesses des grandes souffleries de l'ONERA réside dans la variété des essais réalisés et la palette des clients. La période actuelle est particulièrement intéressante : avec le plan de relance de l'aéronautique et la montée en puissance de projets majeurs pour la Défense, programmes civils et militaires vont se partager les installations pendant plusieurs années tout en laissant un peu de place pour les clients étrangers, qui restent nombreux. Car le plan de charge affiche complet. Côté Défense, si les essais liés aux armements et aux vecteurs dissuasion occuperont S3MA et S4A, S2MA et S1MA verront passer, par exemple, des essais très poin-

tus d'entrée d'air du SCAF ou les essais d'intégration d'armement, notamment au profit du Rafale export. Les grandes souffleries de l'ONERA sont, en effet, parmi les rares au monde à pouvoir réaliser des essais de séparation de charges. Côté civil, S1MA et F1 sont incontournables, de par leur taille et leur représentativité, pour étudier les nouveaux projets de motorisations ou d'intégration motrice, qui constituent un enjeu fort à la fois en termes de réduction d'empreinte environnementale, mais aussi de positionnement pour l'industrie européenne. Cerise sur le gâteau, une grande partie des essais sera réalisé avec une énergie totalement verte, les turbines des installations de Modane étant directement alimentées par l'eau d'une conduite forcée provenant de lacs de barrages artificiels.

Avec le plus grand parc de souffleries industrielles en Europe, associé au savoir-faire des experts et chercheurs de l'ONERA, la France dispose d'un outil unique, en constante évolution. Un outil stratégique et de souveraineté pour l'industrie aéronautique et pour la Défense. ☺



**Marie-José Martinez, IGA,**  
directrice des souffleries de l'ONERA

Marie-José Martinez a rejoint l'ONERA en mai 2021, après avoir notamment été directrice de DGA Essais propulseurs (de 2018 à 2021), adjoint au directeur de l'unité de management Opérations d'armement Hélicoptères (entre 2014 et 2016) et directrice de programme A400M (entre 2009 et 2013). Elle a débuté sa carrière aux essais en vol et a ensuite été chargée de coopération internationale puis cheffe de cabinet du délégué général pour l'armement.

1365 DOMAINE DES LAMBRAYS 1593 CHÂTEAU D'YQUEM 1668  
DOM PÉRIGNON 1729 RUINART 1743 MOËT & CHANDON 1765  
HENNESSY 1772 VEUVE CLICQUOT 1780 CHAUMET 1792 CHÂTEAU  
GALOUPET 1803 OFFICINE UNIVERSELLE BULY 1815 ARDBEG  
1817 COVA 1828 GUERLAIN 1832 CHÂTEAU CHEVAL BLANC 1837  
TIFFANY & CO. 1843 KRUG 1843 GLENMORANGIE 1846 LOEWE  
1849 ROYAL VAN LENT 1849 MOYNAT 1852 LE BON MARCHÉ 1854  
LOUIS VUITTON 1858 MERCIER 1860 TAG HEUER 1860 JARDIN  
D'ACCLIMATATION 1865 ZENITH 1870 SAMARITAINE 1884  
BULGARI 1895 BERLUTI 1898 RIMOWA 1908 LES ECHOS 1914 PATOU  
1916 ACQUA DI PARMA 1923 LA GRANDE ÉPICERIE DE PARIS  
1924 LORO PIANA 1925 FENDI 1936 FRED 1944 LE PARISIEN 1945  
CELINE 1947 DIOR 1947 EMILIO PUCCI 1947 PARFUMS CHRISTIAN  
DIOR 1952 GIVENCHY 1952 CONNAISSANCE DES ARTS 1957  
GIVENCHY PARFUMS 1957 REPOSSI 1958 STARBOARD CRUISE  
SERVICES 1959 CHANDON 1960 DFS 1969 SEPHORA 1970 CAPE  
MENTELLE 1970 KENZO 1972 PERFUMES LOEWE 1973 JOSEPH  
PHELPS 1974 INVESTIR 1975 OLE HENRIKSEN 1976 BELMOND 1976  
BENEFIT COSMETICS 1977 NEWTON VINEYARD 1980 HUBLOT  
1983 RADIO CLASSIQUE 1984 MARC JACOBS 1984 MAKE UP FOR  
EVER 1985 CLOUDY BAY 1988 KENZO PARFUMS 1991 FRESH 1992  
COLGIN CELLARS 1993 BELVEDERE 1996 TERRAZAS DE LOS  
ANDES 1998 BODEGA NUMANTHIA 1999 CHEVAL DES ANDES  
2006 CHÂTEAU D'ESCLANS 2006 HÔTELS CHEVAL BLANC 2008  
KVD VEGAN BEAUTY 2009 MAISON FRANCIS KURKDJIAN  
2010 WOODINVILLE 2012 LIP LAB 2013 AO YUN 2017 CLOS19 2017  
FENTY BEAUTY BY RIHANNA 2017 VOLCÁN DE MI TIERRA  
2017 24S 2020 EMINENTE 2022 STELLA BY STELLA MCCARTNEY

LVMH

# ESPACE : DE LA DUALITÉ À LA SOUVERAINETÉ

## LES PROJETS SPATIAUX SONT NÉS DE LA VOLONTÉ DES MILITAIRES

Par Nathanaël Gibert, ICA

Le domaine spatial, comme le premier Spoutnik, a dès l'origine visé des applications militaires. C'est le cas pour Ariane Group, Airbus Defense&Space et Thales Alenia Space. Et les programmes civils sont stratégiques pour leurs utilisations à des fins militaires !



Le service WeTrack® de Safran

### Des Business Units duales

Au sein de la Direction Espace de Safran, où je travaille, nous n'avons pas de Business Units ou de service d'ingénierie dédiés aux domaines civil ou militaire. Les technologies et les produits sont souvent similaires et c'est une force extraordinaire sur de nombreux points. En premier lieu, les innovations incrémentales à la suite de la pression concurrentielle du marché civil permettent à la défense de disposer en permanence de produits à l'état de l'art. Ensuite, les commandes militaires et civiles qui possèdent des cycles temporels différents engendrent une résilience industrielle. Enfin, des ruptures technologiques poussées par la défense peuvent être commercialisées en volume sur les marchés civils.

### WeTrack™, de la défense à un service commercial

Les exemples le démontrant sont innombrables mais je souhaite

rais en détailler un qui me tient à cœur : Safran opère aujourd'hui un réseau mondial de capteurs radiofréquences fournissant un service d'orbitographie des satellites géostationnaires et bientôt de l'ensemble des satellites quelle qu'en soit l'orbite : le service WeTrack™. La mesure se fait de manière totalement passive en exploitant les mesures différentielles de temps à l'arrivée des signaux RF émis par les satellites observés. Initialement développé en 2015 par les équipes de Safran Data Systems, WeTrack™ était dédié aux besoins d'activités sensibles de défense. Rien n'indiquait a priori que Safran proposerait un jour une offre commerciale accessible en ligne avec des abonnements en « pay per use ». Depuis, la prolifération d'objets et de débris spatiaux a fait émerger la nécessité de connaître la position et l'activité des objets spatiaux.

### STM et SSA

Au niveau civil, l'encombrement des orbites basses par les mégaconstellations de type Starlink déployées ou en cours de déploiement imposera certainement de réguler le trafic spatial pour assurer la sécurité des opérations à l'instar de ce qui existe pour le trafic aérien : on parle de Space Traffic Management (STM). Le *Department of Commerce* est en pointe sur le sujet pour les Etats-Unis et au niveau européen, l'initiative EU-SST sera le pilier du STM. Du côté militaire, la transformation de l'espace d'un milieu hébergeant des capacités stratégiques vers un champ de bataille où se dérouleront des opérations militaires nécessite de connaître le comportement et l'activité des satellites inamicaux. On parle de *Space Situational Awareness* (SSA). Le développement du service WeTrack™ est ainsi porté par cette double dynamique. Le soutien du CNES et de



Exercice AsterX de Commandement de l'Espace



Antennes Starlink en partance pour l'Ukraine

la DGE au travers successivement de EU-SST et du plan France 2030 a permis de développer la capacité de suivre des orbites non géostationnaires et d'assurer bientôt un suivi des constellations commerciales en orbites basses. Safran en tant qu'opérateur de confiance du Commandement de l'Espace (CdE) a souhaité parallèlement développer des fonctions plus avancées de caractérisation des satellites et de détection autonome de nouveaux objets. La possibilité de suivre des orbites non géostationnaires est une capacité cruciale pour les besoins du CdE et celle de caractériser l'utilisation du spectre est importante pour les opérateurs civils, pour la détection des interférences. Ainsi, les développements pour les besoins civils ou militaires tirent des bénéfices mutuels mutuellement et permettent de construire un service unique au niveau mondial.

### Changement de paradigme

Au-delà de la question des technologies duales et de cet exemple particulier, un changement de paradigme est en cours dans le domaine spatial. Il se situe au niveau de l'emploi de capacités commerciales au cœur des affrontements et d'une frontière de plus en plus floue entre emploi civil et militaire. Le domaine spatial est en pleine mutation avec l'émergence d'entreprises privées comme SpaceX ou Rocketlab offrant un accès à l'espace moins coûteux ou avec plus de flexibilité que les acteurs traditionnels qui sont eux aussi en train d'accomplir une mutation forcée. Combiné avec une approche fondée sur des

plates-formes satellites nano ou smallsat en orbite basse, cela a démultiplié les initiatives privées liées au spatial.

### Starlink, d'un service grand public à un outil pour la défense

La mégaconstellation Starlink de SpaceX est un exemple intéressant : cette constellation commerciale a joué un rôle central pour les communications militaires ukrainiennes. Starlink offre à ses utilisateurs dotés d'une antenne électronique de 51\*57 cm un débit équivalent à celui d'un réseau 4G quelle que soit la situation au sol. Au début du conflit en Ukraine, le satellite KA-SAT, opéré par l'entreprise américaine Viasat et utilisé par l'état-major ukrainien, subit une cyber attaque diminuant fortement sa capacité à communiquer. Quelques semaines après, dès avril 2022, plus de 5000 terminaux Starlink ont déjà été fournis à l'Ukraine. Ces terminaux ont permis de rétablir l'accès à internet et d'utiliser des connections satellitaires jusqu'au niveau opératif permettant la coordination des opérations de l'armée ukrainienne. Ils ont par exemple joué un rôle important lors du siège du complexe Azovstal ou bien en permettent d'assurer la liaison de données vers les drones ukrainiens. L'importance cruciale de Starlink pour l'Ukraine n'a pas échappé aux russes qui ont déclaré par l'intermédiaire du président de Roscosmos qu'Elon Musk serait tenu « responsable [de leur utilisation] comme un adulte - peu importe à quel point il joue à l'idiot ». L'utilisation de cette constellation au cœur des combats a complètement brouillé la frontière entre solutions civiles et militaires.

### Des moyens grands public participant à la souveraineté de défense

Un service commercial est devenu une capacité souveraine de défense bénéficiant aux USA et à leurs alliés. Une autre illustration au niveau fran-

çais en est la participation chaque année des opérateurs français de service commercial de SSA comme Safran aux exercices militaires AsterX du CdE. L'important n'est plus de classer un moyen comme commercial ou militaire mais de savoir s'il peut être un outil de puissance au service des intérêts d'un pays. Des initiatives commerciales visant le grand public peuvent soutenir la souveraineté spatiale d'un pays. Les revirements et les déclarations récentes d'Elon Musk menaçant de couper l'accès à ce service s'il était utilisé à des fins militaires offensives nous rappellent cependant que les principes de fonctionnement et les mécanismes de responsabilité du secteur privé civil peuvent différer de ceux de l'industrie de défense et nécessitent encore de trouver un modus operandi partagé. ☞



Antenne de Starlink déployée



**Nathanaël Gibert,**  
ICA, Directeur  
Stratégie et  
Innovation Espace,  
Safran

X05, ENSTA, Nathanaël a commencé sa carrière dans la dissuasion d'abord au CATOD puis à l'UM COE. En tant qu'architecte, il est chargé de la rénovation du SCALP-EG en 2017. Après un passage en bureau des opérations d'armement, il rejoint Safran Electronics & Defense en 2021 où il pilote la stratégie et l'innovation de la Direction Espace.

# DE L'ATMOSPHÈRE À L'ESPACE

## TÉLÉMESURES ET NEUTRALISATION

Par Matthias Bry, IPA

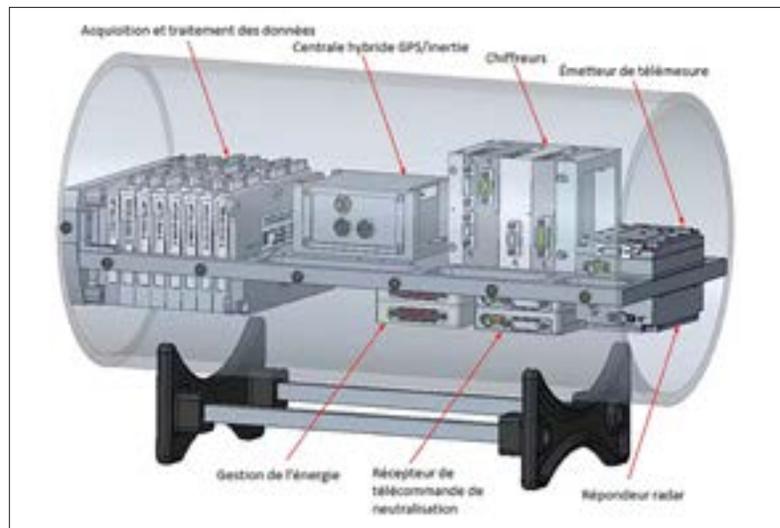
Mon expérience récente au sein de Safran Data Systems m'a permis de découvrir la dualité d'une ligne de produits que j'avais pratiquée de près, du côté militaire, lors de mon début de carrière au centre d'essais de Biscarrosse : les équipements embarqués de télémétrie et de téléneutralisation.

Côté militaire, la fonction télémétrie-téléneutralisation consiste, lors d'un tir d'essai de missile, à retirer la charge utile de l'engin (mais non sa charge propulsive) et à la remplacer par une case de mesures, qui assure le plus souvent trois sous-fonctions :

- transmettre au sol des informations sur l'état interne du missile, via une chaîne de télémétrie composée, à bord, de capteurs, de calculateurs électroniques, et d'un émetteur avec son antenne, et au sol, d'un récepteur avec son antenne, et d'un système d'exploitation ;
- transmettre au sol la position du missile, via un répondeur radar muni de son antenne ;
- recevoir du sol un ordre de maintien en vol (en continu) ou bien un ordre de destruction, généré sur ordre d'un opérateur au sol lorsqu'il juge que le missile a un comportement dangereux ; cet ordre est ensuite amplifié vers un dispositif qui interrompt le vol (selon la nature de l'engin en essai, par découpage pyrotechnique, arrêt moteur, crash volontaire...)

La case de mesures est donc l'équipement clé qui permet d'assurer la sécurité des personnes et des biens lors d'un essai de missiles.

Côté civil, la fonction télémétrie-téléneutralisation est intégrée à tous les lanceurs spatiaux, mais ne vient pas remplacer la charge utile (satellite, sonde spatiale ou capsule habitée), puisqu'elle ne concerne pas seule-



Case de mesures pour missile de croisière de conception américaine, © Curtiss-Wright

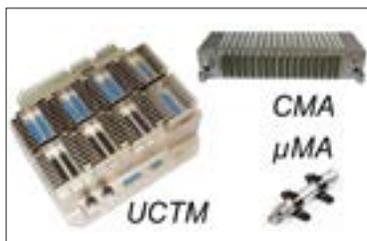
ment les vols d'essai, mais également les vols commerciaux de série. Par conséquent, les divers équipements qui composent la case de mesures ne sont pas nécessairement colocalisés. Ils incluent, comme pour un missile, des capteurs, des calculateurs, des émetteurs-récepteurs et des antennes radio.

L'expertise française en télémétrie est l'héritière du programme d'études balistiques des années 1960 (les fameuses « pierres précieuses »), au sein duquel les premiers missiles balistiques et les premiers lanceurs spatiaux français ont été développés simultanément et conjointement, notamment grâce aux moyens du Centre interarmées d'essais d'engins spéciaux (CIEES) de Colomb-Béchar (actuelle Algérie). La séparation géographique des activités de tir (le civil à Kourou et le militaire à Biscarrosse) à la suite

de la décolonisation de l'Algérie n'a jamais interrompu l'intense partage de technologies entre les deux secteurs, entretenu grâce à un tissu industriel commun (Aérospatiale comme intégrateur, Snecma pour la propulsion, Matra pour l'électronique, et une myriade de PME).

### Les opportunités du New Space

Si l'arrivée de nouveaux acteurs du secteur spatial à la fin des années 2000 est venue remettre en cause profondément les logiques commerciales des acteurs historiques, la fonction télémétrie-téléneutralisation a conservé sa place dans les nouvelles architectures : bien plus, la télémétrie, employée dans le passé pour comprendre les causes d'une éventuelle panne en vol et améliorer continuellement la conception des lanceurs, est devenue un outil de communication majeur : la chaîne de télémétrie s'est trouvée chargée de transmettre au sol



Trente ans de miniaturisation des unités de télémesure : 1995, 2015, 2025. © Safran Data Systems

les images des multiples caméras embarquées à bord qui permettent à des millions de téléspectateurs de vivre en direct ou en différé un lancement spatial comme s'ils y étaient. Ce besoin de communication grand public a conduit à faire évoluer la fonction télémesure pour permettre des débits de données décuplés.

Dans les années 2010, le secteur militaire a compris l'intérêt à la fois technique et commercial de pouvoir disposer d'un flux vidéo temps-réel en provenance d'un missile en essai, et a pu bénéficier des progrès faits côté civil dans les années précédentes.

Par ailleurs, la multiplication des micro-lanceurs permettant de placer en orbite basse des constellations de satellites légers a conduit les équipementiers à investir dans la miniaturisation : ainsi, après l'Unité centrale de télémesure (UCTM) d'Ariane 5 de la taille d'un pack d'eau, le Codeur multi-acquisitions (CMA) du M51.3 de la taille d'une bouteille, Safran Data Systems prototype aujourd'hui le μMA (micro-CMA) de la taille d'un stylo, qui trouvera sa place dans de multiples applications à volume contraint ; il ne faut cependant pas occulter les défis majeurs de dissipation thermique et d'interférences électromagnétiques que pose cette miniaturisation.

Enfin, le perfectionnement des technologies de radio logicielle, surtout portées par le secteur militaire dans les années 1990, permet de bâtir aujourd'hui des émetteurs-récepteurs radio embarqués pour lanceurs et missiles à partir d'une plateforme

matérielle commune, malgré les inévitables différences de standard de transmission qui séparent les deux domaines.

### Challenges techniques et commerciaux

Si les environnements thermiques et vibratoires rencontrés par un lanceur spatial sont du même ordre de grandeur que ceux rencontrés par un missile, une différence de taille est l'exposition aux environnements radiatifs naturels (ERN) : vent solaire, éruptions solaires, magnétosphère... Par nature, un vol de missile est plus court qu'un lancement spatial, et atteint une altitude bien inférieure ; **nous sommes donc dans un cas inhabituel où la résilience et l'endurance d'un équipement civil doivent être très supérieures à celles de son équivalent militaire.** La redondance reste une solution assez répandue (on met deux équipements dans un lanceur là où on en mettrait un seul dans un missile, ce qui permet de tenir la durée de la mission spatiale), mais présente l'inconvénient d'alourdir le lanceur au détriment de sa capacité d'emport en charge utile. Le choix de composants résistants aux radiations, beaucoup plus coûteux, est souvent préféré par les acteurs du spatial ; l'augmentation de prix qui s'ensuit est souvent difficile à faire accepter côté militaire, ce qui pose le risque d'une divergence des technologies.

L'une des stratégies commerciales employées par les acteurs du New Space consiste à dégrader la fiabilité au profit du prix : si votre lanceur a un taux de panne de 10%, pour un prix deux fois inférieur à un concurrent dont le taux de panne est de 1%, vous êtes compétitif pour les charges utiles dont le prix est inférieur à huit fois celui du lanceur (faites le calcul !)

Les acteurs militaires, ainsi que les acteurs du spatial historique, tendent au contraire à vouloir diminuer au maximum le risque d'échec d'un tir d'essai de missile ou d'un vol de lan-

ceur, quitte à en augmenter significativement le coût, tant pour des questions d'image que pour des questions de déterminisme calendaire : prendre le risque qu'un tir échoue, c'est prendre le risque de mettre en retard, côté militaire, la mise en service opérationnel, et côté civil, la mise en orbite de la charge utile.

Enfin, notons que le déroulement d'un projet militaire est parfaitement balisé, à base de procédures réglementaires, d'appels d'offres et de devis, de spécifications et de justifications, de revues et de fiches d'interface, avec seulement deux principaux missiliers en France et une poignée d'autres en Occident ; mais le tableau est tout autre côté spatial. Les acteurs historiques français, ArianeGroup et le CNES, suivent une logique assez proche de celle des marchés d'armement ; mais les multiples jeunes pousses du New Space français et européen ont besoin de trouver chez leurs partenaires une souplesse, une réactivité, et surtout des délais bien inférieurs aux trois ans qui sont le « ticket d'entrée » de tout projet militaire. À moins que les marchés d'armement ne parviennent à intégrer cette culture de la prise de risque et de l'adaptation réciproque, les sous-traitants duaux continueront de faire le grand écart en conduisant de front des projets aux rythmes très différents, ce qui n'est facile à gérer ni pour les équipes, ni pour les finances. ☹



**Matthias Bry, IPA**  
architecte de cohérence du soutien pour les programmes missiles à DGA/DO/SMCO

Matthias Bry (X 2010), après un début de carrière à DGA Essais de missiles comme chef de projet moyens d'essais, puis comme directeur d'essais de missiles air-air, a occupé un poste de chef de projets équipements embarqués de télémesure-téléneutralisation chez Safran Data Systems dans le cadre de sa période d'ouverture. Il a rejoint le SMCO à son retour à la DGA.

# L'ESPACE : DES PROBLÉMATIQUES TRÈS TERRE À TERRE

UNE DUALITÉ VUE À TRAVERS LES ÉTUDES AMONT

Par Toan Nham, IPA

Sans les applications civiles et l'export, l'industrie spatiale n'œuvrerait qu'au profit des capacités militaires et serait plus difficilement soutenable. C'est pourquoi l'orientation des études amont pilotées par la DGA tient compte autant des perspectives civiles que des besoins opérationnels.



Une illustration de la dualité : Helios 2, un satellite militaire inspiré du satellite civil Spot 5

## L'espace est un milieu dual par essence

Les récents succès spatiaux comme Starlink, Artemis ou Perseverance le masquent, mais l'espace est un environnement particulièrement hostile, par ses sollicitations thermiques, mécaniques et radiatives délétères. En témoignent les trois échecs de lancements Vega depuis 2019. Il est donc indispensable de mutualiser l'effort porté sur le développement entre satellites militaires et civils : d'où la création du CNES en 1961, qui regroupe une partie de l'expertise spatiale, placé sous tutelle entre autres du ministère des armées.

Dans le domaine des satellites d'observation, la série SPOT a donné naissance aux satellites militaires (HELIOS puis CSO) et à la filière

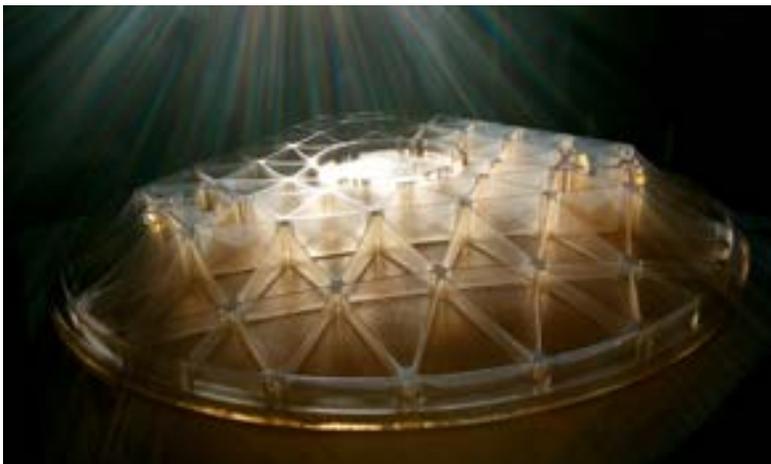
commerciale portée par Airbus (par exemple Pléiades Neo). Pour les satellites de télécommunication, la dualité se matérialise par la plateforme, généralement récurrente entre militaires et civils ; la charge utile, elle, est réalisée à façon pour de la communication durcie (au profit des armées) ou de la diffusion haut débit (au profit des opérateurs civils). De manière plus exotique, les satellites de navigation (GPS et Galileo) sont sous contrôle gouvernemental tout en fournissant un service libre et gratuit aux civils. Même les lanceurs, autrefois réservés aux fabricants de missiles balistiques, connaissent aujourd'hui une prolifération au travers des microlanceurs qui constituent autant une manne économique qu'une opportunité de résilience de l'accès à l'espace.

L'émergence du New Space confirme que l'industrie spatiale s'appuiera de plus en plus sur des initiatives civiles privées aux évolutions rapides. Les innovations soutenues par la DGA doivent donc également tenir compte des opportunités pour les applications civiles, comme le montrent les exemples qui suivent.

## Des équipements à l'état de l'art pour un marché dual

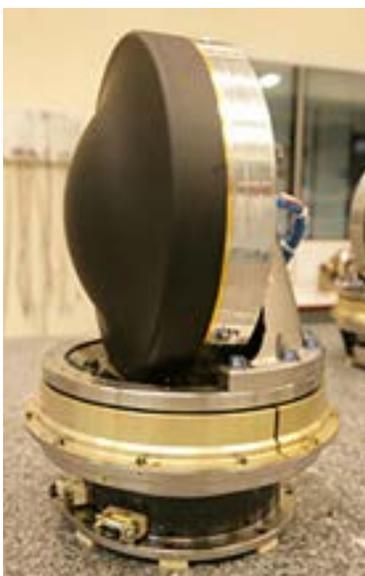
Au travers de ses futurs programmes d'armement (IRIS pour l'observation à partir de 2029, CELESTE pour l'interception électromagnétique à partir de 2028, SYRACUSE pour les télécommunications et ARES pour la maîtrise de l'espace) aux performances ambitieuses, la DGA concourt au développement de technologies à l'état de l'art essentielles à la compétitivité.

Sur les satellites d'observation IRIS qui succéderont à CSO, la performance image dépend directement du diamètre du miroir principal, plus grand que celui de CSO. Or, la durée de fabrication d'un miroir augmente avec le carré de ce diamètre ! Les développements que nous avons mis en place sur les grands miroirs spatiaux allégés permettent de contenir cette inflation et de conserver un planning programme maîtrisé. L'industrie, de son côté, y gagne en compétitivité à l'export.



L'allègement des miroirs (face arrière) : un procédé complexe et risqué qui n'a de sens que pour des miroirs spatiaux

Même principe pour la chaîne image bord, sorte de mémoire informatique doublée d'une capacité de compression. IRIS, par les débits qu'imposent ses images toujours plus précises, exige des développements technologiques ambitieux. L'industrie saura les faire fructifier dans des prospects. Même principe encore pour les actionneurs gyroscopiques, sortes de toupies permettant aux satellites de pivoter sur eux-mêmes et qui leur procurent de « l'agilité ». Sur IRIS, la dualité est omniprésente : au travers des études amont, nous suivons presque chaque équipement.



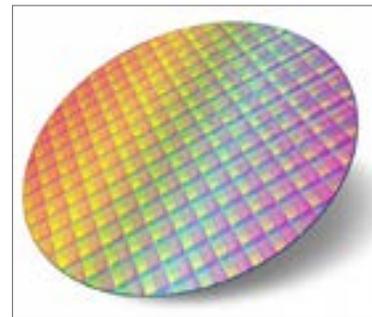
Un actionneur gyroscopique : sa roue en rotation lui confère un moment cinétique qu'elle peut échanger avec le satellite

### Notre souveraineté repose sur une BITD spatiale très fragile

Avec seulement quatre grands programmes spatiaux, le ministère seul ne peut pas maintenir des compétences dans l'industrie tant chez les grands maîtres d'œuvre que chez les équipementiers. Le soutien à l'export – l'une des missions de la DGA – permet de maintenir l'activité industrielle tout en rentabilisant les investissements. Or, il ne doit pas entrer en conflit de ressources avec les programmes d'armement. Les industriels ont donc besoin d'une visibilité à long terme pour mettre en place et pérenniser les compétences.

Parfois, le soutien direct de la DGA ne suffit pas et il faut le rechercher ailleurs. C'est le cas des circuits programmables (FPGA) souverains et durcis à l'environnement spatial portés par NanoXplore, seule alternative actuelle aux solutions ITAR. L'industrie doit alors rechercher d'autres sources de financement telles que les Plans de relance. C'est aussi le cas dans le domaine de la cryogénie, peu représentée à la DGA mais nécessaire à l'observation infrarouge. Charge alors à l'industrie de convaincre l'ESA de la pertinence de sa feuille de route. C'est enfin le cas dans le domaine des fonderies de semi-conducteurs comme chez STmicroe-

lectronics, dont les technologies spatialisées et uniques en Europe sont cruciales pour nos ASIC, nos FPGA, nos détecteurs. Comme le chiffre d'affaires spatial y représente une petite fraction du chiffre d'affaires global, le soutien de la DGE a été nécessaire.



Un wafer de semi-conducteurs : des composants nanométriques issus de milliards d'euros d'investissements

### Conclusion

**Tout comme les technologies militaires sont dérivées dans le marché civil, les prospects civils permettent de lisser la charge nécessaire aux programmes d'armement. De cette intrication dépend la soutenabilité industrielle sur le long terme et le maintien d'une filière française de précellence. Avec le New Space et la Stratégie Spatiale de Défense, cette dualité est appelée à se renouveler. Peut-être qu'un jour, tel le James Webb, un successeur d'IRIS arborera un miroir gigantesque en pétales ?**



**Toan Nham, IPA, IA, ACT MUSIS, CSO et IRIS**

Issu de la promotion X2011 et de Supaéro, Toan NHAM a effectué une première affectation chez Thalès Alenia Space à Cannes sur l'intégration de l'instrument CSO-2. Aujourd'hui, il est architecte satellite à la DGA sur les programmes d'observation par satellites MUSIS, CSO et IRIS. A partir de cet été, il en sera l'architecte de cohérence technique.

# L'ESPACE VOIT TRIPLE : INDUSTRIE, TECHNOLOGIE, USAGES

Par **Benoît Hancart**, ICA, et **Christophe Debaert**, ICA

Les besoins militaires et civils en observation, communications et navigation sont très proches. Le militaire demande plus, et n'a pas les moyens de le faire seul.



Instruments et miroir du satellite Pléiades qui permettra une résolution de 50 cm

Comme tout utilisateur, les militaires utilisent les services spatiaux civils disponibles dès que cela est possible. Toutefois, l'absence sur le marché civil de services capables de répondre au « noyau dur » des besoins opérationnels, conjuguée à l'importance en taille des charges utiles correspondantes, oriente les militaires vers des développements satellitaires spécifiques complémentaires.

Dans le domaine des **télécommunications**, militaires et civils ont tous deux besoin d'échanger de l'information, les uns pour relier leurs centres de commandement à des unités déployées sur les théâtres d'opérations, les autres pour avoir accès à Internet et s'interconnecter à n'importe quel endroit du globe et à toute heure. Si rien ne distingue un mégabit de données militaires d'un mégabit de streaming (après tout ce ne sont qu'une série de zéro et de un !), les besoins des deux communautés diffèrent, avec des spécificités quant aux conditions d'emploi des informations

recueillies ou diffusées. Le théâtre d'opération, par définition mouvant, est le lieu des conditions extrêmes en matière de brouillage et d'interception. Afin d'assurer, quoi qu'il arrive, la continuité des communications, le militaire développera, au moins pour une partie des débits, des satellites spécifiques dotés de capacité d'antibrouillage avec un niveau très élevé de cybersécurité, voire des protections pour les agressions les plus extrêmes que n'intègrent pas les solutions civiles. Enfin, quand les conditions le permettent, les militaires profitent des services délivrés par des satellites civils. L'exemple du conflit ukrainien démontre à la fois le besoin de résilience, l'apport des capacités civiles mais également la limitation de ces dernières.

Dans le domaine de l'**observation**, la tendance est similaire. Là où la communauté civile regarde la Terre à des fins de maîtrise de l'environnement (météo, observation, surveillance du climat ...), les militaires scrutent les théâtres d'opérations et derrière les lignes ennemies pour y recueillir de précieuses informations de renseignement, à l'aide de satellites d'observation positionnés à une altitude d'environ 500 à 800 kilomètres dotés d'instruments optiques, radar ou autres.

Bien souvent, la précision souhaitée par les deux communautés est différente, les militaires recherchent le détail là où les usages civils se concentrent plutôt sur la quantité et la variété des données recueillies. Cela rend difficile le partage du

même satellite pour satisfaire ces deux besoins. A titre d'exemple, la réponse au besoin de surveillance de l'environnement s'est faite à travers le programme Copernicus (satellites européens Sentinelles), embarquant des senseurs pas assez précis pour les militaires mais capables de détecter sur de larges zones la fonte des glaces, la déforestation ou encore des pollutions. Du côté de la défense, la réponse aux besoins de renseignement a fait l'objet de programmes séparés de satellites embarquant des instruments optiques de grande taille pour la précision souhaitée : c'est le cas des satellites français CSO et demain IRIS.

Toutefois, en complément de ces satellites très précis, les militaires ne se privent pas d'utiliser les services issus de satellites civils de météorologie ou d'océanographie pour répondre à des besoins spécifiques nécessaires à leurs missions, et s'épargnent l'onéreuse acquisition d'un système en propre.

C'est exactement ce qui s'est passé dans le domaine de la **navigation** en Europe où, pour des raisons financières mais aussi politiques et, plus terre-à-terre, de place sur les satellites, la carte de la dualité a joué pleinement son rôle. Un seul type de satellite a été développé pour répondre aux besoins civils et de sécurité de positionnement et de synchronisation. Galileo diffuse à la fois les signaux cryptés et ouverts en accès libre accessibles respectivement aux utilisateurs autorisés et au commun des mortels. Cette



Le satellite Syracuse IV

composante spatiale institutionnelle apte à répondre aux besoins civils et de sécurité est aussi, de toute évidence, d'intérêt pour la défense.

### L'usage de technologies communes

Il n'existe pas de technologies spatiales servant uniquement aux satellites militaires ou uniquement aux satellites civils ; composants électroniques, matériaux ou logiciels de base entrant dans la conception des satellites, tous sont utilisés de manière équivalente dans les deux domaines.

Les spécificités se trouvent au niveau des sous-systèmes du satellite. Par exemple, dans les télécommunications, un satellite devant répondre aux besoins extrêmes des conflits de haute intensité embarquera, en plus de ce que l'on retrouve dans un satellite à vocation civile, un sous-système permettant aux communications de continuer à fonctionner en ambiance brouillée, une cryptologie permettant de protéger les communications des intrusions, ou encore une protection contre les agressions.

D'autres spécificités militaires liées aux fréquentes évolutions des théâtres d'opérations trouvent maintenant une déclinaison civile

avec la mobilité aérienne ou l'évolution des couvertures au gré des évolutions des besoins des opérateurs de télécommunications. Globalement, de nombreuses technologies utilisées par le militaire trouvent bien souvent une déclinaison dans le monde civil (évolution des couvertures, agilité bord...)

Dans le domaine de l'observation, un satellite optique militaire embarquera souvent un télescope plus imposant en taille qu'un télescope à vocation civile afin d'atteindre la résolution et la précision extrême recherchées par les services de renseignement. Le reste sera globalement commun avec un satellite civil, exception faite de l'environnement afférent à la cybersécurité. Puis, dans la durée, la résolution militaire de la génération précédente tend à apparaître dans la génération civile du moment, à l'exemple de l'imagerie de 25 à 30 cm aujourd'hui disponible sur le marché.

### L'effet de levier de la qualité

Globalement, cette dualité des technologies est un formidable atout collectif pour l'industrie spatiale : l'investissement fait par la communauté spatiale civile entretient les briques de base nécessaires aux militaires pour y intégrer leurs spécificités, spécificités qui

pour la plupart génèrent ensuite les services civils de demain. Elle est au cœur d'une démarche entrepreneuriale vertueuse, partagée entre Etat et Industrie d'autant que les budgets de la défense, même ceux des Etats-Unis, ne permettraient pas de maintenir dans la durée, un portefeuille de technologies et des savoir-faire industriels uniquement dédiés au développement de systèmes spatiaux militaires. ☞



**Christophe Debaert**, IGA, directeur des affaires spatiales Défense FR UE et OTAN chez Thales Alenia Space

Après différents postes au sein de la DGA sur les programmes Cyber et Espace, sur les affaires industrielles et dans le domaine capacitaire, Christophe Debaert a rejoint Thales Alenia Space pour coordonner les activités du groupe Thales sur le milieu spatial militaire.



**Benoît Hancart**, ICA, Responsable des relations institutionnelles France chez Thales Alenia Space

Benoît travaille chez Thales Alenia Space depuis 2007. Auparavant, il avait exercé diverses missions d'expert à la DGA et au CNES, avant de basculer comme attaché d'armement près l'Ambassade de France en Italie.

# ESPACE : DES BÉNÉFICES CROISÉS

Par Florian Rouziès, IA

Dans les années 1960, le programme secret des « pierres précieuses » ou plus simplement des « études balistiques de base » préparait les premiers missiles balistiques. Ces études aboutiront à la fusée Diamant, et à une symbiose jamais démentie entre mondes civil et militaire.

## Une stratégie payante

Dans les années 1970, la politique spatiale du CNES, récemment créé, se concentre exclusivement sur les lanceurs ainsi que sur des applications scientifiques, expérimentales et technologiques, passage obligé afin d'acquiescer et de perfectionner la maîtrise des différentes technologies constitutives d'un système spatial. Ces réussites aboutissent à la réalisation, en coopération avec l'Allemagne, des deux premiers satellites civils de télécommunications européens, Symphonie A et B, lancés entre 1974 et 1975 par une fusée Delta 2914.

Avec l'arrivée et le succès des premières fusées Ariane qui permettront de s'affranchir des lanceurs américains pour atteindre l'orbite géostationnaire, le programme Télécom est imaginé au début des années 1980 pour permettre de prendre le relais sur les satellites Symphonie et assurer la continuité de service des missions civiles. Le ministère de la Défense et la DGA s'associent alors au projet par adjonction d'une mission militaire embarquée (Syracuse 1) faisant des trois satellites composant le segment spatial, propriétés de France Télécom, les premiers satellites duaux français.

Fort de ce succès, le CNES se voit déléguer, par décision interministérielle, le développement des programmes militaires ainsi que la conduite des activités de recherche et de préparation du futur concernant les applications spatiales de Défense.



Le 26 novembre 1965 la première fusée Diamant, lancée d'Hamaguir, porte le satellite As-térix. La France devient la troisième puissance spatiale mondiale.

L'intérêt de confier à une agence civile telle que le CNES la conception et l'exploitation des systèmes spatiaux de la Défense est double car cela permet à la fois de mutualiser les besoins et de partager les risques dans le but de réduire les coûts pour la Puissance Publique et l'Industrie. En effet, la réutilisation de certaines technologies civiles, comme les plateformes, profite directement aux programmes militaires, et, à l'inverse, la réutilisation des technologies de défense, concernant la sécurité, la haute performance ou encore l'approche système bénéficie aux programmes civils. C'est ainsi que des programmes duaux ont permis de développer des compétences nationales uniques.

Ces grandes réussites, obtenues dans tous les domaines d'application, ont été rendues possibles

par un soutien institutionnel continu qui a permis de consolider la base industrielle nationale tout en protégeant un savoir-faire unique sans le dupliquer.

Cette stratégie a affermi la compétitivité sur le marché mondial dans tous les domaines tout en répondant de manière efficiente aux besoins des forces armées et à leurs évolutions.

*« CETTE STRATÉGIE  
DUALE A PERMIS UN  
SOUTIEN CONTINU  
DANS LE DOMAINE DU  
SPATIAL »*

## L'excellence de la filière optique de l'observation de la Terre, un modèle de dualité à double sens

Porteur de technologies novatrices, SPOT a été le premier grand programme d'observation de la Terre et le fer de lance national de la télédétection optique..

En parallèle du succès des premiers satellites de télécommunications, et dans un contexte de guerre froide, des études et expérimentations sont menées au CNES afin d'aboutir à la réalisation d'un système orbital d'observation de la Terre. SPOT et son équivalent militaire, SAMRO, sont les deux projets qui visent à doter la France de capacités de surveillance depuis l'espace. Si le second ne verra jamais le jour, il permettra au premier de connaître le succès qu'on lui connaît par la réutilisation de certaines technologies



CSO, dernier né militaire de l'héritage Pléiades

et développements préliminaires. Cette association permettra alors l'avènement de la dynastie des satellites SPOT et Hélios dont le succès durera plus de 40 ans grâce à une synergie duale héritée des générations successives.

La confirmation sera assurée par le programme Pléiades, qui, par sa conception complètement duale, va provoquer une rupture technologique à tous les niveaux afin de concilier les besoins commerciaux civils et les besoins opérationnels militaires. Sa construction unique qui vient positionner la plateforme autour de l'instrument (et non plus l'inverse) viendra bouleverser tous les domaines techniques, jusque dans la mise en œuvre du guidage en prise de vue ou dans l'élaboration des plans d'acquisition. Marque de la profonde dualité de Pléiades, son héritage a été en partie transféré vers l'industrie sur des programmes civils commerciaux (SPOT 6, 7 et Pléiades NEO) et a aussi permis d'assurer la continuité des systèmes militaires actuels et futurs (CSO et IRIS) en accroissant leur performance et en élargissant leurs missions.

Depuis Pléiades, la recherche duale en rupture pour les applications d'observation de la Terre est assurée au CNES, au travers des financements continus de la « ligne 191 », via des programmes

technologiques tels qu'OTOS et l'avant-projet associé THR-NG. De nos jours, elle est concrétisée par des applications telles que CO3D ou le programme Hyperspectral.

Cette filière a par ailleurs fait émerger de nouveaux acteurs civils privés nationaux sur le marché de l'observation, offrant au gouvernement et aux armées une capacité de résilience.

### « PLEIADES, LA DUALITE D'EMBLEE »

Conséquence de cette renommée, les plus grandes coopérations scientifiques internationales telles que Jason, SWOT, le JWST, Curiosity, Perseverance, ou encore RASHID comptent toujours la France comme partenaire essentiel.

### L'exploitation et le maintien en conditions opérationnelles, opérations duales des satellites

Depuis les premiers programmes d'observation de la Terre, qu'ils soient civils ou militaires, le CNES assure les opérations des satellites afin de mutualiser les besoins en ressources humaines et d'assurer un retour d'expérience des opérations vers le développement, et inversement. Cela illustre la maîtrise de bout en bout du CNES, depuis la recherche technologique et l'in-

génierie amont jusque dans les phases d'exploitation et de fin de vie afin d'en tirer tout le bénéfice pour les programmes suivants. En outre, cela permet aujourd'hui au CNES et au CDE de travailler main dans la main afin de garder cette complémentarité duale durant les phases d'exploitation des systèmes spatiaux, et ce, jusqu'à leur fin de vie et leur désorbitation.

Finalement cette stratégie duale du CNES, gagnante dans le passé, permettra de répondre aux grands enjeux futurs, civils ou militaires, gouvernementaux ou privés ☺

Les satellites Pléiades sont agiles ! Toute la chaîne de programmation mission a été revue et de nouveaux algorithmes de calcul ont été développés afin d'appréhender au mieux la combinatoire pour :

- Minimiser les conflits entre les acquisitions ;
- Partager efficacement la capacité ;
- Optimiser l'utilisation du satellite.

Ainsi, ce type de système est capable de produire un très grand nombre d'images, d'un ordre de grandeur supérieur par rapport aux satellites de la génération précédente.



**Florian Rouziès,**  
IA, Spécialiste  
programmation  
mission de  
Défense au CNES

Il effectue en tant qu'IA un premier poste en affectation temporaire au CNES afin de participer au développement du système CSO. Fort de cette expérience, il choisit d'intégrer le CNES pour participer activement à la définition et au développement technique des missions et projets de Défense.

Spécialiste programmation mission de Défense, CNES

# HYPRSPACE

## PROPULSION HYBRIDE SOLIDE ET LIQUIDE

Par Philippe Clermont, ICA et Sylvain Bataillard

HyPrSpace est une startup qui développe un micro-lanceur basé sur une innovation en propulsion : une architecture novatrice de propulseur hybride permettant des performances propulsives optimales pour le spatial civil et l'industrie de la Défense.



