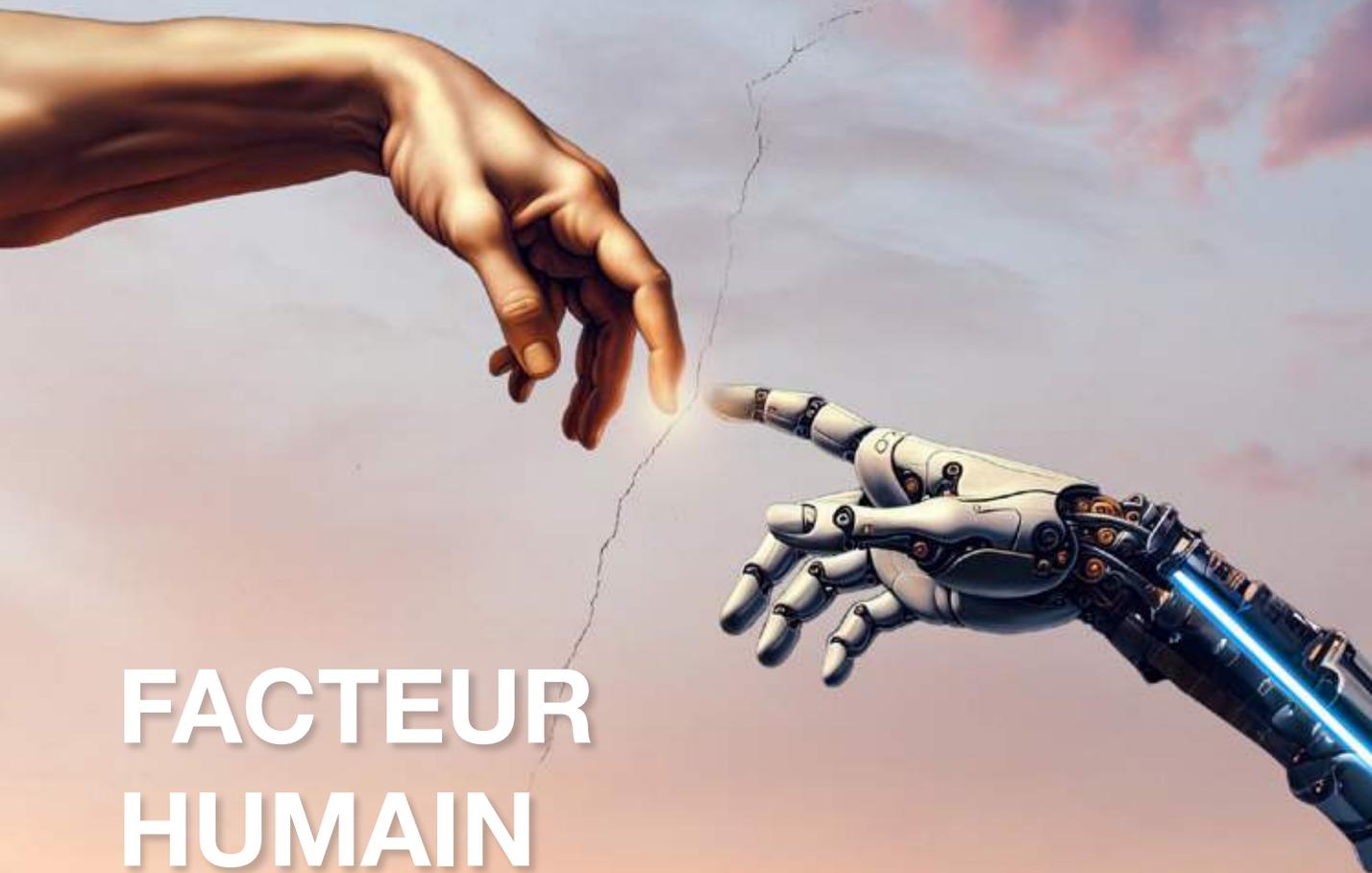




LE MAGAZINE

DES INGÉNIEURS DE L'ARMEMENT



FACTEUR HUMAIN



P6. Préface de
BERNARD ROGEL
Ancien chef d'état-major
de la Marine

P36. LES FACTEURS HUMAINS
DANS LES ACCIDENTS AÉRIENS
par Rémi Jouty

N° 131 - MARS 2024



EUROSATORY

PROTECT YOUR FUTURE



17-21
JUIN 2024

PARIS

**Commandez
votre
badge** >>



LE MONDIAL DE LA DÉFENSE & DE LA SÉCURITÉ

+1 750

Exposants
de 62 pays

+250

Délégations Officielles
de 150 pays

Hauts dirigeants issus
des gouvernements et
des organisations supranationales

+62 000

Visiteurs professionnels
internationaux

EUROSATORY.COM



organisé par



COGES
EVENTS

une filiale du

GICAT
Groupement des industries françaises de défense
et de sécurité terrestres et aéroterrestres

membre du

CIDEF
FRENCH DEFENCE INDUSTRY

MOT DU PRÉSIDENT

Le facteur humain : de la CAIA à l'État

Dans un monde de plus en plus technologique qui permet à l'homme de disposer d'outils de plus en plus performants et donc complexes, la prise en compte du facteur humain dans la conception de ces produits est de plus en plus essentielle. Ce premier numéro de l'année 2024 de notre magazine traite ainsi de cet important sujet, dans le domaine des systèmes d'armes mais également des organisations humaines. Je vous laisse découvrir ces articles !

La prise en compte du facteur humain est évidemment importante pour toutes les organisations, car ces dernières doivent veiller à leur attractivité ainsi qu'à la fidélisation, la motivation et l'engagement de leurs membres, et notamment de leurs responsables. Mais, elle devient essentielle pour celles qui sont contraintes dans l'emploi des outils dont elles disposent pour faire agir efficacement leurs équipes.

La prise en compte du facteur humain par la CAIA...

C'est bien entendu le cas de notre association. Tout d'abord, son animation repose sur une équipe d'ingénieurs de l'armement bénévoles dont les contraintes professionnelles et personnelles sont importantes. Il est donc essentiel de développer autour d'eux un environnement le plus propice à soutenir leur engagement au service de notre association. Ceci est d'autant plus important que nos activités se sont considérablement élargies depuis quelques années, nécessitant un engagement plus fort de nos responsables. Plus largement, notre association doit s'assurer que ses activités répondent au mieux aux attentes de ses membres. À ce titre, l'actuel programme d'actions de la CAIA a fait l'objet début 2022 d'un questionnaire détaillé auprès de l'ensemble de ses membres. Avec près de 400 réponses, les résultats de ce questionnaire ont permis de confirmer la pertinence de notre programme et de recevoir des suggestions d'amélioration et des offres de volontariat pour assumer des responsabilités au sein de ce programme. Enfin, depuis son lancement, toutes nos actions importantes et notamment les nouvelles lancées depuis 2 ans

font quasi-systématiquement l'objet d'enquêtes de satisfaction adressées aux participants. Là encore, ces enquêtes nous permettent régulièrement de nous assurer de l'intérêt suscité par nos actions et d'identifier des pistes d'amélioration.

... mais également par l'État

L'État doit également veiller à prendre en compte au mieux les attentes de ses personnels. En effet il doit faire face au même problème d'attractivité, de fidélisation, de motivation et d'engagement de ses équipes, et notamment de ses cadres dirigeants. Tel est l'un des objectifs majeurs de la réforme des grands corps techniques de l'État. En effet, notre nation, qui souhaite recouvrer sa souveraineté dans plusieurs secteurs majeurs de notre économie, doit pouvoir s'appuyer sur des corps techniques compétents et performants et notamment les ingénieurs de l'armement dont les compétences techniques, stratégiques et de pilotage des programmes complexes de souveraineté sont des plus utiles.

Durant la période récente, les travaux menés par la DIESE et le ministère de la Fonction publique avaient permis d'identifier une première architecture intéressante de cette réforme (diversité du recrutement, amélioration de la gestion du corps, harmonisation des statuts et des parcours de carrière ...). Il convient d'attendre la reprise de ce chantier par la nouvelle équipe gouvernementale mais il est important que cette réforme aboutisse en adoptant les principales dispositions identifiées tout en prenant en compte quelques dispositions importantes pour la CAIA : une refonte du déroulé de carrière avec un bon équilibre entre les trois grades envisagés durant la carrière et une certaine sélectivité dans les passages de grade. Enfin, une fois approuvée, cette réforme devra être mise en œuvre efficacement au sein du ministère des Armées. Nous suivrons de près cette tâche essentielle car elle ne sera sans doute pas la plus facile. 📧



Olivier Martin, IGA
Président de la CAIA



SOMMAIRE

MOT DU PRÉSIDENT.....	1	PRÉFACE	6
ÉDITO	5	INTRODUCTION DU DOSSIER	8

FACTEUR HUMAIN DANS LES SYSTÈMES



LE FACTEUR HUMAIN À LA DGA <i>Par Olivier Gueldry et Nelly Chouvy</i>	12	SOPHISTICATION DES ÉQUIPEMENTS DU FANTASSIN <i>Par le Professeur Françoise Darses, Alexis Remigereau et Julie Albertosa</i>	32
COMPLEXITÉ DE LA SIMPLICITÉ <i>Par Xavier Chalandon</i>	14	ÉLECTROENCÉPHALOGRAMME RETOUR VERS LE FUTUR ? <i>Par Christian Berthomier</i>	34
QUAND LE CERVEAU PREND LES AILES <i>Par Kevin Verdière</i>	16	LES FACTEURS HUMAINS DANS LES ACCIDENTS AÉRIENS <i>Par Rémi Jouty</i>	36
LA SIMULATION, UN OUTIL D'ERGONOMIE PROSPECTIVE <i>Par Gaëlle Troccaz et Agathe Rousselle.....</i>	18	RÉGULER L'AVERSION AU RISQUE EN PYROTECHNIE PAR SON ÉVALUATION <i>Par Serge Bordachar</i>	39
RÉDUCTION DES ÉQUIPAGES : UNE INGÉNIERIE DÉLICATE <i>Par Olivier Thêret</i>	20	IA ET FACTEURS HUMAINS <i>Par Maël Jenny</i>	41
L'HUMAIN, SEUL SYSTÈME QU'IL EST INTERDIT DE MODIFIER <i>Par Denis Gouet</i>	24	TON IA TE CONNAÎT-ELLE VRAIMENT ? <i>Par Amandine Reix</i>	42
L'ÉVOLUTION DES INTERFACES DE PILOTAGE POUR HÉLICOPTÈRES <i>Par Aurélien Girard</i>	26	L'HUMANITÉ DOIT RESTER AUX COMMANDES DE L'IA <i>Par Frédéric Tatout</i>	44
MAN MACHINE TEAMING <i>Par Vincent Sol</i>	28	NOUS PORTONS LA VOIX DE L'UTILISATEUR <i>Par Céline Thierry</i>	46
VERS L'OPÉRATEUR SUPERVISEUR <i>Par Christophe Ramaen et Laurence Kujawa</i>	30	À QUEL MOMENT UN ÉCHANGE DEVIENT-IL UNE RELATION ? <i>Par Bertrand Delmas-Marsallet</i>	48