Prototype Joker-MK2 à poussée maximale

Cette levée de verrou technologique protégée par un brevet d'invention ouvre ainsi de nouvelles perspectives pour l'exploration de l'espace et la mise en orbite de satellites. Le développement de cette capacité de lancement est largement soutenu par le gouvernement via France2030, ainsi que des investisseurs privés.

La particularité de la technologie de propulsion hybride de HyPrSpace réside dans sa capacité à combiner les avantages des systèmes de propulsion liquide et solide. Cette approche hybride permet de réduire les coûts et les risques associés aux technologies conventionnelles tout en ayant une performance optimale et une forte capacité de modulation de poussée, grâce à cette architecture brevetée. Le micro lanceur spatial de HyPrSpace offre ainsi une option flexible et abordable pour les missions spatiales de petite à moyenne envergure.

Cependant, l'impact de cette technologie ne se limite pas seulement à l'industrie spatiale. HyPrSpace a également identifié une utilisation potentielle dans le domaine de la défense. Grâce à sa manœuvrabi-

lité améliorée et sa fiabilité accrue, la technologie de propulsion hybride de HyPrSpace peut apporter des nouvelles capacités pour le déplacement à haute vélocité et haute manœuvrabilité, dans l'espace comme dans l'atmosphère.

Ce développement prometteur de la technologie de propulsion hybride de HyPrSpace a reçu une reconnaissance officielle et un soutien institutionnel de premier plan. La Direction Générale de l'Armement (DGA) a accordé une subvention à HyPrSpace, soulignant ainsi l'importance stratégique de cette innovation pour le secteur de la défense. De plus, une thèse de doctorat, en partenariat avec l'Agence Innovation de Défense (AID), est actuellement en cours, approfondissant la recherche et le développement de la technologie de propulsion hybride de HyPrSpace dans le contexte de la défense. Ces collaborations avec la DGA et l'AID témoignent de la confiance accordée à HyPrSpace et renforcent sa crédibilité sur le marché. Les soutiens financiers et scientifiques de ces institutions permettent à HyPrSpace de bénéficier d'une expertise spécialisée et de valider davantage sa technologie de pointe.

En combinant des avancées technologiques de pointe avec des partenariats stratégiques, HyPrSpace est bien positionnée pour jouer un rôle clé dans la transformation de l'industrie spatiale et de la défense. La startup repousse les frontières de l'exploration spatiale et contri-

bue aux avancées en matière de défense nationale grâce à sa technologie de propulsion hybride innovante. ☞



Un micro-lanceur spatial pour des missions de moyenne envergure



**Philippe Clermont**, ICA, vice-président Strategy & Finance de Hyprspace

X80, il a débuté sa carrière dans la recherche à la DGA. Il a ensuite été cofondateur de startup, investisseur en capital risque, responsable de tutelles R&D aérospatial à la DGA, fondateur d'une société de conseil. Il est actuellement Executive Vice-Président Stratégie et Finances, et actionnaire, de Hybrid Propulsion for Space.



**Sylvain Bataillard**

Il a débuté dans le monde de l'aéronautique comme ingénieur chez l'avionneur ATR, puis dans la défense au sein du CEA et finalement d'ArianeGroup, sur les programmes militaires. Il est à l'origine de la startup HyPrSpace en tant que cofondateur et occupe actuellement le poste de Directeur des Opérations.

# ENTRAÎNEMENT & SIMULATION :

les clefs de la réussite  
de votre capacité opérationnelle

■ ENTRAÎNEMENT

■ MISSION



**Sogitec**  
A Dassault Aviation Company

■ FORMATION

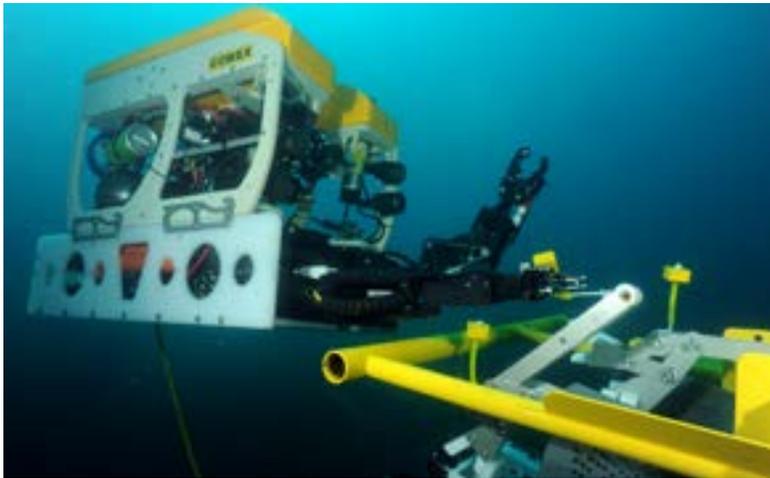


# LES GRANDS FONDS MARINS : UN DOMAINE DUAL ?

## DES UTILISATIONS MILITAIRES VARIEES

Par Louis Le Pivain, IGA

La capacité d'intervention par grand fond est utile en termes militaires pour pouvoir par exemple récupérer des objets tombés au fond, missile ou aéronef accidenté, comme ce fut le cas pour un avion F35 américain, qui a coulé fin janvier 2022 en mer de Chine lors d'un appontage raté ou pour un F35B britannique perdu en méditerranée en novembre 2021. La France a mis plus de 50 ans avant de pouvoir atteindre la Minerve, sous-marin qui avait disparu avec 52 membres d'équipage en méditerranée en 1968 et repose par 2350 mètres de fond ; encore, a-t-elle utilisé pour cela des moyens de recherche sous la mer américains.



Intervention Comex sur le Laboratoire sous-marin Provence Méditerranée (LSPM) implanté à 2450 mètres de profondeur, à 40 kilomètres au large de Toulon pour sonder le ciel à la recherche de neutrinos et étudier le monde mystérieux des grands fonds. (crédit : Comex/CNRS)

Une cartographie précise des fonds permet aux sous-marins de se repérer de manière totalement discrète, en particulier avant un lancement éventuel de missiles stratégiques. La dissuasion française se doit donc de pouvoir s'appuyer sur une bonne connaissance des fonds jusqu'à une profondeur que je me garderai bien de dévoiler.

Le monde pétrolier est bien au fait de l'intérêt d'une meilleure connaissance du sous-sol marin. Lors de creusement de puits en mer, seul un forage sur trois est couronné de succès, or chaque percement coûte de l'ordre de deux cents millions de dollars. Une meilleure

connaissance des fonds permettrait de largement améliorer ce taux de réussite médiocre.

### Un rôle stratégique dans les relations internationales

Les 450 câbles sous-marins intercontinentaux par lesquels transitent près de 99 % des données numériques échangées entre continents sont simplement posés sur le fond par des navires câbliers qui ne les enfouissent qu'à proximité des côtes pour éviter les arrachements de câbles par des activités humaines, en particulier la pêche. Indispensables aux télécommunications modernes, ces câbles sont des équipements fragiles et leur importance straté-

gique pour l'économie mondiale en fait de potentielles cibles dans les conflits d'aujourd'hui et de demain - Le conflit en Ukraine rappelle cette vulnérabilité. Vecteurs stratégiques, jouant un rôle clé dans la maîtrise de l'information et la souveraineté numérique, ils ont déjà été des cibles dans les conflits interétatiques. En 2013, les révélations d'Edgar Snowden ont mis en lumière leur usage par les services de renseignement. Depuis, ils seraient au centre des activités étatiques de renseignement : plusieurs navires notamment russes, sont régulièrement repérés sur le tracé de certains câbles.

Ces câbles se retrouvent donc à la croisée de la compétition maritime croissante et des enjeux technologiques et stratégiques du monde cyber. Les États accordent désormais une grande attention à la protection de ces infrastructures. En 2020, l'OTAN a d'ailleurs inscrit cette priorité dans son agenda.

Des drones sous-marins permettraient de surveiller et protéger ces artères essentielles pour la bonne marche de nos sociétés ultra-connectées, une attaque coordonnée sur quelques câbles sous-marins bien choisis pourrait en effet complètement désorganiser notre monde occidental.



AUV Ulyx capable de descendre à 6000m (crédit : Ifremer Olivier Dugornay)

Le transport d'énergie (électricité, gaz, pétrole) repose également en partie sur des câbles ou tuyaux sous-marins. La connectivité de tous les territoires de la République autour du globe est un enjeu stratégique pour la France : une atteinte malveillante, coordonnée et massive, à l'intégrité de ces autoroutes de données ou énergétiques pourrait avoir potentiellement de graves conséquences sur la continuité des services ou isoler numériquement tout ou partie du territoire.

Par ailleurs, nous devons être en mesure d'agir en cas d'atteinte accidentelle ou naturelle à l'intégrité de ces infrastructures. L'attaque des gazoducs Nord Stream le 26 septembre 2022 en mer Baltique -quoiqu'ayant eu lieu à 70 mètres, à la limite supérieure du domaine des grands fonds- en est un exemple inquiétant.

### **Des ressources minières et halieutiques qui attisent les convoitises**

Les richesses minières sous-marines, nodules et encroûtements polymétalliques, la localisation et

les potentialités minières des monts sous-marins des océans sont encore mal connus, mais riches de potentialités.

Les grands fonds marins contiennent de vastes quantités de ressources minérales aux noms mystérieux : nodules polymétalliques, présents au fond des plaines océaniques, encroûtements cobaltifères et amas sulfurés. Les terres et métaux rares sont indispensables pour les équipements actuels de la transition écologique et font l'objet de toutes les convoitises.

Les ressources halieutiques dans la colonne d'eau sont immenses et totalement méconnues. Les scientifiques disent que les grands fonds marins contiennent une vie pour l'essentiel inconnue à ce jour. Il est ainsi estimé que la zone méso pélagique, de deux cents à mille mètres de profondeur, abrite plus d'un million d'espèces marines encore non décrites à ce jour et qu'on y trouve 90 % de la biomasse des poissons. Les cheminées hydrothermales et les monts sous-marins sont également des hauts lieux de biodiversité.

Les connaissances océanologiques sont fondamentales en climatologie : les échanges d'énergie entre les masses d'eau en profondeur ont une influence déterminante sur les phénomènes atmosphériques. On connaît les conséquences désastreuses produites par le phénomène « El niño » baptisé ainsi car il apparaît au moment de Noël. Ses apports énergétiques gigantesques créent régulièrement au Pérou des pluies diluviennes avec des effondrements et glissements de terrains, causant d'énormes dégâts et de nombreux morts.

Pour en apprendre davantage sur ces fonds marins peu connus, la France peut s'appuyer sur l'excellence technologique de l'IFREMER qui, en partenariat avec Exail, a développé l'un des drones autonomes les plus avancés au monde, L'AUV Ulyx capable de descendre à 6.000 m de fond. Il est conçu pour mener des missions en totale autonomie pouvant durer plus de 48h dans des domaines très diversifiés comme la bathymétrie, la sédimentologie, l'océanographie. Pour cela, une batterie extrêmement large de capteurs peut lui être incorporée selon les besoins.



Les fonds sous-marins : un monde à découvrir

Grâce à sa forme hydrodynamique innovante et à ses deux propulseurs verticaux, il peut se stabiliser très près du fond pour fournir des images précises de sujets intéressants ou des analyses impossibles à réaliser en mouvement. Avec cette spécificité et sa capacité de connaître précisément sa position par l'utilisation de référentiel sous-marin, ce drone pourra modifier son itinéraire en fonction de ce que ses capteurs détecteront et ainsi fournir des informations précises et complètes sur tout objet découvert lors de sa mission.

### Une stratégie ministérielle de maîtrise des fonds marins

Le président de la République a fait des fonds marins l'un des dix objectifs stratégiques du plan « France 2030 », le ministère des Armées entend contribuer pleinement à la poursuite de cette ambition nationale. Citons la parole ministérielle : « L'audace, l'innovation et la force de l'engagement de toute notre communauté de défense

seront nos meilleures alliées pour faire de la maîtrise des fonds marins un domaine d'excellence pour la France. »

Notre pays a d'ailleurs la chance de pouvoir s'appuyer sur un écosystème particulièrement riche d'entreprises de toutes tailles capables de développer des solutions souveraines et de faire de la France l'un des leaders mondiaux des grandes profondeurs. Outre Exail déjà cité, leader dans le domaine des drones sous-marins autonomes, à usage civil et militaire, Ship as a service, successeur de la Comex, spécialiste des interventions par grands fonds, travaille régulièrement pour la marine nationale ; Rtsys, PME lorientaise, a développé des drones pour les grands fonds ; Abyssa, entreprise basque, utilise des drones en meute pour cartographier les grands fonds marins.

Dans ce domaine la concurrence est sévère, ainsi le norvégien Kongsberg fournit des drones

grands fonds aux pétroliers et à de nombreuses marines dont la marine nationale.

Conscient du potentiel du secteur et soucieux de développer l'excellence française dans ce domaine, le GICAN a créé un groupe de travail « Grands fonds » avec des entreprises dans lesquelles les ingénieurs de l'armement ont un rôle à jouer, au cœur de la dualité. ☺



**Louis Le Pivain,**  
IGA, Vice-président  
du GICAN

Membre de l'Académie de marine  
Vice-président du Gican  
Président de Kermenez SAS  
Conseiller du commerce extérieur de la France  
De 1978 à 1989 a travaillé pour DCN à Lorient, en Arabie et au Canada.  
1997/99 Directeur au SGDSN chargé de la coordination interministérielle de l'intelligence économique et du soutien à l'export  
Président de Raidco Marine de 2006 à 2018



# TOURELLES & CANONS

Nexter, leader français de la défense terrestre, s'affirme comme un maître d'œuvre industriel de référence. Sa gamme de produits et services s'étend des engins blindés de combat, aux systèmes d'artillerie, au couple arme/munitions ainsi qu'à la robotique. Nexter conçoit des solutions innovantes dans les composantes terre, air, mer, afin d'apporter aux forces armées françaises et étrangères un avantage opérationnel décisif.



BLINDÉS



MUNITIONS



ÉQUIPEMENTS



SYSTÈMES  
D'ARTILLERIE



SERVICES  
CLIENTS

NEXTER-GROUP.FR

    nexter\_group

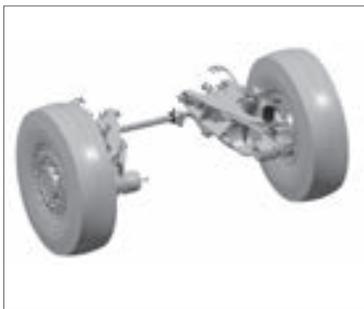
**nexter** **K+N**  
A COMPANY OF **D+S**

# L'INNOVATION AU CŒUR DE LA MOBILITÉ MILITAIRE ET FERROVIAIRE

DEUX UNIVERS TECHNIQUEMENT ÉLOIGNÉS PORTENT DES PISTES D'INNOVATION PARTAGÉES.

Par Charles-Antoine de Barbuat, *Président TEXELIS*

Deux technologies, la suspension à bras tirés et la motorisation électrique de chaque roue, apportent des bénéfices majeurs dans les systèmes actuellement livrés par Texelis respectivement aux Forces et dans les transports publics. Dans les systèmes futurs, ces deux technologies seront combinées et profiteront aux deux segments de clients de Texelis, démontrant tout l'intérêt de la dualité de l'entreprise.



Suspension arrière du Serval

## Le Serval (VBMR Léger) : une architecture de mobilité compacte et innovante.

Le nouveau 4x4 Serval apporte aux Forces un saut qualitatif de performances comparé à son emblématique prédécesseur, le VAB. En termes de mobilité, l'architecture retenue permet une grande polyvalence d'usage, sur tous les terrains d'opération : doté d'une puissance de 21 Ch par tonne et d'un couple apte à gravir une pente de 60%, le Serval est puissant, agile, tout en emportant un PTAC supérieur à 17 tonnes.

Pour emmener jusqu'à 10 soldats assis, au gabarit du percentile 95% homme, un point clef a été le choix par Texelis et son partenaire Nexter d'équiper l'arrière du Serval d'une suspension à bras tirés, au lieu de la double triangulation habituelle. Cette solution dégage un espace habitable inégalé, à hauteur de toit maîtrisée et forte capacité de franchissement.

## L'essieu du Neoval : une première mondiale pour le métro léger automatisé de Siemens.

En service à Rennes depuis septembre 2022, le Neoval de Siemens amène une souplesse de tracé inégalée pour des applications métro de débit intermédiaire. Faibles rayons de courbure, pentes de plus de 11 %, accélérations et freinages puissants, ces performances sont rendues possibles par le choix d'essieux directionnels Texelis, guidés par un rail central, avec des pneumatiques roulant sur piste béton.

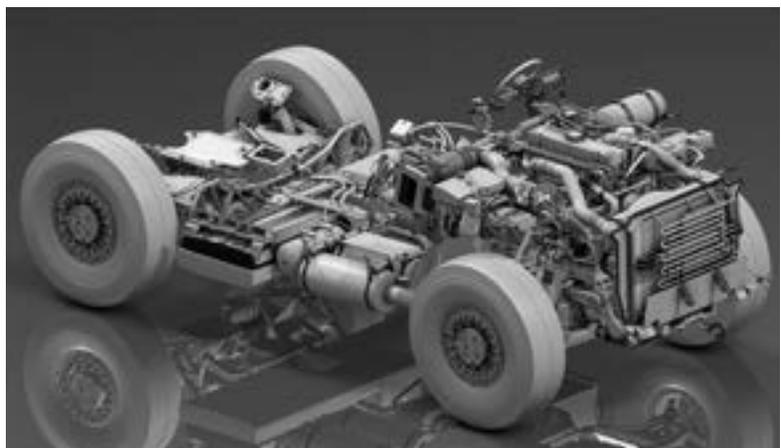
Autre caractéristique nouvelle : chaque roue dispose de son propre moteur électrique, supplantant le différentiel mécanique. Mieux, **le programme de pilotage optimise la tenue de piste et le confort passager**, en ti-

rant partie de l'indépendance de chaque moteur-roue.

Cette nouvelle application donne toute satisfaction à Rennes, et Siemens a déjà exporté le Neoval à Francfort et à Bangkok.

## La révolution de la motorisation électrique de chaque roue, combinée à une suspension indépendante.

Le ferroviaire comme le militaire partagent un certain conservatisme en matière de solutions de motorisation et de liaison au rail/sol. Fort du croisement des expériences rail/tout-terrain, et d'une coopération avec des partenaires technologiques comme Qinetiq, SNCF Innovation ou Railenium, Texelis développe 2 solutions de mobilité innovante, qui partagent des technologies en commun.



Le système de mobilité du Serval



L'essieu innovant du Neoval

**Dans le domaine du train**, nous participons au consortium du Train Léger innovant (TLi), dont la SNCF est le maître d'œuvre, avec la responsabilité de concevoir les nouveaux essieux des futurs TER.

Pour contribuer à la réduction des coûts d'exploitation de 30 % sur les lignes secondaires, Texelis va remplacer les bogies actuels (structure portant quatre roues fer, motorisation, suspensions et freinage) par des essieux combinant la suspension à bras tirés (Serval) et la motorisation pilotée par roue (Neoval).



Intégration d'un HDU dans un demi-pont Texelis

Cette innovation améliore les performances, tout en respectant le niveau de sécurité très exigeant du ferroviaire :

- Meilleure maîtrise du comportement dynamique du train dans les courbes comme dans les lignes droites, permettant de **conserver les vitesses d'exploitation sur des lignes anciennes** ;
- Réduction de l'usure des rails et des roues ;
- Meilleur rendement énergétique (moins de contacts hyperstatiques, fractionnement possible des éléments de traction) ;
- Plus de confort et de sécurité par **l'adaptation en gare aux différentes hauteurs de quai**.

**Dans le domaine militaire**, Texelis a conclu un accord avec la société britannique Qinetiq pour industrialiser et intégrer le Hub Drive Unit (HDU), brique technologique à même de bouleverser la mobilité des 4x4, 6x6 et 8x8 blindés.

Le HDU concentre dans chaque roue un moteur électrique de 55 Kw, un freinage protégé des pollutions extérieures, une boîte à deux rapports, un refroidissement liquide et un canal de gonflage centralisé, compatibles avec les sollicitations d'un blindé à roues.

La brique HDU permet de repenser totalement l'architecture d'un blindé à roues, en **supprimant toute connexion mécanique** entre le moteur thermique (devenu simple générateur de puissance électrique, fonctionnant à tout instant en régime optimal), et les roues. Le HDU est également totalement compatible avec une suspension à bras tirés.

Cette architecture hybride série apporte de très nombreux avantages :

- Le pilotage vectoriel des 4 roues améliore sensiblement la tenue de route, tout en augmentant les accélérations, décélérations et réactivité ;
- Le bilan masse est favorable, augmentant la capacité d'emport. Le centre de gravité est abaissé ;
- La charge mentale du pilote est réduite, par la suppression de la gestion des blocages de différentiels et par l'automatisation du ralentisseur ;
- **L'autonomie est fortement augmentée**, par la récupération de l'énergie au freinage, et l'exploitation optimisée du générateur, lui-même moins dimensionné que le moteur de la version mécanique ;
- Le blindé **améliore sa furtivité**, grâce à une autonomie de fonctionnement électrique silencieuse, et une moindre signature thermique.

## Partage des compétences et des technologies

Plus que jamais, le double positionnement de Texelis dans le militaire et le ferroviaire est porteur de fertilisation croisée, pour l'émergence des trains et véhicules blindés du futur.

Partage des compétences **mécaniques, électriques et systèmes**, pour des applications dont les charges à l'essieu, les puissances et les comportements dynamiques sont très comparables.

Partage des compétences en **contrôle commande et pilotage** en vue d'optimiser le comportement dynamique des véhicules.

Partage des compétences **d'industrialisation, de production et de service**, pour des besoins d'exploitation se mesurant en dizaines d'années.

L'ensemble de nos interlocuteurs, étatiques et privés, partenaires et clients, qui nous ont rendu visite à Limoges, a été frappé par le savoir-faire et l'enthousiasme des équipes de Texelis. Ces dernières partagent leurs domaines respectifs de compétences et d'expertises pour relever les défis de l'innovation, participent à l'attractivité de l'entreprise et répondent à la fois aux besoins des Forces et à la satisfaction des usagers des transports publics. ☺



**Charles-Antoine de Barbuat**,  
Président TEXELIS

X-Ponts civil, Charles-Antoine de Barbuat a toujours évolué dans l'industrie : 8 ans dans l'ingénierie des usines manufacturières, puis 15 ans dans le Groupe Legris Industries, dont il a dirigé successivement 2 divisions spécialisées dans les biens d'équipements industriels. Il devient Directeur Général de Texelis en 2010, dont il prend la présidence en 2018, à l'occasion d'un LBO majoritaire avec le management.

# LE CIVIL, LIVRE DE CHEVET DU MILITAIRE

IL EST PLUS FACILE D'OPTIMISER LES PRIX EN AMÉLIORANT UNE SOLUTION SIMPLE, QU'EN DÉTARANT UNE SOLUTION COMPLEXE

Par Patrick de Leffe, IGA



OPV argentins



BSAM



Voilier Persévérance



AHTS Ulyse

## La dualité, pour quoi faire ?

Pour faire mieux et moins cher Emmanuel Chiva, décembre 2020 : *Nous visons les entreprises qui ont un potentiel dual, à la fois civil et militaire dans des technologies qui sont importantes pour les armées. Ce qui nous intéresse, c'est de « capter » des technologies développées par des sociétés déjà établies sur leur marché primaire, mais qui présentent un intérêt pour la défense.*

## La dualité, appliquée à quels navires ?

Je limiterai mon discours aux bâtiments de surface, où « tout ce qui n'est pas interdit est autorisé » ; dans le domaine des sous-marins, et aussi sur porte-avions ( combinaison centrale nucléaire/ pyrotechnie/ aéroport/ lieu de vie), c'est plus compliqué, on est plus proche de « tout ce qui n'est pas autorisé est interdit ». Dans ces cas, le civil avec lequel se comparer est très ciblé et le niveau de risque toléré est bien plus faible.

## La dualité pour les navires de surface, dans quel domaine ?

Concernant les bâtiments de surface, le concepteur sépare classiquement la plate-forme et le système de combat.

Pour ce qui est des systèmes de combat des navires, sans doute faut-il séparer les senseurs et les armes, et les systèmes de management de combat ( CMS) ; pour les premiers, la dualité est plutôt à rechercher dans les technologies, les composants, modules et quelques sous-équipements, mais force est de reconnaître que les chantiers navals intégrateurs n'ont quasiment pas de moyen de pression sur les fournisseurs ; pour les seconds, les chantiers constatent que les industriels proposent des solutions très diverses avec des prix variant notablement, ce qui amène à supposer que des pistes d'économie sont possibles, mais là aussi les chantiers intégrateurs ont peu de moyens de pression, et ils observent aussi que le coût moyen de l'ensemble de ces solutions ne

cesse d'augmenter, et que l'apparition des contraintes cyber participe fortement à cette augmentation.

Il importe de savoir que, alors qu'il y a cinquante ans le prix d'une frégate était pour 60% voire les deux tiers lié à la plate-forme, et 40% voire un tiers au système de combat, on est aujourd'hui à la situation inverse, avec 40% voire 1/3 seulement lié à la plate-forme.



LCT Maroc



Barge de transport Antilles

La dualité civil-militaire appliquée à la plate-forme traitera donc un tiers à 40% du coût d'un navire de surface.

## La dualité sur les plates-formes de navires :

Les spécificités militaires des navires de surface sont liées à leur environnement militaire, survivabilité et discrétion, et aussi souvent à des objectifs de fiabilité et tenue dans la durée.

La fiabilité des équipements des navires civils est souvent moins bonne, et cela se retrouve dans le prix de la garantie : rapporté au prix du navire, le prix de la garantie, pour un chantier civil, est souvent supérieur au prix de la garantie pour un chantier militaire ; mais ce surcoût est largement compensé par l'économie sur le prix de réalisation du navire : à vouloir minimiser les risques de panne, les prix augmentent très fortement ; mais l'administration supporte mal la prise de risque .... Le développement de la dualité dans les armées nécessite dans un premier temps une plus grande acceptation du risque, et donc de l'échec, au moins dans la fiabilité des matériels.

La survivabilité peut être traitée par les équipements, les installations, et l'architecture générale ; il est difficile, mais pas du tout impossible, de renvoyer vers l'architecture générale la résolution de problèmes de survivabilité, dès lors que l'équipement civil est notablement moins cher que le militaire : pour être simple, si le civil vaut trois fois moins cher, et qu'en le renforçant et en acceptant un peu plus de volume et de réseau on augmente le coût de 50%, on restera toujours deux fois moins onéreux que le militaire.

La question de la tenue aux explosions sous-marines et aux chocs, souvent avancée, devrait être traitée plus en amont avec la mise en œuvre de moyens d'essai ; des campagnes d'essai ont été effectuées dans le passé sur des tronçons de choc (cela est moins vrai depuis quelques années et est regrettable) et plus récemment sur des structures, modules, panoplies,



qui permettent de qualifier des équipements, des assemblages et montages de réseaux et circuits utilisés dans la construction navale civile, et de réduire les coûts.

Pour la discrétion, le civil n'est pas sans rien :

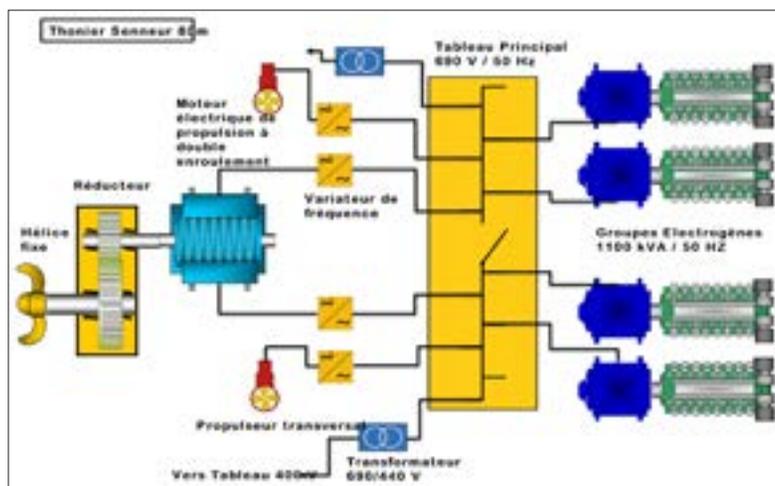
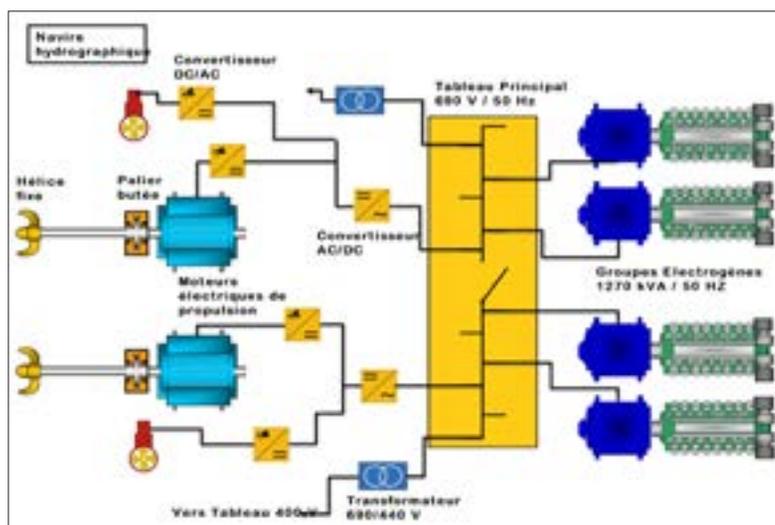
- En signature acoustique, les navires hydrographiques et océanographiques civils ont des performances qui s'approchent du militaire de surface.
- Pour la signature électrique et magnétique, il est possible de renvoyer une part du traitement du sujet vers l'architecture et la conception générale.

Il est donc possible de tirer du domaine civil une très large partie des équipements de la plate-forme.

En complément, il faut accepter que les exigences soient plus souvent exprimées en termes de solution, et pas en termes systématiquement fonctionnels : cela gagne du temps, les prescripteurs et acheteurs passent moins d'heures, les fournisseurs fournissent sur étagère.

Pour les installations (ou les circuits et réseaux), leur architecture est là pour compenser le caractère civil des équipements via des dispositions intelligentes.

On notera que, sur certaines installations, l'échange civil – militaire est encore insuffisant, c'est en particulier le cas des propulsions électriques, depuis longtemps mises en œuvre sur les paquebots ou aussi les navires de pêche.



Tout cela impacte la conception d'ensemble du navire ; cela a conduit et conduira encore à des navires plus gros ( tendance depuis des décennies pour des raisons variées : les escorteurs d'escadre anti-aériens avec 40 missiles Tartar faisaient 3000t , les frégates Horizon faisant plus du double) ; la miniaturisation de l'électronique , si elle permet d'avoir des senseurs de taille plus faible ne devrait pas compenser l'accroissement de volume résultant de l'intégration d'équipements civils dans un environnement militaire.



Remorqueur RP30



Remorqueur algérien

### La dualité dans les diverses phases de réalisation et d'exploitation d'un navire :

La dualité civil – militaire ne doit pas seulement être regardée pour les matériels, elle doit aussi l'être dans la façon de conduire et réaliser les programmes

La relation Client-Chantier, en civil, est plus directe ; il est fréquent que le Client impose le choix du fournisseur et de l'équipement ; le représentant du Client suit de près l'avancement des études, des achats et de la construction sans intermédiaire , s'appuyant totalement sur la société de classe pour la qualité et la conformité de la conception et de la construction au règlement et au pavillon. Et, dès lors que Client et Chantier sont d'accord sur les choix techniques, les dossiers de justification sont allégés.

Entre le coût d'études d'un navire supply et celui d'un BSAM, il y a un facteur supérieur à deux ; à fonctions voisines, les études de plateforme d'un navire civil et celles d'un navire militaire sont dans cet ordre de grandeur, avec un facteur de 2 à 3.

Les durées de réalisation des navires civils, à taille équivalente, sont plus courtes, ce qui permet de réduire les coûts de management et d'études, et d'avoir des coûts des achats figés.

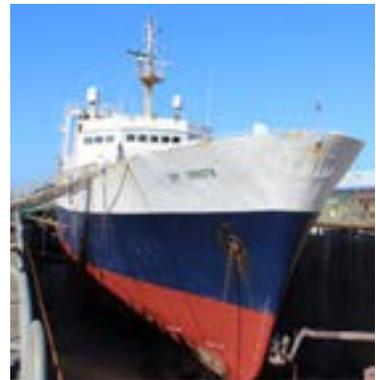
Pour l'activité de production des navires de surface , il n'y a pas lieu d'avoir des dispositions différentes entre les navires militaires et civils ; simplement, les navires militaires, souvent rapides, exigent fréquemment des allègements de masse, et des épaisseurs de coque plus faibles, plus chères en €/kg, des réseaux électriques mieux organisés et répartis pour des problèmes de compatibilité électromagnétique, des réseaux et des circuits mieux fixés pour des questions de tenue aux chocs, et de façon plus souple pour des raisons de discrétion acoustique, mais ces écarts sont finalement simples et la main d'œuvre des chantiers civils est apte à les traiter, moyennant éventuellement une formation courte à quelques standards et pratiques.

Les durées des mises en route et essais sont globalement plus faibles, dans la plupart des cas l'équipage armateur est l'équipage de la génération de navires précédente, et donc a une bonne connaissance pratique de ce qu'il attend du navire ; la représentation Client est souvent plus ramassée , avec des personnels à temps plein pour une durée limitée, avec un Client intéressé par la sortie du bateau dans les délais sous peine de pertes d'exploitation ou de devoir procéder à une visite réglementaire onéreuse pour prolonger le classement du bateau précédent par la société de classe.

Pour ce qui est de l'entretien, dans le civil, les équipages s'impliquent plus dans l'entretien régulier de leurs navires, sont plus pragmatiques et le préventif est moins important ; les équipages civils acceptent plus



BSAM en cale sèche



Chalutier pélagique en cale sèche

facilement que le navire ne soit pas opérationnel à 100% dès lors que les installations pour remplir la mission principale fonctionnent et que la sécurité des personnels et des biens est assurée.

En synthèse,

Le civil est l'aiguillon du militaire pour discerner les tendances d'innovation, pour réduire les coûts, le civil doit être un livre de chevet du militaire. ☺

Patrick de Leffe,  
IGA

X75, Ingénieur Général de l'Armement, il débute sa carrière à la DCN, dans l'entretien Flotte BS à Lorient, puis à Paris comme architecte naval de frégates (La Fayette, ...), et directeur de divers programmes ; il est ensuite sous-directeur production SM à Cherbourg, directeur de l'Ingénierie de 1999 à 2008, des Achats, de l'Audit ; en 2013, il devient **Directeur Général de Kership, puis de Piriou en 2017.**

# ENERGISING LOGISTICS

DELIVERING GLOBAL EXCELLENCE & INNOVATION



[WWW.PENTAGONFREIGHT.COM](http://WWW.PENTAGONFREIGHT.COM)



**PENTAGON**

AFRICA ASIA AUSTRALIA CANADA CASPIAN CHINA EUROPE MIDDLE EAST SOUTH AMERICA UK USA

26 Avenue de Londres, ZI les Estroublans, Vitrolles, 13127, France  
Tél. :04 84 07 00 30

# QUAND LE PRIVATE EQUITY S'INTÉRESSE À LA DÉFENSE

Par David Lebain, IPA

Dans un contexte où l'industrie de défense et de sécurité rencontre des difficultés à se financer, Weinberg Capital Partners a lancé le premier fonds d'investissement d'initiative privée dédié aux PME et ETI françaises du secteur afin de les accompagner dans leur développement.

## Des PME et ETI qui ont besoin de financement pour faire face à de nouveaux défis

Le conflit ukrainien et la montée des tensions internationales nous rappellent à quel point notre outil de défense est un élément essentiel de notre sécurité et de notre souveraineté. Après des années de réduction budgétaire, les États européens ont pris conscience du défi et augmentent leur budget militaire. La France ne fait pas exception et avait lancé dès 2017 une hausse de ses dépenses militaires, qui se poursuit avec le projet de Loi de programmation militaire 2024-2030.

L'industrie de défense est un acteur central de cette remontée en puissance. Elle doit à la fois renforcer ses efforts en termes de R&D pour produire des produits toujours plus innovants et performants, et augmenter ses cadences de production pour répondre aux besoins des armées françaises ainsi qu'à ceux de ses clients internationaux.

Si les grands groupes disposent des moyens pour faire face à ces défis, cela reste un enjeu pour les nombreuses PME et ETI de la Base industrielle et technologique de défense (BITD) qui doivent investir pour accompagner la montée en cadence des grands maîtres d'œuvre. Elles sont par ailleurs confrontées à des problématiques spécifiques. En effet, la filière reste très fragmentée et il existe un réel besoin de consolidation du secteur pour constituer des entreprises d'une taille critique



à l'échelle française, européenne ou mondiale. En outre, un certain nombre de dirigeants d'entreprise de la BITD partiront en retraite dans les prochaines années, ce qui pose la question de l'évolution capitalistique de ces sociétés.

Pour faire face à cette situation, les PME et ETI du secteur ont besoin de financement, notamment en fonds propres. Or, celles-ci font face à des difficultés pour se financer. En effet, les investisseurs financiers ont tendance à se détourner de l'industrie de défense, alors même qu'elle affiche de réelles perspectives de croissance. Cela pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il s'agit d'un secteur qui reste méconnu du monde financier, conséquence notamment d'une moindre sensibilisation du public aux enjeux de défense suite à la chute du Mur de Berlin. Le secteur présente également des caractéristiques qui peuvent au premier abord freiner les investisseurs,

comme par exemple : le rôle central de l'État, la logique de filière, la réglementation spécifique, la forte composante technologique et industrielle, la crainte d'un manque de liquidité de la participation à la sortie, etc.

Enfin, à cela s'ajoute également une vision parfois restrictive de l'ESG (Environnement, Social, Gouvernance) ou la perception d'un risque d'image lié au secteur, qui conduit certains acteurs à exclure en tout ou partie l'industrie de défense du périmètre d'intervention de ces acteurs.

## Un fonds dédié aux entreprises du secteur pour accélérer leur développement

Étant convaincu que le financement des entreprises de la BITD est essentiel à notre sécurité et à notre souveraineté, Weinberg Capital Partners a lancé le fonds d'investissement Eiréné, du nom de la

Le conflit ukrainien a remis sur le devant de la scène la question du financement de la défense. Bien que des réticences subsistent, une prise de conscience a lieu. L'Association française des investisseurs institutionnels a ainsi publié un rapport en mars 2023 concluant qu'il n'y a pas de raison d'exclure l'industrie de défense au titre des politiques ESG.

déesse de la Paix, dédié aux PME et ETI françaises du secteur de la sécurité et de la défense. Ce projet initié fin 2020 s'est concrétisé début 2023. Il fait figure de pionnier en France en étant le premier fonds d'initiative privée dédié à ce secteur.

Le fonds a pour objectif de contribuer au renforcement et au développement des entreprises du secteur et de participer à la consolidation de la filière en vue de constituer des leaders à l'échelle française et européenne. En apportant une solution de financement française, il contribuera à maintenir en France des technologies et des savoir-faire industriels à haute valeur ajoutée essentiels, ainsi que des emplois qualifiés.

Il s'adresse à des sociétés françaises réalisant un chiffre d'affaires compris entre 10 et 100 millions d'euros et couvrant tous les domaines d'activité de la filière (terrestre, naval, aéronautique, spatial, électronique, sécurité, cyber, etc.) et toute la chaîne de valeur (conception et fabrication de composants, d'équipements, de systèmes, prestation de service, etc.), avec pour la plupart une dualité d'activité entre civil et militaire.

Le fonds a vocation à apporter bien plus qu'un soutien financier aux sociétés en leur donnant des moyens supplémentaires pour accélérer leur croissance, via notamment l'apport d'une expertise sectorielle, des méthodes d'amélioration de la performance, un accompagnement à l'export, une mise en relation avec des partenaires et le soutien à la mise en œuvre de stratégies de

croissance externe ambitieuses.

### Une approche sectorielle pour répondre aux spécificités du secteur

La création d'un fonds thématique se justifie par les spécificités de ce secteur : forte composante technologique, logique de filière avec un rôle important de l'État, via la DGA en particulier, et des grands donneurs d'ordre, réglementations spécifiques (contrôle export, réglementation des investissements étrangers en France, etc.).

Sa dimension sectorielle permet d'appréhender ces spécificités et de lever les barrières à l'entrée que peuvent rencontrer des fonds généralistes : capacité d'origination, compréhension des enjeux propres au secteur et des problématiques industrielles, accès à l'information, connaissance de l'écosystème. De plus, il permet d'apporter un accompagnement adapté aux entreprises du secteur pour les soutenir dans leurs stratégies de croissance.

S'agissant de l'ESG, qui reste un frein pour certains acteurs, la création du fonds se base au contraire sur une conviction forte que la défense et la sécurité sont indissociables et que la paix est une condition indispensable au déploiement de politiques sociétales et environnementales. Le fonds Eiréné s'inscrit en ce sens pleinement avec l'objectif de développement durable n°16 « Paix, justice et institutions efficaces » défini par l'ONU.

De plus, rien ne s'oppose dans le secteur à la mise en place de politiques ESG ambitieuses et le fonds

Eiréné s'attache à appliquer une politique exigeante dans ce domaine en ligne avec les meilleures pratiques. Pour tenir compte des spécificités du secteur, des *due diligences* complémentaires sont menées pour s'assurer notamment du respect par les sociétés des traités internationaux et de la réglementation relative au contrôle export.

Le fonds est géré par une équipe dédiée combinant des profils de financiers et d'ingénieurs, ayant une bonne compréhension du secteur, de son écosystème, de ses enjeux technologiques et industriels. Cette **équipe est de plus** accompagnée par un comité stratégique regroupant des personnalités de premier plan du monde de la défense et de la sécurité, dont Laurent Collet-Billon, ancien Délégué général pour l'armement, et Hervé Guillou, ancien PDG de Naval Group.

En lançant le fonds Eiréné, un des objectifs a été de démontrer qu'il était non seulement possible, mais nécessaire de financer l'industrie de défense et de sécurité. Nous espérons que cette initiative apportera sa contribution au rapprochement entre les secteurs de la finance et de la défense, qui ont chacun leur rôle à jouer dans le renforcement de notre souveraineté. ☞



David Lebain, I/PA

David Lebain (X01, ENSTA) a eu un parcours varié dans le domaine de la défense avant de rejoindre le monde de l'investissement en tant que **directeur associé chez Weinberg Capital Partners**. Après un début de carrière à la DGA, il a rejoint l'Agence des participations de l'État, où il était en charge de participations du secteur aéronautique-défense. Il a ensuite rejoint Naval Group. Tout d'abord à la direction de la stratégie, puis à la direction des programmes. Il a notamment été directeur des opérations d'Itaguaí Construções Navais au Brésil et directeur de projet de sous-marins pour l'export.



**OPTIQUE DE POINTE  
POUR LES SECTEURS  
DE LA DÉFENSE  
ET DU SPATIAL**

Partie 3

# COMPÉTENCES ET RESSOURCES HUMAINES

# DES IA AU CŒUR DE LA CRISE COVID

## TASK FORCE COVID-19

Par Cyril Goutard, ICA

Le monde des vaccins et de la lutte contre le covid-19 paraît bien loin de notre monde de la Défense, mais les compétences acquises par les ingénieurs de l'armement dans le cadre de la gestion des programmes d'armement s'avèrent utiles pour le pilotage des grands projets de l'Etat. C'est une ressource spécifique mêlant à la fois la gestion de projet, le pilotage industriel et l'ingénierie contractuelle dans un contexte national mais également de plus en plus européen.



### Eclairages

La gestion de la crise covid a nécessité très vite la mise en place d'une équipe ad-hoc dédiée, la « Task Force interministérielle vaccination » (TF), dont la mission est de coordonner l'action de l'ensemble des services de l'Etat impliqués dans le cadre de cette offre de vaccination. La TF a ainsi la charge de définir la stratégie vaccinale française, de mettre en place les flux logistiques nécessaires, d'organiser les points de vaccination en concertation avec les acteurs territoriaux

(ARS, préfectures...) et de garantir l'approvisionnement en vaccins pour répondre aux besoins.