GESTION DES RESSOURCES HUMAINES



INTERVIEW DE CAROLINE KRYKWINSKI	50	LES FONCTIONNAIRES AU JO <i>Par Denis Plane.....</i>	58
LE PARCOURS DE VALIDATION JUSQU'À LA MSO : UNE AVENTURE HUMAINE <i>Par Anne Pradelle.....</i>	52	LES NÉGOCIATIONS SE PRÉPARENT <i>Par Arvind Badrinath</i>	59
LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS À L'ÈRE DES ROBOTS <i>Par Bruno Gruselle</i>	54	PASSION, ÉPREUVES ET CROISSANCE <i>Par Sébastien Plumet</i>	62
SPORTS EN MILIEU NON-SÉCURISÉ : UN RISQUE D'ABORD HUMAIN <i>Par Aurélien Girard</i>	56	FACTEURS HUMAINS ET CONDUITE DES PROGRAMMES D'ARMEMENT <i>Par Stéphane Roget et Myriam Malet.....</i>	64
		BENOIT LAURENSOU, OU LA GESTION DES COMPÉTENCES AU CŒUR DE LA FONCTION RH DE LA DGA <i>Propos recueillis par Claude Chenuil</i>	66

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
E-mail : contact@caia.net
Numéro de dépôt légal : 2265-3066

DIRECTEUR DE PUBLICATION :
Olivier MARTIN

RÉDACTEUR EN CHEF :
Jérôme DE DINECHIN

RÉDACTEUR EN CHEF DÉLÉGUÉ : Michel PARDOUX

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 : Sidonie Deschamps - MBDA ; Simulateur NGF lors des essais Dlgation C2 ©DGA, École Polytechnique de Paris - Jérémy Barande ; Marine Nationale Romulad le Hénaff ; Patrick Sorby

ÉDITION ET RÉGIE PUBLICITAIRE :
Agence ERI
163 avenue Charles de Gaulle, 92200 Neuilly-sur-Seine
www.eri-editions.com
01 55 12 31 20

PUBLICITÉ :
Pierre Olivier - 01 86 98 34 82
pierre.olivier@eri-editions.com

N° ISSN-L 2265-3066

MILITAIRE

**GIGN : UN GROUPE D'HOMMES**

Par un IETA affecté au Groupe 70

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Par Pierre-Emmanuel Tardo-Dino 72

PROTECTION DES PILOTES DE HAUT-VOL !

Par Pierre Fabries avec le concours de Fabien Sauvet, Henri Marotte et Mounir Chennaoui 74

FEU SACRÉ ET FEU NUCLÉAIRE : RIVAUX OU COMPLÉMENTAIRES ?

Par Louis-Joseph Maynié 76

CONFIANCE EN SOI, CONFIANCE EN L'AUTRE

Par Jean-Luc Fourdrinier 79

ARMEMENT

**LA RÉORGANISATION DE LA DGA S'OFFICIALISE**

Par Jean Reix 82

LES DERNIÈRES COMMANDES SIGNIFICATIVES DE LA DGA

..... 83

LE NOUVEL INSIGNE DE LA DGA

Par Raphaël Bost 84

FORUM INNOVATION DÉFENSE 2023

Par Mathieu Xémard 86

SÉCURITÉ EN MER ROUGE

Par Kevin Verhaeghe 88

DES MUNITIONS INTELLIGENTES BAS COÛT, EST-CE POSSIBLE ?

Par Christian de Villemagne 90

ASSOCIATION

**LE DÉLÉGUÉ, EMMANUEL CHIVA, INVITÉ DU PREMIER DINER-DÉBAT CAIA EN 2024**

Par Antoine Plantade 92

LA CONDUITE D'UN PROJET HORS NORMES AVEC PHILIPPE JOST

Par Philippe Roudier 94

LE FUTUR DE L'AÉRONAUTIQUE EUROPÉENNE AVEC JEAN-BRICE DUMONT

Par Philippe Roudier 96

VISITE DU MONGE PAR LE GROUPE RÉGIONAL BRETAGNE DE LA CAIA

Par Jules Vogt 98

GALA 2023 : UN SUCCÈS QUI NE SE DÉMENT PAS, 2024 NE DEVRAIT PAS VOUS DÉCEVOIR.