La TF a été constituée pour une part de personnels de santé mais également par des agents contractuels aux horizons divers (INSP, SciencesPo, écoles de commerce). Les ingénieurs sont rares au ministère de la Santé mais leur profil est nécessaire dans le cadre de la gestion de cette crise. Dès le début, le ministère de la Santé a souhaité le renfort d'un ingénieur de l'arme-

ment, signal fort de reconnaissance de l'expertise de notre corps. C'est ainsi que l'IGA Walter Arnaud a intégré la TF dès octobre 2020 pour la définition et la mise en place de la chaîne logistique de ces vaccins, aux contraintes de transport et de stockage très spécifiques (-80°C pour les vaccins Pfizer), et distribués en dehors des circuits logistiques classiques.

Le samedi 14 novembre 2020, le directeur de cabinet du ministère de la Santé demande une présentation des schémas logistiques. L'ambiance est assez similaire à celles du CPCO ou d'un comité de pilotage programme, juste le cadre et l'objet des discussions qui diffèrent. Le premier flux logistique, dit « flux A », devra permettre de vacciner les pensionnaires des EHPAD et leurs soignants, sans les déplacer. Or, le vaccin de Pfizer ne se transporte que 10h00, ne se conserve que 5 jours maximum une fois décongelé, et ne s'utilise que durant 5h00 une fois le flacon ouvert. Les 7 000 EHPAD français (en France et en Outre-mer) seront desservis, via 5 600 officines de ville, en flux tendu. Les autres pays européens s'inspireront, voire copieront, ce flux. Le second flux, « flux B », est la version santé des flux logistiques de la livraison au point de monte (FELIN, SCORPION...). Il desservira 137 établissements de santé, qui irrigueront à leur tour 1 620 centres de vaccinations sur tout le territoire

(mai 2021). Tous les départements seront approvisionnés dans le même laps de temps.

Le 26 décembre 2020, les premiers vaccins arrivent en France et les premières vaccinations commencent. La campagne de vaccination monte en puissance. En juillet, la France dépasse en rythme et en nombre de vaccinés tous les pays d'Europe, y compris l'Allemagne. Pour autant, la campagne ne faiblit pas, et les équipes restent sous pression. Le vaccin passe rapidement dans le circuit ville, même le vaccin Pfizer à la fin de l'été. En décembre 2021, après 14 mois d'intenses activités au sein de la TF, Walter quitte la TF. Le ministère de la Santé souhaite le renfort d'un nouvel ingénieur de l'armement ! Le rôle des ingénieurs est clair au sein du ministère. Nos compétences en conduite de projet, nos profils techniques, et notre capacité à travailler en équipes et sous pression sont reconnus et appréciés.

C'est en janvier 2022 que j'intègre à mon tour la TF sur les sujets d'approvisionnement et de logistique avec pour mission d'assurer la disponibilité de tous les vaccins dans l'ensemble des points de vaccinations, à un moment où l'activité vaccinale reste forte (sur les mois de janvier et février 2022, près de 300 000 injections par jour sont enregistrées). De nouveaux vaccins arrivent, que ce soit de laboratoires différents ou visant de nouveaux publics (les vaccins pour enfants), dont il faut préparer l'arrivée.

Les approvisionnements se font dans le cadre de contrats européens, gérés par la Commission et les Etats membres au travers d'un comité de pilotage dédié (Steering Board). Au printemps 2022, je deviens le représentant France au sein de ce comité, relayant les positions françaises arrêtées par les Cab PM et PR. C'est avec plaisir que je re-

trouve les mécanismes des programmes en coopération, que j'ai pu expérimenter au travers de mes expériences à l'OCCAR, avec la richesse des échanges multilatéraux et la nécessité de trouver des compromis, tant au niveau européen qu'avec les laboratoires.

La question de l'adaptation des contrats d'approvisionnement en vaccins à la nouvelle situation sanitaire est maintenant sur le devant de la scène, tâche confiée à la « Joint Negotiation Team » dont je fais partie, chargée de négocier les amendements des contrats au nom de l'ensemble des Etats membres. L'enjeu est de taille car il s'agit de modifier nos flux d'approvisionnement à la baisse tout en gardant la flexibilité nécessaire à une revaccination en urgence de la population en cas d'émergence d'un nouveau variant.

Les relations contractuelles avec les *Big Pharma* ne sont finalement pas si différentes de celles avec nos industriels de l'armement. L'expérience acquise en terme de négociations, que ce soit à la DGA ou à l'OCCAR, s'est révélée précieuse au sein du Steering Board et de la JNT, alors que les représentants des autres Etats au sein de ces groupes viennent majoritairement des agences nationales pharmaceutiques.

### Des enseignements croisés

L'acquisition de vaccins par l'Union européenne a été une réussite. Elle a permis à l'ensemble de la population de l'Union européenne d'accéder très rapidement à des vaccins sûrs et efficaces en un temps record, d'une manière solidaire et équitable à l'échelle européenne. La Commission européenne s'est montrée efficace quant à l'acquisition de vaccins comme elle le serait pour l'acquisition de produits sur étagère. Mais, dès lors que l'exécution du programme se déroule sur

un temps long, comporte une part de développement et des risques inhérents à cette phase, un certain nombre d'axes d'amélioration, pour ces acquisitions en coopération, peuvent être identifiés, comme les principes de gouvernance, un clause contractuel, la mise en place d'une équipe projet aux compétences requises couvrant le domaine concerné...

### Un enrichissement personnel

Notre contribution, en tant qu'ingénieurs de l'armement, à la gestion de la crise covid, démontre toute la pertinence de l'emploi des compétences de notre corps en dehors de la sphère défense.

Ce détachement a également constitué, à titre personnel, une expérience humaine fantastique et un enrichissement personnel particulièrement gratifiant, et ce à plus d'un titre :

- la participation à un défi et à un projet impactant l'ensemble de la population ;
- l'intégration dans une équipe aux parcours et expériences bien différentes des personnes côtoyées au sein du MinArm ;
- une coopération européenne ;
- des interactions riches et de haut niveau (cabinet ministre, laboratoire, Haute Autorité de la Santé...);
- et la découverte des *Big Pharma* et des processus pharmaceutiques. ☺



**Cyril Goutard,**  
ICA

Après un passage au SIAé, Cyril Goutard intègre l'équipe Tigre de la DGA en tant qu'ingénieur en chef puis rejoint l'OCCAR au sein duquel il devient en 2015, programme manager Tigre. Il réintègre la DGA en 2018 au sein de l'UM AMS, en tant que DSM drones. En janvier 2022, il répond à l'appel du ministère de la Santé et rejoint la Task Force interministérielle vaccination Covid.

# 2007 : LE SHOM ÉLARGIT ENCORE PLUS SON PÉRIMÈTRE

DÉSORMAIS INTRINSÈQUE AU SHOM, LA DUALITÉ BÉNÉFICIE À TOUTES LES PARTIES PRENANTES

Par Laurent Kerléguer, IGA

Depuis 2007, le Shom – établissement public sous tutelle du Ministère des Armées – fait bénéficier une large communauté de ses nombreux savoir-faire. Océanographie, acoustique sous-marine, sédimentologie, hydrologie, géospatial, etc. Tous ces domaines ont initialement été investis avant tout pour le soutien des opérations militaires et la sécurité des navigateurs. Récit d'une transition profitable.

## De nombreuses applications civiles en demande de produits et services maritimes

Sous l'effet de la maritimisation du monde, du développement de l'économie bleue, des politiques de prévention des risques naturels ou conséquemment à la prise de conscience de l'importance de l'océan dans le changement climatique, un nombre grandissant d'activités civiles nécessitent les produits et services du Shom initialement développés pour les Armées. Et leurs applications sont nombreuses.

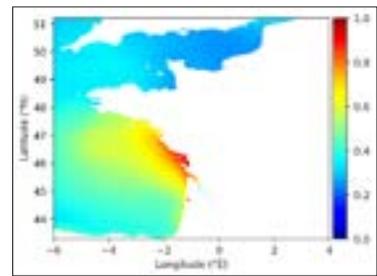
L'exemple de la sédimentologie marine est évocateur à cet égard. À l'origine, c'est pour satisfaire les besoins de la navigation et de la défense que le Shom a développé une expertise dans ce domaine dont les applications sont multiples : connaissance de l'environnement pour les opérations amphibie avec l'analyse des sites de plageage ; enfouissement des mines, chassabilité d'une zone au profit de la guerre des mines ; tenue d'une ancre au mouillage, déplacement des dunes sous-marines sous l'effet des courants pour la navigation.

Aujourd'hui, ces compétences sont exploitées au profit de ministères civils, de collectivités territoriales ou même de l'Union européenne pour la sélection des sites d'implantation

des fermes éoliennes marines, les études sur l'érosion côtière, la détermination du trait de côte ou encore la définition des aires marines protégées.

Symétriquement, le Shom fournit des outils de prévision pour la vigilance vague submersion (VVS) opérée par Météo-France (fig.1) à la demande du ministère en charge de l'environnement. Ce service, dont la précision et les performances ont fortement progressé depuis la tempête Xynthia en 2010, a désormais une déclinaison « défense » pour la prévention des risques pour les infrastructures militaires.

Enfin, civils comme militaires partagent l'analyse d'une faible connaissance des océans, dont à peine 20% de la bathymétrie est « raisonnablement » connue. Ces deux mondes déploient en parallèle des efforts pour y remédier. Ainsi la direction générale de l'Europe en charge des affaires maritime et de la pêche a mobilisé des financements importants pour rassembler la connaissance des fonds océaniques dans le cadre du programme EMODNET dont le Shom pilote le volet bathymétrie. Ces efforts complètent les travaux de collecte du Shom qui se concentrent le plus souvent sur des zones d'intérêt en dehors de la ZEE de l'Europe.



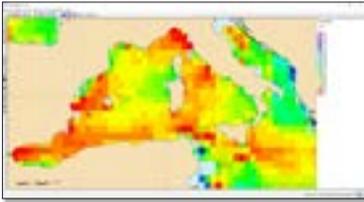
Simulation du modèle Tolosa -Atlantique développé par le Shom et exploité par Météo-France pour la VVS. Surcotes au passage de la tempête Klaus (24/01/2009).

## Partager les coûts et ajouter les financements pour gagner en performance

Il y a toujours un bénéfice croisé et ces quelques exemples l'illustrent parfaitement. Généralement et historiquement, c'est le besoin militaire qui conduit le Shom à développer des outils qui ensuite trouvent des applications civiles. Les financements apportés par l'institution ou le client civil contribuent alors à l'amélioration des outils.

Parfois, comme pour la VVS, le besoin civil a été précurseur et alors la défense hérite des produits développés dans ce cadre. Il est néanmoins intéressant de noter que les modèles « civils » ont eux-mêmes très largement hérité des modèles que le Shom a mis au point sur financement de la DGA.

La notion émergente, pour l'environnement, de « jumeau numérique »



Carte de bruit ambiant lié au trafic maritime. Le bruit ambiant n'est pas qu'un paramètre de l'équation du sonar..., il intéresse aussi la communauté civile pour les perturbations sur la faune.

risque de changer ce paradigme. En effet, le jumeau numérique de l'océan - que l'on va s'efforcer de construire - vise à répliquer la nature de la manière la plus inclusive et sans (trop) préjuger des applications. Il est donc par essence dual. On peut ainsi envisager qu'un jumeau numérique d'une baie sera aussi bien utile pour y évaluer l'impact d'une tempête sur la qualité des eaux, la visibilité sous-marine, la modification de l'estran, les conditions de propagation acoustique...

La dualité peut aussi consister à construire un objet commun pour une utilisation en temps partagé

chacun suivant des objectifs qui peuvent être différents. C'est le cas du navire océanographique Pourquoi pas ? cofinancé par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche et par le ministère des Armées, affrété soit par l'Ifremer soit par le Shom pour leurs missions respectives.

### Un intérêt qui ne se limite pas au critère économique

Toutefois, l'intérêt de la dualité pour le Shom dépasse la question économique. Elle permet au Shom de compléter le champ de ses compétences ou de développer des partenariats nationaux et internationaux, pour traiter plus largement des sujets jusque-là vus sous le seul prisme de la défense ou du navigateur.

Il existe aussi des programmes civils sur lesquels la défense a tout intérêt à se positionner. Ainsi la *directive cadre stratégie pour le milieu marin* de l'UE (17 juin 2008) qui s'impose aux États membres vise à fixer des

objectifs d'atteinte ou de maintien du bon état écologique des eaux. Parmi les « descripteurs » du bon état écologique l'un concerne le bruit ambiant (fig.2), objet bien connu de préoccupation pour sa nuisance pour les cétacés notamment. La sensibilité pour la défense de ce paramètre a fortement milité pour que le Shom pilote ce descripteur au plan national.

La dualité résulte aussi très souvent d'une convergence naturelle entre les enjeux de l'économie et de la défense. En effet les zones à enjeu pour l'économie bleue, qu'il s'agisse d'y exercer des activités de pêche, de transport maritime, d'infrastructures sous-marines comme les câbles... sont aussi des zones à connaître, à surveiller et à défendre.

### Un processus qui n'est pas inné

Pour autant la montée en puissance des activités duales au Shom n'a pas été d'emblée une évidence. Il a fallu dépasser le réflexe naturel qui fait voir le risque d'éviction de services rendus aux forces plutôt que l'opportunité de faire quelque chose de plus grand.

Aujourd'hui, chiffres à l'appui, la démonstration est faite que la dualité est un jeu où tout le monde gagne. Par ailleurs, au Shom, la satisfaction des Armées reste le fil conducteur et bien souvent le majorant du besoin en termes de précision, réactivité du service et de zone d'intérêt. ☺

### Le Shom, un atout dans la manche des chantiers navals français pour l'export

Le Shom connaît les capteurs océanographiques et a une grande expérience de leur mise en œuvre sur les bâtiments spécialisés de la Marine. Ce sont des atouts prisés de chantiers navals nationaux - et surtout de leurs clients - pour gagner des contrats à l'export. Ainsi, le Shom a accompagné les chantiers Océa et Piriou dans la vente de navires spécialisés à l'Indonésie, au Maroc et au Nigéria. L'apport du Shom concerne la sélection, le contrôle de bonne intégration et de performance des capteurs océanographiques. Il peut également inclure un accompagnement à la prise en main du central opération du navire - ce qui est le cas pour les 3 exemples cités. Outre le bénéfice commercial, l'intérêt réside dans la veille active des capteurs du marché qui permet au Shom d'affiner ses propres choix d'équipements.



Le Lana de la marine Nigérienne et le BH2 Borda bord à bord.



**Laurent Kerléguer**, IGA, DG du Shom

Laurent Kerléguer (ENSTA Paris 88, SN46 IHEDN) a exercé différentes fonctions au Shom, dans le domaine du soutien environnement aux opérations, comme directeur de groupes hydrographiques et océanographiques en métropole et outremer, et dans les relations internationales. Il est directeur général de cet EPA depuis juillet 2019.

# DE L'ALPHA JET AU PC-21, LA NOUVELLE MONTURE DES CHASSEURS

Par Matthieu Hastings, IA

Le 16 mars 2023, les six derniers élèves pilotes de chasse formés sur Alpha Jet recevaient leur macaron à Cazaux, marquant ainsi la fin de la transition avec le PC-21, le nouvel outil de formation des chasseurs. Macaronné en 2022, l'auteur livre son témoignage sur l'instruction reçue sur PC-21 et dresse un premier bilan.

Le 30 juin 2022, à quelques 15,000 pieds, dans les environs de St Jean d'Angély (17)

## Blue contact : plastron à l'entraînement

Les alarmes s'enchaînent. Le *bip* aigu isolé, se répétant à chaque passage du faisceau radar simulé adverse, laisse place à une succession de rampes de fréquence : me voici accroché ! Sur mon *RWR* – *Radar Warning Receiver*, un symbole PC-21 apparaît en continu, en dehors du cercle létal. A plus de 20 nautiques, c'est parfaitement normal. Pour cette dernière mission du module *Red Air*, j'ai à disposition toutes les aides possibles pour suivre l'évolution du *Blue*. Ma mission est en effet d'être plastron au profit de l'aspirant « Berthez' », un de mes camarades, qui passe aujourd'hui son test clôturant le module *Basic Fight Intercept*. Au cours de celui-ci, les concepts de base de l'air-air défensif – *Lane defense* – et les fondamentaux du combat radar sont abordés pour la première fois dans le nouveau programme de formation des pilotes de chasse de l'armée de l'Air et de l'Espace.

Plus tôt, en amont du *briefing*, le testeur m'avait pris à part pour préciser les scénarii qu'il voulait me faire réaliser pour évaluer mon camarade. Me conformant à cette requête, je viens donc d'initier un scénario qui va le conduire à s'approcher pour identifier visuellement mon aéronef. Rien

de plus simple, comme je joue également le rôle de l'*AWACS*, je lance une diffusion tactique : « Single group crossing *FLOT*, *bogey*, *perform VID* ». L'*AWACS* vient d'ordonner au *Blue* d'aller identifier une piste dont l'IFF douteux ne permet pas la classification. Pour déclencher une certaine géométrie d'interception, j'ai également fait en sorte de ne pas éclairer le *Blue* au radar.

## TALLY ! FIGHT'S ON !! Combat à vue sur PC-21

La météo est favorable, avec quelques cumulus bourgeonnants. Dans moins d'une minute, *Berthez* sera dans le champ visuel. Je prends le temps de configurer les modes radar, sélectionne les *SRM* – *Short Range Missile*, passe le *MAS-TER* en position armement simulé puis je pense à l'étape suivante : le testeur m'a demandé d'engager un combat à vue dès que j'aurai le *Tally*, le visuel sur mon ennemi. Je sais que je partirai en position désavantageuse car le *Blue* arrivera plus haut et plus rapide : c'est le jeu de l'entraînement ! Mon objectif est de rejoindre une position neutre et d'espérer exploiter chacune de ses erreurs pour reprendre l'avantage. J'aurai moins d'énergie au début du combat, un rayon de virage plus faible et je peux donc espérer m'inscrire à l'intérieur de son cercle. « METAL 51, *Tally* » : je réponds « METAL52, *Tally* » et, puisque le « *Fight's ON !!* » avait été annoncé au début de l'inter-

ception, je m'engage immédiatement à vue. Pendant une minute trente, sous les invectives des instructeurs, le cou tordu en tous sens, grognant sous l'effet du facteur de charge, nous nous enroulons dans le ciel Charentais. « *Terminate Terminate* » : le combat prend fin une fois les objectifs d'instruction atteints. Et malgré une position initialement défavorable, j'ai rétabli une situation d'égalité : c'était l'objectif que je m'étais fixé. Au sol, les instructeurs *débriefèrent* le combat et nous montreront toutes les erreurs que l'un ou l'autre n'a pas su exploiter : il nous reste beaucoup à apprendre et pour *Berthez'*, dont ce sera le métier, l'apprentissage ne sera à vrai dire jamais terminé. Pour le moment, sachant pour ma part que c'est la dernière occasion qui m'est donnée d'être aux commandes lors d'un combat comme celui-ci, je grave à jamais dans ma mémoire l'image de nos deux PC-21 s'enroulant furieusement, les cumulus en toile de fond et les vortex en bout d'aile dessinant comme des rails sur lesquels nos deux aéronefs glissent vers le sol.

## Alpha Jet et PC-21 : une page se tourne ...

Cette mission illustre le large spectre de possibilités d'entraînement offert par le PC-21, car celui-ci achève aujourd'hui de remplacer l'Alpha Jet pour la formation des équipages chasse de l'AAE, ainsi que pour la pré-spécialisation chasse



Les fondamentaux du chasseur, les 'domestics', comme le travail en patrouille, restent essentiels.

des pilotes de l'aéronautique navale. C'est une page chargée d'histoire qui s'est tournée pour l'AAE. Le transfert de l'École de l'aviation de chasse de Tours à Cognac et l'arrivée du PC-21 dans le ciel Charentais en sont l'illustration. Les IA et IETA qui suivent le cursus chasse ont pu découvrir ce changement : le dernier IA breveté chasse sur ALPHAJET en 2020 est un certain Arnaud PROST et, après un IETA en 2021, l'auteur de ces lignes a ouvert en 2022 le bal des IA brevetés sur le turbopropulseur de PILATUS.

Comme leurs glorieux anciens avant eux, avant d'arriver sur la nouvelle monture des aspirants-chasseurs, les élèves-pilotes de l'AAE, de la Marine Nationale et les jeunes OCA qui les rejoignent se retrouvent sur la BA 701 de Salon de Provence pour débiter la formation initiale. Retour sur les bancs de l'école pour 6 mois de préparation aux épreuves de l'ATPL théorique. S'ensuit la formation de base sur CIRRUS SR20, avec vingt-sept missions permettant d'atteindre un niveau minimum en maniabilité, technicité en tours de piste et navigation en basse altitude. Les élèves-pilotes rejoignent ensuite la BA 709 de Cognac pour suivre le tronc commun sur GRO-B120A-F. Cette phase de sélection permet d'orienter les élèves-pi-

lotes entre les spécialités chasse et transport, à l'issue de quarante-sept missions de voltige, de vol aux instruments ou encore de vol en formation. C'est seulement ensuite qu'ils rejoignent le cursus chasse proprement dit, sur PC-21.

La marche est sans doute moins haute qu'elle ne l'était lorsqu'il s'agissait de passer du TB30-EP-SILON à l'Alpha Jet, au regard des performances de l'avion. En revanche, le système de mission du PC-21 ouvre des champs bien plus larges pour l'entraînement à la guerre moderne : radar air-air et air-sol simulé, conduites de tir F2 et canon, etc. Il introduit une complexité tactique et offre un panel de missions jusqu'ici inconnus dans la formation des équipages de chasse.

### L'IA volant : bilan d'une formation passionnante

Je laisse aux spécialistes de l'instruction le soin de clore le débat sur l'outil le plus pertinent entre l'Alpha Jet et le PC-21. En revanche, pour un jeune IA versé dans l'AAE afin d'engranger un maximum d'expérience aéronautique et de comprendre au mieux comment elle mène ses missions au quotidien, la formation sur PC-21 se révèle particulièrement pertinente. Elle conduit ce dernier non seulement à maîtri-

ser les fondamentaux du pilotage militaire et disposer d'une solide culture aéronautique, mais aussi à acquérir de multiples connaissances en tactique interalliée, doctrine d'emploi des feux, techniques de combat air-air ou air-sol, etc. Autant de compétences qui lui permettent ensuite de naviguer avec aisance dans le milieu de l'aéronautique militaire.

Enfin, en référence au dernier numéro de ce magazine, les IA pour qui, aujourd'hui comme hier, la passion armement se conjugue à l'aéronautique trouvent dans cette formation une source qui ravive leur désir de servir la grande famille des aviateurs et des marins du ciel avec laquelle ils font désormais corps et, partant, les forces armées, l'État et la Nation. ☺



**Matthieu Hastings, IA**

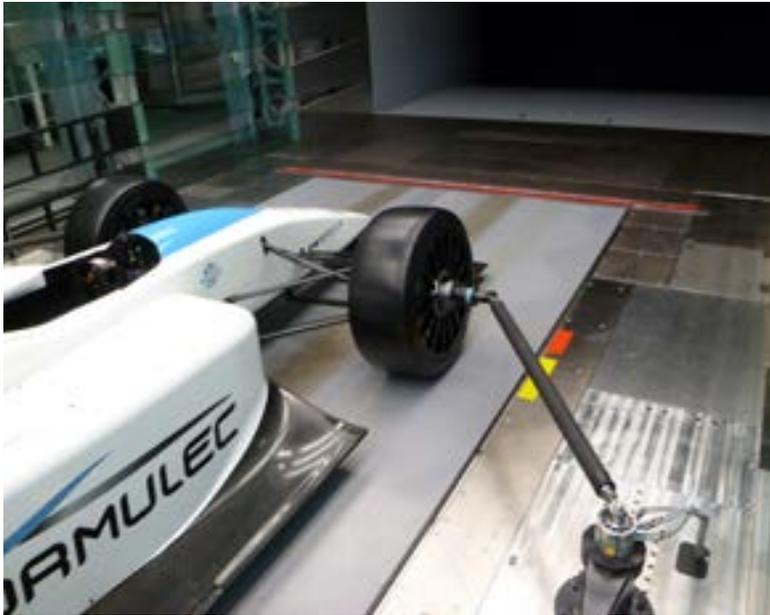
Entré à l'X en 2015, il rejoint le cours pilote de l'armée de l'Air et de l'Espace en 2019, à l'issue de son école d'application à l'ISAE-SUPAERO. Breveté pilote de chasse en 2022, il occupe désormais le poste de chef de projet mesure et informatique embarquée à DGA EV Cazaux.

# DU CHAR LECLERC À LA F1

## LA MOBILITÉ « HAUTE INTENSITÉ »

Par Eric Barbaroux, ICA, président d'ELECTRIC FORMULA

L'expression « haute intensité » est tristement devenue à la mode depuis plus d'un an, et elle se décline suivant les quatre grandes caractéristiques qui définissent la plupart des systèmes d'armes : puissance de feu, protection, mobilité, communication... La haute intensité se retrouve aussi en Formule 1 pour la complexité et l'exigence, mais avec le principe de précaution comme différence fondamentale.



Le rôle essentiel des souffleries en sport automobile, ici le proto de monoplace électrique Formulerc que nous avons développé en 2010

Lorsque j'étais au GIAT (devenu Nexter...) à la fin des années 80 comme ingénieur maître-d'œuvre de développement du châssis de l'EPC (Engin Principal de Combat devenu par la suite Char Leclerc...), la mobilité était clairement l'axe prioritaire de notre équipe de développement.

Évidemment, nous cherchions à développer le meilleur char de combat dans tous les domaines, mais l'analyse de la concurrence internationale avec les Léopard, Challenger, T72, Abrams... montrait que la mobilité pouvait être l'une des forces principales de ce nouveau blindé.

Quarante ans plus tard, il semble que ce soit toujours le cas...

Avec un châssis court et compact, un moteur doté d'un couple exceptionnel grâce à une suralimentation complexe mais unique, une boîte de vitesse à passage sous couple, une suspension oléopneumatique permettant d'éviter les venues en butée et les chocs à répétition... le char Leclerc reste vraisemblablement le meilleur en matière de mobilité.

Lors de son développement, nous cherchions alors les meilleures technologies, les meilleurs fournisseurs...

Et ce n'est pas un hasard si certains de nos partenaires techniques travaillaient également dans le secteur de la Formule 1, domaine technologique ultra-concurrentiel s'il en est...

Et c'est l'un d'entre eux, le groupe Raychem, qui m'a ouvert l'univers de la Formule 1.

Raychem fabriquait à la fois les câbles du Leclerc et ceux de l'écurie Renault, et nous avons pu comparer les technologies, les contraintes, les points communs et les différences lors d'un Grand Prix de France au Circuit Paul Ricard...

Ces deux domaines, l'armement et la F1, ont de très nombreuses similitudes, et mon expérience dans le premier m'a énormément apporté dans le second.

On trouve difficilement plus concurrentiel et plus impitoyable que le secteur de la F1 : les règles sont les mêmes pour tous, avec unité de lieu et unité de temps pour mettre en évidence les écarts les plus infimes, instantanément, à une échelle mondiale... La vie humaine est également en jeu dans ces deux domaines...

*« LA RECHERCHE DE L'EXCELLENCE EST PARTOUT, LES BUDGETS INVESTIS SONT CONSIDÉRABLES, MAIS À L'ARRIVÉE, CHAQUE CHOIX DOIT SE JUSTIFIER PAR UNE PERFORMANCE TECHNIQUE IDENTIFIABLE, DANS LE CADRE D'UN DÉLAI ET D'UN BUDGET PRÉALABLEMENT DÉFINIS. »*



Electrification, hydrogène : le sport automobile aux avant-postes de l'innovation et de la complexité technologique

L'organisation d'une écurie de Formule 1 est quasi militaire, les entraînements sont quotidiens, on ne change pas quatre pneus sur une voiture en deux secondes sans une méthodologie collective et individuelle optimisée et répétée jusqu'à l'obsession.

La dualité entre les deux secteurs s'étend aux mêmes effets pervers, par exemple la chasse au poids comme ennemi historique de la mobilité servant parfois de prétexte à des études sans fin pour des gains de quelques grammes non quantifiables en simulation...

Et elle génère pour l'équipe de management la même psychologie nécessaire pour ne pas démotiver le technicien tout heureux de vous annoncer après plusieurs semaines de travail acharné un gain de quelques grammes sur un pédalier... gain qu'il devra en fait « rendre » dans le lest, puisque le poids minimum fait partie du règlement en F1...

En charge pour l'écurie de F1 Prost Grand Prix de mettre en place des

partenariats technologiques, une de mes priorités a été de bâtir une coopération avec l'ONERA, basée sur deux savoir-faire communs essentiel en Formule 1 : l'aérodynamique et les matériaux.

L'aérodynamique est, sans doute plus encore que le moteur, le point-clé dans la réalisation d'une monoplace. Générer le maximum de charge aérodynamique pour appuyer la voiture au sol et augmenter l'adhérence des pneumatiques en courbe est le facteur majeur de réussite en course automobile. Pour cela, les écuries s'appuient toutes sur des souffleries spécifiques et des outils de simulation numérique de plus en plus puissants. Le but de ce partenariat avec l'ONERA était d'aider la mise à niveau de la soufflerie à Magny-Cours, et la modélisation de certaines phases transitoires.

J'ai eu l'occasion d'observer à quel point nous touchions aux limites de la dualité entre l'expertise des ingénieurs défense et F1 : la proximité

du sol et les effets de couches limite associées amènent la Formule 1 à se préoccuper de la distance entre la voiture et le sol pour des ordres de grandeur liés au millimètre... Et là, on atteignait un peu la limite des connaissances acquises chez les aérodynamiciens de l'ONERA. Aux simulations d'atterrissage près, les connaissances acquises étaient dans des domaines bien différents, avec des vitesses plus élevées, mais avec des effets de sol quasi inexistants.

De même, la situation d'une Formule 1 est, à l'exception des quelques grandes lignes droites de chaque circuit, une succession de situation transitoires, avec deux énormes rouleaux (les roues...) générant un flux aérodynamique perturbateur, qui n'avait pas vraiment son équivalent dans le domaine aéronautique classique maîtrisé par l'ONERA.

C'est sans doute sur le deuxième thème du partenariat entre l'écurie et l'ONERA, les matériaux, que les différences, non plus techniques



Eric BARBAROUX avec en arrière plan notre Electric Formula Park (un site de karting électrique que nous avons développé au cœur de la cité automobile d'Anting, à Shanghai)

comme pour l'aéro mais organisationnelles, mettaient en évidence l'écart entre ces deux univers apparemment jumeaux...

La Formule 1 passait en effet des suspensions acier/aluminium aux suspensions en titane/carbone.

Et la découverte de ces matériaux était pour certaines écuries un véritable casse-tête, avec un vrai gain en poids et rigidité, mais des risques élevés, surtout pour des éléments de sécurité...

Après chaque course, l'ONERA devait analyser les pièces éventuellement cassées ou endommagées.

Analyser un bras de suspension en carbone qui casse en Grand Prix le dimanche après-midi pour être capable de modifier la pièce au Grand Prix suivant quinze jours ne rentrait évidemment pas dans le processus habituel de l'ONERA, mais ils se

sont pris au jeu, ils ont relevé le défi, et en mettant en place une organisation dérogatoire, le partenariat a finalement fonctionné.

Cet exemple illustre d'ailleurs parfaitement bien la différence fondamentale entre ces deux domaines technologiques que sont l'armement et la F1 : l'échelle de temps.

D'un côté la saisonnalité de la F1, annuelle, répétitive et très séquencée, avec un sacro-saint calendrier publié un avant chaque saison, où on connaît, à la seconde près, le moment où chaque monoplace devra s'élancer dans 20 pays différents, quelques soient les aléas rencontrés par chaque écurie...

De l'autre, nos grands programmes d'armement s'étalant eux sur plusieurs dizaines d'années...et où les repères et les comparaisons sont extrêmement difficiles et artificielles, avec changement de managers et

de caps permanents car trop étalés dans le temps...

Et l'habitude que nous avons prise, surtout dans les entreprises ou les administrations, de nous réfugier derrière le principe de précaution pour justifier de calendriers de mise en œuvre à l'infini.

Un principe de précaution qui nous fait rajouter des marges aux marges, et nous complaire dans le temps long.

L'Ukraine nous ramène au mauvais côté du principe de précaution : comment justifier les délais de formation prétendus de 6 mois pour la mise en œuvre de certains systèmes d'armes ? Doit-on toujours viser le 100 % de maîtrise, et ne pas considérer que le calendrier doit être raccourci, quitte à ne maîtriser que 80 % ?

Si je retiens une chose de mon passage en Formule 1, c'est bien la nécessité du sortir du domaine de confort et d'oublier le principe de précaution quand le calendrier devient la priorité... ☺



**Eric Barbaroux,**  
ICA, président  
d'ELECTRIC  
FORMULA

X81 ENSTA, il débute MOD du char LECLERC et s'oriente vers la Formule 1, d'abord dans l'écurie Prost, puis comme délégué du Grand Prix de France. Il crée Electric Formula en 2010, participe à la naissance de la Formule E dont il organise le Paris E-Prix aux Invalides, et travaille désormais pour adapter les circuits Autos à la mobilité électrique.



# AURIGA™

## Véritable concentré de haute technologie

**RETROUVEZ NOUS  
AU SALON SIAE  
DU BOURGET  
POUR DÉCOUVRIR  
NOS INNOVATIONS**



Le viseur d'étoiles Auriga™ satisfait les objectifs de réduction de coût tout en maintenant un excellent niveau de performance technique et de fiabilité. Il hérite de plus de cinquante ans d'expériences en développement d'équipements spatiaux dont le viseur haute performance Hydra. Il est parfaitement optimisé pour le marché des petits satellites de moins de 500kg et les projets du New Space à partir de 6U.

# DIFFUSEUR DE TALENTS

VALUMEN AU CŒUR DE L'INDUSTRIE

© Photo de Jimmy Nilsson Masth sur Unsplash / producer - stock.adobe.com / Design : BotzkeCreation.com

MANAGEMENT DE TRANSITION

EXECUTIVE SEARCH

SÉMINAIRE & CONSEIL DE DIRECTION

PARIS  
—  
NANTES  
—  
LILLE  
—  
MARSEILLE

VALUMEN RÉPOND PRÉSENT  
POUR VOUS TROUVER VOS PÉPITES

S'engager avec Valumen, c'est faire le choix  
d'un partenariat exclusif pour une expérience unique

 [WWW.VALUMEN.COM](http://WWW.VALUMEN.COM)  VALUMEN - DIFFUSEUR DE TALENTS

  
**VALUMEN**  
L'HUMAIN COMME VALEUR

Partie 4

# RÉFLEXIONS



# UNE COMMISSION D'ENQUÊTE EXCEPTIONNELLE

## LE DEVOIR DES INGÉNIEURS : FAIRE FRUCTIFIER LEURS TALENTS ET LES METTRE À LA DISPOSITION DE LA FRANCE

Par Monique Legrand-Larroche, IGA et Dominique Monvoisin, IGA

La Commission d'enquête de l'Assemblée nationale sur « la perte de souveraineté et d'indépendance énergétique de la France » a auditionné pendant 150 heures, 88 personnalités qui ont contribué à définir et mettre en œuvre la politique énergétique française durant ces trente dernières années, et produit en mars dernier un rapport de 500 pages.

La publication de ce rapport intervient à un moment clé où la France doit décider du contenu de sa première Loi de Programmation Énergie et Climat, attendue à l'automne 2023, et projeter à l'horizon 2050 ses objectifs de décarbonation de son économie, tout en s'attachant à renforcer sa souveraineté énergétique et industrielle. Ses nombreuses recommandations résonnent comme une prise de conscience de la criticité de notre situation future, avec une consommation électrique nationale attendue pour croître fortement d'ici 2050 à des fins de substitution aux énergies fossiles, ceci dans un contexte de vieillissement du parc nucléaire historique. Les propos du rapporteur, Antoine Armand, sont clairs :

« Le récit qui s'est reconstitué devant nous, c'est bien le récit d'une lente dérive, C'est l'histoire du lien souvent défaillant, parfois même inexistant, entre expertise scientifique et technique, instruction des dossiers et décision politique. C'est aussi l'histoire de décisions souvent partielles ou différées, voire contradictoires, pour des raisons parfois compréhensibles quand on se replace dans le climat de l'époque, mais qui ont conduit à des retards coûteux. Après trois décennies de divagation énergétique et alors que la sobriété, la relance de l'énergie nucléaire et l'accélération des énergies renouvelables sont toutes les trois enfin sur la table de nos politiques, ce rapport appelle donc à tourner la

page de nos errements et à en tirer toutes les leçons pour affronter les yeux grands ouverts l'urgence énergétique. »

Une des auditions qui aura marqué cette commission d'enquête est celle d'Yves Bréchet, membre de l'Académie des Sciences et ancien Haut-commissaire à l'énergie atomique de 2012 à 2018. Concernant le rôle que doivent jouer les ingénieurs, il indique : « il faut réindustrialiser ce pays, il faut réattirer les jeunes vers des formations techniques, y compris en les payant bien ; quand un pays comme la France fournit un enseignement essentiellement gratuit, les ingénieurs ainsi formés ont un devoir vis-à-vis de ce pays, c'est de mettre à sa disposition leurs talents qu'ils n'ont pas le droit de ne pas faire fructifier ! »

### Focus sur l'audition de trois camarades :

#### 1/ Maîtriser la chaîne de valeur des secteurs stratégiques

Thomas Courbe, directeur général des entreprises, a fait état de travaux de structuration de la politique de réponse aux vulnérabilités engagés depuis 2019 et a affirmé que les secteurs stratégiques avec leurs chaînes de valeur associées sont désormais mieux identifiés, notamment ceux définis lors du sommet de Versailles de mars 2022 (renforcement de l'Europe de la défense, réduction des dépendances énergétiques, construction d'une économie plus résiliente).

#### 2/ Aborder la sous-traitance sous l'angle du partenariat

Luc Rémont, président-directeur général d'EDF, a précisé que « jusqu'à 10000 personnes peuvent travailler sur un chantier EPR, ces personnes représentant des savoir-faire, des corps de métiers, parfois des compétences, voire des technologies, qui ne peuvent pas se trouver dans une seule entreprise. Il faut mobiliser une filière industrielle dans un chantier qui doit être parfaitement orchestré. C'est l'enjeu principal de l'intégration d'un grand chantier de type Flamanville et de l'ensemble des EPR qui sont construits et cette mobilisation de filière doit être partenariale. La notion de sous-traitance est celle à quoi on arrive quand on n'a pas organisé la filière. »

#### 3/ Se donner les moyens de maîtriser sa base industrielle

Bernard Fontana, Président et CEO de Framatome, qui intervient sur près de 380 des 450 réacteurs nucléaires dans le monde, a souligné, s'agissant de l'EPR, la complexité à maîtriser une chaîne industrielle de soudage, qui fait intervenir des tuyaux, des matériaux d'apport, des procédés de soudage, des soudeurs, des procédés de contrôle et des contrôleurs. Indiquant que « si on change un des paramètres, on est à grand risque », il a rajouté que « régler une chaîne de soudage, ça prend 3 ans ».

# NH 90

SAVING LIVES  
PROTECTING HEROES



**RETROUVEZ-NOUS  
AU SALON DU BOURGET  
2023  
Statique #C3**

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



[nhindustries.nh90](https://www.instagram.com/nhindustries.nh90)



[@NHIndustriesSAS](https://twitter.com/NHIndustriesSAS)



[NHIndustries](https://www.linkedin.com/company/NHIndustries)



AIRBUS



LEONARDO

# DUALITÉ À TOUS LES ÉTAGES

Par Denis Plane, IGA

Dans l'image de deux mondes, civil et militaire, entre lesquels il faut tisser des liens qui profiteront aux deux, les domaines sont séparés, et les échanges peuvent être décrits. En fait il n'y a pas de frontière.



En Allemagne, ce tronçon de l'autoroute A29 a été construit sur une ancienne piste de l'OTAN... qui a retrouvé son ancienne vocation pour des exercices

D'abord c'est le délicat bricolage d'équipements civils. La plupart des porte-avions utilisés un jour dans le monde ont été des paquebots modifiés.

Ensuite le militaire, qu'il s'agisse des connaissances, des technologies, des infrastructures, repose sur une base civile. Le réseau Rubis des secours de la gendarmerie a été inutilisable faute d'alimentation électrique lorsque le Rhône a débordé au-delà de ses digues.

Enfin la satisfaction de besoins militaires très sévères risque rapidement un retard face à des nouveautés civiles. La défense cyber est née après la menace, et la lutte anti-essaims de drones balbutie.

C'est bien ce que montre l'évolution des apports passés.

**A l'aller : c'est nous les premiers** : le militaire c'est mieux, mais pas longtemps

Au départ, les liens sont inutiles, il n'y a pas de dualité, car le militaire est plus performant. Il est même le seul : navigation radio, infrarouge, sonars, propulsion solide... Le problème est qu'il reste en service plus longtemps et son avantage relatif décroît. Le militaire c'est mieux, mais pas très longtemps. Dans un essai de résistance aux explosions sous-marines d'une frégate, le radar civil a tenu, et le radar militaire, plus ancien, n'a pas supporté le choc. Le PMF (processeur militaire futur) a abouti, mais dès sa sortie il est devenu dépassé et inutile.

Le transfert est idéal quand l'avance est de plusieurs années, ou quand les technologies répondent à des exigences que le

civil ne peut pas se payer seul. De nombreux cas sont décrits dans ce magazine. Le civil n'apporte alors pas des solutions mais une assise technologique et industrielle.

Il reste un préjugé que les développements militaires sont optimisés et peuvent continuer seuls, d'où un retard possible ou un coût inutilement élevé : radio du fantassin, traitement d'image, communication, IA.

## Au retour : le meilleur du civil

La vitesse d'innovation dans le civil, au marché plus large, est souvent beaucoup plus grande que ce qui est spécifiquement militaire, freiné par les faibles quantités produites ou simplement par ignorance : le recours au civil est souvent indispensable, car les besoins civils atteignent des performances et des coûts inaccessibles à des utilisateurs de défense. Par exemple, les processeurs des radars les plus performants sont empruntés à l'automobile... Chat GPT a mis deux ans à se diffuser très largement, moins que la durée de décision de lancer un programme d'armement...

Les transferts sont possibles et nécessaires, à tous les niveaux de dualité : technologie, équipements, compétences, méthodes et mensonges, croissance commune.

Si la question est « le militaire peut-il se passer du civil ? » la réponse est non, la dépendance est extrême, des infrastructures aux technologies et des compétences aux structures industrielles.

### L'aller-retour : le bidual

On peut rêver de renvois d'ascenseur, de remerciement du civil pour les techniques militaires qui lui ont profité. Il n'en est rien, sauf peut-être dans les méticuleuses discussions budgétaires de répartitions des fonds de tiroir. Comme métaphore, on se souvient qu'il existe un isomorphisme canonique entre un espace vectoriel et son bidual (le dual de son dual), mais uniquement quand l'espace de départ est de dimension finie. Le nombre de technologies est infini, donc pas de retour évident.

### Un mélange dès le départ, le double usage

Le double usage devient une nécessité, selon des technologies communes, souvent tirées par le civil : substances énergétiques, communications, logiciels.

La chaîne d'approvisionnement est évidemment duale. Ce qui distingue les stocks stratégiques est le délai de montée en puissance (stocks immédiats ou matière premières et composants) de leur utilisation. Les stocks civils sont essentiels pour l'industrie mais leur insuffisance ne bloque pas la marche instantanée du pays.

Coopérer, comme dans le civil des grandes sociétés, ce n'est pas éparpiller la BITD entre les pays à proportion de la complexité des systèmes : l'assurance qu'est la dualité ne doit pas être détricotée. Dualité signifie dépendance, il n'est pas nécessaire que la BITD européenne l'augmente ; la souveraineté est duale ! Peut-on coopérer dans les programmes de défense et être opposés dans l'industrie civile ? On ne gère pas de la même façon les pure players d'armement et les sociétés ordinaires ou duales.

Les nouveaux horizons sont plutôt duaux : espace, cyber, géographie. Cela est d'abord raté, puis observé, puis recommandé. Après

le bombardement par erreur en 1999 de l'ambassade de Chine à Belgrade mal localisée par les USA, le responsable local de FedEx s'étonnait, car il connaissait les lieux et y livrait régulièrement des colis. Alors que depuis Galileo, l'usage dual de l'espace européen est complètement admis, la première « stratégie spatiale pour la défense et la sécurité » de l'Union européenne en mars 2023 prévoit que les projets spatiaux seront désormais développés pour un usage dual (civil et militaire) et non exclusivement civil.