Par Romain Berline 99

JAMAIS DEUX SANS TROIS... ET ÇA NE S'ARRÊTERA PAS LÀ !

Par Elie Prost 100

LE FORUM DE LA COMMISSION HISTOIRE : FAVORISER L'ÉCHANGE ET LE PARTAGE DE CONNAISSANCES

Par Antoine Béguet 101

LA NOUVELLE PROMO JACQUES CHEVALLIER

Par Jacques de Mathan 102

HISTOIRE DE L'ARMEMENT : LE PROJET CÉLACANTHE

Par Denis Plane 104

NAPOLÉON, MENEUR D'HOMMES EXCEPTIONNEL

Par Daniel Jouan 105

MARC PÉLEGRIN (1923 – 2024), PROFESSEUR, PILOTE, ACADÉMICIEN

Par Jean-Michel Duc et Daniel Jouan 107

LU POUR VOUS 108

CAMARADES ÉCRIVAINS 110

LU AU JOURNAL OFFICIEL
Par Daniel Jouan 112

NOMINATIONS DGA 113

CARNET PRO 114

DIVERTISSEMENT 115

BEST4DEFENSE



« 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



BEST4YOU



100%
Innovation



100%
Global Network



100%
Airline MRO



100%
Adaptiveness

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.

 @afiklmem

AIRFRANCE  **KLM**
INDUSTRIES Engineering & Maintenance

A D A P T I V E N E S S [®]

ÉDITO

Jérôme de Dinechin, *Rédacteur en chef*



Science sans conscience...

Chaque époque a fait reculer ce qui semblait spécifiquement humain. Serions-nous au bout ?

La maîtrise de la force et son utilisation au-delà de la force humaine, par la vapeur et l'acier, a fait l'objet de la première révolution industrielle.

Dans la deuxième, électricité et pétrole ont permis de remplacer quantité de services par des appareils et produits pour notre confort dans la société de consommation.

La troisième, celle de l'informatique, a démultiplié les communications et l'accès au savoir, mais changé la manière dont nous interagissons : entre l'email froid d'un côté et la mise en scène de soi-même de l'autre, où sont passées les discussions de fond ?

C'est aujourd'hui l'intelligence, le savoir et l'esprit d'analyse, et même la créativité qui sont désormais synthétisés dans cette quatrième révolution, celle de l'IA, dont on ne voit pas vraiment les limites. Songeons aux amis virtuels et autres agents conversationnels qui simulent une relation humaine.

Bref, agir sur le monde, rendre des services, apprendre et savoir, réfléchir, produire des idées, comprendre des sentiments sont désormais accessibles à des machines, ou via des machines qui prennent de plus en plus de place.

Que reste-t-il alors aux hommes ? La conscience !

D'abord, la conscience de soi. La conscience d'être vivant, d'avoir été depuis un commencement, et de continuer à être pendant un autre temps, incertain celui-là, parfois angoissant. Les tentations sont grandes de se détourner de cette incertitude : distractions, accumulations, assurances...

Également la conscience de sa capacité d'agir. À travers notre perception d'une situation et de celle de notre propre compétence, nous avons le pouvoir – et le devoir – de changer le monde. Là se nichent la capacité à prendre des risques, la prise de décision complexe, la résilience. Penser un geste suffit, nous disent les coaches sportifs, à s'améliorer. Encore faut-il que l'on passe à l'acte après l'avoir pensé.

N'est-il pas curieux que les algorithmes des réseaux sociaux visent principalement à capter notre conscience par de multiples moyens, dont les instincts, l'indignation, et l'illusion de l'action ?

Le facteur humain serait donc cette capacité d'agir de manière à la fois préparée et exécutée, en lien avec la conscience de soi.

L'entraînement, la préparation ont depuis longtemps été une priorité des forces, pour pouvoir agir au plus vite et le plus efficacement possible. « À la guerre, on fait ce qu'on peut avec ce qu'on sait ; pour pouvoir peu, il faut savoir beaucoup » disait le Maréchal Foch.

Cette préparation, vraie à l'échelle d'une armée, est étendue au domaine cognitif individuel dans la définition et l'emploi des systèmes d'armes. Comment rendre perceptibles les informations pertinentes, favoriser la lucidité, apprivoiser même la peur.

Comment ne pas citer ici la figure d'Arnaud Beltrame au moment où se déroule le procès de Trèbes ? Dirigeant les opérations pour maîtriser un attentat terroriste en mars 2018, et dans l'attente de l'arrivée du GIGN, le LCL Beltrame décida de se substituer à la jeune femme otage. Cette décision qui lui coûta la vie est controversée. Militairement, la situation était maîtrisée car bien préparée dans le cadre d'une répétition grandeur nature à peine trois mois plus tôt en décembre 2017. Il ne restait plus qu'un civil sur site, et cela simplifiait la situation. De l'autre côté, « ce n'est pas du tout dans les procédures... C'est une erreur au sens militaire mais c'est un acte de courage héroïque, » a rappelé un ancien négociateur du GIGN.