### Ce qui est commun : problèmes, base et méthodes

De très nombreuses préoccupations sont partagées : la prospective climatique, la disponibilité des infrastructures, l'accès aux matières et aux composants. Par exemple, la vision de défense des pays Baltes se concentre plus sur la pérennité des infrastructures que sur l'outil de défense proprement dit. La politique de protection informatique du DoD américain vient directement de société civile.

Des problèmes sont communs, et les réponses ne le sont pas forcément les mêmes. La CNCDH demande l'accès à l'explicabilité de l'IA. Il s'agira très probablement de dire quelles décisions sont prises en fonction de quels critères, sans pour autant assurer l'utilisateur de la pertinence des décisions prises. Si c'est un bon indicateur de performance de l'IA, il n'est pas sûr que les militaires s'en contentent. Risquer d'écraser un piéton ou de tuer un hostile, le débat n'est pas clos.

Et bien sûr la langue de bois est de plus en plus duale dans la conduite des projets. Les secrets d'un bon programme sont les mêmes, les erreurs sont similaires. A la lecture des 48 recommandations de la NAO (National Audit Office) sur les programmes majeurs civils et mili-

taires on peut presque les remplacer par une analyse d'intelligence artificielle pour trouver les points sensibles ou les erreurs à éviter, de la confiance aveugle des grands décideurs ignorants sans s'assurer du soutien moral de tous, à une description de détail trop explicite au départ. « Diviser chacune des difficultés en autant de parcelles qu'il faut pour ne plus les voir », ironisait G.Dumézil en plagiant Descartes. Là aussi les méthodes toutes faites sont un danger car elles éliminent les spécificités.

### En quoi le militaire diffère-t-il du civil ? Par les règles

Le militaire sert à faire la guerre, c'est évident, et c'est pourquoi des règles spécifiques s'appliquent : pas de fabrication, pas d'export sans autorisation ; pas de transfert au civil, pour des raisons de confidentialité et de dangerosité. Il est l'apanage de l'Etat (du moins dans la plupart des pays) et financé comme tel. Avec des curiosités : les gaz lacrymogènes sont des armes chimiques interdites pour la guerre, mais autorisées pour un emploi civil.

Mais la frontière par la technologie est devenue floue. Aussi les biens à double usage sont contrôlés par l'arrangement de Wassenaar. Pour d'autres raisons, les composants et équipements lorsqu'ils transitent par les Etats-Unis peuvent être « itarisés », c'est-à-dire localement interdits d'emploi. La dualité n'est plus en ce qui est civil ou militaire, mais sensible ou pas, voire national ou pas. Le militaire n'est pas une garantie d'excellence ou d'efficacité. J'ai pensé plusieurs fois devant des réalisations dites innovantes : « mon fils fait pareil avec son téléphone » !

L'économie de guerre, c'est à dire la résilience et la préparation, sera une base civile pour une montée militaire en puissance et en assu-



Les IA, militaires et à vocation duale

rance. Ce qui la préserve est fondamentalement dual.

### Stulta lex sed lex ? (la loi est stupide mais c'est la loi)

Des questions interdites... et pourtant réelles sont traitées différemment : quelle liberté à enfreindre des méthodes et règles fixées, ou à faire comme si les nouvelles règles en cours de finalisation ne comptaient pas ; quelle rigueur pour respecter l'environnement ? Le droit est dual. Officiellement la conformité est aussi rigoureuse dans les deux applications ; dans la pratique il y a un doute, propre à chacun. Il semble que le jugement est souvent plus sévère si l'application est civile. Les critères ESG (environnementaux, sociaux et de gouvernance) doivent-ils s'appliquer aux sociétés d'armement en temps de crise ? Quelle priorité entre performances, coûts, délais et loi ?

L'épais manuel de droit des opérations militaires du ministère des Armées, à l'approche très juridique, ne s'applique pas à l'équipement des forces et sa longue lecture est dont peu utile ici.

### LPM : ça va être compliqué

Peut-être un peu plus que précédemment, la LPM ne laisse pas de marge pour développer et acquérir

des équipements non définis aujourd'hui. Or la défense est faite pour faire face à l'inconnu, ce qui exige des marges ou au moins une méthode pour les constituer en supprimant des capacités, de la même façon qu'au bridge tout l'art est dans la défausse. Il est certain que nous aurons des conditions d'emploi non prévues. Une autre raison est l'avènement de besoins venant du civil, qui génère des innovations à un rythme plus élevé que celui du renouvellement des plans à 5 ans que sont les LPM. La dualité provient plus de l'industrie que du Minarm... Nous aimons trop le passé !

Sur un total de 100%, la part d'un type de matériel donné, par exemple les avions, diminue, tout simplement parce que de nouveaux types apparaissent, par exemple l'espace, le cyber ou les drones. C'est d'ailleurs comme cela que des industriels disparaissent en ratant le virage d'un nouveau marché. La dualité nécessaire c'est d'observer de près ce qui se passe ailleurs.

En caricaturant un peu, flexibilité vaut mieux que cohérence dans un monde qui ne connaît aucune stabilité.

### Porosité à tous les étages : des IA duaux !

En résumé un défi pour les acteurs de l'armement est d'être en phase avec les évolutions des applications techniques de tous bords.

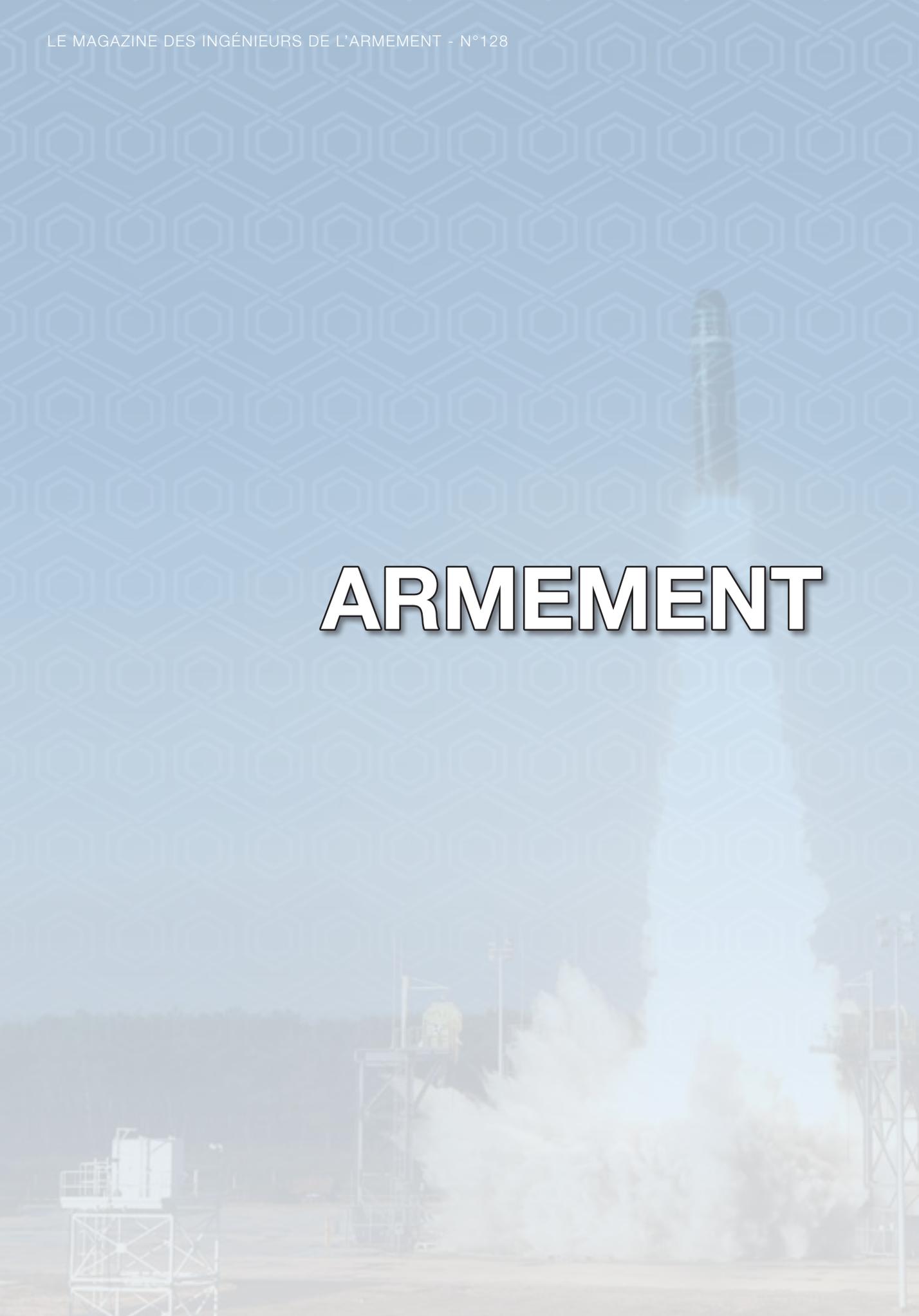
L'enseignement initial (ENSTA, ISAE) doit être dual, le corps des IA militaire, les compétences duales (et surtout actrices dans les décisions de haut niveau), la vision globale permanente. Chez les IA il faut savoir chercher, apprécier et respecter les spécialistes. Ne faire progresser que les pilotes de grands projets, même si c'est ce que nous savons bien faire, risque de conduire à encore plus d'ignorance des liens de dualité, et donc à des trains ratés. Dans ces conditions, il serait bon de disposer d'un stock stratégique d'ingénieurs !

L'armement est un mode de pensée à préserver, et pour reprendre un mot à la mode, la dualité doit être native : non pas une prise de conscience épisodique que l'autre monde a bien avancé sur mon domaine, mais une sensibilité permanente, qui évite retards ou déclassement ; c'est sur le tas et tout au long des années de travail que la dualité doit continuer. C'est un état d'esprit de remise en question plutôt que de certitude des compétences, ce qui est parfois peu intuitif quand on regarde les grandes réalisations dont nous sommes fiers. Le monde civil bouge plus



Denis Plane, IGA

Denis Plane, a commencé sa carrière sous le signe du naval à Toulon puis au STCAN. Passant par les missiles, le service technique des systèmes navals puis le service technique des technologies communes, il dirige la direction des programmes de la DGA jusqu'en 2003.



# ARMEMENT

# NOUVELLE VISION STRATÉGIQUE DGA

Par **Amandine Reix**, ICA, Directrice de Programme des Satellites d'Observation (DGA)

**La nouvelle vision stratégique DGA est désormais en ligne, avec de nouvelles missions, qui n'avaient pas évolué depuis 2009.**

**Celle-ci est disponible sur le site web <https://www.defense.gouv.fr/dga/actualites/delegue-general-larmement-devoile-sa-vision-strategique-dga>**

## Première mission : Équiper et soutenir les armées de façon souveraine en assurant la maîtrise d'œuvre étatique du système de défense

La DGA partage avec l'EMA la fonction d'expert capacitaire. Elle est l'expert technique en mesure de traduire les effets opérationnels recherchés par les Armées en exigences techniques. Elle est l'architecte qui structure les capacités en projets industriels dont elle supervise le bon déroulement et l'acteur qui doit assurer la cohérence de la connectivité et l'intégration des systèmes entre eux pour garantir leur performance d'ensemble. C'est la notion de construction d'une capacité de bout-en-bout.

L'objectif est de gagner encore en performance dans ce domaine :

*La Direction des Opérations devient la direction des opérations, du MCO et du numérique pour, conjointement, avec l'EMA et les services de soutien, engager des négociations avec les industriels dans le champ du MCO pour permettre d'en améliorer l'efficacité et la maîtrise du coût global.*

Au sein de cette DOMN sera créée une Force d'Acquisition Réactive. Elle participera à poursuivre l'objectif fixé par le chef de l'Etat de réduire la durée des cycles d'acquisition, et de procéder rapidement à des achats sur étagère quand cela est pertinent.

L'accélération du processus d'équipement des forces ne peut être possible qu'avec l'acceptation d'un certain niveau de risque. Le but est de travailler avec les forces pour mieux porter ensemble ce risque, partagé entre autorité technique et autorité d'emploi. A cette fin, *la direction technique devient la Direction de l'ingénierie et de l'expertise pour fédérer l'ensemble des expertises.*

## Deuxième mission : Fournir une capacité d'anticipation stratégique technologique et industrielle pour concourir à la défense et à la sécurité nationale

Alors que les menaces qui pèsent sur notre sécurité se multiplient et se diversifient dans leur nature, il revient à la DGA d'éclairer le Ministère des armées, par le



prisme technologique et scientifique, sur les ruptures éventuelles et les moyens d'y répondre.

La revue nationale stratégique rappelle que se mêlent désormais haute intensité et hybridité des menaces. Cette conjugaison qui crée une complexité accrue oblige à une grande rigueur dans la préparation de

l'avenir, afin de prévenir toute surprise stratégique. Au carrefour de tous ces enjeux on retrouve l'influence, qui est peut-être l'un des champs de conflictualité qui incarne le plus l'hybridité des conflits futurs.

La DGA se doit donc en permanence d'imaginer, d'anticiper et d'innover.

D'où la création de la Direction de la préparation de l'avenir et de la programmation qui réunit les équipes chargées des études capacitaires, de la constitution des feuilles de routes et de la programmation financière.

L'action de l'AID est pérennisée et amplifiée et nous continuerons à encourager l'émergence de nouveaux modes d'action.



### Troisième mission : Promouvoir une approche pragmatique de la coopération et soutenir les exportations

La DGA est un levier central des coopérations internationales qui passent souvent par le développement de projets de défense en commun, des partenariats bilatéraux ou multilatéraux et par les exportations.

La DGA sera proactive pour proposer une réelle stratégie qui s'appuie sur des partenariats déjà solides, cherche à en développer de nouveaux et propose des vecteurs novateurs.

Les coopérations et les exportations sont des opportunités car elles renforcent notre modèle de souveraineté et d'autonomie industrielle sans créer de nouvelle dépendance.

Pour soutenir cette mission, le Délégué a décidé la mise en place d'une direction fédératrice : la direction internationale pour la coopération et l'export.

### Quatrième mission : Orienter et soutenir la base industrielle de défense dans une logique de souveraineté

Les attendus de l'économie de guerre et les ambitions de la LPM 2024-2030 imposent des exigences accrues en matière de performance de la BITD. Des discussions et des négociations sont entamées sur trois sujets : le MCO, les prix unitaires des matériels, qui devront refléter l'augmentation des quantités commandées, permise par les crédits consacrés à la nouvelle loi de programmation militaire ; et enfin l'analyse approfondie de leurs coûts de structure ou résultant de nos propres exigences, afin d'identifier des pistes de réduction pérenne des coûts d'acquisition et de soutien.

Cela justifie la décision du Délégué de créer une *Direction de l'Industrie de défense qui réunit le Service de l'intelligence économique et des affaires industrielles et le service de la qualité*. Cette direction assurera l'orientation stratégique de la BITD, dont le maintien et le développement des filières existantes, et celles en devenir. Un service s'attachera à la performance et à la qualité de l'outil industriel. La sécurité économique des entreprises de la BITD sera renforcée par plusieurs leviers, comme un soutien particulier accordé aux PME, des actions renforcées dans le domaine de l'intelligence économique, ou encore la poursuite des actions de protection des entreprises, particulièrement leur cyber-résilience.



### Cinquième mission : Maintenir le fondement de la dissuasion nucléaire et développer la capacité cyber du ministère des armées au profit de la sécurité nationale

Le rôle de la DGA est de garantir dans la durée au Président de la République, la crédibilité, la juste adéquation à la doctrine et les performances des systèmes constituant les deux composantes nucléaires.

*Il est créé un poste d'adjoint Dissuasion qui est directement rattaché au DGA.*

Dans le domaine cyber, la DGA constitue, avec l'ANSSI, l'un des plus importants pôles de compétences techniques au sein de l'Etat. Elle constitue l'expert technique référent du ministère des Armées. La DGA a pour mission d'équiper les forces armées avec des systèmes d'armes cyber-sécurisés au juste niveau. Elle dote aussi les forces de systèmes spécifiques leur permettant de mener des opérations en matière de lutte informatique défensive, offensive et d'influence.

Membre du « centre de coordination des crises cyber » (C4), elle contribue à la défense de la Nation contre les cyber-attaques. Elle contribue fortement à développer la filière cyber française, au travers de sa contribution à la stratégie nationale d'accélération cyber et d'actions spécifiques visant à développer un tissu d'acteurs industriels souverains.

C'est donc un projet ambitieux pour la DGA. Ce n'est pas une transformation pour le principe, ou pour elle-même, mais pour une meilleure performance, au profit de notre outil de défense. ☺

# RÉFORME DES CORPS TECHNIQUES

## LES TRAVAUX SONT EN COURS

Par Hervé Moraillon, IGA, Secrétaire général de la CAIA

**A la suite de la mission Berger – Guillou – Lavenir, qui a confirmé le besoin pour l'Etat de compétences techniques, technologiques et industrielles, Emilie Piette, Déléguée interministérielle à l'encadrement supérieur de l'État (DIESE), a mené des consultations et soumis des propositions à l'automne 2022. Etat des lieux.**



Les membres de la mission Berger – Guillou – Lavenir

Lors de sa réunion du 23 novembre dernier, le Conseil des Ministres a présenté les grandes lignes de la réforme des corps techniques avec :

- la confirmation de la valeur des corps techniques actuels, « second pilier de l'encadrement supérieur de l'Etat », et la nécessité pour l'Etat de rester attractif pour des ingénieurs de haut niveau ;
- le lancement des premières réformes dès 2023 visant au renforcement de la diversité des voies d'accès aux grands corps techniques et à l'harmonisation des statuts et des conditions de rémunération entre l'ensemble des grands corps techniques permettant une meilleure équité des carrières et une plus grande mobilité des compétences techniques au service de l'Etat.

La CAIA soutient ces dispositions et souhaite que les réformes annoncées soient mises en œuvre rapidement en 2023 en soulignant notamment la nécessité d'étendre cette harmonisation des statuts (progression de carrière, rémunération, ...) également avec les futurs Administrateurs de l'Etat (AE) dont les conditions ont été récemment améliorées de façon significative.

### Où en sommes-nous mi 2023 ?

En cohérence avec les décisions annoncées en novembre 2022, la DIESE a élaboré un plan d'actions partagé avec les parties prenantes.

Le premier axe concerne le renforcement de la diversité des voies d'accès aux grands corps techniques : sur le modèle de ce qui a été mis en place pour les corps administratifs, le recours à des concours talents est une piste à explorer, mais sa mise en œuvre administrative, potentiellement sous forme de loi, pourrait se heurter à des obstacles juridiques importants ; l'approche par ordonnance faite pour l'INSP n'est a priori pas transposable et une solution spécifique serait en tout état de cause à instruire pour le statut militaire des IA.

L'ouverture à des profils expérimentés appelle également une réponse particulière pour les IA, l'intégration d'officiers sans pouvoir leur donner de l'ancienneté n'étant en l'état pas attractive.

En revanche, le corps des IA pratique déjà assez largement l'ouverture à d'autres écoles et est dans une situation plus avancée que certains corps civils. L'ouverture du corps aux titulaires d'une thèse est une avancée déjà proposée par la DGA et le CGARM.

Le second axe vise l'amélioration de l'approche interministérielle inter-employeurs. Comme l'a confirmé le rapport de la mission Berger-Guillou-Lavenir, les IA disposent d'un très large éventail de compétences techniques et de direction de projet, compétences dont les



divers autres ministères ont un besoin croissant. Dès lors, le corps de l'Armement ne pourrait que bénéficier d'une meilleure gestion interministérielle des compétences, dépassant les quatre grands domaines traditionnels des corps existants, avec des secteurs plus transversaux (énergie, numérique, aéronautique, gestion de projets complexes, etc.) qui ne peuvent être les domaines réservés de tel ou tel grand corps. Le premier domaine retenu pour expérimenter cette gestion interministérielle est celui du numérique, où les enjeux sont nombreux.

### **Ne loupons pas le train qui passe, surtout avec notre « quart de place » !**

Il est hautement souhaitable que des progrès notables sur ces deux axes soient mis en œuvre dès 2023 afin de ne pas retarder les deux derniers chantiers prévus en 2024 et attendus par de nombreux ingénieurs de l'Etat, à savoir l'harmonisation statutaire progressive entre les différents corps d'ingénieurs et la rémunération avec

notamment la recherche de convergences indemnitaires en 2024 avec le corps des AE.

Chez nos confrères des Corps des Mines, des Ingénieurs des Ponts, des Eaux et des Forêts (IPEF), comme chez les Administrateurs de l'INSEE, cette attente est très forte et accentuée par les analyses comparées avec l'évolution de la situation des Administrateurs de l'Etat que nous partageons au sein du G16 (Groupe des associations de la haute fonction publique).

Formulons donc le vœu que la réforme en cours traduise concrètement la valeur effective que l'Etat accorde à ses ingénieurs des grands corps techniques et que la spécificité du corps des ingénieurs de l'armement liée à sa militarité ne soit pas un obstacle à ce qu'il bénéficie pleinement de cette réforme. L'attractivité de notre corps est en jeu : il est très important pour chacun d'entre nous et pour la DGA en pleine transformation de ne pas laisser partir le train sans nous ! 🚂

**cea** DIRECTION DES APPLICATIONS MILITAIRES

**L'ENGAGEMENT ET L'EXCELLENCE**  
 AU SERVICE DE LA **DÉFENSE**  
 ET DE LA **SÉCURITÉ DE LA FRANCE** :

ARMES NUCLÉAIRES,  
 PROPULSION NUCLÉAIRE NAVALE,  
 LUTTE CONTRE LA PROLIFÉRATION NUCLÉAIRE,  
 LUTTE CONTRE LE TERRORISME,  
 ALERTE AUX TSUNAMIS,  
 SOUTIEN À LA DÉFENSE CONVENTIONNELLE...

RELEVONS ENSEMBLE LES DÉFIS DE DEMAIN  
[www-dam.cea.fr](http://www-dam.cea.fr)



## INTERVIEW DU NOUVEAU VP DU CGARM

*Christophe a débuté sa carrière à la DGA en 1999, puis est devenu conseiller industriel au cabinet du Ministre Jean-Yves Le Drian de 2012 à 2017. Il rejoint ensuite EDF en tant que DSI Groupe jusqu'en 2020, où il devient directeur général adjoint du Groupe Thales. Il est nommé VP du CGARM en avril 2023.*

propos recueillis par Jérôme de Dinechin, ICA

### **La CAIA : Quelle image as-tu du CGARM en arrivant comme vice-président ?**

**Christophe Salomon :** Je connais le CGARM depuis longtemps maintenant. J'en ai utilisé les services il y a une douzaine d'années lorsque je cherchais à entrer en cabinet ministériel, puis je l'ai en quelque sorte supervisé depuis le cabinet pendant 5 ans. Depuis que je suis dans le monde industriel, je peux témoigner de l'énergie dépensée pour faire rayonner les ingénieurs de l'armement : organisation de « speed dating » avec l'industrie, campagnes de promotion des IA dans les cabinets, nomination d'ambassadeurs du corps, ... et je dois dire que depuis ma nomination comme VP, j'ai pu rencontrer la structure permanente du CGARM et suis très impressionné par leur énergie, leur expertise, et l'étendue de leurs activités.

### **La CAIA : Dans ses missions actuelles et compte tenu de la conjoncture particulière, qu'est-ce qui te semble important ?**

**CS :** Avant et depuis ma nomination, j'ai eu la chance d'échanger avec le Ministre des Armées et son cabinet. La conviction au plus haut du ministère est qu'il est fondamental de disposer de corps d'ingénieurs puissants, qui œuvrent au sein du ministère mais aussi parfois en dehors, au bénéfice ultime de nos armées et services. Les corps d'ingénieurs de l'armement (IA et IETA) sont particuliers au sein de l'Etat, au sens où, dotés d'une expertise technique pointue, acquise dans les formations initiales puis mises en œuvre généralement dans un début de carrière à la DGA, ils exercent ensuite le rôle de maître d'ouvrage de grands projets, complétant ainsi leur excellence technique de compétences managériales, financières, et même de relations clients/fournisseurs. Ces compétences sont rares, précieuses pour le Ministère, pour l'Etat, et même dans l'Industrie, je peux en témoigner. Il est donc fondamental d'entretenir ces parcours, de s'assurer du maintien de l'attractivité des corps de l'armement alors même que des travaux sont en cours au sein de l'Etat autour des corps techniques, de rayonner pour faire bénéficier d'autres secteurs de nos compétences, mais également d'en acquérir de nouvelles au bénéfice du Ministère, de travailler étroitement avec les écoles sous tutelle du

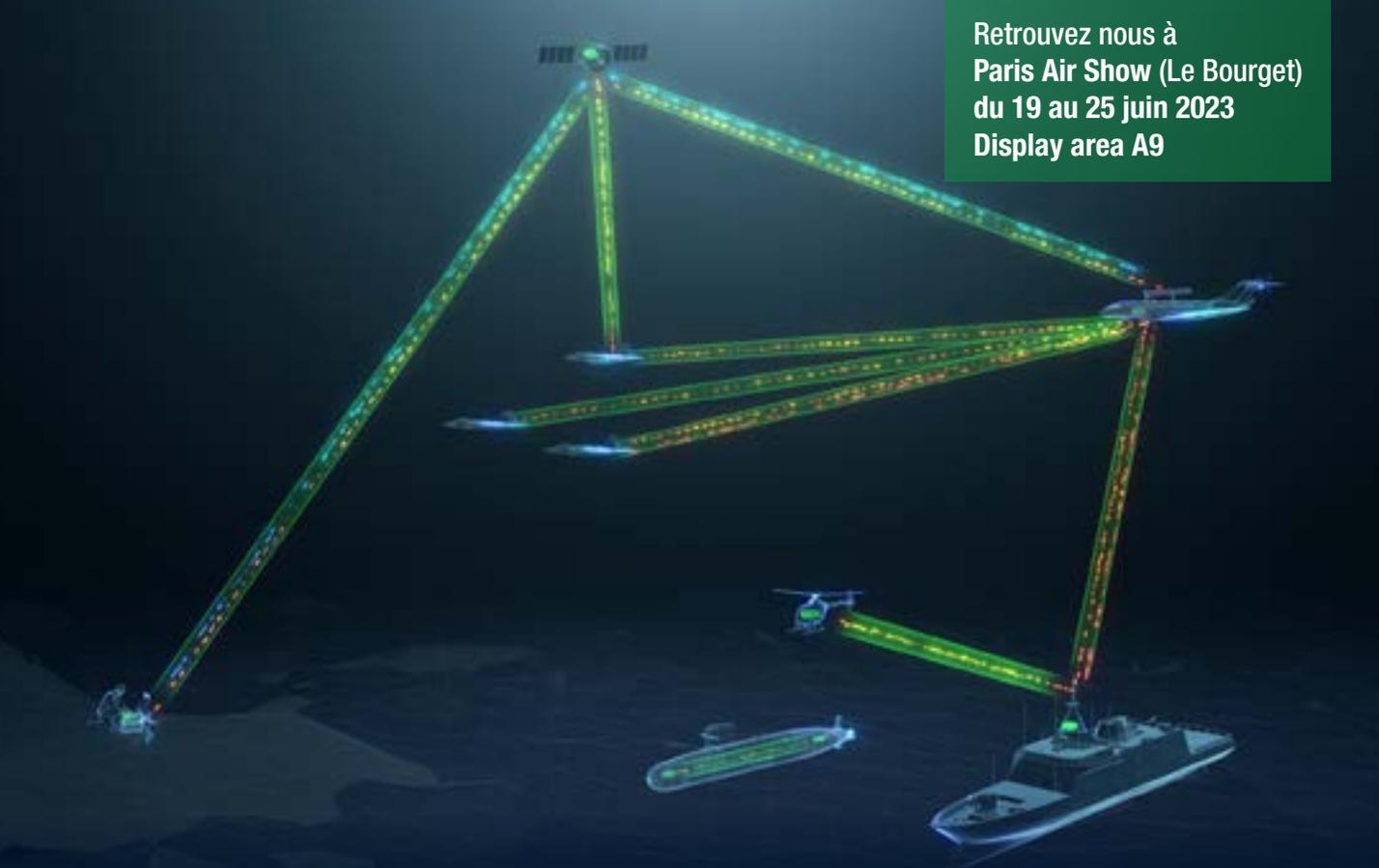
ministère, ou encore de fluidifier les parcours avec l'industrie. Voilà beaucoup de défis auxquels est confronté le CGARM, et j'y ajouterai, dans ses missions d'études, l'apport d'un éclairage particulier sur des questions générales ou techniques, que je souhaiterais systématiser en association avec un autre grand corps de l'Etat (Corps des Mines, des Ponts Eaux et Forêts, INSEE, IGF, ...).

### **La CAIA : Notre numéro porte sur la dualité. En tant qu'industriel et également vice-président du CGARM, comment souhaites-tu te positionner ?**

**CS :** Comme, je crois, la plupart de mes prédécesseurs. Le CGARM doit être force de propositions en matière d'orientations stratégiques pour les corps de l'armement, et sa structure permanente doit avoir un rôle fort dans la gestion des IA et IETA qui sont à l'extérieur du Minarm, en pleine complémentarité avec l'employeur DGA pour la construction des parcours, les départs et les retours au sein du ministère. Il faut en effet les aider à rayonner quand ils le souhaitent, les suivre quand ils sont sortis, les aider à revenir dans le Ministère avec une vraie valorisation de l'expérience acquise. Il faut aussi assurer en amont la promotion de nos corps d'ingénieurs. C'est pour cela que mon positionnement à la fois au sein du ministère et en dehors, de même que mon parcours antérieur et ma bonne connaissance de l'écosystème, sont autant d'appuis pour assurer cette fonction de vice-président, avec un engagement qui sera total. Je crois, et j'ai toujours cru, à la notion de continuum Etat-Industrie. Ce ne sont pas deux mondes qui s'affrontent, bien au contraire. Dans mes fonctions actuelles dans l'Industrie, je pense œuvrer tout autant au profit des Armées que lorsque j'étais dans le ministère. Je suis donc très heureux d'avoir l'occasion de renforcer encore ce lien.

### **La CAIA : Quelles seraient tes priorités à court terme ?**

**CS :** Elles sont nombreuses : rencontrer toutes les parties prenantes, m'impliquer fortement dans les travaux sur les corps techniques et m'assurer en particulier que nos corps conserveront et même augmenteront leur attractivité et leur diversité, lancer de nouveaux sujets d'études, ... un programme passionnant ! ☺



Retrouvez nous à  
Paris Air Show (Le Bourget)  
du 19 au 25 juin 2023  
Display area A9

## Communications sécurisées et cyber-sécurité embarquée

**50** ans d'expérience  
dans la cryptographie

**20+** pays de l'Otan équipés de  
nos modules IFF

**1000** calculateurs cryptographiques  
produits en France

**HENSOLDT – L'innovation au service d'un monde plus sûr**



## ENTRETIEN AVEC L'IGA ALEXANDRE LAHOUSSE

CHEF DU SERVICE DES AFFAIRES INDUSTRIELLES  
ET DE L'INTELLIGENCE ÉCONOMIQUE À LA DGA.

Propos recueillis par Kévin Savornin et Fabrice Aubert  
extraits de « Esprit Défense », revue du ministère des Armées

Souveraineté, recrutement, simplification, financement... La France s'est lancée le défi de transformer son industrie de défense en « économie de guerre ». Le ministère des Armées aide les entreprises à produire plus, plus vite et moins cher.

**L'expression « économie de guerre » est devenue médiatique après le discours du Président de la République au salon Eurosatory le 13 juin 2022. Depuis quand la Direction générale de l'armement travaille-t-elle sur ce dossier ?**

**Alexandre Lahousse :** Tout l'écosystème défense s'est investi, la DGA s'est associée aux armées et aux industriels pour lancer différents chantiers et identifier d'éventuels goulets d'étranglement : sécurisation des chaînes d'approvisionnement, en particulier pour les matières premières ; dépendances étrangères ; recrutement ; simplification... La force du dispositif a été d'embrasser le sujet dans sa globalité et de traiter les thématiques en parallèle. De ce fait, chacun est ressorti avec une vision d'ensemble et un plan d'action concret.

**Passer d'une logique de flux à une logique de stock est un changement majeur. Les industriels sont-ils prêts à suivre ?**

**AL :** Nous parlons ici des stocks industriels. Ils sont de deux sortes. Tout d'abord, les matières premières et les composants électroniques. Il faut les sécuriser car ils sont très demandés sur le marché mondial, notamment pour leur capacité à servir plusieurs équipements, aussi bien militaires que civils. Ensuite, les produits semi-finis. Il s'agit des objets que nous commençons à fabriquer par anticipation avant d'arrêter leur production puis de les stocker. Par exemple, les tubes du canon Caesar peuvent être produits en avance pour accélérer l'assemblage de l'ensemble le moment venu. Ces grands principes sont actés par les industriels. Depuis le début, ils sont volontaires et participent à tous les groupes de travail.

**« Produire plus, plus vite, moins cher » suppose de simplifier l'expression des besoins. Ne risquez-vous pas de favoriser la quantité au détriment de la qualité en augmentant les cadences de production ?**

**AL :** Les deux notions ne sont pas incompatibles. Anticiper les stocks d'approvisionnement permet notamment

de réduire les délais de fabrication, avec une qualité inchangée. Par exemple, les cadences de fabrication ont pu doubler pour le canon Caesar et pour le radar GM200 de Thales.

**Le ministre des Armées, Sébastien Lecornu, affirme que la culture du risque ne peut pas être la même en temps de paix qu'en temps de guerre. Comment définissez-vous cette notion ?**

**AL :** Elle consiste à être proactif et à ne pas attendre que tout soit prêt et verrouillé pour se lancer. La future loi de programmation militaire offrira aux industriels une visibilité sur sept ans. Ils doivent l'anticiper dès maintenant et investir dans leur outil de production. Étant donné le contexte géopolitique, il ne fait aucun doute que les équipements produits trouveront preneur. À ce titre, des commandes globales de longue durée seront effectuées pour les équipements majeurs. Au-delà de la visibilité, ces commandes constituent une sorte de contrat cadre qui garantit un certain volume. Aux industriels de jouer leur rôle d'entrepreneur !

**Qu'en est-il des PME de la BITD, qui jugent leur visibilité insuffisante ?**

**AL :** L'économie de guerre est un travail en profondeur de l'outil industriel. À cet égard, il est primordial que la visibilité d'en haut ruisselle dans toute la chaîne, jusqu'aux orteils, pour que les entreprises sous-traitantes de rangs 1, 2 et 3 puissent également investir dans leur outil de production. Il serait anormal que les grands maîtres d'œuvre disposent d'une visibilité sur sept ans et qu'un sous-traitant fonctionne avec des bons de commande ne dépassant pas trois mois, avec le risque que les banques lui refusent un prêt. Nous travaillons actuellement sur ce point.

**Environ 4 % des entreprises de la BITD, soit un peu moins de 200, sont aujourd'hui dans l'incapacité d'accélérer la production. Comment les accompagnez-vous ?**

**AL :** L'identification de ces goulets d'étranglement est en cours. Les raisons peuvent être diverses. Parfois, les

machines de production sont déjà utilisées à 100 %. Parfois, les ressources humaines nécessaires sont insuffisantes. Ces difficultés peuvent également se cumuler. Nous mettons en place des solutions adaptées et des partenariats. Nous travaillons par exemple avec le ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique pour permettre à ces sociétés de bénéficier de plans comme France 2030 de 54 Md€ (qui fait suite au plan France Relance).

**Vous venez de parler de ressources humaines insuffisantes. De nombreuses entreprises sont confrontées à des problématiques de recrutement. Comment y remédier ?**

**AL :** Nous travaillons sur l'identification des métiers en tension, tels que soudeurs, ajusteurs ou mécaniciens de précision. Sur le long terme, l'idée est de collaborer avec le ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse et avec le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche pour adapter l'offre de formation. Certains de nos industriels, comme Naval Group, ont déjà pris des devants et sont partenaires de certaines écoles de formation. À plus court terme, le recours à l'intérim est une solution, tout comme l'augmentation de la durée de certains contrats.

**Relocaliser les entreprises stratégiques en France est une ambition affichée pour retrouver pleinement notre souveraineté. Combien espérez-vous en rapatrier dans l'Hexagone ?**

**AL :** Les dépendances étrangères dans le secteur de la défense sont aujourd'hui limitées à environ 10 % de la production – dont la majorité dans l'Union européenne. Nous souhaitons en supprimer. Comment y parvenir ? Nous allons diversifier les fournisseurs, y compris étrangers, et relocaliser les activités lorsque c'est possible. Ce qui doit être relocalisé sera relocalisé, mais dans une

logique stratégique et non comptable. La production de poudre propulsive pour les obus a ainsi été relocalisée chez Euroco, à Bergerac. Pourquoi ? Car au début de la guerre en Ukraine, notre fournisseur, situé pas très loin en Europe, est arrivé à saturation. Il a alors livré en priorité son propre État domestique.

**Retrouver cette souveraineté de l'industrie d'armement est-il un défi purement national ou européen ?**

**AL :** Les deux ! Certains sujets de souveraineté seront toujours nationaux, comme la dissuasion nucléaire qui ne pourra jamais dépendre d'un tiers. D'autres sont fondamentalement européens. Je pense notamment à la relocalisation de la production de semi-conducteurs qu'aucun pays européen ne peut financer seul. Sur ce point, la DGA soutient l'initiative européenne Chips Act qui prévoit d'investir massivement dans ce secteur essentiel pour nos industries. Enfin, il faut être conscient que la France ne pourrait financer en autonomie un projet comme le Système de combat aérien du futur. Le fait de se regrouper permet de rationaliser le budget et de proposer un projet plus ambitieux. Parallèlement, il ne faut pas s'interdire d'élargir le spectre et de créer des partenariats au-delà de l'Europe.

**Comment la transformation de la DGA intègre-t-elle l'économie de guerre ?**

**AL :** Dans le cadre de son plan « Impulsion DGA », Emmanuel Chiva a décidé de créer une direction de l'industrie de défense, fruit de la fusion du service des affaires industrielles et de l'intelligence économique et du service de la qualité. L'idée est de créer une équipe d'excellence industrielle autour de la production, thème central de l'économie de guerre. Par ce biais, les observations concrètes de terrain alimenteront l'élaboration stratégique pour coller aux enjeux concrets de la BITD. 📍

#### **L'initiative « PME TOUR DGA »**

Avec les pôles de compétitivité, la DGA participera en régions jusqu'en novembre à des échanges où les PME pourront rencontrer des experts du ministère des Armées et des grandes sociétés de défense.



# PIERRE-ANDRÉ MOREAU, AU SERVICE DE L'ARTILLERIE FRANÇAISE

INTERVIEW D'UN ANCIEN DIRECTEUR GÉNÉRAL  
« ARMES ET DE MUNITIONS » DE NEXTER

Propos recueillis par Claude Chenuil, /GA

L'IGA Pierre-André Moreau (X 68, ENSTA 73) a consacré toute sa carrière aux armes et à leurs munitions, principalement terrestres, débutant sa carrière à Bourges, puis à Saint-Cloud avant de terminer comme Directeur général de la division des systèmes d'armes et de munitions de GIAT Industries où il a notamment lancé et fait aboutir le programme CAESAR. Il a récemment donné une interview didactique très remarquée <https://www.youtube.com/watch?v=fzmtQexXpTo> sur l'action de ce matériel en Ukraine, mettant au passage en valeur les IA. Il accepte de nous donner un éclairage complémentaire sur le CAESAR mais aussi sur sa vision du corps.

**La CAIA : Ton interview a suscité de nombreuses réactions très positives des lecteurs : « Chapeau mon général, vous faites honneur au corps des ingénieurs ! », « Un invité incroyable », « Passionnant », « Grand savoir porté par une grande modestie »... Ta modestie, qui transparait tout au long de cette interview, n'en a-t-elle pas souffert ?**

**Pierre-André Moreau :** Non, je n'ai fait que livrer des éléments d'information factuels. Qu'elle ait été positivement reçue, tant mieux, qu'elle ait contribué à donner une image positive du corps des IA en montrant notre expertise technique, c'est encore mieux. C'est d'elle que nous, IA, tirons notre légitimité et notre force, il ne faut jamais l'oublier.

**Le CAESAR est une innovation réussie. Quels ont été pour toi, qui est souvent présenté comme son « père », les facteurs à l'origine de cette réussite ?**

**PAM :** Le CAESAR est avant tout une réussite collective car constitué d'un ensemble de briques, toutes aussi indispensables les unes que les autres. Il y a tout d'abord eu l'intuition brillante de notre camarade Philippe Girard, mise en pratique avec la société Lohr, qu'il était possible de monter un canon de 155mm sur un camion, et sans laquelle il n'y aurait pas eu de CAESAR. Ensuite il y a eu une série de briques pour transformer le CAESAR de simple canon motorisé, en un système d'armes complet, avec des capacités et un concept d'emploi entièrement nouveaux. A mon niveau, je n'ai fait que le facilitateur pour agréger ces différentes briques pour en faire un système complet et novateur, mais j'avais deux atouts : une solide expérience technique qui m'a permis de voir tout de suite le potentiel du concept, et les moyens, en tant que dirigeant des activités « armes



CAESAR en action en Ukraine

et munitions » de GIAT Industries (devenu NEXTER) pour pousser le projet et l'orienter quand il le fallait. En fait CAESAR m'a permis de mettre en application des connaissances mûries pendant 20 ans d'études et d'enseignement dans plusieurs écoles. Le savoir-faire est indispensable, mais parfois le faire-savoir l'est tout autant. Il y a eu aussi un président éclairé de GIAT Industries, Jacques Loppion, issu du Corps des IA, qui malgré un contexte financier difficile pour l'entreprise, a accepté de lancer un tel projet sans contrat du ministère de la défense ou d'un client export. Et enfin, comme toujours, il y a eu un peu de chance, comme l'intervention déterminante de ce sénateur communiste du Cher qui a obtenu du gouvernement socialiste de l'époque la commande d'une présérie de 5 canons CAESAR.

**Comment le CAESAR, qui est à la base une initiative GIAT Industries, a-t-il été reçu par les armées et la DGA à l'époque en 2000 quand les 5 premiers ont été achetés ?**

**PAM :** Fraichement à vrai dire. L'armée de terre était hostile au concept dès le début, car le caractère innovant du CAESAR (le CAESAR n'est en fait qu'un terminal de SI doté d'un canon mobile), remettait en cause

dans le domaine de l'artillerie toute leur doctrine et leur mode de pensée issues de la guerre froide. Il est très difficile dans ces conditions de faire prendre en compte une innovation technologique à une armée. Quant à la DGA de l'époque, le soutien de l'industrie d'armement terrestre n'était pas sa priorité, et comme il n'y avait pas de soutien de l'EMAT, il ne fallait pas s'attendre à ce qu'elle soutienne le projet. Mais les lignes ont bougé dès que les matériels ont été livrés aux Forces pour expérimentation. Les rapports remontés de la STAT, de l'Ecole d'Artillerie et des régiments vers la hiérarchie de l'armée de terre ont amené celle-ci à revoir sa position, jusqu'à faire du CAESAR l'ossature de l'artillerie française.

**Quelles leçons tires-tu du conflit en Ukraine en ce qui concerne les systèmes d'armes et l'innovation ?**

**PAM :** Ce conflit confirme, au moins dans le domaine de l'artillerie que je crois connaître, qu'une arme innovante, comme le CAESAR, peut apporter un plus significatif sur le champ de bataille. Mais il faut faire attention à ne pas tomber dans l'excès inverse, penser qu'une arme innovante est forcément décisive. C'est l'erreur qui a été commise avant la guerre de 1914, quand on voyait dans la cadence de tir du canon de 75mm, l'arme absolue pour contrôler le champ de bataille, ce



QR code pour voir l'interview de P.A. Moreau sur YouTube

qui nous a conduit à négliger l'artillerie lourde, erreur chèrement payée dans la guerre des tranchées. Avec le CAESAR c'est un peu pareil, c'est un excellent système avec sa capacité de frappe « chirurgicale » et « furtive », mais il ne peut pas être une arme décisive dans un conflit de haute intensité s'il n'est pas employé en nombre suffisant. L'innovation se doit aussi d'être permanente, qu'elle soit technologique ou organisation-

nelle. On le voit sur le CAESAR avec les Ukrainiens qui pour diminuer encore plus sa vulnérabilité, acheminent pièce et munitions séparément jusqu'à la zone de tir, ou qui utilisent de simples téléphones pour suppléer l'absence de système de coordination des feux de type Atlas.

**Quels conseils donnerais-tu à un jeune IA ?**

**PAM :** Je pense qu'il faut qu'il ait toujours soif d'apprendre, d'approfondir ses connaissances, qu'elles soient techniques, managériales ou autres. De même, il faut qu'il n'hésite pas à se lancer dans l'enseignement pour faire profiter les jeunes de son savoir. Car c'est en apprenant et en enseignant, que l'on progresse et fait progresser les connaissances, que l'on remet en cause les vérités établies et que l'on se met dans un état d'esprit d'innovateur. Or innover, c'est indispensable pour construire l'outil de défense de demain. Il faut aussi accepter de prendre des risques. Philippe Girard et Lohr ont pris un risque à l'époque quand ils ont monté un canon sur un camion pour la première fois, le patron de GIAT Industries a pris un risque quand il a lancé le développement du CAESAR sans commande. Mais sans ces prises de risques, nous n'aurions pas les CAESAR qui démontrent dans les plaines ukrainiennes l'excellence technologique française et le savoir-faire des IA. 🇫🇷



CAESAR en action en Ukraine

Photos provided by press office of 55th artillery brigade of Ukraine "Zaporozhian Sich"

# PRÉPARER LES INTELLIGENCES ARTIFICIELLES À SERVIR LES PROGRAMMES D'ARMEMENT

## DES SCIENCES COGNITIVES DANS UN LABORATOIRE OPÉRATIONNEL OUVERT À TOUTES LES FAÇONS DE VOIR

Par Jérôme Ranc, LCL, Responsable Ergonomie Facteurs Humains du Centre d'Expertise Aérienne Militaire de l'Armée de l'air et de l'espace

**La future collaboration humain - agent artificiel, par exemple dans le SCAF, mais aussi pour faire face aux mêmes nouveautés chez les adversaires, se prépare avec les opérateurs dans un environnement du type « tiers lieu »**

### Prévoir des emplois inattendus, où les opérateurs garderont la maîtrise des systèmes d'armes

Les innovations en cascade, et notamment les aides cognitives par l'intelligence artificielle, ouvrent de nouvelles perspectives notamment au travers d'emplois inédits. Une innovation militaire vaut surtout par son usage approprié et effectif sur le champ de bataille, permettant d'assurer une domination sur son adversaire qu'elle soit défensive ou offensive et sans exposer de faiblesses non maîtrisées.



sciences cognitives, dans une approche scientifique itérative au sein d'un Metavers adapté.

### Une nouvelle approche : le « Human factors air operation lab »

Pour répondre aux problématiques évoquées plus haut, une proposition de « démarche innovante » est initiée et effective au sein du Centre d'Expertise Aérienne Militaire (CEAM), en collaboration avec

DGA Essais en vol (DGA-EV) et l'Agence d'Innovation de la Défense (AID).

C'est à la croisée de l'évolution d'usage et de l'avancée technologique, convenablement appréhendés et maîtrisés, que se présente la possibilité d'une innovation potentiellement décisive.

L'intégration de technologies innovantes dans les systèmes de combat actuels et futurs ne peut se faire sans appréhender soigneusement la composante psycho-cognitive, notamment au niveau de l'ergonomie. En effet, le combat collaboratif connecté dans le programme SCAF ou le « Mosaic warfare<sup>1</sup> » américain va conduire à un accroissement de l'information à traiter, à une complexité exponentielle de ce système de systèmes socio-techniques, et risque d'atteindre les limites cognitives des opérateurs humains. Ces derniers devront donc s'appuyer sur des technologies nouvelles (agents autonomes, interfaces disruptives...). Penser les usages de demain ne peut se réaliser qu'en combinant les efforts des opérationnels à ceux des équipes programmatiques et Facteurs Humains (FH), composées de spécialistes en

Elle s'appuie sur une démarche scientifique structurée selon la dimension cognitive. Il s'agit d'une démarche itérative, agile et prospective traduite en *proof of concept* (POC) dans un modèle d'innovation orienté par les usages, avec les opérateurs de première ligne. Cette démarche est mise en œuvre par le laboratoire qui est au sein d'un écosystème ouvert de type tiers lieu, au plus proche de l'univers opérationnel mais non connecté aux réseaux militaires.

Les caractéristiques de cette approche et de sa déclinaison au sein du CEAM :

- **Un écosystème ouvert de type tiers lieu** qui a pour vocation de regrouper plusieurs univers : opérationnel, industriel, programmatique (DGA et MINARM) et académique. Cet écosystème a également pour but de modéliser l'environnement et l'activité futurs. Décorrélé des réseaux militaires opérationnels, il pourra simuler et modéliser l'activité opérationnelle actuelle et future des combattants.

1 : Mosaic Warfare : Exploiting Artificial Intelligence and Autonomous Systems to Implement Decision-Centric Operations Future Warfare & Concepts

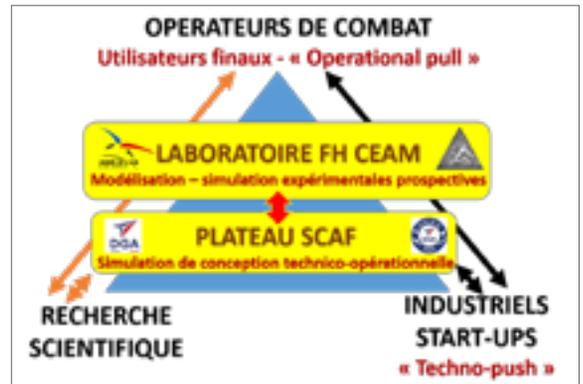
Cet écosystème est nativement interconnecté aux moyens de simulation **SCAF de DGA-EV**.

- **Une approche scientifique anthropo-centrée** : la considération des limites et spécificités de la cognition humaine est impérative pour envisager le développement de futurs systèmes de systèmes socio-techniques complexes exploitables par des humains.
- **Un modèle d'innovation opérationnelle centré usager** : les acteurs de première ligne (opérateurs de combat et experts du CEAM) co-développent, testent et sont les sujets des expériences POC afin de développer, par la connaissance de l'activité opérationnelle actuelle, la cohérence de l'activité future, transformée par ces technologies inédites.
- **Une approche itérative par *proof of concept* (POC)** qui va permettre de découvrir, de définir, d'évaluer, de développer et de modéliser l'implémentation de technologies disruptives, leurs nouveaux usages et doctrines, la collaboration de l'humain / machine dotée d'IA dans un système de systèmes sociotechniques complexe et ainsi de démontrer leur adéquation opérationnelle future.
- **Le développement adapté de modélisations, de simulations** : simulation tangible d'idéation, simulation mixte immersive à base de réalité virtuelle et augmentée, simulation pilotée et *wargaming*, **mais également des outils d'objectivation du comportement humain.**
- **Une composante data factory au sein du laboratoire** : au travers des POC et des expérimentations, la caractérisation opérationnelle et FH des données produites en situation écologique (au plus proche du réel), générera les jeux de données nécessaires aux algorithmes pour leur entraînement.

**Le but est de développer et de disposer d'une capacité objective d'anticipation techno-opérationnelle dans une friction constructive, encadrée scientifiquement, de type *techno push / operational pull*.**

Ce processus vise en effet à :

- déterminer le potentiel des technologies de rupture et anticiper les futurs usages et modes d'actions associés ;
- modéliser, tester et valider les choix et les concepts des futures interactions humain - système, notamment doté d'IA ;
- développer et évaluer les natures de cockpit en termes de logiques de conception ;
- contribuer à la spécification des besoins fonctionnels dans ce domaine ;



- anticiper et assumer la perte d'expertise humaine psychomotrice comme cognitive ;
- générer les données nécessaires à l'entraînement des algorithmes en cours de développement, puis à leur évaluation ;
- préparer, avec la DGA, les outils de validation et de qualification de la composante des Facteurs Humains des systèmes à base d'IA.

### Une démarche étendue à la collaboration inter-plateformes

Cette démarche effective est soutenue par l'AID et se décline notamment par le développement du projet Monde Interactif Numérique de Développement (MIND) consistant en l'expérimentation de différentes ontologie de cockpit.

Les études en cours couvrent également la supervision de meutes d'effecteurs hétérogènes de type *remote carriers*, l'analyse de l'utilisabilité de systèmes intelligents embarqués, de la confiance dans ces systèmes à base d'IA et de la collaboration entre agents humains et agents artificiels. Enfin un projet permettant l'analyse systémique des collaborations intra-cockpit et inter-plateformes est en cours de préparation.

Les perspectives de cette approche innovante au sein du tiers lieu *Human Factors Air Operations Lab* s'inscrivent dans une conception distribuée des futurs systèmes d'armes, notamment relative aux IA et à la production des données associées. Cette démarche renforce les coopérations entre les différents acteurs de cette conception que sont les entreprises et start-up de défense, la recherche, la DGA, le CEAM et les utilisateurs finaux (forces). Cela conforte la base industrielle et technologique de défense pour être en capacité de relever les enjeux de défense et de souveraineté nationale. ☺

**GROUPE HÉRACLÈS**  
**SÛRETÉ - SÉCURITÉ**

**NOTRE DEVISE :**  
**PRÉVENIR,**  
**ACCUEILLIR,**  
**RÉAGIR.**

HERACLES PROTECTION  
**AGENT ARME**

**RISQUES  
SPECIAUX**

**SÉCURITÉ  
RENFORCÉE**

**SÛRETÉ  
INTERNATIONALE**

**Avec le Groupe Héraclès, bénéficiez d'une expertise solide, d'une intégrité absolue et d'une réactivité sans faille. Confiez votre sécurité à des experts.**

**Contactez-nous dès maintenant.**

 [direction@groupe-h2s.com](mailto:direction@groupe-h2s.com)

 [www.groupe-h2s.com](http://www.groupe-h2s.com)

# DOSSIER ENTREPRISES

## Maintenance aéronautique

DIRECTION DE LA MAINTENANCE AERONAUTIQUE (DMAÉ) .....	96
AIR FRANCE INDUSTRIES .....	99
SABENA TECHNICS.....	104

## Recrutement et gestion de carrières

VALUMEN .....	106
CEA DAM .....	108
BLUE WORK PARTNERS .....	110

## Intelligence artificielle juridique

KENTIKA.....	111
ALF .....	112

## Localisation

SYSNAV .....	114
--------------	-----

## Simulation & formation

SOGITEC .....	116
---------------	-----

## Intelligence artificielle militaire

HELSING .....	118
---------------	-----

## Drones : sécurisation des données embarquées

HENSOLDT .....	121
----------------	-----

## Technologies pour le spatial

BERTIN TECHNOLOGIES .....	122
---------------------------	-----

## Sûreté & sécurité

HERACLES .....	123
----------------	-----

## Logistique

PENTAGON FREIGHT SERVICES .....	124
---------------------------------	-----

## « NOUS CULTIVONS UNE CULTURE D'EXCELLENCE »



Marc Howyan,  
Directeur

Le 13 avril 2023 étaient célébrés les 5 ans de la DMAé, sur la base aérienne de Bordeaux-Mérignac. L'occasion de revenir sur l'engagement de ses 1200 agents civils et militaires au service des Forces ainsi que la stratégie menée par son Directeur, Marc Howyan.



**Ingénieur hors classe de l'armement, vous avez été nommé par décret, le 31 août 2022, directeur de la DMAé. Quelles missions vous êtes-vous données au sein de cet organisme interarmées rattaché au chef d'État-major des Armées ?**

La mission principale de la DMAé est de garantir la disponibilité des aéronefs et équipements aéronautiques à coût maîtrisé afin que les Forces armées et services puissent réaliser leurs missions opérationnelles et atteindre leurs objectifs d'activité. Elle n'a pas évolué dans le fond depuis sa création, il y a cinq ans. En revanche, nous avons beaucoup travaillé sur la façon d'y parvenir en procédant à une profonde transformation de la fonction MCO aéronautique en vue d'en améliorer la performance globale. Cette transformation s'est concrétisée tout d'abord par la mise en place d'une nouvelle stratégie de verticalisation des contrats de soutien elle-même sous tendue par un dialogue rénové avec les partenaires industriels et les Forces. Elle comporte également un volet numérique important et très structurant à la fois en termes de fonctionnement et d'évolution des processus métiers et donc des futures compétences à déployer. Nous devons désormais adapter notre fonctionnement et notre ambition à de nouveaux enjeux afin d'accroître la résilience et la réactivité du système de soutien dans un contexte d'économie de guerre. Nous devons également mieux anticiper les nouveaux besoins et interagir avec la DGA dans les phases amont des

programmes d'armement afin d'y intégrer les référentiels de soutien que nous avons développés et définir des exigences de maîtrise des coûts dans la durée.

**Responsable de la performance du maintien en condition opérationnelle (MCO) des aéronefs de l'État, quelles sont les orientations stratégiques fixées par le chef d'État-major des Armées à ce jour ?**

La vision stratégique du Chef d'Etat- major des armées, le général Thierry Burkard est de « gagner la guerre avant la guerre ». En augmentant les heures de vol,



en permettant aux pilotes de s'entraîner et de disposer d'appareils sûrs et disponibles, la DMAé s'inscrit complètement et quotidiennement dans cette logique. Le chef d'État-major des Armées souhaite que les armées soient prêtes en permanence à faire face à un conflit majeur. Nous partageons une vision stratégique pour la DMAé, qui ré-articule et adapte la stratégie du MCO aéronautique autour de 4 axes complémentaires :  
Premièrement : performer – il s'agit de poursuivre notre objectif de voler toujours plus, à meilleurs coûts et en sécurité.

La culture d'excellence cultivée ces dernières années doit se poursuivre. En améliorant la captation de l'innovation, son intégration et sa diffusion rapide, ainsi qu'en accélérant la standardisation des processus de maintenance, nous contribuerons à une performance accrue du MCO.

Deuxièmement : anticiper – il s'agit d'agir de manière collective et réactive aux besoins de soutien.

Cela passe à court terme par une plus grande proximité avec les programmes, en assurant la permanence et la qualité du service de soutien des systèmes de bout en bout, à coûts maîtrisés sur le long terme. Nous allons ainsi mettre en place avec la DGA une organisation renforcée de présence de la DMAé sur les programmes aéronautiques, visant à la meilleure intégration des spécifications de soutien en phase amont et à une plus grande continuité entre le soutien initial et le soutien en service. A moyen terme, nous contribuerons ainsi à la définition d'une démarche capacitaire de bout-en-bout globalisée de nos systèmes et partagée par l'ensemble des parties prenantes.

Troisièmement : soutenir – il s'agit de se préparer au pire pour fournir le soutien nécessaire à nos forces armées en cas de crise de haute intensité.

A cet effet, il nous faut adapter dès maintenant nos capacités de soutien au contexte d'économie de guerre. Le dialogue avec l'industrie jouera un rôle déterminant pour évaluer en anticipation nos risques et nos marges de manœuvre. Cette adaptation passera notamment par la simplification des plans de maintenance de nos aéronefs et l'insertion de clauses spécifiques liées à l'économie de guerre dans nos marchés. Ces travaux s'appuieront sur des études préalables en lien étroit avec les pôles et plateaux de conduite du soutien dont le périmètre pourra être revu. Leurs résultats permettront de fournir un cadre clair et réactif des relations Etat-industrie pour faire face efficacement à la survenue de crises ;

Quatrièmement et dernièrement : rayonner – il s'agit ici de valoriser la communauté humaine du MCO aéronautique pour attirer et fidéliser les talents.



Si le MCO nécessite de l'humilité, il représente « une science noble et un art complexe » qui mérite d'être mieux connu. La poursuite de la transformation ne se fera pas sans des hommes et des femmes motivés, formés et impliqués. Pour cela, la cartographie des métiers et compétences de la direction sera poursuivie et amplifiée afin de nous doter d'un véritable plan stratégique RH à six ans, en lien avec tous les gestionnaires RH du Ministère des Armées. Dans ce cadre, passer par la DMAé est une chance qui doit être davantage valorisée et s'insérer dans un continuum de carrière, au sein de notre ministère ou ailleurs.

**L'ambition de la DMAé est de garantir la disponibilité des matériels à coût maîtrisé, en s'appuyant sur une relation renouvelée avec des industriels partenaires. Concrètement, comment cela se matérialise sur le terrain ?**

Nous observons aujourd'hui les remontées de disponibilité sur la plupart de nos flottes, les initiatives de simplification lancées ou encore la fiabilité et la réactivité du dialogue instauré entre toutes les parties prenantes portent leurs fruits. Les données sont fiabilisées donc exploitées au mieux pour anticiper les actions à conduire et gagner du temps. Cette fluidité des échanges d'informations se crée à plusieurs niveaux, avec les plateaux techniques et les pôles de conduite du soutien deux étages importants pour accélérer les prises de décision, sans intermédiaires superflus.

**La DMAé a renouvelé sa confiance à Safran, en réitérant son contrat de maintenance pour 10 ans, et en lui attribuant le maintien en condition opérationnelle des moteurs Tyne équipant les avions Atlantique 2 du ministère des Armées. Quels sont les enjeux de tels contrats ?**

La DMAé a notifié, le 14 décembre 2022, le marché (IROISE) consacré au maintien en condition

opérationnelle (MCO) des moteurs Tyne équipant les avions ATLANTIQUE 2 à la société SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, pour une durée de 18 ans. Ce marché fait de la disponibilité une priorité pour répondre aux besoins de la Marine Nationale.

Il s'inscrit ainsi pleinement dans le plan de transformation du MCO aéronautique mené par la DMAé. Seul aéronef de patrouille maritime de fabrication française en service depuis la fin des années 90, l'Atlantique (ATL2) effectue des missions de protection des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE) de la Force Océanique Stratégique, d'opérations de sûreté au profit des forces navales, de sauvegarde maritime et de sûreté des approches maritimes nationales. Il peut également être configuré pour assurer du recueil de renseignements et diverses missions au-dessus de la terre.

22 appareils assurent les missions au départ de la Métropole ainsi qu'au-dessus de divers théâtres d'opérations.

Le moteur Tyne qui équipe l'ATL2 a été développé par Rolls-Royce dans les années 1950 et a équipé, entre autres, le C160 Transall. Le marché IROISE permettra de maintenir des objectifs de disponibilité de ce moteur à un très haut niveau (réalisation de 190 000 heures de vol) jusqu'au retrait de service de l'ATL2 en 2040.

Les contrats verticalisés, plus longs et plus performants, sont très exigeants pour les industriels mais ils leur donnent en contrepartie plus de visibilité et du temps pour investir, adapter leur infrastructure, recruter et développer des réseaux de sous-traitances efficaces. Cette réforme contractuelle permet la création d'un véritable partenariat avec les industriels, à la différence des contrats courts renouvelés tous les deux ou trois ans. C'est une collaboration basée sur la confiance et les industriels sont désormais payés en fonction de leur performance, à partir du moment où les machines volent au maximum des objectifs fixés. Partenaires, ils sont incités à faire au mieux pour maximiser leurs bénéfices et s'approprient en quelque sorte les flottes qu'on leur confie. Ils sont donc très rigoureux quant à la prévention des pannes et des obsolescences ! Sur des contrats de 10 à 15 ans, ils peuvent aussi se permettre de lancer des projets innovants. Un mini drone réalise déjà l'inspection



de la structure du RAFALE. Cette innovation permettra à terme de diminuer le risque pour les opérateurs et d'optimiser la disponibilité. Des projets sont également en cours, pour développer une capacité de maintenance prévisionnelle sur les aéronefs et leurs moteurs. La réalité augmentée permettra de fournir une assistance lors d'opérations de maintenance complexes aux mécaniciens, comme l'impression 3D permettra de reproduire certaines pièces plus rapidement que par des procédés industriels classiques.

Les innovations qui présentés au salon du Bourget fourniront, à ce titre, des exemples concrets d'actions Etat-industrie que ce soit sur la continuité numérique et le partage d'information standardisée, l'implication accrue de l'intelligence artificielle dans l'aide à la détection, la prise de décision et la simplification avec le carnet de vol numérique ou l'extension de nos capacités de maintenance par des drones.

**En mars 2023, la DMAé a signé une convention permettant aux étudiants de l'école ENSPIMA de bénéficier d'offres de stages et d'emplois proposés par vos services. Pouvez-vous revenir sur l'importance de ces partenariats ?**

Il nous paraît en effet essentiel de fidéliser les profils qui s'intéressent à l'aéronautique et ces partenariats en amont y participent. Nous allons ainsi réaliser un certain nombre d'heures de cours dans cette école notamment, affiliée à l'université, afin de sensibiliser les étudiants aux questions de l'aéronautique et de maintenance. L'objectif est de les intéresser à la DMAé et leur donner envie de nous rejoindre !

## AIR FRANCE INDUSTRIES, LA RICHESSE D'UN ACTEUR DE L'ENTRETIEN AÉRONAUTIQUE QUI EXPLOITE DES FLOTTES D'AÉRONEFS

Sur le marché de l'entretien aéronautique (ou MRO pour Maintenance, Repair and Overhaul, Entretien, Réparation et Révision), « Air France Industries KLM Engineering & Maintenance (AFI KLM E&M) » occupe le deuxième rang mondial des acteurs multi-produits. AFI KLM E&M a pour mission de fournir un support compétitif pour la flotte du Groupe Air France-KLM, tout en consolidant sa position de leader sur le marché MRO. En particulier, depuis maintenant plus de 60 ans, les équipes d'Air France Industries mettent tout en œuvre pour répondre aux besoins des forces armées françaises avec une offre de solutions adaptées aux enjeux opérationnels.

Que ce soit au profit des avions ravitailleurs C135 ou des DC-8 et encore aujourd'hui des AWACS français, soutenus par Air France Industries ou au profit des KDC-10 Hollandais soutenus par KLM Engineering & Maintenance, le Groupe Air France-KLM a toujours apporté une offre singulière basée sur son profil d'Airline-MRO. Cette double expertise permet d'associer une connaissance intime de l'« exploitation » à un savoir-faire reconnu en terme d'entretien. Cet ADN spécifique de notre groupe permet d'embrasser les sujets avec une vision de la performance toujours globale et transverse.

Cette spécificité se fonde avant tout sur un outil industriel varié, résilient et redondant aux aléas qui nous a permis de traverser les différentes crises de l'aérien. En particulier, la crise du COVID a démontré notre capacité à nous adapter à une diminution brutale et presque totale des activités de nos compagnies aériennes tout en assurant le support de nos clients externes tel que le support opérationnel de la flotte AWACS. Ainsi notre capacité industrielle nous permet d'accompagner un redémarrage extrêmement dynamique quel que soit le domaine d'activité allant de l'entretien des moteurs, des équipements, de la structure, aux avions dans leur ensemble.

Plus précisément lorsqu'il s'agit de supporter la flotte AWACS de l'Armée de l'Air Française, la Direction Entretien Avions d'Air France Industries assume pleinement sa mission en garantissant la sécurité des vols, la navigabilité et la disponibilité des appareils. Les opérations de maintenance peuvent avoir lieu en ligne (pendant

l'exploitation des appareils) ou au hangar (pendant l'immobilisation d'un avion en chantier). Entre maintenance curative et préventive, l'activité d'entretien des avions va du contrôle journalier au grand entretien.

Cette expertise, également mise en œuvre pour les flottes du Groupe Air France-KLM et celles de clients tiers, est assurée 7j./7 - 24h./24 par les 3 600 collaborateurs, représentant une capacité annuelle de production de l'ensemble de l'outil industriel de maintenance avions, supérieure à 2 millions d'heures de main-d'œuvre. Pour ce faire, la Direction Entretien Avions d'Air France Industries possède les agréments, les compétences et le savoir-faire pour supporter la totalité des avions Airbus (famille A220,





A320, A330 et A350) et Boeing civils et militaires (777, 787 et AWACS). Ce savoir-faire, déployé sur les sites de production de Roissy, d'Orly et de Toulouse, est supporté par l'ensemble des fonctions supports nécessaires à la réalisation des visites, ainsi que par la fonction Engineering, garante de la connaissance technique des appareils et d'une constante recherche d'amélioration des processus de maintenance afin d'optimiser la performance opérationnelle. La Direction Entretien Avions comporte aussi un volet conception et réalisation de modifications avioniques et cabines. Basée à Roissy, cette activité a pour principales missions de concevoir des modifications et aménagements commerciaux de cabines d'avions, mais également de réaliser des projets pour le compte d'Air France et pour celui de clients tiers, notamment en matière de navigation, de connectivité ou d'installations d'équipements militaires.

La Direction Moteurs assure quant à elle la révision et l'entretien des moteurs, en ateliers ou On-Wing, pour les flottes d'Air France, de KLM et de compagnies aériennes clientes à travers le monde. L'activité réalisée dans les installations d'Orly et de Roissy inclut le démontage des modules, la révision des modules et des pièces (reconduction, réparation ou remplacement) et le remontage du moteur avant son test final.

Pour réaliser ce travail, la Direction Moteurs compte 2 unités de montage/démontage et 6 unités de révision, chacune spécialisée dans un sous-ensemble du moteur. Une fois la révision complète du moteur effectuée (shop visit), ce dernier passe un test final dans le banc d'essai

réacteur, nommé Zéphyr, à Roissy. Les spécialistes qui composent l'activité Moteurs travaillent principalement sur les moteurs CFM56-5B, CF6-80 E1, GE90-94/115, GEnx, ainsi que les moteurs de toute dernière génération comme les LEAP-1A/-1B, les P&W 1500G ou encore les RR XWB. Ces moteurs équipent les flottes Air France et KLM mais aussi des flottes clientes civiles et militaires comme les A330 tant en version passager que MRTT. Les 62 000 m<sup>2</sup> d'installations que compte l'activité Moteurs offrent une capacité de traitement pouvant aller jusqu'à 300 moteurs par an.

Enfin, la Direction Matériels & Services répond à deux missions principales : D'une part la réparation, l'entretien et les tests des équipements avions, via des contrats à l'heure de vol ou à l'évènement ; d'autre part, la gestion des équipements (pool, location, prêt, achat...), à travers des plateformes logistiques principales intégrant un service AOG joignable 24h./7j.

Les opérations de révision et d'entretien d'équipements sont organisées autour de lignes de produits telles que : l'avionique, l'hydraulique, le pneumatique, les réparations mécaniques/cabine, mais aussi les roues/pneus, les aérostructures... L'activité Matériels & Services compte près de 1500 collaborateurs, basés à Roissy, à Orly ou à Villeneuve-le-Roi, et travaillant sur une large gamme d'équipements : principalement pour Airbus et Boeing. Au total, les 107 000 m<sup>2</sup> d'installation de la Direction Matériels & Services permettent de traiter 100 000 équipements par an.



En complément et face aux enjeux spécifiques à la logistique, nous avons également développé une activité dédiée à la Supply Chain s'appuyant sur un réseau de centres logistiques idéalement placés de Singapour à Miami en passant par Paris et Amsterdam...

Notre succès sur le marché est soutenu par le programme d'innovation «The MRO Lab» qui se concentre sur des domaines stratégiques du secteur MRO, allant de la mobilité des techniciens à l'expérience client et en passant par les objets connectés, les applications Big Data, la maintenance prédictive, la digitalisation, la fabrication additive et l'intelligence artificielle.

Combinant la double expertise de compagnie aérienne et de prestataire de maintenance, AFI dispose d'une excellente maîtrise des opérations et des réglementations, basée sur l'exploitation des avions de la compagnie. Au-delà des activités de réalisation de l'entretien, notre soutien industriel est complet puisqu'il couvre les activités d'engineering technique et documentaire, de modification, de support logistique, d'assistance technique, des systèmes d'information dédiés. Nombre de ces prestations intellectuelles sont réalisées par des experts d'Air France

qui ont accumulé une expérience incomparable au travers de carrière au sein de la maintenance en piste, dans nos hangars, au sein de nos bureaux d'étude et de nos entités de programmation de l'activité aérienne commerciale.

C'est cette conviction que l'entretien est une activité centrale dans la performance de l'opérateur « Air France » qui nous rapproche de notre client « Défense ». Nous partageons l'objectif d'une maintenance optimisée et maîtrisée et répondant à un contrat opérationnel exigeant, permanent et réactif. Associé à un investissement permanent pour maintenir l'outil industriel, les infrastructures et les compétences des Femmes et des Hommes qui exercent un métier de passion, ceci explique sans aucun doute que l'Etat Français ait choisi à plusieurs reprises de faire confiance à Air France Industries.

La capacité d'adaptation, l'exigence opérationnelle et la recherche permanente de la performance par l'innovation et la transformation permettent à Air France Industries et aux acteurs étatiques du MCO d'écrire une véritable « success story » menée depuis toujours par des équipes engagées et passionnées au service de missions très spécifiques.

## AIR FRANCE-KLM ENGINEERING & MAINTENANCE : DES EXPERTISES ET UNE EXPÉRIENCE AVÉRÉES !



Anne Brachet, EVP Air France-KLM Engineering & Maintenance

Anne Brachet, EVP Air France-KLM Engineering & Maintenance, répond à nos questions et nous présente cet MRO qui accompagne le monde de la défense sur de nombreux projets et programmes stratégiques. Rencontre.

### Quels sont votre positionnement et vos principaux métiers ?

Air France-KLM Engineering & Maintenance est une des activités du groupe Air France KLM. Nous sommes un MRO (Maintenance, Repair and Operations) qui couvre toute la chaîne de valeur : la maintenance d'avion en ligne, le grand entretien, les modifications (système ou cabine), et l'engineering. Nous proposons ces services aussi bien à nos propres compagnies qu'à des clients externes civils et militaires dans le monde entier. Nous employons plus de 12 000 personnes en France, aux Pays-Bas, ainsi qu'aux États-Unis, ou encore en Asie. En France, nos principales installations se situent à Roissy, à Orly et à Toulouse.

### Que proposez-vous au monde de la défense ?

Historiquement dans le secteur militaire, nous nous sommes positionnés comme un acteur qui «verticalisait» les contrats en agissant en qualité d'interlocuteur unique du Ministère des Armées. Pour ce faire, nous animons un réseau de sous-traitants internationaux issus du monde de l'aéronautique civile classique, mais aussi des sous-traitants classifiés par les gouvernements américains, français... Nous avons développé une véritable expertise en matière de management d'une base industrielle internationale très pointue.

Depuis plus de 30 ans, nous nous positionnons comme un intégrateur pour l'Awacs : l'entretien, le soutien engineering, l'application et le design de modifications, les systèmes d'information... En parallèle, nous intervenons aussi comme intégrateur ou partie prenante de programmes plus larges sur les activités d'équipements, de supply chain... Par exemple, pour le programme MRTT de l'OTAN, nous offrons nos capacités de gestion de pièces dans une logique de « pool de pièces ». Enfin, dans le cadre de conventions, nous échangeons aussi beaucoup avec notre écosystème sur les bonnes pratiques et

notre retour d'expérience afin de nourrir les réflexions de l'armée de l'air et de l'espace sur les processus opérationnels, les dernières innovations comme la maintenance prédictive, le centre de contrôle des opérations...

### Comment résumeriez-vous vos forces ?

Nous avons une capacité avérée à proposer des services axés «défense» et très militarisés, mais aussi à intervenir en qualité de MRO afin de permettre au monde de la défense de capitaliser sur nos expertises d'opérateur en matière de maintenance, d'entretien, de suivi du vieillissement structurel des avions ou encore d'animation d'un réseau de sous-traitants mondiaux.

### Quels sont les sujets et projets qui vous mobilisent actuellement ?

Nous sommes mobilisés sur la rénovation du cockpit des Awacs, un projet qui va s'étendre jusqu'en 2029 et qui s'inscrit dans un contexte de fortes contraintes réglementaires en matière de contrôle des exportations. Nous travaillons aussi sur le simulateur de vol pour lequel nous faisons intervenir des sous-traitants français. Nous sommes également fortement impliqués dans les réflexions stratégiques des armées sur le soutien industriel de l'Awacs jusqu'en 2035, et donc jusqu'au remplacement de cette flotte par l'armée française. À cela s'ajoute aussi le soutien à la flotte MRTT OTAN, que j'ai précédemment mentionné, sur la partie « pool » d'équipements.

Au-delà, de manière générale, nous suivons aussi avec intérêt tous les développements militaires ainsi que les sujets d'innovation (technologies électriques, hydrogène, drone...). Nous avons, d'ailleurs, signé de nombreux partenariats afin d'explorer les implications futures de ces nouvelles technologies.



@afiklmem

Augmented Reality



# BEST4DEFENSE

**100%**  
Innovation

**100%**  
Global network

**100%**  
Airline MRO

**100%**  
Adaptiveness



**ARGOplay**

- 1 Téléchargez l'appli **ARGOplay** gratuitement
- 2 « Scannez » ce document
- 3 Accédez au contenu en Réalité Augmentée



“ L'exploitation de l'Awacs exige une très grande implication. Je suis fier d'assurer la maintenance de ces véritables tours de contrôle volantes, parmi les plus modernes du monde. ”

*Kevin, Technicien AWACS*

Les opérations de maintenance, de la plus légère à la plus lourde ne peuvent être réussies que lorsqu'elles se fondent sur un partenariat étroit avec l'exploitant. Plus de 30 ans de coopération avec les différents organismes militaires, sur différents types d'avions comme les Boeing KC135, les E-3F AWACS ou les (K)DC-10, ont permis à AFI KLM E&M de développer une approche résolument orientée vers les attentes spécifiques des armées de l'air.

**AIRFRANCE** / **INDUSTRIES**

**KLM**  
Engineering & Maintenance

A D A P T I V E N E S S <sup>®</sup>

## SABENA TECHNICS, MRO INDÉPENDANT DEPUIS 35 ANS



Philippe Rochet,  
CEO

MRO indépendant, Sabena technics est le partenaire privilégié de nombreux opérateurs civils et militaires. Son activité se partage aujourd'hui en trois grands domaines : la réparation d'aéronefs et d'équipements ; la modification d'aéronefs, qu'ils soient civils ou militaires et le soutien complet de flottes (MCO). Forte de son indépendance, Sabena technics est une entreprise principalement ancrée sur le territoire français mais également présente au-delà, que ce soit à l'international ou dans les territoires d'outre-mer avec plus de 500 clients dans le monde entier. Entretien avec Philippe Rochet, CEO du groupe Sabena technics, autour des missions, des valeurs et des ambitions de l'entreprise.



### Pouvez-vous m'en dire un peu plus sur Sabena technics ?

Sabena technics est l'un des principaux prestataires français indépendants de services de maintenance (MRO), spécialisée dans la réparation et dans la modification des aéronefs militaires et civils. Le groupe Sabena technics est le fruit de plus de 20 années de consolidation autour de plusieurs acteurs de la maintenance dont le site de MRO de la compagnie aérienne TAT situé à Dinard ; la société AOM Industries à Nîmes et enfin la société Sogerma à Bordeaux. Ces trois sites historiques ont longtemps représenté l'essentiel de l'activité donc du chiffre d'affaires et de l'effectif du Groupe Sabena technics.

Toutefois, le Groupe présente une image aujourd'hui plus diverse, qui s'étend bien au-delà de ces trois piliers puisque nous nous sommes agrandis et avons de multiples filiales : Toulouse, avec un pôle peinture ; iGo Solutions qui assure notamment la maintenance de Transavia et Air Caraïbes à Orly ; Singapore Component Solutions pour la réparation d'équipements en joint venture avec Air France Industries ; Perpignan qui réalise de la maintenance d'avions moyen et long courrier, deux sociétés implantées à Marseille Marignane qui nous ont permis d'élargir le spectre de nos services militaires vers les hélicoptères et l'assistance technique sur site ; enfin Héli Union qui est devenu le pilier du pôle hélicoptères et Sabena Technics Blagnac spécialisé dans le suivi de navigabilité et les modifications cabines civiles.

### Alors, justement, vous étiez il y a peu à Marignane pour inaugurer un tout nouveau hangar ?

En effet, c'est justement à Marseille Marignane que nous avons inauguré, le 4 mai dernier en présence de Marc

Howyan, directeur de la maintenance aéronautique, le hangar Boussiron. Cette construction de deux hectares, datant des années 50 était à l'abandon depuis plus de 25 ans et ne demandait qu'à être réhabilitée et réactivée. C'est ce que nous avons entrepris : Sabena technics a offert une solution sur l'une des deux baies, en y transférant une partie de ses activités de MCO hélicoptères. Parallèlement, ce sont une centaine de collaborateurs qui bénéficient d'une infrastructure refaite à neuf.

Le moment est tout à fait opportun : en effet, l'entreprise Héli-Union, leader du MRO des hélicoptères en France, a rejoint le groupe Sabena technics à la fin de l'année 2022. Le hangar Boussiron constitue donc maintenant l'un des éléments du Pôle hélicoptère du Groupe Sabena technics, dont les activités métropole sont réparties entre Toussus-le-Noble (site historique de Héli-Union), Pau, Angoulême (qui abrite la partie formation de HU) et, maintenant Marignane. Le site de Marignane abrite l'entretien des hélicoptères des armées françaises de type GAZELLE, PUMA, DAUPHIN, PANTER et FENNEC. Par ailleurs, le Groupe assure aujourd'hui la maintenance des COUGAR et des CARACAL au travers du contrat verticalisé CHELEM à Pau et Toussus-le-Noble, le Pôle hélicoptère pourra tout à fait profiter du hangar Boussiron pour y implanter des compléments sur ces activités et, ultérieurement poursuivre sa coopération avec Airbus Hélicoptères. C'est l'un des atouts de Sabena technics : flexibilité et adaptation !

Cette démarche globale correspond parfaitement à notre stratégie visant à rester dans le service aéronautique tout en élargissant la palette de prestations au profit de nos clients civils et gouvernementaux.

Aujourd'hui, notre Pôle hélicoptères est un leader du

secteur regroupant 450 collaborateurs (sur les 3500 que compte le Groupe) et produisant environ 20 % du chiffre d'affaires du Groupe.

### Qu'apportent concrètement vos solutions ?

Nous souhaitons être une référence indépendante en matière de services : pour les marchés militaires ou plus généralement étatiques, nous proposons à la DMAé et à la DGA, nos principaux clients publics, une alternative MRO efficiente. Cette particularité repose sur une réponse compétitive au regard du code de la commande publique, adaptée aux besoins militaires, conçue avec agilité mais sans rien céder en matière de qualité, de performance et de sécurité.

A titre d'exemple, Sabena technics a remporté il y a quelques semaines le marché public de renouvellement du soutien de l'Airbus A330 présidentiel (à usage gouvernemental) pour les 10 prochaines années : ce contrat représente tout ce que Sabena technics sait faire avec excellence. Un vecteur sensible avec un très haut niveau d'exigence opérationnelle sur un aéronefs que Sabena technics a elle-même modifié à l'origine et récemment modernisé.

D'ailleurs, Sabena technics est engagé dans le soutien de tous les aéronefs à usage gouvernemental, avions et hélicoptères.

### À qui s'adressent ces solutions ?

L'activité du groupe Sabena technics est équilibrée entre les contrats étatiques et civils. Nous souhaitons conserver cet équilibre basé sur des activités très complémentaires aux mêmes savoir faire techniques et logistiques.

Pour les Clients étatiques, en sus des marchés militaires, nous assurons aussi aujourd'hui le soutien de la flotte avion de la DGSCGC - à partir de notre site de Nîmes, où cette flotte d'une vingtaine d'appareils (Canadairs, Beechs et Dash8) est stationnée mais aussi comme nous l'avons fait l'an dernier au cours d'une saison feu particulièrement difficile, à partir de sites où ces avions peuvent être déployés pour répondre à l'urgence.

Nous venons en outre de remporter récemment un marché au profit des Douanes, une autre direction générale du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique par la mise à disposition et le soutien d'un hélicoptère H160 en Martinique afin d'y réaliser des missions régaliennes. Il s'agit de la location d'une machine acquise en propre qui sera opérée depuis le Lamentin. L'appareil sera modifié pour recevoir des équipements spécifiques à ces missions : treuil, boule optronique, bac plongeur. Sabena technics confirme par ce modèle de prestation sa capacité à innover et à proposer des solutions originales.

### Quelle est la valeur ajoutée de Sabena technics ?

Sabena technics reste un groupe à taille humaine,

s'appuyant sur des collaborateurs engagés, qui aiment leur métier et montrent chaque jour leur sens du service. Bien entendu, le défi en matière de ressources humaines est prégnant mais les femmes et les hommes du Groupe sont une force qui nous permet de faire valoir notre réactivité et notre agilité.

Sabena technics conçoit et apporte à ses clients des solutions sur mesure. En matière de modifications d'aéronefs, nous avons par exemple une réelle compétence pour intégrer des systèmes d'autoprotection sur des plateformes civiles ou militaires.

Parallèlement nous savons répondre à des offres bien plus conséquentes : en 2022, la DMAé nous a octroyé le marché de soutien des CASA CN235 de l'armée de l'air et de l'espace en deux tranches de 5 ans (ferme et optionnelle). Cette flotte de 27 avions est disséminée en plusieurs endroits de la planète : la base aérienne d'Evreux bien entendu mais aussi Pacifique, Guyane, La Réunion en outre-mer et même Djibouti. Il s'agit pour Sabena technics d'un enjeu de taille : en tant que maître d'œuvre unique, nous réalisons l'ensemble des visites majeures et mineures, ainsi que la maintenance des moteurs et hélices. Dans l'esprit des marchés verticalisés, la prestation couvre également le périmètre allant du support logistique au soutien technique, à la fourniture des ingrédients, des équipements consommables et réparables.

### Quelles sont vos ambitions futures ?

J'évoquais tout à l'heure notre récente croissance : il y a évidemment une intention de la poursuivre considérant que les attentes sur les secteurs civils et gouvernementaux en Europe et au-delà sont soutenues

Par ailleurs, nous souhaitons que le spectre de nos services dépasse l'entretien et la modification d'aéronefs. Notre slogan « more than an MRO » prend aujourd'hui tout son sens.

Le secteur aéronautique, qu'il soit civil ou militaire, reste porteur. Le civil a été impacté par la pandémie qui transforme le marché sans pour autant qu'il soit en perte de vitesse. Dans le domaine militaire ou régalien, nous avons l'ambition de développer nos compétences vers d'autres services autour de la mise en œuvre d'aéronefs. Dans le domaine de la formation, Sabena technics dispose de deux filiales dédiées : formation des pilotes d'hélicoptères et formation des mécaniciens. Dans un contexte RH délicat, notre développement dépendra de notre capacité à recruter. Au-delà d'une réponse à nos besoins propres, il y a une opportunité de créer un dispositif de formation aéronautique qui soit efficient, visible et pertinent.

Enfin, après une consolidation française essentielle et réussie Sabena technics a l'ambition de poursuivre le développement de ses implantations en Europe.

## UNE SEULE CARRIÈRE, PLUSIEURS VIES PROFESSIONNELLES ?

La vie professionnelle évolue et les parcours ne sont plus autant linéaires. Que l'on passe du militaire au civil, de la grande entreprise à l'ETI ou du salariat au management de transition ou à l'entrepreneuriat, quels sont les ressorts de ces changements ? Regards croisés.



Nicolas Doucerain,  
Président et fondateur de  
Valumen

**Nicolas Doucerain, vous avez créé Valumen il y a 3 ans. Comment s'articulent vos offres ? En quoi peuvent-elles intéresser les entreprises du secteur ? Que diriez-vous notamment du management de transition ?**

N. D. : Fondé en mars 2020, Valumen a souhaité se positionner sur le marché de l'accompagnement des transformations des organisations. L'articulation de nos trois offres (Management de Transition – Exécutive Search, Conseil et Séminaire de Direction) permet d'accompagner les projets de transformation de nos clients, en trouvant les bonnes personnalités pour des missions de moyen terme ou pour le long terme en CDI. Notre positionnement nous permet d'attirer une nouvelle génération de femmes et d'hommes, notamment de nombreux militaires, qui

souhaitent transmettre leurs savoirs et leurs expériences dans le secteur privé ou public.

En guise d'illustration, je citerais l'appel de Santé Publique France en 2020, qui nous confie le soin de sélectionner en moins de 72 heures un manager de transition, expert en gestion de crise et en logistique pour piloter la cellule stratégique en charge de réapprovisionner tout le pays en masques, gants, blouses puis vaccins... Un vrai challenge ! Nous nous sommes naturellement tournés vers un militaire pour remplir notre mission dont le cahier des charges était : le sens du service et de l'intérêt général – grosse charge de travail – capacité de pouvoir échanger avec les plus hautes instances de l'Etat – grande expertise dans l'organisation, les approvisionnements et la logistique en nombre.