Personne ne saura ce qui a réellement motivé cette décision, mais à quelques années de distance, Arnaud Beltrame est devenu source d'inspiration pour beaucoup. Déjà plus de 300 rues ou places ont été rebaptisées à son nom, et son portrait nous accueille à l'entrée de la DGGN.

Dans notre époque technologique où l'homme est de moins en moins indispensable, chacun de nous a sans doute encore plus besoin de se connecter à sa propre conscience. Savoir qui l'on est, s'engager, se préparer, agir... et finalement se donner. ☺



Cultiver la conscience de soi et la conscience de sa capacité d'action face la future AGI



Arnaud Beltrame, un exemple qui ne peut laisser indifférent

PRÉFACE

Bernard Rogel, *Amiral (2S), Chef d'état-major de la marine (2011-2016),
Chef d'état-major particulier du Président de la République (2016-2020)*



Une œuvre commune

Quand on a été commandant de sous-marins nucléaires et chef d'état-major de la Marine dans une période de grande modernisation des capacités navales, on mesure parfaitement pourquoi il faut s'intéresser à l'étude du facteur humain dans un environnement technologique complexe. Long processus entamé depuis des décennies, jadis limité à l'analyse de l'ergonomie et des interfaces mécaniques homme-machine, cette étude prend aujourd'hui une acuité particulière dans notre monde de fulgurance technologique. Sur les bâtiments modernes de la Marine, elle se pose sous différentes formes : l'interactivité humaine avec des équipements de plus en plus sophistiqués, le nombre et la place de l'équipage vis-à-vis de la machine dans un milieu par nature dangereux, la gestion et le tri d'une masse croissante d'informations, le degré de confiance que l'on peut accorder à des systèmes automatisés et la résilience globale du navire dans des situations de combat. Toutes ces questions sont au cœur de l'efficacité opérationnelle mais aussi de la sûreté et de la sécurité des bâtiments. Elles ne sont pas l'apanage des armées et sont posées depuis longtemps dans d'autres milieux civils, comme ceux de l'espace, de l'aéronautique et de l'énergie nucléaire.

J'ai eu la chance de pouvoir visiter, au mois de décembre dernier, le sous-marin nucléaire d'attaque « Suffren », dernier né de la technologie française de défense. En visitant ce bâtiment, que notre pays a été capable de réaliser en toute indépendance, je me suis d'abord dit que j'étais là très loin des discours médiatiques permanents sur le supposé déclin irréversible de notre pays et sur son incapacité à faire preuve de génie. L'inverse s'étalait sous mes yeux. Ce succès n'est pas le fruit du hasard mais bien celui de la complicité ancienne entre ingénieurs et marins. Mais ce qui m'a le plus interpellé est l'aisance avec laquelle les femmes et les hommes de l'équipage, élevés dans le culte de l'hyper connectivité, se fondent dans ce bijou de haute technologie. Leur jeunesse et leur enthousiasme ne sont pas différents

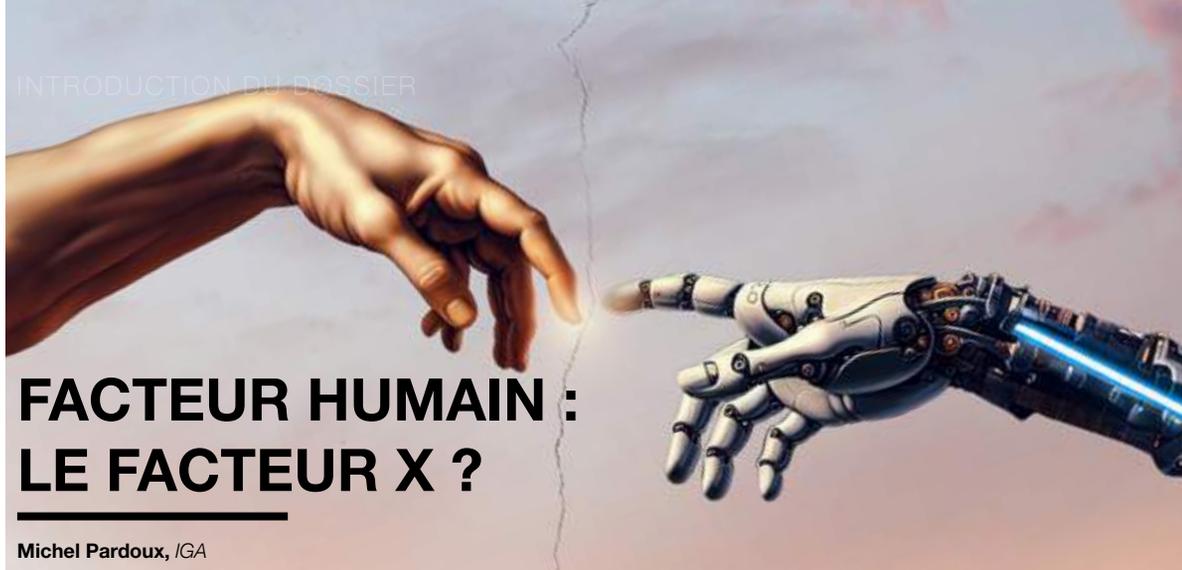
des miens lorsque j'étais embarqué sur les prédécesseurs de ces bâtiments mais leur place dans le système a profondément évolué. Le cœur du métier n'a à l'évidence pas changé : les principes essentiels de navigation, de sécurité et de combat restent les mêmes. En revanche, ses modalités d'exécution sont profondément différentes. Le degré croissant de haute technologie a amplifié les capacités du couple homme/machine mais a aussi profondément modifié leurs relations. Désormais les principaux défis d'un équipage consistent à interpréter la masse vertigineuse de données délivrées et mises en ordre par des machines, à savoir intervenir à bon escient dans une séquence gérée automatiquement par un équipement et aussi contrôler la cohérence des résultats qui lui sont présentés.

L'étude du facteur humain est donc vitale. Elle ne saurait se limiter à l'examen de la possibilité d'une erreur humaine mais doit bien être élargie à la question de l'adaptabilité de l'homme dans un environnement complexe. L'optimisation du rôle des membres d'un équipage, dans un milieu de travail de plus en plus sophistiqué, fait intervenir tous les aspects de la performance humaine. Elle est multidisciplinaire par nature et fait appel aux neurosciences, à l'ingénierie des systèmes, à la psychologie cognitive, aux sciences humaines et à bien d'autres disciplines. Cette étude doit prendre corps dès la conception d'un nouvel équipement. Cela demande à l'évidence un dialogue toujours plus important entre les concepteurs, les intégrateurs et les utilisateurs. Le retour d'expérience doit pouvoir aussi être réinjecté rapidement dans le système. À cet égard l'Œuvre commune, chère aux sous-marinières, qui permet la fertilisation croisée des compétences entre militaires, ingénieurs et spécialistes peut être considérée comme un excellent modèle.

Cette nouvelle manière d'appréhender les rapports entre l'Homme et la machine a des conséquences humaines importantes pour les armées et pour toutes

les directions concourant à la défense de notre pays. Cela impose d'abord d'adapter leurs modèles de ressources humaines à la vitesse de la technologie et de continuer à les faire évoluer vers une gestion souple des compétences véritablement pilotée par les ingénieurs et les opérationnels, et non par un système administratif qui serait trop rigide et trop éloigné des réalités complexes de ce nouveau monde. Il convient également d'ajuster en permanence les processus de sélection et de formation du personnel puis d'assurer sa nécessaire fidélisation. Enfin, ce nouveau paradigme a aussi des conséquences directes sur les organisations qui doivent être régulièrement réexaminées à une fréquence qui ne correspond plus à la durée de vie mécanique des équipements mais bien à leur durée de vie numérique, beaucoup plus courte. Cela entraîne de facto une profonde modification de la pyramide des grades en raison des compétences accrues demandées aux militaires, ce qui a un impact sur l'art du commandement lui-même.

À l'heure où l'intelligence artificielle s'infiltré dans notre vie quotidienne, une question obsédante se pose : Peut-on envisager que les équipements perfectionnés remplacent un jour complètement l'Homme dans les systèmes de combat ? Je ne le crois pas et ne le souhaite pas. D'abord parce que si l'élément humain est le plus vulnérable à des influences qui peuvent compromettre ses performances, comme le stress ou la fatigue, il est aussi la partie la plus souple et la plus adaptable de ces systèmes. Mais surtout parce que le but d'un outil de défense reste le combat et qu'il ne saurait être question, pour des raisons éthiques, de déléguer l'ouverture du feu et donc la capacité à donner la mort, à une machine aussi perfectionnée soit-elle. Il convient donc dans ce domaine de refuser l'asservissement total de l'homme à la machine et de rappeler que celle-ci doit rester avant tout une aide précieuse à la décision, à l'action et au commandement. ☞



FACTEUR HUMAIN : LE FACTEUR X ?

Michel Pardoux, IGA

Le facteur humain : comment ne pas être saisi de vertige quand il s'agit d'introduire un thème aussi vaste, avec une matière aussi riche et qui touche de surcroît à l'impalpable, à l'immatériel ?

Une fois ce court moment en apesanteur passé, ma première inclination a été d'aller vers les différentes formes d'interaction entre l'humain et les systèmes pour caractériser ce qu'est le facteur humain, sans doute porté par le souvenir des maquettes en bois utilisées pour valider l'ergonomie du premier système sur lequel j'ai travaillé : un banc de test automatique destiné à équiper les unités du matériel de l'armée de terre.

Que l'on se place dans le monde civil ou dans le monde militaire, les missions à accomplir par un système sont de plus en plus nombreuses, la complexité de conception s'accroît à chaque nouvelle génération, sans parler du numérique où l'évolution se fait quasiment en continu et l'irruption de l'intelligence artificielle remet en question la place de l'homme dans le fonctionnement global homme-machine. Et pourtant, que de gains à obtenir en rapidité d'appropriation des capacités d'un système avec une ergonomie bien pensée, que de réactivité gagnée en situation de stress et de pertinence dans les réactions !

« La facilité d'emploi peut faire la différence »

Aujourd'hui, si la simulation permet d'orienter très en amont la conception, il n'en reste pas moins que l'association ingénieur – utilisateur reste un facteur clé de succès dans le futur emploi du système. Et il ne s'agit pas uniquement d'intégrer des utilisateurs à des groupes de travail dans le but d'influer sur la conception. Il s'agit également d'inciter l'ingénieur à se mettre en situation,

à appréhender la nature des missions à accomplir, l'environnement dans lequel les missions sont conduites et les réactions attendues (ou pas, d'ailleurs...) des différentes parties prenantes.