Capitaine de Vaisseau Julien  
Lalanne de Saint Quentin,  
Attaché naval près l'ambassade  
de France à Londres et professeur  
de relations franco-britanniques  
au King's College London

**Commandant, attaché Naval à Londres, professeur au King's college, vous avez pu observer la dualité des carrières civiles-militaires en UK. Que pourriez-vous en dire ?**

J. L. : La grande porosité entre les armées et le secteur privé au Royaume-Uni, et a fortiori aux Etats-Unis, est à mon avis liée à deux facteurs :

- d'une part, à l'absence d'un véritable statut « de carrière », qui rend le flux de sortie des militaires plus continu tout au long de la vie professionnelle (l'autorisation de départ n'étant pas conditionnée par la possibilité de jouir d'une pension)
- d'autre part, d'une forte représentation des anciens militaires dans les corps de l'Etat (ainsi, à la Chambre des Communes, 60 députés sont

anciens militaires), qui influence une politique très active de reconversion des vétérans, dans le cadre de l'Armed Forces Covenant.

C'est ainsi que beaucoup d'entreprises disposent d'un cursus d'intégration des militaires (et souvent de quotas dédiés), typiquement appelé « Military pathways », qui permet de compléter les qualités reconnues aux militaires (leadership, sens du travail en équipe, pugnacité, clarté et concision de la communication...) par les savoir-faire spécifiques aux entreprises concernées et par les compétences généralement méconnues des militaires (organisation de l'entreprise, marketing, comptabilité...). »



Olivier Dambricourt, PDG  
du groupe MORET  
Industries

**A l'origine Ingénieur d'essais en vol, avant-hier conseiller ministériel, hier cadre dirigeant dans l'industrie lourde, aujourd'hui manager de transition reconnu pour son expertise dans la transformation et la restructuration des entreprises, Olivier Dambricourt, qu'est-ce qui motive un tel parcours ?**

O. D. : Deux passions m'animent profondément : l'ingéniosité industrielle et les relations humaines. Voler, explorer l'Espace ou le fond des océans, ne se peuvent sans industries et sans les hommes et les femmes qui y œuvrent.

Un fil rouge simple : j'aime résoudre des problèmes et j'ai toujours cherché à me rapprocher du lieu où les choses adviennent effectivement, concrètement, et où l'on est réellement un acteur de la solution. Enfant, mon grand-père me disait

« lorsque deux chemins se présentent à toi, choisis le plus exigeant car il sera le plus intéressant ». Gérer une situation acquise et stationnaire n'a jamais été mon truc. Bâtir, adapter, transformer, conquérir est ce qui nourrit mon envie d'être utile. L'entrepreneuriat était donc logique à terme. Ensuite j'ai eu la chance de croiser quelques belles personnes qui ont su me tirer vers le haut. J'aurais une pensée particulière pour Francis Mer.

Ce fil rouge exige de ne pas craindre l'échec, ce qui n'est pas toujours dans l'ADN des bons élèves. Seuls ceux qui essaient peuvent réussir ; il n'y a pas d'autre chemin pour se savoir capable ou non. La seule limite ? La fidélité à mes valeurs, qui me permet de faire le tri entre ce qui mérite d'être persévérant ou pas. C'est le prix de sa liberté.



Sophie de La Foye,  
Présidente d'Open Sea Bird,  
partenaire de Valumen

**Sophie de La Foye, de Coca Cola à « Open Sea Bird Consulting » en passant par Naval-Group, l'IHEDN et 3 ans en Espagne, vous cumulez les expériences les plus diverses. Depuis 2019, vous êtes aussi bénévole pour la réserve citoyenne de la Marine nationale. En tant que recruteuse, comment diriez-vous que la notion de temps a changé dans la gestion des carrières ?**

S. L. F. : D'une certaine manière les nouveaux outils ont fluidifié le marché de l'emploi parce qu'il est devenu beaucoup plus facile de chercher un poste ou de passer des entretiens. Le temps s'est accéléré. D'un autre côté, l'allongement de la durée de vie s'est accompagné d'un allongement de la durée des

carrières avec la perception qu'une carrière n'est plus un chemin linéaire mais un ensemble de chapitres. La génération qui va travailler 10 ans de plus que ses aînés, s'organise pour que chaque chapitre soit le plus épanouissant possible. Ainsi, en fonction des tranches de vie, le temps de travail peut être dense ou au contraire partagé avec des projets personnels, rythmé sur des jours bien définis ou au contraire complètement imbriqué dans la vie quotidienne dans le cas de l'entrepreneuriat. Le regard des recruteurs a lui aussi évolué et ce qui était perçu comme de l'instabilité peut être considéré comme un enrichissement sous réserve d'avoir un fil rouge et de bien l'argumenter. C'est passionnant !

## « RECRUTEMENT ET ACQUISITION DE TALENTS

### À LA DIRECTION DES APPLICATIONS MILITAIRES DU CEA »



Vincenzo Salvetti,  
Directeur des applications  
militaires du CEA ©CEA

La Direction des applications militaires (DAM) du CEA pilote les programmes nucléaires de la défense nationale. Plus précisément, la DAM conçoit, développe et fabrique les têtes nucléaires aéroportées et océaniques, dont elle garantit la sûreté et la fiabilité. La DAM pilote aussi les programmes de propulsion nucléaire de la flotte française, sous-marins et porte-avions.



La DAM met également son expertise technique au service de l'État dans la lutte contre la prolifération nucléaire et le terrorisme, ainsi que dans le domaine de la défense conventionnelle.

Cette grande maison, que j'ai l'honneur de diriger, est une équipe de 5 300 collaborateurs répartis sur 6 sites en France : la région parisienne, la Bourgogne, la Touraine, la Nouvelle-Aquitaine, le Lot et la Provence. Nous encadrons 200 thésards et post-docs, et 250 alternants. Personne ne vient chez nous par hasard : nous sommes au service de la Défense et de la sécurité de la France et nous en sommes fiers.

La dissuasion nucléaire française implique une autonomie stratégique qui nécessite de développer et de pérenniser un tissu industriel français au meilleur niveau mondial. Nous avons ainsi construit des partenariats fidèles avec plusieurs milliers d'industriels français, du grand groupe à la TPE, qui développent des technologies novatrices au service de nos programmes.

Depuis l'origine, la dissuasion nucléaire française est strictement défensive. Pour maintenir sa crédibilité, les armes nucléaires françaises doivent conserver leur capacité à pénétrer les systèmes de défense adverses. Cela suppose une avance technologique et donc une démarche permanente d'innovation. De même, les projets de chaufferies nucléaires du futur porte-avions et des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de 3e génération représentent des défis passionnants, que nous relevons avec les grands acteurs industriels que sont TechnicAtome et Naval Group. La DAM pilote donc des projets ambitieux, inscrits dans un cadre régalién très clair.

Les défis que nous relevons vont parfois jusqu'à réinventer

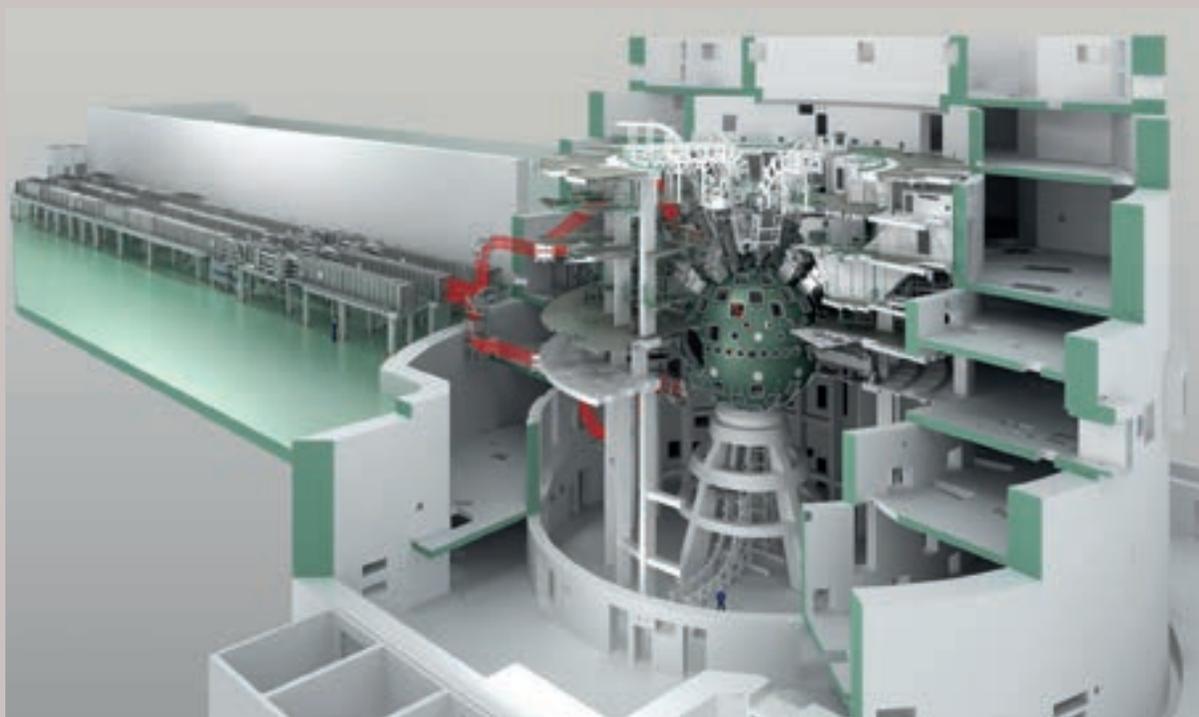
complètement nos méthodes de travail. Ainsi, en 1996, la DAM a été pionnière dans la démarche scientifique de simulation, qui lui permet désormais de garantir la sûreté et la fiabilité des armes nucléaires sans recourir à un essai nucléaire nouveau. Cette méthode, et les grands instruments sur lesquels elle s'appuie, ont permis à la France d'être le seul État doté de l'armement nucléaire au monde à arrêter définitivement ses essais nucléaires et à mettre en service les premières armes nucléaires garanties par la Simulation.

Cette démarche de simulation permet de garantir en pleine souveraineté la fiabilité de fonctionnement, la sûreté nucléaire et la capacité de renouvellement dans la durée des armes nucléaires françaises, sans recourir à un essai nucléaire nouveau.

La simulation repose d'abord sur un enchaînement complexe de modèles physiques. Pour simuler le fonctionnement d'une arme, il faut maîtriser tous les domaines de la physique (physique atomique, mécanique des fluides, physique des chocs, neutronique, électromagnétisme, physique des matériaux, chimie sous toutes ses formes) et tous les procédés de fabrication...

La simulation repose aussi sur des calculateurs très performants, au meilleur niveau mondial, que nous co-concevons avec Atos. Ces calculateurs, aujourd'hui de classe exaflopique, permettent des simulations de plus en plus réalistes, donc de plus en plus précises, tout en conservant des temps de calcul raisonnables.

La simulation repose enfin sur de grandes installations expérimentales pour tester et valider les modèles physiques. Ainsi, le laser Mégajoule est une installation exceptionnelle, conçue par la DAM, qui permet de faire



Écorché du laser Mégajoule ©CEA /Beview

converger simultanément 176 faisceaux sur une cible de quelques millimètres. Elle a permis dernièrement de réaliser la fusion nucléaire en laboratoire en atteignant des températures de centaines de millions de degrés et des pressions plusieurs milliards de fois supérieures à la pression atmosphérique pendant quelques milliardièmes de seconde.

Nous relevons donc des défis scientifiques et techniques de premier plan. Mais nous devons aussi réussir dans un délai et un budget donnés. L'importance de nos enjeux n'autorise pas l'échec. Notre réussite repose sur un travail d'équipe. Nous conduisons nos projets en mettant en commun toutes les compétences : l'ingénierie, la gestion budgétaire, la gestion contractuelle, la logistique...

Nous veillons aussi à ce que nos équipes puissent publier leurs travaux, dans le respect des règles de confidentialité, afin de promouvoir notre crédibilité scientifique et technique, socle de la crédibilité de la dissuasion depuis l'arrêt définitif des essais nucléaires. Nous produisons ainsi plusieurs milliers de publications par an dont plus de 400 dans des revues à comité de lecture, et nous avons aussi de multiples collaborations avec des laboratoires internationaux. Nos chercheurs ont le privilège exclusif de conduire des travaux de très haut niveau avec des moyens et des outils à la hauteur des enjeux, sans devoir amputer leur temps de recherche par la quête du financement nécessaire pour les mener à bien.

Nous veillons à ce que chacun puisse évoluer dans sa carrière pour s'épanouir : passer de l'opérationnel au décisionnel, du technique à la gestion, de la recherche à la fabrication, de la maîtrise d'œuvre à la maîtrise

d'ouvrage, du scientifique au management... Cela offre à chacun une mobilité variée pour construire des parcours très formateurs et disposer de talents complets.

Nous offrons à nos collaborateurs un environnement stimulant et des objectifs qui ont du sens : la défense de notre pays et la sécurité de nos concitoyens. Nous veillons à l'exemplarité de notre culture managériale pour que chaque potentiel s'épanouisse, dans le respect des valeurs sur lesquelles nous recrutons et nous fidélisons nos salariés : engagement, intégrité, ambition, accomplissement et esprit d'équipe.

Nous portons aussi une attention particulière à la qualité de vie au travail : le cadre de vie, les transports gratuits mais aussi les services pour faciliter l'équilibre avec la vie privée. Nos sujets sont majoritairement classifiés : cela limite le télétravail mais nous oblige à la déconnexion lorsque nous rentrons chez nous, ce qui est aujourd'hui un privilège. Cette qualité de vie passe aussi par l'ambiance de travail. Pour cela, nous veillons à responsabiliser et à valoriser chacun dans la conduite de nos projets.

La réussite de notre mission repose, certes sur des femmes et des hommes hautement qualifiés, mais surtout sur des personnalités affirmées, qui veulent relever des défis en équipe, qui réfléchissent, qui exercent leur curiosité intellectuelle et leur sens critique pour proposer des idées nouvelles, qui mettent leur intelligence au service du bien commun. La formation et les valeurs des ingénieurs de l'armement coïncident avec les talents que nous recherchons. Ils trouvent à la DAM un sens profond à leur engagement professionnel en relevant, en équipe, les grands défis de la Défense et de la sécurité de notre pays.

## UNE EXPERTISE

# DANS L'ACCOMPAGNEMENT MANAGÉRIAL



Jérôme de Dinechin, ICA,  
président de Blue Work  
Partners

Un marché de l'emploi tendu rend le recrutement stratégique. Se pose également la question de la fidélisation des talents et de leur capacité à évoluer dans l'entreprise. Le coaching managérial répond à ces objectifs, notamment par l'accompagnement à la découverte de « ressources » qui permettront plus d'adaptabilité et de déploiement personnel aux différents stades de la carrière.



Disposer de leaders bien formés, connaissant la culture interne est un gage de bonne santé des organisations, voire de survie à moyen terme, et a contrario, le coût du remplacement d'un cadre peut coûter des dizaines de milliers d'euros. Depuis quelques années, de nouvelles modalités d'accompagnement des cadres ont montré leur efficacité : fonctionnement en promotions, mentorat, université interne, bilans managériaux aux âges clés, coaching individuel...

Blue Work Partners renforce ces dispositifs par son expertise dans le coaching des talents et des hauts potentiels. Plusieurs types d'accompagnements ont été conçus pour répondre aux défis des moments clés de la carrière :

**Posture du jeune manager** : destiné aux jeunes diplômés, ce programme a pour objectif d'aider à s'affirmer et à trouver sa place face à des collaborateurs plus anciens et plus compétents. Il aborde par exemple l'animation de réunion, la prise de parole en public et l'assertivité. Il permet de dépasser le « syndrome de l'imposteur » et d'entrer dans une phase de construction d'une identité professionnelle.

**Mieux se connaître pour mieux performer** : en deuxième ou troisième poste, l'enjeu est de compléter un savoir-faire technique par des qualités managériales et relationnelles. On approfondira l'estime de soi comme socle du leadership : comment je fonctionne, ce que me disent mes émotions et vers quoi je me sens attiré.

**Réussir les projets** : en corollaire, l'expertise en projets, qu'ils soient techniques ou de transformation, est très recherchée. Un accompagnement opérationnel sur la base du « Guide de survie du chef de projet (Dunod) » permet de mieux vivre le stress, prendre des décisions plus sereinement, et favoriser l'engagement des équipes.

**Accompagnement managérial** : Blue Work Partners participe à plusieurs programmes comme « Etre et agir en dirigeant » organisé par le Campus des Dirigeants. Sous forme de rencontres régulières d'un CODIR ou d'une équipe projet, on expérimente des thématiques comme : comment transformer nos objectifs en succès, déléguer dans un esprit de subsidiarité, apprendre à intégrer dans son management des temps de bluework (pensée créative) en complément de l'omniprésent redwork (agir productif)...

**Leadership par la confiance** : vers la quarantaine, les talents confirmés ont souvent un enjeu, celui de changer de posture : il n'est plus suffisant de bien faire, il faut comprendre les enjeux systémiques, c'est-à-dire intégrer les intérêts des parties prenantes en vue d'un bien collectif. En séminaire, les futurs dirigeants explorent différents aspects du leadership : est-ce un « pouvoir sur » ou un « pouvoir pour » ? Comment construire une sécurité psychologique dans l'esprit du leadership bienveillant, comment faire émerger des leaders dans leurs équipes en montant « l'échelle du leadership » de l'intent based leadership. Suis-je un leader nommé, effectif, psychologique ou régulateur selon la Théorie organisationnelle de Berne ? En un mot, comment développer la confiance en soi, avec son employeur, et pour ses équipes.

Le coaching a pour but d'aider les personnes à trouver leurs propres réponses aux enjeux ou questions qui s'offrent à eux. Le coach, familier des dynamiques de parcours professionnels et des organisations complexes, aide à poser les bonnes questions aux étapes-clés et permet d'expérimenter de nouvelles ressources aussi bien en accompagnement individuel qu'en séminaire ou atelier. C'est aussi une réponse particulièrement adaptée à la génération post confinement dans son exigence d'humanité et de cohérence de vie.

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

# KENTIKA, LE MOTEUR DE RECHERCHE D'ENTREPRISE

## BOOSTÉ À L'IA



Gilles Batteux,  
Fondateur

Gilles Batteux, ingénieur civil des mines est fondateur de la société Kentika. Rencontre avec le concepteur de cette solution de gestion de l'information et des connaissances, pionnière sur son marché depuis plus de 30 ans. Il nous parle des apports de l'intelligence artificielle dans l'univers juridique.



### Pouvez-vous nous présenter Kentika ?

Le logiciel repose sur une technologie française -4D- qui permet le traitement documentaire et la gestion d'importants volumes d'information non chiffrée : jurisprudences, textes, doctrines, ouvrages de référence, articles de presse, normes... Moteur de recherche intelligent de l'entreprise, Kentika recense et organise les documents internes comme externes. L'outil évolue en permanence, en étroite collaboration avec nos utilisateurs, pour une gestion des connaissances toujours à la pointe.

### Que proposez-vous concrètement à vos clients ?

De gagner du temps ! On sait qu'un professionnel passe en moyenne 2h30 par jour à rechercher de l'information. L'objectif du moteur de recherche est de diminuer ce temps passé. Grâce à l'intelligence artificielle, il sait aujourd'hui traiter finement et efficacement des centaines de milliers de documents, sans qu'ils aient fait unitairement l'objet d'une analyse humaine préalable. C'est un bénéfice quantitatif énorme.

### Qui sont-ils justement ?

Nous travaillons avec toute organisation pour qui l'information est importante : grands comptes (Orange, EDF, RATP), collectivités locales et territoriales, ministères, organisations professionnelles (Ordre des Avocats du Barreau de Paris, Conseil National des Barreaux, CNIEL, CNOP), autorités et établissements indépendants (ADEME, ASN, IRSN), établissements d'enseignement et de recherche et associations. Dans le domaine militaire plus particulièrement, nous travaillons avec la DGA, la DGAC ou encore Thales.

### Quelles garanties leur offrez-vous via ce système ?

Nous garantissons un système souple et sécurisé, au travers d'une gestion fine des droits à tous les niveaux de l'application.

### Pouvez-vous nous donner un ou deux exemples d'applications concrètes ?

Pôle emploi pilote 3 applications avec de fines mécaniques automatisées de manière intelligente. L'une d'entre elles fournit une veille économique locale auprès de 23 000 agents : les signaux collectés permettent d'identifier les besoins en emplois sur le territoire et de diffuser l'information aux conseillers pour leur zone géographique. Elle rassemble 500 000 documents et suit 270 000 entreprises.

L'Arcep, autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse utilise nos solutions depuis les années 1990 pour mettre à disposition des ressources à haute valeur informationnelle et gérer les avis et décisions qu'elle émet.

### Comment vous positionnez-vous dans le cadre de l'intelligence artificielle juridique ?

Le module Intelligence de Kentika utilise les algorithmes à la pointe du domaine du machine learning pour apporter trois atouts dans le traitement des informations :

- Analyser et enrichir chaque document pris individuellement ;
- Analyser le document par rapport à son environnement (prise en compte de l'ensemble des informations disponibles et des référentiels spécifiques) ;
- Analyser le comportement de lecture des utilisateurs.

En France, le sujet se précise avec nos clients du monde juridique. Plus mature en Amérique du Nord, la technologie est notamment déjà déployée au Ministère Fédéral de la Justice du Canada. Ces fonctions leur fournissent des éléments prédictifs quant à l'issue d'un jugement : des informations clés pour définir la stratégie qui aura les meilleures chances de réussite !

# L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LE SECTEUR JURIDIQUE : LES JURISTES SE PRÉPARENT À UN SAUT QUANTIQUE EN MATIÈRE DE TECHNOLOGIE



Sabine Zylberbogen,  
Présidente et fondatrice  
de Alf

L'intelligence artificielle fera-t-elle souffler un vent d'évolution ou de révolution au sein des directions juridiques ? L'IA s'invite dans toutes les conversations et notamment dans un secteur d'activité longtemps épargné par les technologies invasives portant sur leur expertise métier, en particulier les professionnels du droit. L'arrivée de ce nouvel outil, capable de compléter leurs connaissances, d'extraire des informations à partir de l'analyse en quelques secondes d'un document ou de plusieurs, de comparer des corpus documentaires issus des textes, de la doctrine ou de la jurisprudence, voire d'analyser leur contenu à partir d'une liste de questions, annonce un profond changement dans les habitudes de travail de ces professionnels.

## **Au stade actuel de maturité de l'intelligence artificielle, que peut-on présager pour ces professions ? Quels peuvent être les impacts majeurs pour les juristes ?**

L'IA est certainement considérée aujourd'hui comme un outil utile pour ceux qui ont pu tester, et, à ne pas en douter, cet outil deviendra bientôt indispensable, comme l'est aujourd'hui le téléphone connecté, l'internet ou le cloud.

### **Pourquoi ?**

Parce que le corpus juridique existant ne cessera de croître et que le besoin de croiser – rapidement – des informations de diverses sources afin de mieux appréhender une problématique juridique permettra aux professionnels du droit de prendre de meilleures décisions dans un temps réduit.

Plusieurs conditions sont nécessaires pour permettre à cette intelligence artificielle de compléter efficacement celle des juristes, et a fortiori celle des juristes expérimentés. La première, développer une Intelligence artificielle adaptée et pertinente aux besoins du juriste, lorsqu'il interrogera l'outil. Comme un jeune professionnel qui se forme au gré de ses expériences, il faut lui apporter une connaissance ciblée, qualitative, qualifiée et surtout vérifiée. Là se nichera la différence entre les différentes solutions qui seront proposées à l'avenir sur le marché. Derrière les mots se cache un robot, une nouvelle forme d'intelligence qui apprend à partir de l'existant, du connu, et se fonde sur la documentation disponible. Contrairement à l'homme, l'IA ne permet pas de mettre en relation ces connaissances avec une

expérience, une intuition ou un biais de comportement humain, propre à nos intelligences cognitives. Cette limite permet justement au juriste de rester au centre du processus et de rester le décisionnaire final de l'analyse juridique proposée par cet outil.

ChatGPT qui fait tant couler d'encre est devenu en quelques années une référence et un outil incontournable pour déterminer la qualité d'un code informatique ou la pertinence d'une analyse de texte littéraire. Mais quid d'un corpus documentaire complexe, où la sémantique et la grammaire, la ponctuation, peuvent changer le sens d'une phrase. La richesse de nos langues nous permet de croire que la machine ne remplacera pas notre intelligence – en tout cas pas tout de suite – mais elle l'augmentera. Plus cette intelligence se développera dans un domaine particulier, plus elle sera fiable. L'avenir de l'IA passera aussi par sa spécialisation.

Il y a de nombreuses manières d'envisager l'alimentation d'un système d'IA, et pour les projets de grande envergure quel que soit le secteur d'activité, où la quantité de documents est un risque pour le maintien de la cohérence entre tous le corpus documentaire, du cahier des charges aux décisions prises pour résoudre des problèmes ou encore la constitution d'une structure juridique pour porter l'ensemble des contrats associés à un projet. Le rôle du juriste est et restera de maintenir la cohérence entre tous les documents, tous les contenus, identifier les incohérences et trouver les formules juridiques adéquates pour

pallier voire anticiper les problèmes futurs. Le juriste est et restera aussi bien la mémoire de l'entreprise ou du projet que le garant de la décision prise et de sa pérennité.

A la confluence de tous les sujets traités au cours d'un projet, il se doit d'être partout et vigilant. Face à ce défi, dans un contexte où la profusion législative est irrépessible et où les décisions doivent se prendre rapidement, le travail d'analyse et de vérification devra de faire en accéléré, avec volume de documents à produire croissant et dont il faudra assurer la cohérence et anticiper les erreurs ou les conséquences. C'est dans ce contexte que le recours en quelques instants à une première analyse ou à un contrôle de cohérence de premier niveau permettra d'accéder à réponse permettant d'orienter les recherches ou la préparation des documents complémentaires utiles. Il faudra toujours vérifier car l'alimentation en informations techniques, en documents, du 'robot' prendra un certain temps, mais ce premier retour permettra de gagner un temps précieux et d'éviter les premières erreurs. Ce temps a un coût, tout autant humain qu'économique.

### **Mais l'information brute n'est pas toujours suffisante pour "augmenter" la capacité d'analyse du juriste...**

La seconde condition que nous évoquerons ici, sera de compléter la technique par des procédures internes, des pratiques ou des habitudes de travail propres à chaque entreprise, à chaque histoire de la prise de décision. Une chose demeurera, toute entreprise ou tout projet a une histoire, et c'est celle-ci qui permet – et permettra – d'éclairer au mieux les décisions prises ou à prendre.

Aussi, les solutions d'automatisation telles que Alf et de flux de travail (workflows) (thisisalf.com) nourrissent et complètent judicieusement l'IA. Elles permettent de réaliser l'étape qui suit l'information technique, les recommandations, l'état des lieux. Car après l'analyse juridique d'une situation ou d'une décision, vient le temps de l'exécution, la concrétisation matérielle et documentée de la décision. Aussi, le juriste doit garder le contrôle de la décision, à chaque étape clé afin de s'assurer que le processus interne et la chaîne des décisions sont respectés.

L'exécution juridique d'une décision implique aussi bien des étapes chronophages et à faible valeur ajoutée que de l'analyse à forte valeur ajoutée. En moyenne, les juristes constatent qu'ils passent 50 % de leur temps sur des tâches chronophages, récurrentes et

à faible valeur ajoutée. La mise en place de systèmes internes de suivi de dossiers connectés à tous les outils usuels du juriste permet de faciliter les flux internes, de documenter les prises de décisions successives, de conserver l'historique d'un dossier et de l'archiver en toute sécurité pour la préservation des preuves et de son histoire. Retrouver la genèse d'une décision juridique est souvent aussi important que de retrouver le document signé : son contexte éclaire le document, il permet aux juges et aux lecteurs d'en comprendre le contenu et de l'exécuter à travers le temps.

Le juriste de demain se prépare à une petite révolution, loin de ses armoires de codes rouges ou bleus, il utilisera désormais l'IA pour alimenter sa réflexion juridique, il développera ainsi un sens critique plus acéré et plus rapidement, il aura recours aux outils d'automatisation et de flux de travail pour suivre l'avancement de ses dossiers, pour les reprendre et les archiver avec leur contexte et leur "histoire" et il gagnera un temps précieux chaque jour.

### **En bref :**

- L'IA augmente le juriste mais ne le remplace pas
- L'IA se nourrit d'un corpus documentaire spécifique et précis
- L'IA est d'autant plus et mieux exploitée avec un système d'automatisation et workflows comme Alf (thisisalf.com) permettant de remettre le juriste au cœur du processus d'exécution des décisions juridiques sans lui faire perdre un temps précieux sur des tâches à faible valeur ajoutées.

LinkedIn : <https://www.linkedin.com/in/sabzylberbogen/>



# LA NAVIGATION MAGNÉTO-INERTIELLE AU SERVICE D'UNE INFORMATION TACTIQUE PLUS PERTINENTE ET PLUS EFFICACE



Stéphane Micalet,  
Directeur des opérations

Depuis la Normandie, Sysnav défie les plus grands et notamment le GPS. Déjà reconnue en 2014 par le MIT Technology Review comme technologie d'avenir, la navigation magnéto-inertielle a depuis fait ses preuves et offre une solution qui se veut plus fiable, plus sécurisante et moins coûteuse pour la géolocalisation des véhicules militaires. Échange avec Stéphane Micalet (IPA), Directeur des opérations.



## Sysnav a développé une nouvelle technologie de géolocalisation des véhicules dite magnéto-inertielle qui offre une alternative aux insuffisances du GPS, expliquez-nous ?

La technologie de navigation magnéto-inertielle repose sur l'utilisation de capteurs inertiels industriels auxquels nous avons associé des capteurs magnétiques de sorte à pouvoir corriger en temps réel les erreurs inertielles grâce à un traitement innovant des mesures magnétiques. C'est une solution indépendante du GPS mais qui peut venir en complément car il n'est pas rare que les signaux GPS soient indisponibles selon les zones ou brouillés en conditions opérationnelles. L'ensemble des capteurs magnéto-inertiels positionnés de manière cohérente et complémentaire sur un véhicule assurent fiabilité et disponibilité de la géolocalisation en permanence. Parce qu'ils sont fabriqués à partir de composants issus du secteur industriel civil, ils ont en outre l'avantage d'être abordables ce qui permet d'équiper beaucoup plus de véhicules.

## Quel impact cela a-t-il sur les théâtres d'opération ?

Le foisonnement informationnel et la mise en réseau des données sont des enjeux essentiels. Le fait de pouvoir équiper tous les véhicules, et plus seulement une partie, donne accès à une meilleure cartographie de leur répartition et leur permet eux-mêmes de se positionner dans leur environnement et par rapport au reste de leur unité. C'est l'assurance de plus de sécurité, notamment pour éviter les tirs fratricides.

On peut également obtenir une information tactique plus pertinente et une prise de décision rapide et efficace grâce au référencement précis de tout renseignement capté par les

véhicules. Tout en respectant les autorisations et règles d'habilitation, on réduit ainsi la boucle de décision.

Enfin, dans un avenir proche, de plus en plus de véhicules robotisés seront déployés sur le terrain. La géolocalisation étant une nécessité en la matière, notre technologie, en raison de son coût notamment, permettra de répondre à ces besoins émergents.

## Par cette nouvelle façon de consommer de l'information mais aussi par la miniaturisation des technologies, on ne peut nier l'influence technologique civile sur l'industrie militaire. Comment saisir les nouvelles opportunités tout en maintenant le niveau de sécurité nécessaire ?

La sécurité passe avant tout par des composants robustes. Le fait qu'ils soient plus abordables permet de les redonder pour ne pas perdre les fonctions en cas de défaillance unitaire.

Par ailleurs, il est erroné de croire que les standards industriels civils sont beaucoup moins exigeants. Comme la direction générale de l'Armement s'apprête à le recommander, il faut coller au juste besoin et ne plus être dans la surenchère de spécifications techniques. Il importe avant tout que les composants soient fiables.

Par ailleurs, en ce qui concerne la sécurité de l'information, il faut s'assurer qu'il n'y ait pas de faille. De plus, lorsqu'on utilise des produits fabriqués et vendus à grande échelle, le retour sur expérience est plus rapide d'autant que le marché civil répond à des normes de plus en plus robustes. À cela s'ajoute le fait que l'on risque moins la pénurie de composants et que la problématique de l'obsolescence est mieux appréhendée car portée par les besoins des clients civils qui utilisent des volumes de composants très importants.

# NAVIGATION MAGNÉTO-INERTIELLE : RUPTURE TECHNOLOGIQUE ET ÉCONOMIQUE POUR ÉQUIPER LES SOLDATS



David Vissière,  
Président

Si l'innovation est la clé pour garantir la supériorité opérationnelle et l'indépendance stratégique, elle ne doit surtout pas s'apprécier uniquement d'un point de vue technologique. Il est essentiel aussi de révolutionner la stratégie économique, le "business model". C'est ce que propose David Vissière avec sa solution de géolocalisation de soldats. Cet ingénieur polytechnicien, ancien élève pilote de l'Armée de l'Air passé par le Corps de l'Armement et Président de Sysnav répond à nos questions.



## **Vous avez développé un système de navigation qui offre une nouvelle approche de la localisation des soldats sur le terrain, expliquez-nous ?**

La technologie magnéto-inertielle de Sysnav permet de faire de la reconstruction du mouvement grâce à des capteurs de mesure du mouvement issus de l'électronique grand public. Il s'agit d'une véritable rupture qui porte à la fois sur la trajectographie et la localisation.

Elle reconstruit, ou calcule et communique les informations sur la vitesse de déplacement d'un individu, son mouvement, sa dynamique et sa localisation, autant de données précieuses pour l'approche tactique et la sécurité.

Jusqu'à présent, deux technologies de localisation ont co-existé. La première, reposant sur des capteurs et le calcul de trajectoire, était très coûteuse. Elle était donc souvent réservée à des équipements structurants de type bateaux ou avions. La deuxième est le GPS qui a fini par intégrer bon nombre de nos objets du quotidien grâce à des composants électroniques industriels à faible coût.

L'une comme l'autre posent des problèmes de fiabilité. Néanmoins, elles offrent deux modèles économiques intéressants. Notre technologie est une alliance des deux avec à la clé des résultats beaucoup plus précis et fiables.

## **C'est donc aussi une nouvelle façon de penser la stratégie globale de l'équipement de nos forces armées que vous proposez.**

Nous sommes capables de miniaturiser la navigation haute performance d'une plateforme type avion ou char sur un objet qui en termes de coûts, de consommation, de taille et de production sont compatibles avec les besoins et les contraintes

en équipement pour les soldats. Je pense que nous sommes arrivés à un tournant majeur qui nécessite, pour un certain nombre d'équipements légers, de rentrer dans une logique de militarisation avec des cycles courts, de l'interopérabilité et de la réutilisation de composants issus d'électroniques civils. Va-t-on réellement continuer à appliquer les mêmes logiques à des équipements légers qu'à des grands programmes d'armement structurants ? Il existe deux modèles qui ont chacun leur sens, ils ne sont simplement pas applicables aux mêmes situations. Cet enjeu est central, surtout si l'on veut maintenir de l'innovation tout au long du cycle de vie des programmes comme semble le souhaiter le ministère des Armées avec le soutien de la DGA.

## **Quand on parle de soldats, leur sécurité est un enjeu essentiel, qu'en est-il avec la technologie magnéto-inertielle ?**

C'est un point déterminant lié à ce que j'expliquais précédemment : pour des questions de coûts trop élevés, de vitesse de déploiement trop longue, de maintenabilité des équipements etc., force est de constater que les soldats sont très peu équipés en systèmes de géolocalisation ou en tout cas très partiellement. Ceci les rend particulièrement vulnérables et on se retrouve assez curieusement dans des situations où finalement beaucoup d'applications civiles sont bien mieux servies, je pense notamment à la protection des personnes sur site industriel ou à celle des primo-intervenants. Il est essentiel que l'armée soit en pointe sur ces questions sécuritaires et la technologie magnéto-inertielle Sysnav apporte des solutions en rupture pour les piétons et les véhicules légers.

## « L'ENTRAÎNEMENT COLLABORATIF RESTE AU CŒUR DE NOS PRÉOCCUPATIONS »



André Piaton,  
Directeur Général

Filiale à 100 % de Dassault Aviation, Sogitec contribue à répondre aux besoins du futur combat collaboratif. André Piaton, son Directeur Général, revient dans cet entretien sur les innovations technologiques développées dans un contexte international mouvementé.



**Directeur Général de Sogitec depuis 10 ans, qu'est-ce qui vous a motivé à rejoindre le leader mondial de la fourniture de produits et services de simulation, entraînement et formation ?**

Après de nombreuses années chez Dassault Aviation, et un parcours très diversifié, aussi bien sur des activités civiles que militaires, au sein de notre maison mère, rejoindre Sogitec était une suite logique et une formidable ouverture sur le plan professionnel.

Suite logique car Sogitec est une filiale à 100 % de Dassault Aviation et que l'emploi opérationnel des aéronefs, tout comme la meilleure façon de s'y préparer, sont au cœur de nos préoccupations. La proximité et le lien privilégié avec la maison mère permettent l'accès à tout un corpus de données, qui va bien au-delà des simples données techniques, et qui assure la pertinence des produits que nous développons.

Formidable ouverture car au-delà du métier nouveau, celui de dirigeant, il y a l'accès à d'autres aéronefs que ceux de la maison mère. En effet, Sogitec est également engagé dans la simulation pour hélicoptères et drones, ce qui nous permet de couvrir quasiment tout le spectre des opérations aériennes et d'avoir une vision globale du combat collaboratif.

**Filiale de Dassault Aviation, Sogitec soutient les produits aéronautiques grâce aux nouvelles technologies. Comment répondre aux besoins de demain ?**

Le retour d'expérience de nos clients fait apparaître des

besoins nouveaux, principalement orientés vers l'entraînement aux opérations complexes. En effet, le contexte international met en exergue la nécessité pour nos forces d'intervenir dans un cadre multinational, sur un spectre de missions très large (défense aérienne, actions de reconnaissance ou d'appui dans la profondeur, ...). Ces opérations complexes mettent en œuvre des moyens aériens, maritimes et terrestres nombreux et variés, qui doivent coopérer. Le besoin d'entraînement exprimé par les forces passe donc logiquement par un recours croissant à la simulation.

Cette évolution se traduit par une réflexion de tous les acteurs sur les moyens futurs dédiés à la simulation, à laquelle Sogitec contribue en développant des capacités permettant de répondre aux besoins du futur combat collaboratif.

Ainsi, se dégagent deux problématiques principales : la première concerne la nécessité de fournir des architectures connectées, permettant d'échanger les bonnes données entre plateformes de simulation homogènes ou hétérogènes de manière sécurisée.

Dans cet objectif, Sogitec participe aux travaux de standardisation et aux tests d'interopérabilité en liaison étroite avec les forces françaises. Il s'agit également d'un nécessaire compromis entre le niveau de représentativité d'un simulateur et sa consommation en ressources (budgétaires, humaines, logistiques...). Cette problématique devient d'autant plus prégnante lorsque

les forces expriment un besoin d'entraînement massif, multipliant alors les plateformes.

Sur le plan technologique, la simulation est en pleine ébullition. L'arrivée de la réalité virtuelle et mixte, ainsi que celle de la réalité augmentée, fournissent des capacités d'immersion très puissantes aux utilisateurs. L'intégration de ces technologies dans nos solutions a fait l'objet de plusieurs études, notamment concernant la simulation pour avion Rafale et celle pour Hélicoptères, permettant de valider les concepts et de limiter les risques. Certains de nos produits présentés au salon du Bourget intègrent déjà ces technologies.

L'Intelligence Artificielle est également un facteur clé d'évolution pour la simulation. Elle devrait permettre d'automatiser la préparation des scénarios, d'améliorer le réalisme du comportement des entités virtuelles, et d'analyser finement les données tactiques et pédagogiques enregistrées. Dans ces domaines, nous travaillons avec différentes sociétés, que nous invitons régulièrement sur notre stand durant les salons du Bourget.

Enfin, la simulation s'intègre désormais dans les avions réels. Dassault Aviation et Sogitec développent actuellement une simulation embarquée (ETS - Embedded Training Systems) sur le Rafale, ce qui va permettre aux pilotes d'augmenter leur capacité d'entraînement en vol et d'atteindre un niveau de performances supérieur.

**Fin 2022, Airbus Helicopters a attribué à Sogitec le contrat concernant les moyens de simulation pour l'entraînement des équipages Guépard. Quel type de collaboration avez-vous mis en place avec la DGA ?**

L'Hélicoptère Interarmées Léger Guépard est un équipement majeur pour les forces. Il possède la particularité d'intégrer les trois armées dans la conduite du programme, puis dans l'utilisation des systèmes. Sogitec a acquis l'expérience du travail en interarmées sur les programmes Rafale, mais aussi sur la fourniture de simulateurs d'hélicoptères NH90 à l'armée de Terre et à la Marine françaises, ce qui nous a rendu légitimes pour répondre au besoin opérationnel. Notre collaboration avec la DGA est naturelle et elle passe

logiquement par une relation forte avec notre donneur d'ordres Airbus Helicopters, mais c'est dans une coopération étroite avec les trois armées que nous avons réussi à proposer un simulateur du Guépard répondant à leurs besoins. Travaillant au contact de ces utilisateurs finaux dans toutes les phases, nous visons désormais, avec l'appui de la DGA, à dégager les meilleures synergies, pour optimiser le rapport coût/efficacité des produits livrés.

**La 54<sup>e</sup> édition du Salon International de l'Aéronautique et de l'Espace se tiendra cette année du 19 au 25 juin 2023. Quels sont les enjeux pour Sogitec ?**

En 2017 et 2019, nous avons présenté des démonstrations de scénarios de missions réalisées en simulation par plusieurs plateformes connectées à des centres simulés de commandement et de conduite des opérations.

En 2023, l'entraînement collaboratif reste au cœur de nos préoccupations. Dans cette optique, nous présenterons une gamme de technologies et d'outils correspondant à nos options stratégiques, au travers de démonstrations de simulation en temps réel pour avions Rafale, hélicoptères et drones, avec des scénarios représentatifs des engagements opérationnels.

Le SIAE sera aussi une occasion d'exposer notre vision industrielle avec des présentations plus ciblées, concernant des thématiques transverses (interopérabilité, automatisation des tâches, ...). Nous aurons alors le plaisir de présenter le partenariat que nous avons avec plusieurs start-ups dans le développement de briques technologiques.

La diversité des présentations illustrera la grande variété et l'intérêt des métiers de Sogitec. C'est dans la perspective de satisfaire nos besoins en recrutement que Sogitec participe à l'opération du GIFAS, « l'Aéro-recrute », avec une forte présence de nos équipes de recrutement et plus de 50 postes à pourvoir pour cette année !

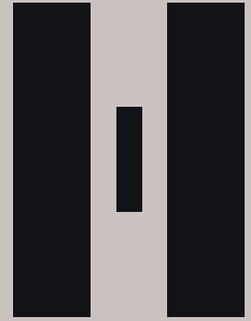
# L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EMBARQUÉE, VECTEUR DE SUPÉRIORITÉ POUR L'ARMÉE DE L'AIR ET DE L'ESPACE



Général (2S) Denis Mercier,  
Directeur Général Adjoint  
du groupe Fives



Antoine de Braquilanges,  
Directeur Général, Helsing  
France



## Helsing

### Bio Express :

- Denis Mercier

Tout d'abord pilote de chasse, Denis Mercier occupe diverses fonctions d'état-major tournées vers l'innovation et le développement capacitaire. En 2012 il devient chef d'état-major de l'armée de l'air, puis en 2015, commandant suprême Allié pour la transformation de l'OTAN. Il rejoint ensuite le groupe Fives comme directeur général adjoint, est membre de plusieurs conseils d'administration et accompagne des entreprises des domaines de l'intelligence artificielle, la cybersécurité ou du New Space.

- Antoine de Braquilanges, Directeur Général d'Helsing France. Fondée en 2021, Helsing une entreprise de logiciels et d'intelligence artificielle (IA) de Défense, développant des solutions IA responsables, explicables embarquées et temps-réel pour augmenter les plateformes militaires existantes et futures.

### Un point d'inflexion pour l'intelligence artificielle embarquée.

Alors que le grand public découvre à peine les conséquences de la percée effectuée par ChatGPT dans le traitement automatique du langage, d'autres domaines de l'intelligence artificielle (IA) préparent leur révolution. La mise à disposition en source ouverte du modèle générique de segmentation de Meta (Segment Anything Model, SAM) en avril 2023 en est

un exemple patent, avec des débouchés Défense évidents, déjà exploités par nos potentiels concurrents.

Mais aux antipodes de cette IA gargantuesque, c'est aussi la révolution d'une IA embarquée, temps-réel, qui se prépare, permise par la convergence de développements matériels et algorithmiques récents. La conférence annuelle 2023 de Nvidia, fournisseur majeur de plateformes de calcul embarquées, a ainsi été présentée par certains analystes comme "le moment iPhone" de l'IA. Tirée par une exigence de frugalité, cette IA embarquée porte un potentiel de transformation fort notamment dans le domaine de la Défense, où puissance de calcul, données d'entraînement et bande passante sont rares.