Notons aussi qu'un bon système est un système disponible : la conception doit embarquer la facilité à assurer les opérations de maintenance des différents niveaux, gage de moyens rapidement remis dans le cycle opérationnel.

Enfin l'analyse de l'humain, dans toutes ses complexités, est vitale dans la manière dont sont pris en compte les risques, particulièrement pour les systèmes critiques. On voit la place que prend l'humain dans les causes des accidents aéronautiques. Capable du pire, comme court-circuiter un élément de sécurité s'il estime la contrainte trop forte ou surestimer ses capacités et celles de la machine en pensant que « cela va passer », l'humain est aussi capable d'une extraordinaire plasticité et d'une ingéniosité remarquable quand il est confronté à des situations exceptionnelles.

Bien entendu, on ne peut réduire le facteur humain à l'interaction avec les systèmes. La performance des organisations et la réussite des projets tiennent beaucoup à la façon dont la pâte humaine va prendre : « *Il n'est de richesse ni de force que d'hommes* » nous disait Jean Bodin au XVI^e siècle.

Comment mobiliser les ressources humaines vers une finalité, qu'elle soit dans le domaine du projet, de la transformation de l'organisation ou de la mise en œuvre de systèmes ? Ce n'est pas un hasard si le Président de la République met en avant dans ses vœux aux armées



les « *talents* » dont dispose le ministère ou encore le fait que « *les grandes aventures sont collectives* ». Et ce qui fait la force d'un collectif, c'est sa capacité à attirer, mais aussi à fidéliser en investissant dans l'humain.

Alors certes, cela demande de se placer dans une optique de moyen-long terme, d'avoir un peu de constance dans sa vision stratégique voire de relativiser l'atteinte de résultats pour le trimestre ou le semestre en cours, et également d'y mettre les moyens. Les résultats sont à la hauteur de l'effort consenti : que ce soit sur l'image véhiculée par l'organisation, sur la réussite des projets, ou encore sur la capacité à encaisser les crises, un sain équilibre entre l'attention portée à la performance opérationnelle et l'attention portée au potentiel humain permet de se donner les meilleures chances de succès.

« Investir dans l'humain n'est pas une option »

J'ajoute que la question des compétences, avec leur acquisition, leur évolution dans un monde technologique en évolution rapide, leur indépendance aussi si je me réfère à la maîtrise d'ouvrage, est centrale dans la réussite des projets et des organisations.

Vous trouverez bien d'autres facettes du facteur humain dans ce numéro. Mais avant que vous ne plongiez dans les richesses de ses articles, je vous laisse prendre un instant pour méditer sur cette citation de Pythagore : « *Un homme n'est jamais aussi grand que lorsqu'il est à genoux pour aider un enfant.* » 🙏



Michel Pardoux,
IGA

Diplômé de l'ENSTA Bretagne, Michel Pardoux débute sa carrière au sein de la DGA en tant qu'architecte technique. Après plusieurs postes de directeur de programme, il devient en 2014 responsable du pôle Télécommunications, puis prend en 2019 la sous-direction de la compétence technique de la DGA. En mai 2023, il rejoint la DIESE en tant que chargé de mission réforme des corps techniques.

**TRANSMISSION DE DONNEES
HAUT DEBIT**

INOX

10 Gbps USB-C
USB 3.2 GEN 2



MMCS
12 CONTACTS



CMA-USB



+33 1 60 84 21 40

WWW.BERNIER.TM.FR



BERNIER



La société ERI
vous accompagne
dans tous vos projets

LA COMMUNICATION À

360°

+33 (0)1 55 12 31 20
contact@eri-editions.com
www.eri-editions.com

163 avenue Charles de Gaulle
92200 Neuilly-sur-Seine

Marketing print, digital, événementiel

A close-up photograph of a person's hand holding a black joystick controller with a red trigger button. The hand is positioned in the lower-left foreground. In the background, a large, curved screen displays a complex, green-tinted interface, likely a flight simulator or a control room display, with various data points, graphs, and icons. The overall lighting is dim, with the primary light source being the screen and the joystick's buttons.

FACTEUR HUMAIN DANS LES SYSTÈMES

LE FACTEUR HUMAIN À LA DGA

COMMENT PASSER DU RÊVE D'INGÉNIEUR À UN PRODUIT PLÉBISCITÉ PAR LES UTILISATEURS ?

Par **Olivier Gueldry**, ICA et **Nelly Chouvy**, ICT

Dans le monde des ingénieurs de l'armement, ceux qui sont passés par cette spécialité se comptent sur les doigts d'une seule main. Il est temps, dans une DGA innovante et qui s'oriente vers l'anticipation stratégique, de prendre en compte cet aspect de manière optimale. Soyons fous, il faut susciter des vocations et pourquoi pas des parcours atypiques : **incitons de jeunes IA à faire une thèse en sciences cognitives** et à commencer leur carrière dans le métier « sciences de l'homme » (SH).