L'inflexion de l'IA embarquée n'a pas à attendre l'horizon du SCAF, ni même celui de la LPM. Elle a lieu maintenant, et elle s'appuie sur des ressorts technologiques, culturels, cognitifs et doctrinaux bien différents de l'IA des grands modèles, déployée dans des environnements cloud à la puissance de calcul infinie, et apprenant sur des données produites en temps différé. Seuls des programmes fondés sur des démonstrations itératives, de bout en bout et sur des cas d'usage bien identifiés, permettront d'en aborder toutes les composantes et de se préparer à son adoption à un rythme compatible de la volatilité des contextes stratégique et tactique.

### **L'IA embarquée, vecteur de supériorité pour l'Armée de l'Air et de l'Espace.**

Dans le domaine des opérations aériennes, à condition de sanctuariser un contrôle humain effectif, l'IA embarquée est la clé de voûte d'un certain nombre de capacités opérationnelles chères à l'AAE.

Avec une capacité de traitement au plus près des senseurs, elle permet l'agrégation en temps-réel de situations tactiques multi-capteurs, même dans des contextes de bande passante contrainte. Elle donne alors corps au concept de réseau multi-senseurs, multi-effecteurs (RM2SE), y compris en l'intégrant dans des plateformes et des réseaux existants, sans attendre ni les rétrofits ni les capacités futures. L'IA embarquée crée une interopérabilité par le logiciel et comble le fossé séparant souvent les plateformes de générations successives, évitant de créer des « armées à deux vitesses ».

Ses capacités d'apprentissage, de généralisation et d'adaptabilité lui permettent de dépasser les limites fondamentales des approches basées sur des bibliothèques, mises à mal dès lors qu'elles sont confrontées à des signaux et comportements inconnus. À cet égard, la Guerre Électronique Cognitive est un champ de recherche particulièrement actif, avec une capacité d'ores et déjà démontrée, y compris en Europe, à augmenter les approches traditionnelles, notamment devant l'explosion du nombre d'émetteurs, et de leur agilité.

Enfin, depuis la victoire médiatisée contre le champion du monde de Go en 2016, le Deep Reinforcement Learning (DRL) a fait des progrès considérables, étendant notamment son champ d'application à des cas d'usage temps-réel, multi-agents, évoluant dans un environnement partiellement inconnu. Sous forme d'assistant virtuel au JFACC ou dans le cockpit d'un Rafale, de pilote logiciel à bord d'un UCAV, ou de gestionnaire décentralisé d'une meute d'effecteurs connectés, l'IA jouera un rôle déterminant pour tourner la complexité du Combat Collaboratif à notre avantage. La dynamique insufflée par la DARPA et l'USAF ne laisse aucun doute sur les intentions et l'appétit américains sur ces sujets, notamment avec la création du programme Collaborative Combat Aircraft, doté de \$6Bn d'ici à 2028.



Que ce soit pour le traitement et la fusion du signal at the edge ou pour l'aide à la décision au combat, c'est précisément parce que l'adoption de ces technologies représente un défi culturel, cognitif et doctrinal qu'il faut s'y atteler de toutes nos forces, sans attendre 2040, le SCAF ou ses Loyal Wingmen.

### **Pour matérialiser cet avantage, de nombreux défis à relever.**

Le premier défi, culturel, consiste à rompre avec l'idée que l'IA soit une innovation technologique de bas TRL ou doive systématiquement être portée par un programme capacitaire physique. Le logiciel, et l'IA en particulier, ont cette particularité que l'état de l'art de la recherche appliquée peut aussi être le produit industrialisé. ChatGPT en est un exemple flagrant, mais dans le domaine de la Défense, un nombre croissant d'acteurs privés (Anduril, Shield AI, Helsing) sont capables d'autofinancer le développement d'applications à base d'IA jusqu'à un TRL 6, et ainsi offrir des opportunités de passage à l'échelle rapide. Le déploiement rapide de capacités opérationnelles de pointe et la bonne santé d'un écosystème vertueux du logiciel de Défense dépendent de la capacité du MinArm à appréhender ce nouveau paradigme d'innovation.

Le deuxième défi, programmatique et industriel, consiste à embrasser les spécificités du monde du logiciel, ses méthodes et ses acteurs. Il a fallu près de 10 ans à nos amis américains pour trouver les constructions industrielles (Lockheed Martin + Palantir, Boeing + Shield AI) qui permettent de maximiser l'impact du logiciel dans les capacités militaires. La France et l'Europe peuvent gagner un temps précieux en créant les conditions pour un partenariat vertueux entre les grands maîtres d'œuvre et les acteurs souverains du numérique, plus spécialisés et plus agiles.

Le troisième défi, budgétaire et organisationnel, est celui de la transversalité. La transversalité de l'IA est tout à la fois : un levier capacitaire indéniable, une nécessité, dès lors qu'on traite des sujets de gouvernance de la donnée, mais une contrainte nouvelle, les programmes de défense étant largement structurés par des plateformes développées de façon verticalisée. Si l'identification et la maturation des cas d'usage doit rester à l'initiative des programmes, des UO, des OCO, la sanctuarisation de lignes budgétaires transverses devient nécessaire. On peut citer à cet égard la création en 2021 de la huitième catégorie (BA8) du budget RDT&E américain, dédiée aux programmes pilotes du logiciel et du numérique, qui en assure le financement continu, du développement au maintien en condition opérationnelle.

Le quatrième défi est celui de l'évolutivité. Étant une science largement empirique, l'IA ne confèrera de supériorité opérationnelle dans le temps long que si elle a été conçue pour être réentraînée et redéployée dans le temps court, au même titre que des bases de données antivirus ou des librairies de guerre électronique. Cette capacité fondamentale, sans laquelle l'IA embarquée devient une vulnérabilité, repose nécessairement sur une gouvernance ambitieuse de la donnée, qui devra être outillée par une plateforme logicielle souveraine répondant aux besoins spécifiques de la Défense et du monde de l'embarqué.

Outil indispensable à l'évolutivité de l'IA, cette gouvernance de la donnée est aussi une brique essentielle des programmes à l'ère du numérique. Elle permettra au MinArm de focaliser sa maîtrise d'ouvrage sur les éléments critiques des architectures logicielles, à savoir les API (Application Programming Interfaces)

et les SLA (Service Level Agreements), de peser sur les standards d'interopérabilité et d'entretenir un écosystème sain et concurrentiel.

Enfin, cette évolution technologique majeure invite la DGA, les Armées, les États-Majors, les décideurs politiques à accélérer le développement et le déploiement de solutions d'IA combat ready. La France et l'Europe disposent des ressources capables de fournir ces solutions, aujourd'hui. L'IA est un élément déterminant pour maintenir l'excellence technologique de notre BITD, affermir notre supériorité opérationnelle et garantir l'autonomie stratégique française, dès aujourd'hui comme demain.

### Helsing en bref :

Helsing a précisément été créée pour ce moment, afin de répondre à ces enjeux cruciaux, et se positionne en accélérateur pour l'Intelligence Artificielle de Défense, en France et en Europe.

L'IA de Défense n'est pas juste une capacité opérationnelle de plus. C'est une évolution qui affecte d'ores et déjà l'ensemble des champs et des milieux, et qui a la capacité de rendre obsolètes ou dominants les matériels et systèmes qu'elle équipe.

Nous sommes convaincus que le logiciel et l'IA joueront un rôle prépondérant dans les programmes structurants de Défense, comme le SCAF. Mais surtout qu'ils permettent, dès aujourd'hui, de faire beaucoup plus avec autant, en amplifiant de manière significative l'efficacité des matériels existants, sans attendre les rénovations ou les capacités futures.

Grâce à notre présence en France, en Allemagne et au Royaume-Uni, Helsing dispose aujourd'hui de la meilleure équipe d'IA de Défense en Europe, et continue d'investir massivement dans les technologies de rupture, comme l'apprentissage par renforcement, qui confèreront un avantage certain à nos Forces Armées sur le champ de bataille.

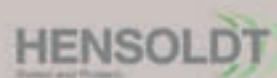
# DRONES : LA SÉCURISATION DES DONNÉES

## EMBARQUÉES, UN ENJEU D'AVENIR



Philippe Guibourg,  
Président

Née du rattachement de l'activité défense électronique d'Airbus à l'entreprise allemande HENSOLDT, HENSOLDT France est une pépite française qui a hérité d'un savoir-faire de longue date en matière d'IFF (Identification Friend or Foe), de liaisons embarquées et de cryptographie. Elle vient d'ailleurs de remporter un contrat pour le développement de l'Eurodrone. Echange avec Philippe Guibourg, Président.



### **Vous avez remporté un contrat dans le cadre du projet Eurodrone, expliquez-nous.**

HENSOLDT France vient effectivement d'obtenir un contrat en partenariat avec la société espagnole Sener pour fournir des liaisons de données de mission du futur drone MALE (Moyenne altitude Longue Endurance) européen et en assurer la cyber-protection. Ce projet d'autonomie stratégique européen a pour objectif de fournir aux armées française, allemande, espagnole et italienne un drone de moyenne altitude disposant d'une grande autonomie de vol.

Nous allons sécuriser les transmissions afin que les données de commande, de contrôle et de mission ne puissent être interceptées, exploitées, brouillées et usurpées.

### **Quels sont vos domaines d'expertise en matière de protection des données embarquées ?**

Nous développons une large gamme de produits et de services électroniques critiques. En matière de communications sécurisées, nous avons 3 activités principales qui sont la liaison de données, la cybersécurité embarquée et l'IFF, pour l'identification positive des menaces en temps réel qui permet d'éviter les tirs fratricides. HENSOLDT France a près de 50 ans d'expérience et donc de savoir-faire dans le chiffrement des liaisons et des données au travers de systèmes de sécurisation des échanges d'informations et de stockage des données mais aussi de calculateurs cryptographiques.

Pour les plateformes de mission, drones, navires, hélicoptères, avions ou encore sous-marins, cela prend la forme de "coffres-forts embarqués" qui protègent les données en circulation en

cas de cyberattaque ou de perte du matériel. Personne ne peut accéder aux données dès lors qu'elles sont stockées et sécurisées dans nos calculateurs cryptographiques.

### **Quels sont, selon vous, les enjeux de sécurisation des données embarquées ?**

Le développement de l'intelligence artificielle et du cloud va de pair avec un accroissement des données qui nécessitent d'être protégées contre tout risque d'infiltration, de vol ou de prise en main de la plateforme par l'ennemi. Par conséquent, on ne peut aujourd'hui installer de solutions électroniques sans savoir comment on va les sécuriser.

L'innovation en la matière est donc centrale et chez HENSOLDT France, nous étudions déjà des solutions de chiffrement dites "post quantiques", capables de résister à la puissance des calculateurs quantiques. Dans ce cadre, nous sommes d'ailleurs lauréats de l'appel à projets sur la cryptographie post-quantique dans le cadre de France 2030, stratégie nationale quantique. Nous travaillons donc au développement de nouveaux algorithmes cryptographiques et repoussons toujours plus loin les limites de l'excellence technologique.

De ce fait, face au besoin constant d'innovation pour répondre à une demande qui ne fait que croître, les ressources humaines représentent un enjeu de poids : ingénieurs en électronique, en cybersécurité, en firmware... nous recrutons de nombreux postes dans ces domaines d'excellence. La sécurité des données est donc un enjeu porteur d'avenir.

## AGILITÉ ET MODÈLE HYBRIDE AU SERVICE DE LA NOUVELLE INDUSTRIE AÉROSPATIALE



Luc Renouil, directeur du développement stratégique et des affaires institutionnelles



Franck Fervel, directeur de la business line Spatial et Grands Instruments Scientifiques

S'adapter aux évolutions, rester à la pointe tout en gardant maîtrise, sécurité et confiance, voici la proposition de Bertin Technologies. Cette entreprise française, actrice historique du secteur spatial investit massivement dans de nouvelles solutions. Pour autant, elle continue de s'appuyer sur ses propres moyens industriels pour en garantir la maîtrise. Un atout souverain essentiel dans le contexte actuel. Échange avec Luc Renouil, directeur du développement stratégique et des affaires institutionnelles et Franck Fervel, directeur de la business line Spatial et Grands Instruments Scientifiques.

### Vous êtes un acteur clé de la BITD, pouvez-vous nous en dire davantage ?

L.R : Bertin Technologies est un industriel de l'instrumentation pour des applications critiques ou scientifiques. Nous fabriquons notamment pour le secteur du Spatial des instruments optiques pour des solutions d'observation de la Terre. Nous travaillons donc pour des donneurs d'ordre comme Thales Alenia Space, Airbus, OHB System, Sodern etc.

Notre activité est mixte, nous sommes en mesure de créer sur cahier des charges des instruments unitaires, extrêmement performants et ultra-spécifiques, mais de développer aussi des solutions déployables en quantité et offrant un rapport qualité-prix très concurrentiel. Cette offre de solutions « en série » répond aux nouvelles attentes d'un secteur en pleine mutation.

### De quel type de technologies s'agit-il ?

Franck Fervel : Pour commencer, nous développons des solutions d'observation scientifique de la Terre, souvent en réponse à des cahiers des charges. Ce sont notamment des optiques que nous concevons, modélisons et fabriquons nous-mêmes ainsi que des éléments mécaniques et électroniques. Nous avons par exemple développé des photomètres embarqués, des structures adhérentes moléculairement, pour minimiser les masses et optimiser les rigidités, ou encore des télescopes en céramique. En ce qui concerne les technologies à vocation plus redondante, nous proposons des charges optiques embarquées sur des micro et nanosatellites qui permettent de faire du décamouflage, de l'analyse de points chauds ou de pertes hygrométriques...

Pour ramener sur Terre les données collectées, nous avons aussi élaboré des solutions de communications optiques comme des

lasers qui sont modulés pour transporter l'information point à point.

En outre, nous réalisons des moyens sol pour étalonner ou qualifier tout ce que nos clients veulent envoyer dans l'espace.

### Vous avez parlé d'un secteur spatial « en pleine mutation », qu'est-ce qui permet à votre entreprise de s'y adapter ?

L.R : Avec ses 600 collaborateurs, Bertin Technologies est une société à taille humaine dotée d'une très grande réactivité. Dans notre secteur, le temps est une donnée majeure ; aujourd'hui, les clients sont en quête d'une plus grande rapidité d'exécution ce que nous sommes en mesure de leur offrir.

Nous devons cette agilité à nos équipes aguerries et pluridisciplinaires : des opticiens, des électroniciens, des mécaniciens. Nous avons aussi des équipes qui développent du logiciel embarqué et de l'intelligence artificielle. Toutes ces expertises se retrouvent dans nos systèmes.

F.V : Effectivement et nous sommes aussi organisés en mode projet ce qui signifie que nos clients ont affaire à nos ingénieurs. Souvent les personnes qui font les offres sont les mêmes qui réalisent le projet. Nous établissons donc un lien direct avec le client, nous l'impliquons et recherchons sa satisfaction. Cela tient au fait que chaque projet a son responsable et sa propre équipe et donc chaque client a face à lui des interlocuteurs qui lui sont dédiés.



## UN ACTEUR INCONTOURNABLE DE LA SÉCURITÉ MODERNE



Salvatore Furnari, Président du Groupe Héraclès - Secrétaire Général du club des entreprises françaises de sûreté à l'étranger

Salvatore Furnari, PDG du Groupe Héraclès, répond à nos questions et nous en dit plus sur la société qui se positionne comme une Entreprise de Services de Sécurité et de Défense. Entretien.

**GROUPE HÉRACLÈS**  
**SÛRETÉ - SÉCURITÉ**

### Experts de la sécurité, quels sont vos métiers et votre positionnement ?

En tant qu'experts de la sécurité, Héraclès se positionne comme une Entreprise de Services de Sécurité et de Défense (ESSD) pour les entreprises. Notre équipe multidisciplinaire comprend des experts en sécurité humaine, en gestion des risques, en analyse stratégique et en technologie. Notre mission principale est d'aider nos clients à prévenir et à gérer les menaces potentielles.

### En votre qualité d'Entreprise de Services de Sécurité et de Défense, à quels niveaux accompagnez-vous les entreprises ?

Nous accompagnons les entreprises à différents niveaux pour assurer leur sécurité globale. Nous réalisons des évaluations approfondies des risques et proposons des solutions personnalisées pour renforcer la sécurité des installations, des informations sensibles et des personnes. Nos services comprennent par exemple, la surveillance, la protection physique, les systèmes de contrôle d'accès et la vidéosurveillance basée sur l'intelligence artificielle.

### Avec votre filiale Héraclès Protection rapprochée renforcée armée, vous faites partie des rares entreprises en France ayant l'autorisation de faire de la protection physique de personnes avec usage d'armes de catégorie B et D. Pouvez-vous nous en dire plus ??

Les évolutions sociétales, technologiques et géopolitiques ont entraîné des changements significatifs dans les menaces auxquelles les entreprises sont confrontées. Depuis notre création, nous sommes restés attentifs à ces évolutions et avons anticipé les besoins de nos clients en matière de sécurité et de sûreté. L'évolution de ces menaces nous ont conduit à créer notre filiale

de protection rapprochée renforcée armée faisant de nous la troisième société autorisée sur le territoire français à travailler armée en Protection Physique de Personnes. Nous sommes convaincus qu'une approche préventive de la sécurité est essentielle pour protéger les entités ou les personnes exposées à des risques élevés. Notre équipe d'agents qualifiés et expérimentés évalue les risques, planifie et met en œuvre des mesures de protection adaptées.

### Quels sont les autres sujets qui vous mobilisent actuellement ?

En parallèle, nous nous mobilisons sur d'autres sujets importants. Récemment, nous avons ouvert notre département de Business Intelligence dans le but d'anticiper les menaces et les enjeux sécuritaires. En combinant cette expertise avec notre connaissance approfondie de la sécurité, nous sommes en mesure de mettre en place des dispositifs de sécurité préventifs et proactifs. Ainsi, nous minimisons les risques pour nos clients et leur fournissons des solutions personnalisées.

Dans notre volonté constante de répondre aux besoins sécuritaires émergents, nous investissons également dans notre département technologie. Nous nous efforçons de proposer des équipements de protection hautement techniques et des matériels à la pointe de l'innovation.

Chez Héraclès, nous sommes fermement convaincus que la sécurité moderne ne peut pas être traitée de manière isolée, mais nécessite une approche globale. C'est pourquoi nous nous concentrons sur trois grands principes : les aspects humains, technologiques et organisationnels de la sécurité. Nous croyons que cette approche intégrée est essentielle pour relever les défis sécuritaires modernes et garantir une protection efficace à nos clients.

# PENTAGON FREIGHT SERVICES : POUR UNE MEILLEURE MAÎTRISE DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE



Jean-Yves Miracolo,  
Regional Managing Director

Entretien avec Jean-Yves Miracolo, Regional Managing Director de Pentagon Freight Services. Il nous en dit plus sur les services que son entreprise propose au monde de la défense dans le domaine de la logistique.

## Quelques mots pour nous présenter Pentagon Freight Services.

Pentagon Freight Services est un groupe familial qui a débuté son activité dans l'industrie pétrolière en Mer du Nord : opération pétrolière, para-pétrolière, énergétique... Aujourd'hui, il s'appuie sur un réseau de 67 agences dans le monde, mais également un actionnariat familial qui lui garantit une certaine liberté et indépendance, ainsi qu'une véritable rapidité en termes de prise de décision et d'investissement. En parallèle, Pentagon Freight Services a la particularité d'être aussi par le propriétaire de l'ensemble de sa chaîne logistique : transport routier (camions), entrepôts, avions...

## Aujourd'hui, que propose Pentagon Freight Services au monde de la défense ?

Parce que nous disposons d'une maîtrise complète de notre chaîne logistique, nous pouvons investir significativement dans la sécurisation de nos infrastructures et équipements. Au-delà, Pentagon Freight Services dispose de l'ensemble des autorisations IATA et peut intervenir en qualité d'armateur et d'affrètement de navires. Concrètement, grâce notre flotte d'avions, nous prenons en charge le transport de marchandises classées (produits radioactifs, batteries lithium, engins gyroscopiques) qui nécessitent des autorisations particulières et collaborons, par ailleurs, régulièrement avec le Ministère des Armées, les douanes et les services économiques français et européens dans le cadre de notre activité. Nous avons, par exemple, réalisé une mission de transport de produits radioactifs depuis l'Irak, un pays à risque où nous avons des implantations, vers la France en mobilisant notre expérience et expertise.

Pentagon Freight Services est en mesure de proposer au monde de la défense tous les services logistiques dont il peut avoir besoin. En parallèle, nous avons adapté et fait évoluer nos solutions pour répondre aux contraintes et spécificités de ce secteur très exigeant avec une vigilance renforcée sur la dimension sécurité. Notre collaboration avec d'anciens militaires nous permet de sécuriser de manière optimale les opérations de transport aérien (contrôle continu de la chaîne logistique, mobilisation de ressources H24, contrôle des marchandises, respect des règles et des usages mondiaux en adéquation avec les contingences de boycott ou de double usage...).

## Aujourd'hui, comment vous projetez-vous ?

Actuellement, nous menons diverses réflexions afin de faire évoluer notre activité. Sur le plan environnemental et écologique, nous travaillons sur la transformation de notre flotte pour aller vers une flotte hybride. Nous diversifions nos sources énergétiques avec notamment l'installation de panneaux solaires pour alimenter nos entrepôts, mais aussi pour nous équiper en bornes de recharge.

En parallèle, la crise de la Covid a mis sur le devant de la scène la question de l'approvisionnement de l'Europe et de la France et de la relocalisation de certaines activités dans des zones plus proches. À notre niveau, nous réfléchissons notamment au développement d'une nouvelle activité de transport en acquérant des conteneurs en propre afin de proposer des solutions de transport et de chargement de marchandises.



**ASSOCIATION**



The image features a light blue background with a repeating pattern of hexagons. In the center, there is a circular emblem with a dark background, containing a stylized figure and two stars. Below the emblem, the word "ASSOCIATION" is written in large, bold, white capital letters with a black outline. At the bottom of the image, there is a close-up of a military uniform collar with intricate gold embroidery of leaves and branches.

# BILAN DES ASSEMBLÉES GÉNÉRALES 2023 DE LA CAIA DEUX ASSEMBLÉES GÉNÉRALES D'UN COUP

Par **Hervé Moraillon**, IGA, Secrétaire général de la CAIA

***Un moment important de la vie de notre Association : une assemblée générale extraordinaire qui a adopté nos nouveaux statuts et règlement intérieur, suivie d'une Assemblée Générale Ordinaire très vivante avec un invité de marque, Emmanuel Chiva, le nouveau Délégué Général pour l'Armement et conclue par un cocktail dinatoire riche de nombreux échanges conviviaux entre l'ensemble des participants.***

Après le grand salon en 2022, ce sont les salons du Gouverneur Militaire de Paris à l'Hôtel des Invalides qui ont accueilli notre traditionnelle Assemblée Générale annuelle de la CAIA le 12 avril 2023, précédée cette année d'une

assemblée générale extraordinaire pour l'adoption des nouveaux statuts et règlement intérieur. Ce sont donc deux Assemblées Générales qui se sont tenues successivement ce jour-là, en présence d'un peu moins de cent membres.



La façade des invalides. En aile gauche, les salons privés du gouverneur militaire de Paris

L'AGE a proposé l'adoption de la mise à jour proposée de nos statuts actuels et de notre règlement intérieur, en vigueur depuis 2014. Outre de simples mises à jour, ces nouveaux statuts détaillent davantage l'objet de notre association, ses missions et ses moyens d'actions afin de mieux montrer l'apport de la CAIA à la société civile et au service de l'Etat, facilitant ainsi une éventuelle reconnaissance d'intérêt général pour notre association : cette reconnaissance permettra notamment de faciliter les perspectives de mécénat afin de soutenir le développement de nos activités.

Après présentation et réponse à diverses questions soulevées en séance, les membres de la CAIA ont validé à la quasi-unanimité les nouveaux statuts et règlement intérieur proposés.

Enfin, un projet complémentaire d'ouverture de notre association à des membres associés, intéressés par les objectifs et les activités de notre association, a été présenté et débattu lors de cette AGE. Il sera proposé pour son adoption définitive lors d'une prochaine AGE.



Hervé Moraillon, Secrétaire Général, Olivier Martin, Président, Jean-Baptiste Moiroud, Trésorier

Moment privilégié de toute association, l'Assemblée Générale Ordinaire a permis à notre président, Olivier Martin, de présenter le rapport moral de notre association et notamment :

- les actions de la CAIA relatives au projet de réforme des grands corps techniques de l'Etat avec notamment les résultats de la consultation des IA sur ce projet,
- la mise en œuvre du projet de la CAIA, avec le lancement des nouvelles activités depuis quelques mois, telles que les diners-débats, les rencontres avec les jeunes IA via des afterworks et les résultats d'une consultation récente sur quatre nouvelles activités : groupes thématiques, groupes régionaux, pôle de réflexion et service aux IA.

Notre Trésorier, Jean-Baptiste Moiroud, a fait le point de la situation financière de notre association en présentant le bilan fin 2022 et le compte d'exploitation 2022 ainsi que le projet de budget 2023.

Ces documents, accessibles sur le site de la CAIA, ont été approuvés à la quasi-unanimité.

Cette AGO s'est poursuivie par des échanges ouverts sur la réforme en cours des corps techniques et fut conclue par l'intervention d'Emmanuel Chiva, Délégué Général pour l'Armement. Ce dernier a présenté d'une part ses attentes vis-à-vis des Ingénieurs de l'Armement, en mettant notamment l'accent sur l'importance du statut militaire des IA, l'importance de la future Loi de Programmation Militaire et le projet Impulsion de transformation de la DGA. Il a également affiché sa pleine implication dans les travaux de la DIESE sur la réforme des corps techniques, l'attachement au statut militaire n'obérant pas selon lui les possibilités d'alignement pour les IA en termes de rémunérations, de progression de carrière, de mobilité interministérielle ou des allers-retours DGA-industrie.

Une séance de questions-réponses a permis de fructueux échanges avec l'auditoire, prolongés par le traditionnel cocktail. ☺



Une Assemblée Générale Ordinaire (AGO) riche et conviviale marquée par l'intervention du Délégué Général pour l'Armement, Emmanuel Chiva



Une assemblée engagée

# LE NUMÉRIQUE, UNE ARME DE SOUVERAINETÉ POUR L'ÉTAT

## UN COLLOQUE 2023 RICHE, INSTRUCTIF ET PROMETTEUR !

Par **Nassima Auvray**, ICA, responsable Colloque,  
Chief Trust Officer, Orange Business

**Le 19 avril dernier, ingénieurs, chercheurs, industriels, étudiants, militaires, civils, startups, PME, grands groupes, investisseurs, décideurs de la sphère publique se sont retrouvés aux Invalides pour débattre sur les enjeux de souveraineté induits par le numérique.**

**Un sujet qui a attiré plus de 200 participants, dans une salle comble et en retransmission. Des intervenants de haut niveau pour les keynotes et tables rondes, que la CAIA remercie chaleureusement, et des échanges qui seront détaillés dans une prochaine publication.**



Nassima Auvray, maître d'oeuvre, accueille les participants

### L'importance du numérique et la place des ingénieurs de l'armement

En introduction, Olivier Martin, précisa qu'il s'inscrivait dans la réflexion en cours sur le renforcement de l'Etat dans le domaine du numérique et auquel le corps de l'armement, disposant de plus de 150 ingénieurs experts dans ce domaine, était prêt à contribuer avec engagement.

Nassima Auvray, responsable de ce colloque, précisa l'angle visé différent et complémentaire des nombreux débats sur la question avec, pour fil rouge, la forte porosité qui existe entre le monde de la Défense et les applications civiles. Le numérique est devenu à la fois un instrument de performance dans tous les aspects de notre société mais aussi un nouvel espace de confrontation. Comme le confirme le projet de loi relatif à la programmation militaire 2024-2030 récemment rendu public, il n'y a aucun doute sur le fait que la supériorité numérique sera un enjeu clé aussi bien pour les milieux Terre, Air, Mer que pour les nouveaux champs de conflictualité que sont l'espace exo-atmosphérique ou encore les fonds marins, sans compter bien évidemment le cyberspace ou l'espace informationnel.

Puis, Thomas Courbe, Directeur Général des Entreprises, est intervenu en précisant la vision de l'Etat et les actions entreprises pour maintenir et renforcer notre souveraineté dans le domaine du numérique.

Animée par l'IPA Thibaut Lajoie Mazenc, une première table ronde sur les technologies du numérique au service des usages opérationnels a réuni l'IGA Dominique Luzeaux, Directeur de l'Agence du Numérique de Défense, le Général Philippe Dedobbeleer, Chef de la Division Stratégie Numérique à l'Etat-major des Armées, Hélène Chinal, Directrice de la transformation en Europe centrale et du sud chez Capgemini et l'IGA Thierry Baud, Directeur Commercial France Défense et Sécurité d'Airbus Defence and Space.



Intervention de l'IGA Thomas Courbe, Directeur Général des Entreprises

Le Directeur Général du Numérique et des Systèmes d'Information (DGNum) du ministère des Armées, Vincent Tejedor, est ensuite venu exposer l'enjeu essentiel des compétences dans le numérique et les conditions pour y répondre dans un contexte général d'important accroissements des besoins.



Intervention de Vincent Tejedor, DGNum

Animée par l'IA Baptiste Chomel de Jarnieu, la seconde table ronde à propos de l'Intelligence Artificielle de confiance a permis l'intervention de Guillaume Avrin, Coordinateur National pour l'Intelligence Artificielle à la Direction Générale des Entreprises, de Yonatan Teboul, Responsable Groupe du Digital pour les produits et les services chez MBDA, de Marko Erman, SVP Chief Scientific Officer de Thales et du Colonel Jean-Gabriel Herbinet, Adjoint du Bureau numérique de l'Etat-major de l'armée de terre.

Enfin, animée par l'IA Pauline Emschwiller, la dernière table ronde a levé le voile sur la Cyber autour du Général Aymeric Bonnemaïson, Comcyber, de l'ICA Bruno Marescaux, chargé de mission Cyber auprès du Délégué Général de la Direction Générale pour l'Armement, de Patrick Radja, VP Cybersecurity Director de Naval Group, de l'ICA Frédéric Grelot, Co-Founder & Scientist Lead de Glimps.

L'IGA Thierry Carlier, Directeur Général Adjoint de la DGA, a enfin clos ce colloque en soulignant l'importance de la maîtrise du domaine numérique par les équipes de la DGA et en remerciant la CAIA pour avoir organisé un colloque sur un thème essentiel pour notre écosystème défense.



Conclusion par Thierry Carlier, Directeur Général Adjoint de la DGA

En bref, une pleine réussite de ce colloque, soutenu par nos quatre partenaires industriels que la CAIA remercie et dont les principaux résultats feront prochainement l'objet d'une synthèse détaillée, et qui fut l'occasion d'échanges très intéressants entre les intervenants, mais également avec les participants qui soulevèrent de nombreuses questions.

Et désormais, rendez-vous lors de notre prochain colloque en 2024 ! 🇫🇷



Un congrès qui a permis de mesurer l'engagement des ingénieurs de l'armement dans tous les aspects du numérique

# LE DÎNER-DÉBAT DU 10 MARS 2023 AVEC GUILLAUME POUPARD : UNE NOUVELLE INITIATIVE DE LA CAIA QUI TIENT TOUTES SES PROMESSES !

Par Jacques Doumic, ICA, Capgemini, Membre du Conseil de la CAIA



Guillaume Poupard a été 8 ans DG de l'ANSSI

**Guillaume Poupard, l'un des experts français en cybersécurité après 8 années comme DG de l'ANSSI a réuni autour de lui trente-sept de nos camarades dont 14 de moins de 40 ans. Propos libres et animés, dont nous ne rapportons que l'essentiel dans le respect du Chatham House rule.**

Olivier Martin a rapidement présenté Guillaume et sa carrière, en soulignant notamment l'obtention d'un DEUG de psychologie à l'université Paris-VIII, puis d'une thèse sous la direction de Jacques Stern<sup>1</sup> à l'École normale supérieure de la rue d'Ulm dans le domaine de la cryptographie.

## Une révolution dans la perception de la cybersécurité

Avant 2000, le mot cyber n'existait pas. La cybersécurité commence en 2007, avec l'attaque russe contre l'Estonie, qui était en 2007 le pays le plus numérique au monde, mais qui vexa son grand voisin en déplaçant un monument à la gloire du soldat russe. Il subit en retour une très grosse attaque cyber de représailles, massive, simple, de type saturation (DDOS, Distributed Denial of Service). L'Estonie fut totalement désorganisée pendant plusieurs semaines.

Sous l'autorité de Patrick Pailloux, premier directeur de l'ANSSI entre 2008 et 2014, l'ANSSI, fait prendre conscience des risques cyber mais peu d'exemples concrets touchent directement notre pays. En fait, à cette époque, l'informatique est très segmentée, et as-

sez sécurisée. A la DGA, les Directeurs de Programme sont plutôt rétifs à la prise en compte de cette nouvelle contrainte, coûteuse en argent et performance.

En 2010, Bercy est attaqué, puis l'Elysée en 2012. l'affaire Snowden révèle en 2013 les pratiques américaines d'espionnage, jusqu'ici peu médiatisées. Les attaques cyber montrent à la fois des objectifs d'espionnage et de compromission, et de destructions de systèmes industriels (le cas StuxNet est notamment évoqué).



La prise de conscience, pas encore acquise, est accélérée par l'attaque contre TV5 Monde en 2015 puis les trois grosses attaques en 2017 : Wannacry, NotPetya, la campagne électorale présidentielle en France en 2017. Ainsi, la LPM de 2017 élargit les missions de l'ANSSI et crée le concept des Opérateurs d'importance vitale.

Enfin, se généralisent à partir de 2019, les attaques ransomware lancées par les réseaux mafieux qui visent des cibles beaucoup plus diverses et plus « faciles », comme les hôpitaux, même en pleine crise Covid<sup>2</sup>.

## Une mission passionnante à la tête de l'ANSSI

A la tête de l'ANSSI, le travail en équipe a constitué une vraie satisfaction, à la fois en interne, et avec la DGA et ses grands partenaires du « C4 » : DGSE, DGSI, ComCyber. Il y eut aussi des frustrations, dont l'administration « administrante » avec certains personnels qui sur-appliquent des règles qu'ils ne comprennent pas...

1 : Jacques Stern est le chercheur français vivant ayant le nombre le plus important de publications aux congrès CRYPTO/EUROCRYPT, les plus prestigieux en cryptologie.

2 : Si en métropole, un malade pouvait encore être transféré sur un autre hôpital non attaqué, la situation aurait été dramatique pour les malades de l'hôpital de Papeete, sans possibilité de transfert vers un autre hôpital.

L'ANSSI exigeait aussi bien des compétences managériales que des compétences techniques et de maîtrise des projets. Guillaume a conscience de l'intérêt d'avoir connu divers mondes avant de prendre cette responsabilité : la réalisation d'une thèse universitaire et l'expérience acquise au sein d'autres administrations avec les responsabilités au sein de la DGA.

Cette mobilité des ingénieurs de l'armement est un atout majeur qu'il faut continuer de promouvoir, pour étendre le spectre de compétences au-delà d'un socle technique.



### Questions à brûle pourpoint... et réponses

S'interrogeant sur la faible efficacité cyber apparente des Russes en Ukraine, il apparaît que le système de défense de l'Ukraine fragile fut très largement neutralisé par les attaques cyber des Russes durant la période 2015-2017. Depuis, les autorités ukrainiennes ont intégré des solutions américaines et notamment celles des GAFAM. Avant le début du dernier conflit en Ukraine, ce pays a su faire face à des attaques cyber russes très sophistiquées et très puissantes. Grâce à 10 années d'entraînement dans ce domaine avec l'aide des Américains et en s'appuyant sur une segmentation maximale de leurs systèmes d'information, ils ont évité l'effet de domino face aux attaques.

Les notions de **cloud européen et cloud souverain** apparaissent confuses. La France souhaiterait avancer vers un cloud européen, mais n'en a pas les moyens. Certains pays y sont idéologiquement opposés, comparant souveraineté à protectionnisme, l'un est proche des GAFAM, d'autres encore souhaitent préserver l'accès de leur industrie aux marchés chinois et américain et d'autres enfin privilégient la préservation de leurs liens outre-atlantique. Par ailleurs, le cloud souverain français est un des sujets les plus complexes : une solution de type « Cloud de confiance » par l'importation de solutions américaines opérées par des Français ne serait pas réellement souveraine, car dépendante du soutien des GAFAM. En même temps, la France et même l'Europe ont-elles encore des capacités souveraines en matière d'infrastructures ? Et vouloir assurer une maîtrise d'œuvre

administrative de ce cloud souverain sans la coopération avec les grands industriels risque de ne pas permettre la fabrication des produits de série.

Il est clairement rappelé que la **maîtrise de la cryptographie et de la cryptanalyse** est essentielle pour notre souveraineté. La cryptographie en couche basse dans le Cloud peut être très utile pour le stockage. Mais quand on monte dans les couches, au niveau Office 365 par exemple, il n'y a plus réellement de crypto. La solution serait un cryptage très profond, avec chiffrement dans les puces, mais cela impliquerait de faire confiance aux fondeurs qui aujourd'hui sont tous américains. Enfin, la cryptographie homomorphe n'apparaît pas aujourd'hui comme très efficace.

Si la distinction en France des organisations **cyber offensive et cyberdéfense** étonne, compte tenu des expériences différentes aux Etats-Unis et au Royaume-Uni, il est précisé qu'en cas de regroupement au sein d'une même entité, le cyber offensif, plus attirant, prend le dessus, et la cyberdéfense s'avère alors de plus en plus négligée. Le modèle français de séparation est ainsi jugé plus efficace que le modèle britannique de regroupement mais, alors que la NSA doit se réorganiser tous les 5 ans pour remettre l'accent sur la cyber défense, le Royaume-Uni peut compenser cette moindre efficacité en disposant dans ce domaine de beaucoup plus de personnels que la France.

Pour conclure, la **coopération avec les pays européens** en matière de cybersécurité est abordée. En synthèse, la coopération la plus ouverte apparaît être avec le Royaume-Uni qui s'améliore, après une période difficile liée au Brexit. En effet, très contraint par son alliance « Five Eyes », le Royaume-Uni souhaite préserver une certaine autonomie, notamment en se rapprochant de la France. Avec le reste de l'Europe, cela semble plus compliqué. La cybersécurité relève du domaine défense, la coopération se fait essentiellement en interétatique et peut alors s'exercer sur trois niveaux :

- Le développement de compétences et de capacités locales, mais assez difficile pour les pays 100% atlantistes,
- La mise en place de réseaux de partage stratégiques d'information, l'UE soutenant ces échanges grâce à l'ENISA<sup>3</sup>,
- La coordination des défenses des Etats Membres en cas d'attaque cyber, via la mise en place de mécanismes de coordination qui restent à construire. Cet objectif reste difficile d'autant plus que la guerre en d'Ukraine a conduit les Etats-Majors à développer ses propres capacités nationales et à privilégier l'OTAN comme cadre de coopération. ☺

3 : Agence de l'Union Européenne pour la cybersécurité

# L'ENTRAIDE À LA CAIA

## COMMISSION D'ENTRAIDE ET CAISSE DE SECOURS

Par **Blandine Vinson-Rouchon**, IGA, Présidente de la Commission d'entraide

**Depuis l'origine, la CAIA assure un rôle d'entraide au sein de la communauté des ingénieurs de l'armement. Ce rôle est assuré de manière discrète par la Commission d'entraide de notre association. Mais cette discrétion légitime implique une faible connaissance de son existence et de ses missions parmi nos camarades.**

En effet, lors de notre sondage récent il s'est avéré que seuls 36 % des répondants connaissaient cette commission. Il nous a donc semblé nécessaire de la remettre en avant.

### La Commission d'entraide de la CAIA :

La Commission d'entraide peut intervenir auprès de camarades en difficulté, ou de leur famille, soit avec les moyens financiers de la Caisse de secours, sur approbation du Conseil d'administration, soit par un soutien d'une autre nature (conseils, interventions, mise en relation, aides diverses non financières...). Tous les cas soumis à la Commission d'entraide sont traités avec toute la confidentialité nécessaire.

Lorsqu'un besoin d'aide est porté à la connaissance de la Commission, celle-ci désigne un rapporteur qui va l'instruire et lui en faire rapport. La Commission décide alors de la nature et du montant du secours à apporter. Dans le cas d'une aide financière celle-ci peut prendre la forme d'un don ou d'un prêt sans intérêt. Dans cette hypothèse le remboursement est soumis à un engagement sur l'honneur écrit. Dans certains cas, liés notamment au montant du prêt, des garanties complémentaires (hypothèque, caution,...) peuvent-être demandées.

Il convient de noter que tous les prêts consentis à des ingénieurs de l'armement en difficulté ont été intégralement remboursés, par anticipation de surcroît, et n'ont donc pas pesé sur les finances de l'Association.

Les cas traités par la Commission d'entraide sont d'une grande variété, en voici quelques exemples :

- mise en cause par le Ministre d'un camarade en deuxième section en raison de prises de position publiques, qui a conduit à l'aider à assurer sa défense ;
- soutien financier de la veuve d'un camarade et de ses enfants à l'occasion de Noël ;
- impasse financière d'un camarade à l'occasion d'un divorce conflictuel, qui a conduit à lui faire un important prêt sans intérêt ;
- situation morale difficile d'un camarade âgé, rapportée par sa famille, qui a conduit à le mettre en relation avec des camarades habitant dans la même région ;

- intervention auprès de l'administration pour qu'elle reconnaisse plus rapidement les droits d'une veuve de camarade à une pension de réversion ;
- identification d'une opportunité de stage pour un enfant de camarade décédé.

L'expérience montre que les ingénieurs de l'armement ne font presque jamais eux-mêmes appel à la solidarité du Corps. Vous qui seriez informé de la difficulté dans laquelle se trouverait un camarade ou son conjoint (veuf/veuve), n'hésitez pas à lui rappeler l'existence de notre Commission d'entraide ou à nous signaler directement tout cas particulier (en contactant le secrétariat de la CAIA ou un membre de la Commission).

### Vers de nouveaux services d'entraide :

Au-delà de la Commission dont le rôle vient d'être rappelé ici, la CAIA souhaite, de façon plus large proposer, progressivement de nouveaux services dans le domaine de l'entraide. Ceux-ci seront orientés selon deux axes principaux :

- En étroite liaison avec le CGARM assurer le relais d'informations concernant la réglementation, les statuts, les retraites, ... pouvant impacter le corps de l'armement,
- Proposer à ses membres un programme de mentorat (voir l'article qui lui est consacré dans ce même numéro).

En effet, les résultats du sondage ont montré que les membres de la CAIA avaient des attentes dans ces domaines.

### Constitution de la Commission :

Elle est actuellement constituée des personnes suivantes :

- Blandine Vinson-Rouchon, Présidente,
- Yves Demay,
- Daniel Jouan,
- Jean-Baptiste Moiroud, Trésorier de la CAIA.

La Commission cherche de nouveaux membres : si vous êtes intéressé contactez-nous ! ☎

# L'INNOVATION au cœur de la mobilité militaire et ferroviaire



**TEXELIS**

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

Vous possédez un diplôme d'ingénieur, de master  
ou avez un bac + 5 et plus ?

Vous êtes débutants ou expérimentés dans les domaines  
techniques ou les métiers transverses ?

## LA DGA RECRUTE EN CDI



**REJOIGNEZ UNE INGÉNIERIE D'EXCELLENCE  
AU SERVICE DE L'ÉTAT**

**500 POSTES EN CDI**

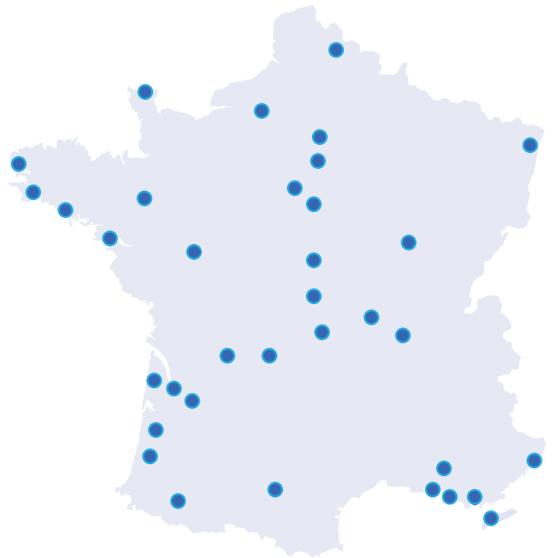
ACHAT • AÉRONAUTIQUE • CYBERSÉCURITÉ • MAINTENANCE • FINANCES/GESTION • QUALITÉ • NUMÉRIQUE • PYROTECHNIE • ...

**LA DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ARMEMENT**, c'est :

- > des **parcours professionnels variés** dans un environnement de travail stimulant :
  - Systèmes de défense prestigieux ;
  - Essais et expertise de haut niveau ;
  - Lien avec les armées ;
  - Industrie de haute technologie.
- > un **équilibre** vie privée / vie professionnelle.

Les **10 000 femmes et hommes civils et militaires** de la DGA ont pour missions d'équiper les armées, de préparer le futur des systèmes de défense, de promouvoir la coopération européenne et de soutenir les exportations.

**Des implantations dans toute la France**



**#FIERSDENOSMISSIONS**



**RETROUVEZ NOS OFFRES  
D'EMPLOI EN SCANNANT  
CE QR CODE**

**SUIVEZ  
NOTRE ACTUALITÉ :**



[www.defense.gouv.fr/dga](http://www.defense.gouv.fr/dga)

**ÉCHANGEZ  
AVEC NOUS SUR :**



# ANNUAIRE INVERSÉ ET MENTORING

## LES NOUVEAUX TINDER DES IA

Par **Amandine Reix**, ICA, en charge du mentoring  
et des actions pour les IA en milieu de carrière

**La CAIA, association amicale, est aussi un réseau de professionnels, hommes et femmes, couvrant de nombreux domaines, comme notre magazine l'illustre numéro après numéro. Dans la gestion de votre carrière, il est légitime de vous appuyer sur ce réseau. Voici deux initiatives en ce sens.**

### Recherche intelligente dans l'annuaire en ligne

Vous auriez besoin de trouver le camarade expert dans le spatial sur l'évaluation des menaces au CNES mais qui a aussi été directeur de programme ?

L'annuaire papier est bien pratique pour cela. Mais l'annuaire en ligne offre aujourd'hui davantage, avec la possibilité de rechercher nos camarades par domaines de compétence.

En préalable il convient de se connecter. Si vous avez perdu vos identifiants, pas de panique, une procédure ultra-rapide permet de les retrouver.

Une fois connecté, pour rechercher mes camarades – par exemple – du spatial, je vais sur le site <https://www.caia.net/annuaire/recherche>, en mode « recherche avancée » et il suffit que je coche le domaine en question.

Cet outil permet de voir les entreprises dans lesquelles travaillent les Ingénieurs de l'Armement qui ont des domaines de compétences identiques. Il vient en complément du réseau des ambassadeurs mis en place par le CGARM, qui sont les personnes permettant les liens avec les entreprises dont ils font partie. Il ne permet pas encore de liker ou de swiper, mais il permet de se mettre en contact et c'est un bon début. Un petit outil, mais qui touche tout le monde, à tester. A noter que vous trouverez aussi le magazine en ligne, les publications des camarades et toutes les autres ressources, événements, informations de la CAIA.



Comment rechercher ses camarades du spatial dans l'annuaire inversé



Le mentoring, un outil puissant et enrichissant, plus individualisé.

### Le mentoring, pour un accompagnement bienveillant

Envie d'une relation plus poussée ? La CAIA propose une autre nouveauté cette année : la mise en place du mentoring, avec la mise en place d'un programme pilote pour une quinzaine de binômes. La présentation s'est faite en mai 2023 sur les tenants et aboutissants de ce programme

(un replay est disponible en ligne sur le site de la CAIA). Ni coaching, ni conseil, le mentoring est un accompagnement vers un objectif défini à travers une relation d'échange entre un mentor apportant soutien, écoute et expérience à un mentoré souvent plus jeune. Le mentoring est non hiérarchique, bienveillant, bénévole et s'inscrit dans une éthique notamment de confidentialité.

Des questionnaires ont été mis en ligne pour recruter et mieux connaître mentors et mentorés. La constitution des binômes se fera en juin - juillet.

Top départ en septembre 2023 pour une durée de 6 mois. Le tout est supervisé par une coach certifiée, Alix Senney, accompagnée par Jérôme de Dinechin, également coach et Amandine Reix.

### La CAIA, à l'écoute de vos propositions

Quel que soit le type de relation que vous recherchez : mise en contact ou relation plus avancée, la CAIA est à l'écoute de vos propositions pour renforcer les relations entre Ingénieurs de l'Armement.

# SOUVENIRS DU LEVANT : LE MLRS

Par Alain Filipowicz, ICA, Colonel de réserve (EMA)

**Une campagne de tir franco-américaine permet la résolution du biais en portée de la roquette M26 du MLRS (en français LRM, lance-roquettes multiple)**



De 1990 à 1994, ingénieur d'essai au Centre d'Essais de la Méditerranée (CEM, devenu ensuite DGA/EM), je fus ingénieur d'essai pour le tir d'environ 700 roquettes M26 du système d'arme MLRS, notamment pour qualifier les lots de munitions produits en Europe.

Ces dernières étaient assemblées par la société Diehl GmbH dans le cadre du consortium européen EPG (Europäische Produktion Gesellschaft) dont Aérospatiale était membre. Chaque pays du consortium fournissait alors différents morceaux de la roquette. Deux pods de six roquettes M26 étaient prélevés chaque mois et expédiés à l'île du Levant, l'un pour être tiré et l'autre pour la redondance. La fréquence passa ensuite à un tir tous les deux mois.

## Des mesures très complètes mais un oubli curieux

Le dispositif d'essai et de mesure utilisait les sept radars de trajectographie du CEM. Les roquettes étaient tirées en salve avec un intervalle de cinq secondes et devaient arriver à 25 km. Chaque radar était assigné à une roquette sur la base d'une fenêtre de rendez-vous où la roquette devait passer, déclenchant la poursuite en trajectographie jusqu'à son explosion à mille mètres au-dessus de la mer. La fenêtre était calculée en utilisant le logiciel de tir qui tient compte d'un sondage météo classique d'artillerie. Le calcul de trajectoire était fait sur un PC avec une version Windows du logiciel opérationnel (alors en version 4.0).

Le CEM avait mis au point deux autres dispositifs originaux de mesure, faisant chacun l'objet d'un brevet : une plateforme mobile portant deux caméras film 35 mm, et une caméra vidéo analogique volant dans un PUMA. Ce dernier passait à la verticale de l'impact lorsque les grenades libérées arrivaient à la surface de la mer, faisant des jets d'écume bien visibles par les caméras. Il était géolocalisé par le septième radar du CEM, lui-même calibré par les cinéthéodolites au début et à la fin du vol. La précision restituée était alors de dix mètres.

Après le tir, la dispersion des impacts faisait partie des critères d'acceptation des lots par le SIAR (service de surveil-

lance industrielle de l'armement, aujourd'hui service de la Qualité de la DGA), sans curieusement que l'on tienne compte de leur position, c'est à dire de la portée.

L'autre dispositif de mesure était constitué d'un hydrophone, immergé à proximité de la zone d'impact et relié à une barge télépilotee. Il comptait les explosions des grenades à leur impact sur la mer, sauf une partie d'entre elles car les gerbes d'explosion des précédentes perturbait la propagation du son. Elles ne pouvaient donc être comptées, au contraire du sol désertique de White Sands (USA) où les grenades non explosées étaient comptabilisées par des humains ratissant le sol. Une loi empirique de correspondance que j'avais établie suffit néanmoins à éteindre les critiques négatives de notre comptage acoustique... et l'idée de tout rapatrier à White Sands !

## La portée observée n'est pas la même aux USA et en France ! On voit mieux quand on regarde au bon endroit.

Le problème majeur, que j'avais détecté en 1992, était que pour un tir à 25 km, le barycentre des impacts était en fait systématiquement à 25,4 km. Pourquoi les américains, créateurs du système d'arme, n'avaient-ils pas vu cela ?

Le LCL Jean-Bernard Chapelon, officier de programme, d'abord incrédule, confirma mon constat à la lecture des résultats. Quelques semaines plus tard en réunion de programme aux États-Unis, cette découverte fit grand fracas. Dans les jours suivants, l'ICT François Naussac, ingénieur de liaison de la DGA en poste au commandement des missiles de l'armée de terre américaine (MICOM) à Huntsville (Alabama), me demanda *ce que nous fabriquions à l'île du Levant* et des explications. Je l'invitai avec tous les membres que le MICOM choisirait à venir nous voir à l'île du Levant.

La probabilité d'acquisition des roquettes dans les fenêtres de rendez-vous des radars de trajectographie était mauvaise, de l'ordre de 3 sur 6. J'avais cependant déjà amélioré cette situation en faisant faire un deuxième calcul de trajectoire simulant un tir à 25,4 km pour les seules fenêtres de rendez-vous radar. La probabilité d'acquisition passait à 4,5 sur 6, mieux que ce que mesurait Lockheed Martin à White Sands.

Bobby Richardson, l'ingénieur concepteur du MLRS, conduisait la délégation américaine. Nous sympathisâmes immédiatement. Pendant la visite l'Ile du Levant dans ma Renault 4, il me dit d'emblée qu'il faudrait qu'il vienne tirer ici. Le centre américain de White Sands au Nouveau-Mexique est situé à 1000 mètres d'altitude, alors que l'Ile du Levant est bien sûr au niveau de la mer.

Lors des quelques missions que je fis à Huntsville pour préparer la future campagne de tir destinée à résoudre le problème, Bobby me dit qu'il souhaitait avoir 100% des trajectoires mesurées. J'inventai alors un dispositif obligeant les opérateurs des 6 radars à changer en temps réel de fenêtres de rendez-vous en cas d'échec d'accrochage. Je crois qu'on me prenait pour un fou !

La campagne s'étala sur deux semaines pour tirer plus de cent roquettes, américaines de 1ère et de 2ème génération de fabrication, et bien sûr celles produites en Europe. A la fin de la campagne, nous étions tous épuisés et nous tirâmes d'ailleurs les douze dernières roquettes de nuit sans l'hélicoptère et avec les seuls radars pour les mesures.

### Un lent transfert avec Minitel de données non classifiées

Quand la campagne fut finie, nous avions toutes les trajectoires des roquettes tirées avec dix points de mesure par seconde, soit environ six méga-octets (énorme pour l'époque !). Les données de ces trajectoires étaient classifiées en non protégé et auraient dû comme à l'habitude être envoyées par courrier postal. Bobby était visiblement très pressé et me demanda si je pouvais les envoyer par liaison point à point entre ordinateurs, ce que le CEM ne savait pas encore faire. Il me proposa de réaliser l'opération depuis nos Macintosh respectifs, le mien étant à la maison. L'officier de sécurité du CEM me donna son accord. En branchant le mac sur le modem de mon minitel, je pouvais établir par appel téléphonique une liaison point à point à une vitesse variant entre 400 et 900 bits par seconde. Nous commençons par nous parler par clavier interposé puis les fichiers étaient envoyés par protocole Zmodem (ou autre) avec des logiciels tels que White-Knight ou Red-Rider.

L'envoi de ces fichiers dits « LRBC (Long Range Bias Campaign) » prit environ trois heures, en nous y reprenant plusieurs fois, Bobby et moi. C'était lui qui m'appelait du MICOM et qui donc payait les communications téléphoniques longue distance (très chères à l'époque).

Quelques mois plus tard sortit la version 6.0 du logiciel de tir, dûment corrigé et adapté à chacun des lots de fabrication. Bobby m'offrit sur une disquette 3,5 pouces une version compilée pour Macintosh du nouveau logiciel de tir. Je l'ai longtemps utilisée pour la suite des tirs et même pour les tirs MLRS servant à la qualification du radar de contre-batterie COBRA à Canjuers... Mais c'est une autre histoire !



Lanceur MLRS avec ses deux conteneurs

### Comment se débarrasser des conteneurs vides ?

Au fil des tirs, les conteneurs de roquettes (pods en anglais) vides s'entassaient sur l'Ile du Levant. Que faire de ces déchets de tir ? Les immerger en mer était exclu pour des raisons environnementales. Nous avions de plus un autre problème : une personne de l'écosystème de la production ou du programme (nous soupçonnions Aérospatiale) avait apparemment fait déclarer aux Douanes que les pods avaient une valeur résiduelle. Pour nous en débarrasser il aurait fallu payer une TVA. J'avais expliqué aux Douanes que les munitions étaient achetées hors taxes dans le cadre d'un programme international et payées par le l'EMPB (Europäisches MLRS ProgrammBüro) représentant les quatre nations clientes. Ce n'était donc certainement pas à la DGA de payer une quelconque TVA ! Finalement je réussis à faire réévaluer à zéro la valeur des pods vides.

Le 12<sup>e</sup> Régiment d'Artillerie (où j'avais fait mon séjour d'aspirant polytechnicien en 1984) a finalement récupéré ces pods vides pour l'entraînement. Il défila avec ces derniers sur les Champs Élysées le 14 juillet suivant : un œil exercé pouvait voir qu'ils avaient servi au tir... Ils n'avaient pas été repeints ! J'avais été invité à défilé dans un des lanceurs mais ne pouvais être à Paris à cette date-là. Je le regrette encore aujourd'hui !

### Quand lama fâché...

A la suite d'un accord entre la DGA et un éleveur alpin, nous accueillions dans l'Ile une petite population de lamas. L'un d'eux était quelque peu asocial et mal accepté de ses congénères. Il fut décidé de le placer en détention dans la soute à munitions de l'Ile, dont l'enclos grillagé garantirait qu'il n'en bougerait pas.

Avant le tir, une inspection a lieu sous l'égide du SIAR. Nous nous rendons donc tous en délégation à la soute aux munitions : représentants du SIAR et de l'industriel effectuant le tir, officier d'essai et moi-même. Peut-être pour avoir trop lu Tintin et le Temple du Soleil, nous n'en menions pas large en présence de ce lama caractériel ! ☹

# HOMMAGE À YVES SILLARD

## « SCIENTIFIQUE ET DIRIGEANT » AU SERVICE DE L'ETAT

Par Herve Guillou, IGA

*Disparu le 12 avril 2023, Yves Sillard a marqué l'histoire française de la conquête spatiale, de l'exploration de l'océan et de l'armement. Il restera associé à quelques-unes des plus belles aventures scientifiques françaises et européennes des dernières décennies, de la construction du centre spatial de Kourou en Guyane au lancement de la première fusée Ariane, ou encore aux premières plongées du Nautilus, l'un des premiers sous-marins scientifiques habités au monde, capable de descendre jusqu'à 6000 mètres de profondeur. Dans le domaine de la défense il a contribué au lancement de plusieurs programmes d'armement emblématiques, comme celui de l'avion Rafale, de l'hélicoptère NH90 ou des frégates Horizon*



### L'aéronautique et le spatial

Ce Normand, né à Coutances en 1936, a successivement fréquenté les bancs de l'Ecole polytechnique puis de l'Ecole nationale supérieure de l'aéronautique et de l'espace (Sup'Aéro). Entré dans le corps des ingénieurs militaires de l'air, il passe son brevet de pilote de chasse puis débute sa carrière par une affectation de cinq ans jusqu'en 1964 à Colomb Béchar où il développe les premiers moyens d'essai destinés à la dissuasion et au programme de fusées Diamant. L'indépendance algérienne va stopper ce projet. Il est ensuite affecté au centre d'essais en vol à Cazaux.

Il effectue alors un premier mouvement vers le secteur civil : après un passage au Secrétariat général de l'aviation civile (programme Concorde où il négocie avec la Grande Bretagne les partages industriels), il intègre le CNES (Centre national d'études spatiales) en 1965 en tant que responsable de la construction du Centre spatial guyanais à Kourou : son énergie et son charisme permettront en quelques années, dans les coûts im-

partis, de transformer une zone de marais et quelques bungalows créoles en un centre de tir moderne entouré d'infrastructures et de services dont il devient plus tard le directeur de 1969 à 1971, sa nomination récompensant ainsi son engagement et sa dévotion. Il sera un acteur majeur du programme Ariane, aboutissant au premier vol du lanceur en 1979. Il poursuit sa carrière comme directeur des lanceurs de 1973 à 1976, puis directeur général du CNES de 1976 à 1982 sous la présidence d'Hubert Curien (ce dernier lui-même premier président de l'agence spatiale européenne).

### Cap sur l'océan

En 1982, Yves Sillard met le cap sur une nouvelle frontière alors largement inexplorée : l'océan. Il prend la direction du Centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO). Avec son homologue Jean-Paul Troadec, directeur de l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes (ISTPM), il conclut le mariage entre les deux instituts et devient le premier président de l'Ifremer, un organisme unique en Europe qui aborde la totalité des domaines scientifiques et industriels touchant à l'exploration et à l'exploitation des mers et des océans.

Parmi les projets qu'il a soutenus pendant son mandat à l'Ifremer, on peut citer la première campagne du Nautilus en 1985, dont l'objectif était l'exploration des fosses océaniques et l'étude des phénomènes de sismicité au Japon, ou encore la mise au point du sonar acoustique remorqué (SAR) qui a permis notamment la co-découverte de l'épave du Titanic en collaboration avec une équipe américaine en 1985. Sans oublier l'utilisation des images fournies par les satellites SPOT (alors développés par le CNES) à des fins de gestion du littoral, ouvrant ainsi la voie à l'océanographie spatiale, ni le lancement du premier projet de recherche Européen EUREKA.

## Retour dans la Défense

Ces succès et ses qualités conduisent le ministre de la Défense et le Président de la République à le nommer début 1989 Délégué général pour l'armement.

A cette époque, la DGA comprend 70 000 employés, et a encore un périmètre industriel significatif dans les domaines terrestre et naval. Les challenges de transformation sont nombreux : la chute du mur de Berlin et la guerre du Koweït vont profondément transformer le paysage :

- Déterminé, et doté d'une grande capacité de conviction, il a largement contribué à la première loi de programmation militaire basée sur une analyse capacitaire, lancé le programme Rafale et renforcé les programmes de la dissuasion et les projets spatiaux en coopération avec le CEA et le CNES.
- Convaincu de la nécessité de transformation de l'industrie française de défense, il a conduit le changement du statut étatique des arsenaux terrestres vers un statut de société nationale industrielle -GIAT-, et lancé la séparation des activités étatiques et industrielles de DCN qui permettront quelques années plus tard la création de la société DCNs, devenue NavalGroup. En parallèle il a encouragé les consolidations industrielles dans l'électronique et les missiles : Sextant, Sofradir, Matra/Baé Dynamics,... Il a aussi beaucoup voyagé et activement soutenu les industriels français à l'export : Mirage 2000, frégates, sous-marins, missiles tactiques, char Leclerc.
- son expérience européenne, son réseau, et sa conviction profonde qu'il fallait ouvrir le domaine de la Défense à plus de coopération internationale ont été de précieux atouts pour contribuer au lancement de programmes d'envergure, tant nationaux ou avec plusieurs pays partenaires (frégates Horizon, hélicoptères Tigre et NH90). Il a également soutenu activement les industriels français à l'export, avec de nombreux succès sur plusieurs programmes (Mirage 2000-5, frégates, char Leclerc).

Pour Emmanuel Chiva, actuel DGA, « durant son mandat Yves Sillard a réussi à renforcer la légitimité de la

DGA au sein du ministère des Armées et l'a mise dans une logique d'adaptation et d'innovation permanente qui se poursuit encore aujourd'hui. »

Après avoir quitté la DGA en 1993, Yves Sillard est nommé PDG de DCI et occupe ensuite la fonction de secrétaire général adjoint chargé des affaires scientifiques et technologiques de l'OTAN entre 1998 et 2001.

Il deviendra ensuite un membre actif de l'académie de l'air et de l'espace pour promouvoir sans cesse la coopération européenne pour l'accès indépendant à l'espace.

## Une personnalité remarquable, attachante et profondément humaine

Multi-décoré, Yves Sillard est le reflet parfait de la volonté de Napoléon Bonaparte qui souhaitait que la Légion d'honneur récompensât à la fois « ses soldats et ses savants ». Fervent défenseur de la puissance du collectif, courageux, tenace, il illustre parfaitement les valeurs des ingénieurs de l'armement.

Ses qualités humaines remarquables ont marqué durablement tous ses collaborateurs : une énergie inépuisable, une capacité d'écoute, un grand sens social et une ouverture d'esprit sans limite qui lui ont permis d'innover dans tous les domaines (organisation, statuts, nouvelles technologies, partenariats internationaux).

Notre communauté lui doit beaucoup et nous gardons le souvenir d'un grand patron, visionnaire et profondément humain.

En conclusion, il m'est permis de citer le Président de la République qui lui a rendu un hommage appuyé dans une lettre personnelle adressée à son épouse Martine : « je salue avec respect la mémoire d'un scientifique éminent, d'un dirigeant hors pair et d'un homme totalement engagé, au cours d'une carrière d'une richesse et d'une variété inégalables ...

... qu'il me soit permis de vous exprimer l'immense fierté qu'on ressent d'appartenir à une Nation qui peut offrir à ses membres des exemples tels que celui de l'ingénieur général de l'armement Sillard. » 

# HISTOIRES DE DUALITÉS

Par Yves Desnoës, IGA

***La dualité au sens large présente de multiples facettes. Un petit voyage dans le passé en illustrera quelques unes, dont certaines ont probablement des analogues modernes.***

Je commencerai par un cas rare : lorsque la dualité oblige l'Etat à adapter ses produits, en l'occurrence les cartes marines. C'était vers la fin des années 70 et le SHOM avait créé un groupe de travail pour déterminer entre autres l'avenir de la cartographie marine auquel je participais. Un des membres fit observer que, pour satisfaire les besoins de la plaisance, il fallait diffuser des cartes pliées. La raison en était que dans un petit voilier, ainsi que dans une boutique de shipchandler, les cartes marines de grand format dites

« à plat » sont trop encombrantes. La proposition fut rejetée car elle se heurtait aux normes de fait de l'usage des cartes marines. Mais quelques années plus tard, on vit malgré tout apparaître dans les magasins des cartes du SHOM pliées... Il n'y en a plus beaucoup, car la navigation est devenue très « électronique », comme nous pouvons le constater dans nos téléphones, mais il y en a encore. Une carte mouillée est plus utilisable qu'une tablette qui a pris des embruns.

Un cas de figure fréquent est celui où les progrès d'un matériel civil lui font obtenir les performances souhaitées par les militaires pour un coût beaucoup plus bas du fait de la taille des séries. Pour les consoles de visualisation par exemple, on développait encore des systèmes spécifiques pour la défense aérienne dans les années 60/70. Lorsque je suis arrivé au STTE en 1986, un tel projet était en cours d'étude, et je venais d'une société où j'avais été en contact étroit avec une filiale du même groupe (dépendant du CEA) qui avait développé une visu (en deux couleurs !) assez en avance pour que des Américains s'y intéressent (mais il fallait pouvoir en produire 300 par jour, et c'était hors d'atteinte dans des délais raisonnables). J'eus l'occasion de m'exprimer à propos du projet du STTE que j'estimais devoir être dépassé rapidement par le civil et le Directeur l'interrompit sans autre forme de procès. Heureusement pour moi, je ne m'étais pas trompé.

Dans le même ordre d'idées, je pense au projet ISIS de supercalculateur militaire au temps de la guerre froide,



qui fut lui aussi dépassé par le civil, mais plus tard dans la vie du projet. Le nom résonne dans l'actualité, car ISIS était la mère d'Horus et je tiens d'un responsable du projet que la dualité de sens par homophonie était intentionnelle.

Dans le civil il y a des progrès et il ne faut pas s'endormir sur une dualité. C'est ainsi que, à la fin des années 80, l'industriel en charge des logiciels de la défense aérienne voulait conserver des lignes point-à-point civiles pour re-

lier les radars aux centres de détection et de contrôle. Il fallut l'intervention du CELAr pour lui démontrer par des simulations que l'utilisation, beaucoup moins chère, de la commutation de paquets (TRANSPAC) était opérationnellement viable.

L'utilisation de moyens de communication civils était chose courante, et elle l'est probablement encore. Et même les militaires Américains, à ma grande surprise, n'étaient pas indépendants du secteur civil : lors d'une visite au Pentagone pendant la première guerre du Golfe, l'un de mes homologues américains me dit qu'ils louaient des capacités de transmission par satellites civils car les satellites militaires n'offraient pas le débit suffisant. C'était l'époque de Syracuse II.

Viser la dualité n'est pas la certitude de réussir, même avec de gros moyens, et nous retrouvons ici les Américains. Au début des années 80, le DoD avait lancé le développement d'un langage dit « temps réel » pour les applications militaires, Ada (pionnière de la programmation sur la machine de Babbage), et c'était une équipe française, dirigée par Jean Ichbiah (X 60), qui avait remporté l'appel d'offres. C'était un langage (dit « procédural ») extrêmement rigoureux qui visait une utilisation universelle. Mais l'industrie choisit d'autres langages moins rigoureux (C notamment à l'époque) et Ada est resté un langage limité à des niches. En France, le regretté Pierre Parayre (ICA), geek avant l'heure, développait un langage voisin, LTR V3, de grande qualité également, mais qui n'a pas eu de suite. ☺

# DÉCOUVREZ VOTRE DUALOTYPE

Quelle a été l'origine de ces techniques ou inventions : civile ou militaire ?

**Par Denis Plane, IGA**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| 1 - Tiens, voilà du boudin                   | 41 - Drone planeur biomimétique            | 81 - Dynamite                             |
| 2 - Porte-avions                             | 42 - Parachute                             | 82 - Boussole                             |
| 3 - Sous-marin                               | 43 - Dauphins apprivoisés                  | 83 - Robot terrestre transport de blessés |
| 4 - Satellite                                | 44 - Couverture de survie                  | 84 - Sac de couchage (swag)               |
| 5 - Nitrate d'ammonium industriel            | 45 - Canot pneumatique Zodiac              | 85 - Avion/hélicoptère à aile basculante  |
| 6 - Radionavigation                          | 46 - Chiffrement asymétrique RSA           | 86 - Zoom                                 |
| 7 - Radar secondaire                         | 47 - Bouchons d'oreille anti bruit fort    | 87 - Pompe hélice de propulsion           |
| 8 - Radar à antenne synthétique              | 48 - Réseau fixe d'hydrophones             | 88 - Pince à linge                        |
| 9 - Optique dichroïque                       | 49 - Propulsion à réaction                 | 89 - Musette                              |
| 10 - Radar à balayage électronique           | 50 - Autoroutes allemandes                 | 90 - Saxophone                            |
| 11 - Ambulance                               | 51 - Boulevards de Paris                   | 91 - Marche de Radetzky                   |
| 12 - Télévision                              | 52 - Arbalète à répétition                 | 92 - Side-car                             |
| 13 - Ruban adhésif entoilé                   | 53 - Lyophilisation du sang                | 93 - Montre au poignet                    |
| 14 - Vision nocturne                         | 54 - Statoréacteur                         | 94 - Verre de métal                       |
| 15 - Sonar                                   | 55 - Siège éjectable pour êtres vivants    | 95 - Lampe halogène                       |
| 16 - Sténo                                   | 56 - Aliments lyophilisés                  | 96 - Moteur synchrone                     |
| 17 - Photographie numérique                  | 57 - Soufflerie                            | 97 - Règle des surcoûts de Mc Namara      |
| 18 - Essuie-glace à 2 vitesses               | 58 - ASIC (circuits intégrés spécialisés)  | 98 - Partenariat public-privé             |
| 19 - Acier à haute limite élastique soudable | 59 - Jumelles à intensification de lumière | 99 - Tube de Pitot                        |
| 20 - Scotch double face                      | 60 - Plongée à plus de 1000 m              | 100 - 100ème symphonie de Haydn           |
| 21 - Cartes hydrographiques                  | 61 - Transfusion sanguine                  | 101 - Machine à écrire                    |
| 22 - Pneu increvable                         | 62 - Cellule photovoltaïque                | 102 - Navires à stabilisateurs            |
| 23 - Traitement de la dengue                 | 63 - Hélicoptère                           | 103 - Tests psychotechniques              |
| 24 - Optique adaptative                      | 64 - Gyromètre                             | 104 - Roue de secours                     |
| 25 - Taylorisme                              | 65 - Confinement inertiel                  | 105 - Moteur d'avion en étoile            |
| 26 - Chenille                                | 66 - Aiguillages pyrotechniques            | 106 - Faisceau hertzien                   |
| 27 - Radio                                   | 67 - Aube de turbine monocristal           | 107 - Miroir d'Archimède, la légende      |
| 28 - Télégraphe                              | 68 - Poudre noire                          | 108 - Gaz lacrymogène                     |
| 29 - La plupart des coups d'état             | 69 - Météo au 1/4 d'heure                  | 109 - Lunettes type Ray-Ban               |
| 30 - Scaphandre de plongée à 100 m           | 70 - Turbine de propulsion navale          | 110 - Cloud computing                     |
| 31 - Boîte de conserve                       | 71 - Drone                                 | 111 - Marégraphe                          |
| 32 - Propulsion solide                       | 72 - Détection magnétique par avion        | 112 - Reconnaissance faciale              |
| 33 - Satellite de communications             | 73 - Pneu en caoutchouc synthétique        | 113 - Colle cyanoacrylate                 |
| 34 - Bateau à vapeur                         | 74 - Avion à statoréacteur                 | 114 - Calculateur embarqué                |
| 35 - Animal dans l'espace                    | 75 - Climatisation                         | 115 - Téléphone portable multibande       |
| 36 - Nitroglycérine                          | 76 - Véhicule 4x4                          | 116 - Usage de l'uranium appauvri         |
| 37 - La Marseillaise                         | 77 - Calcullette                           | 117 - Lettre au Père Noël                 |
| 38 - Energie STEP pompage/turbinage          | 78 - Téléphone                             | 118 - Diagramme GANTT                     |
| 39 - Acier au vanadium                       | 79 - Clairon                               | 119 - Véhicule à propulsion électrique    |
| 40 - Pâté Le Hénaff                          | 80 - Premier ordinateur teraflops          | 120 - Sandwich                            |

Attention !

Les plans transformation du cargo Atlantic Conveyor en porte-avions (détruit aux Malouines) étaient prêts depuis longtemps

Les boules Quiès atténuent tous les sons, les bouchons à saturation atténuent seulement les forts bruits

Le service de santé des armées a été pionnier contre les maladies peu répandues en métropole

Un hélicoptère était au départ une montgolfière munie d'une hélice

La météo à court préavis a été utilisée presque simultanément en centre d'essais et pour Roland-Garros

# ANDRÉ MAGINOT UN PATRIOTE EXEMPLAIRE

Par **Quentin Dubourg et Carole Reigel**, Editeur : Kaolin



Comme son nom ne l'indique pas, cette bande dessinée présente, sous un aspect volontairement simplifié et moderne, deux histoires distinctes mais intimement liées : d'une part la vie d'André Maginot, trop connu pour la fameuse « ligne » qui porte son nom, et d'autre part les fédérations d'anciens combattants depuis la guerre franco-prussienne de 1870 ; l'une de ces principales fédérations, après plusieurs changements de nom, se perpétue dans l'actuelle Fédération Nationale André Maginot (FNAM).

Le récit commence par quelques images de la guerre de 1870, bien avant la naissance d'André Maginot (1877) et son entrée dans la vie active. Alternent ensuite des scènes de la vie d'André Maginot, des scènes de guerre et des événements des fédérations. Les onze dernières pages (sur 48) sont consacrées uniquement à ces dernières pour la période allant du décès d'André Maginot (1932) à l'époque actuelle.

Il faut savoir qu'André Maginot, haut fonctionnaire, s'est engagé volontairement en 1914 et a rejoint comme simple soldat les troupes combattantes où il s'est distingué et a été blessé fin 1914. Après s'être rétabli, il entame une longue carrière ministérielle, en commençant par les Colonies ; lui qui était jugé « peu militaire » pendant son service en 1897-1898, il est plusieurs fois ministre de la Guerre. En 1918, il devient président de la Fédération Nationale des Associations Françaises des Réformés, position qu'il occupera jusqu'à son décès en 1932 et où il oeuvra avec constance et dévouement pour le bien-être des anciens combattants blessés et mutilés.

Cette fédération prendra en 1953 le nom de « Fédération Nationale André Maginot » qu'elle porte toujours.

Cet ouvrage présente un parcours d'initiation à des sujets qui méritent d'être mieux connus et donne envie de les approfondir. ☺

Yves Desnoës

## INTUITION ET RATIONALITÉ LEUR SYMBIOSE CHEZ L'HUMAIN ET LA MACHINE

Par **Claude Roche**, ICA et **Gérard Sabah**, Les Impliqués Éditeur



Ce livre de plus de deux cents pages vise surtout à nous faire mieux comprendre ce qu'est l'intelligence artificielle (IA) et quel est son avenir. La présentation originale faite ici devrait intéresser toutes les personnes touchées par les évolutions majeures, voire de rupture, qu'apporte l'IA dans

beaucoup de domaines, donc la plupart des lecteurs de la revue, et au-delà.

L'IA et l'intelligence humaine (IH) sont présentées dans un cadre très général et dans leur évolution historique. L'histoire de l'IA est structurée par des exemples concrets permettant d'illustrer les concepts sous-jacents. La différence entre IA symbolique et apprentissage profond (*deep learning*) est bien mise en évidence, les succès de ce dernier étant plus récents en raison de la nécessité de disposer de processeurs très puissants pour obtenir des résultats vraiment utiles. La CAIA appréciera la présentation du CAIA, le Chercheur artificiel en intelligence artificielle de Jacques Pitrat, qui se rattache à l'IA symbolique.

Après des éclairages sur l'apprentissage, des définitions, des explications et des exemples sont donnés pour l'IA « faible » actuelle et pour l'IA « forte » à viser pour le futur, combinant intuition et rationalité, qui pourrait aller jusqu'à une forme de conscience limitée à contrôler. Cette vision à plus long terme, naturellement moins précise, est présentée dans une démarche rationaliste et darwiniste.

Les aspects « sécurité » (*safety*) sont traités, en particulier pour les transports, en montrant que les hauts niveaux de sécurité par l'IA moderne en environnement naturel sont loin d'être atteints, à supposer qu'ils soient atteignables.

Le livre aborde aussi les guides (en particulier de la DGA) et règlements français et européens, pour beaucoup très récents.

En bref, une mine de renseignements et d'idées à lire et relire, et des références choisies pour approfondir. ☺

Yves Desnoës

# LU AU JOURNAL OFFICIEL

## PAR DÉCRET ET ARRÊTÉS DE FÉVRIER 2023

### Fixation du nombre de postes offerts au recrutement dans le corps des IA :

Le nombre de postes offerts pour le recrutement d'ingénieurs de l'armement en 2023 est fixé à :

- 26 places au titre du tableau de classement de sortie de l'Ecole Polytechnique (article 4 du décret 2008-941)
- 0 place au titre du recrutement à titre initial d'IA stagiaires par concours sur épreuves (article 5 – 1°)
- 5 places au titre du recrutement à titre initial d'IA stagiaires par concours sur titres (article 5 – 2°)
- 3 places au titre du recrutement en cours de carrière par concours sur épreuves au grade d'IA (article 6 – 1°)
- 4 places au titre du recrutement en cours de carrière par concours sur épreuves au grade d'IPA (article 6 – 2°).
- 0 place au titre du recrutement en cours de carrière par concours sur titres au grade d'ICA (article 6 – 3°).

### Sont nommées :

L'ICA Vivier (Thérèse), membre du conseil d'administration de la société Safran Ceramics, en qualité de représentante de l'Etat, au titre de l'action spécifique (10 février 2023).

L'IGA2 de Roodenbeke (Marie-France), membre titulaire du conseil prévu à l'article L. 4139-15-1 du code de la défense\* (20 février 2023).

*\*L'article L. 4139-15-1 du code de la défense prévoit la création d'un conseil destiné à fournir un avis à la suite d'une enquête administrative réalisée lorsque le comportement d'un militaire est devenu incompatible avec l'exercice de ses fonctions eu égard à la menace grave qu'il fait peser sur la sécurité publique.*

L'IGA2 Portier (Eva), adjointe « espace » auprès du Délégué général pour l'armement (1<sup>er</sup> mars 2023)

## PAR DÉCRETS DE MARS 2023

### Sont nommés au grade d'ingénieur général de 1<sup>re</sup> classe :

#### Pour prendre rang du 1<sup>er</sup> avril 2023

L'IGA2 Aufort (Patrick).  
L'IGA2 Crozes (Cyril).  
L'IGA2 Beaurenaut (Olivier).  
L'IGA2 Barouh (Alexandre).  
L'IGA2 Ferrand (Carole).  
L'IGA2 Salmon (Erwan).

### Sont nommés au grade d'ingénieur général de 2<sup>e</sup> classe :

#### Pour prendre rang du 1<sup>er</sup> avril 2023

L'ICA Cordier-Lallouet (Nicolas).  
L'ICA Morel (Yannick).

L'ICA Marescaux (Bruno).

L'ICA Roget (Stéphane).

L'ICA Carcenac (Claude).

L'ICA Dodet (Frédéric).

L'ICA Borde (Olivier).

L'ICA Wininger (Emeric).

L'ICA Gruselle (Bruno).

L'ICA Delmas-Marsalet (Bertrand).

### Sont nommés :

L'IGAHC2s Mme Laurent (Caroline) et M. Bétermier (Jean-Marie), membres du conseil d'administration de l'Agence nationale des fréquences (9 mars 2023).

Mme Laurent (Caroline), présidente du conseil d'administration de l'Agence nationale des fréquences (10 mars 2023).

L'IGA2 Aufort (Patrick), directeur de l'Agence de l'innovation de défense (15 mars 2023).

L'IGA2 Delmas-Marsalet (Bertrand), président de la section carrières du Conseil général de l'armement (1<sup>er</sup> avril 2023).

## PAR DÉCRET ET ARRÊTÉ D'AVRIL 2023

### Sont nommés :

L'IGA2 Salomon (Christophe, Alain, Philippe), vice-président du Conseil général de l'armement (13 avril 2023).

L'IGA HC Laurensou (Benoît), contrôleur général des armées en mission extraordinaire (19 avril 2023).

L'IGAHC2s M. Giovachini (Laurent), chargé d'exercer, en tant que membre du conseil d'administration, l'intérim des fonctions de président du conseil d'administration de l'Ecole nationale supérieure de techniques avancées jusqu'à la nomination du nouveau président (21 avril 2023).

## PAR DÉCRETS DE MAI 2023

### Sont nommés :

L'IGA2 Laporte (Emmanuel), directeur de l'unité de management avions de mission et de support de la Direction des opérations de la DGA (3 mai 2023).

L'IGA2 Wininger (Emeric), chargé de la sous-direction Europe centrale et orientale et Amérique du sud à la Direction du développement international de la DGA (3 mai 2023).

L'IGA2 Arnaud (Walter), chargé de mission armement à la Direction du développement international (1<sup>er</sup> mai 2023).

L'IGA2 Pardoux (Michel), chargé de mission Réforme des corps techniques au sein de la Délégation interministérielle à l'encadrement supérieur de l'Etat, relevant des services de la Première ministre (15 mai 2023).

L'IGA1 Dufer (François-Xavier), adjoint « dissuasion » auprès du DGA (27 mai 2023)

**SOLUTION DU JEU P.141**

**Réponses au jeu :**

Les numéros qui sont un nombre premier sont d'invention ou de première application militaire

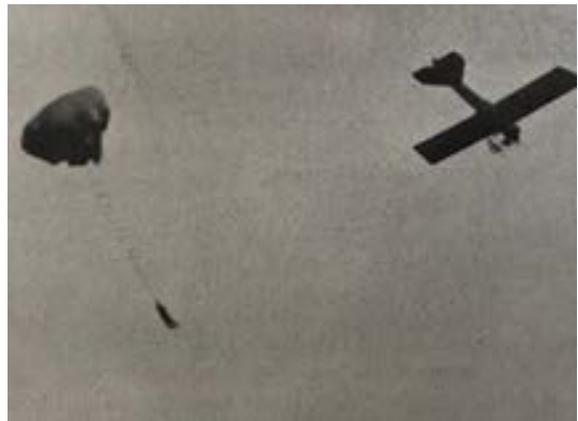
**Votre profil dans le dualotype**

Comptez le nombre d'attributions que vous avez jugées militaires

- Si vous avez plus de 70, vous ne quittez probablement jamais votre treillis, même pour dormir. La primeur militaire n'est plus ce qu'elle était : réveillez-vous !
- Entre 40 et 70, vous avez une trop grande confiance dans la DGA et dans les actions de l'Etat ; les affectations temporaire d'IA dans l'industrie n'ont pas pour seuls objets les applications militaires : sortez un peu !
- Entre 30 et 40, vous avez probablement triché, vous avez lu le mag en totalité avant de jouer. Vérifiez quand même les détails de la vie quotidienne
- Entre 20 et 30, vous êtes un optimiste, et pensez trop souvent que le financement hors défense va tout régler : relisez dans ce magazine les explications sur le financement des innovations !
- En dessous de 20, vous imaginez que les développements militaires consistent à copier ce qui existe déjà et que les études amont sont inutiles ; Vous confondez peut-être recherche et développement, ou alors vous pensez que les IA doivent devenir civils !



Le HMS Argus, premier vrai porte-avions construit à partir d'un coque de paquebot en 1918



Parachute depuis un avion monoplace

**ONT ÉTÉ NOMMÉS :**

**Alain Guillou**, (1959), Président du CA d'Hopium secteur des piles à combustibles hydrogène (1/3/2023)

**Paul-Emmanuel Caillard**, (1977), Chef adjt du service de la transformation numérique à la DGPN (1/3/2023)

**Alexia Peirache**, (1977), Lead Flight Test Engineer chez Airbus, Toulouse (1/3/2023)

**Jérôme Garcia**, (1967), fondateur de Alphaquant, Bureau d'étude en calcul numérique et simulation (1/4/2023)

**Isaure De Broglie**, (1992), Manager première ligne (MPL) du groupe Accélération Numérique chez EDF Lyon (1/4/2023)

**Pierre-Alain Dupont**, (1990), Conseiller adjoint du numérique au cabinet du DGPN (3/4/2023)

**Jean-Yves Courtois**, (1967), Chief Executive Officer de Preligens (19/4/2023)

**David Colliquet**, (1974), Dir Adj « gestion sur le cycle de vie » de l'OTAN/NSPA, Luxembourg (24/4/2023)

**Richard Castaing**, (1990), Responsable du pilotage industriel du site de Saint-Marcel de FRAMATOME (3/5/2023)

**Jean-Christophe Gros**, (1977), Programme coordinator à l'ESA (1/6/2023)

**Gautier Nguyen**, (1995), Ingénieur chercheur en météorologie spatiale chez ONERA/CERT Toulouse (1/6/2023)

**Alexis Antoine Rouge**, (1995), Ingénieur système réseaux stratégiques et infrastructures, chez THALES Lambersart (1/6/2023)

**Stéphane Joie**, (1984), Chargé de mission au SGDSN / AIST (1/7/2023)

**Michel Pardoux**, (1968), Chargé de mission réforme des corps techniques à la DIESE (1/10/2023)

**MOUVEMENTS D'AVRIL 2023**

NOM	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
Romain BERLINE (1974)	ICA	AND	CGARm

**MOUVEMENTS DE MAI 2023**

NOM	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
Philippe KOFFI (1973)	ICA	DO/UMACE	SASD/EC
Emmanuel THOME (1982)	ICA	DP/SDP	DO/UMACE
Elyes JAILLET (1983)	ICA	DO/UMAMS	DO/UMC2ER
Bertrand PILOIX (1990)	IPA	DT/IP/ASN/ASM	DP/SDM
Gerald MARTINS (1982)	ICA	CNES	DP/SDP

**14 17**  
**NOV. 2023**

PARIS NORD VILLEPINTE

# MILIPOL PARIS

**DEMANDEZ  
VOTRE BADGE**



**Événement mondial de la sûreté,  
et de la sécurité intérieure des États**

COMEXPOSIUM

[www.milipol.com](http://www.milipol.com)  
in [#MilipolParis](https://twitter.com/MilipolParis)

# DÉFENDRE L'ESPOIR EST UNE MISSION CRITIQUE



Voler au secours des personnes en détresse sur les théâtres d'opérations est plus qu'une obligation. Dans ces environnements hostiles, dépourvus d'aérodrome, atterrir sur de courtes pistes non aménagées est la seule solution. Capable de transporter 37 tonnes de fret, plus de 100 passagers ainsi que du matériel d'urgence et de secours, l'Airbus A400M peut atterrir presque partout. Grâce à cet avion polyvalent, les civils, les unités militaires et les communautés en danger ne sont jamais isolés. Il permet de leur venir en aide et de protéger la beauté du monde.

**AIRBUS**