Je vais être franc, je n'ai pas découvert le métier SH en prenant le pôle « sciences de l'homme et protection » (SHP), ni en arrivant à l'UM NBC il y a des années, quand j'ai eu à piloter les études amont du domaine, sur des sujets aussi inhabituels que la préparation d'un programme d'études amont (PEA) Design, une étude sur la féminisation dans les Armées, ou bien la définition d'outils de mesure de l'ergonomie avec Nelly Chouvy avec qui je coécris cet article. J'ai découvert l'ergonomie en centre technique, au cours de l'évaluation d'un logiciel de simulation : quand vous tentez d'évaluer une technologie, et que l'interface est mal pensée, qu'évaluez-vous réellement au final ?

Il faut fournir les forces

Que pensent les utilisateurs opérationnels de la facilité d'emploi des systèmes, de l'aide apportée, et pourquoi pas de la fierté ressentie à piloter un « bel avion » ? Le facteur humain, c'est tout ça. Le pilote ne sait pas ce qu'il y a dans la boîte : ce qu'il voit, c'est l'écran, les commandes, et au final le résultat satisfaisant... ou pas. Ce qui cadre, c'est le DORESE « Doctrine – Organisation-Ressources Humaines et Formations – Equipements – Soutien – Entraînement », un acronyme simple et efficace pour aborder le lien entre performance humaine et technique

nécessaire à la réussite de la mission. L'ergonome, aux côtés des Forces Armées et dans le dialogue avec les concepteurs jusqu'à la livraison du système, s'inscrit dans ce cadre particulier de recherche d'adaptation des systèmes aux besoins et capacités de leurs utilisateurs.

La difficulté majeure

Cette science « molle », **comment en faire une spécification ?** Comment évaluer la qualité ergonomique d'un système, comment mesurer cette sensation de satisfaction ou de frustration intangible ? C'est possible : les champs de l'ergonomie organisationnelle, physique, cognitive et logicielle

regroupent les savoirs et savoir-faire pour une **conception centrée utilisateur** dans les contrats avec les industriels de défense. En cas de rupture organisationnelle, de concept d'emploi ou technologique forte, cette démarche doit intervenir le plus en amont possible, dès les études de faisabilité, pour ne pas rater les grands enjeux de l'acceptabilité de la transformation et la mise en place d'outils de levée de risques. Les **simulations avec homme dans la boucle** en vue de recommandations Facteurs Humains pour la conception des systèmes nécessitent un temps de développement, la conduite d'expérimentations et sont incontournables dès lors que l'efficience



Simulateur SISPEO postes opérateurs des véhicules GRIFFON et SERVAL (ADT)

cognitive et collective sont questionnées. Aborder une situation de travail future probable avec un nouvel assistant virtuel ne se décrète pas ! Accepter le dialogue avec une IA qui bredouille puis qui se débrouille nécessite ce dialogue entre l'homme et la machine pour esquisser la collaboration en situation opérationnelle future simulée.

Les moyens

Quarante spécialistes de ces disciplines répartis dans quatre centres techniques de la DGA en France mettent en œuvre des outils et méthodes efficaces pour spécifier et évaluer l'opérabilité, la maintenabilité et la maîtrise du Facteur Humain dans les systèmes dans le cadre de « Groupes de Travail utilisateurs » contractualisés.

Alors ?

Dans la DGA d'Impulsion, le métier SH n'a pas la prétention de tout

faire, mais d'**intervenir sur les bons sujets et aux moments les plus critiques**. Il faut être présent sur les programmes à effet majeur (PEM) les plus emblématiques, parce que s'ils ne conviennent pas à la fin, c'est toute la DGA qui en pâtira. Il faut être présent là où les esprits éclairés comme toi, cher lecteur, le demanderont. On ne pourra pas être tout le temps là, l'idée est de l'être suffisamment pour que l'industriel ne baisse pas la garde en ergonomie. Et pour le numérique, qui a certainement le plus de projets, il faut un ergonomiste aux rendez-vous critiques, parce qu'il ne pourra pas suivre les *runs* avec le *product owner*, mais il doit être là aux validations intermédiaires. Rassurez-vous si on ne vous a pas convaincu : on n'a pas assez de ressources pour vous courir après. Mais on essaiera de répondre au plus de sollicitations possibles. ☺



Simulateur SCAF (système de combat aérien futur)



IMERSIV à DGA Techniques Terrestres est un outil phare d'expertise du métier pour l'évaluation des aménagements des postes et locaux de travail dans les porteurs terrestres. Cet outil permet de conduire des revues d'aménagement détaillées de véhicules ou shelter en trois fois moins de temps qu'auparavant grâce à la matérialisation des zones d'atteintes de la population utilisatrice et l'inspection ergonomique en 3D directement réalisable en réalité virtuelle dans le modèle CAO industriel par les spécialistes en ergonomie et les usagers. Les industriels en redemandent, ils ont eux-mêmes proposé de recourir à l'outil de la DGA pour cette levée de risques en amont sur un engin d'aide à l'engagement.



Olivier Gueldry,
ICA

Après un début de carrière dans le NRBC en Essonne puis à l'UM NBC, et un parcours par l'innovation (SRTS, AID, EMA/COCA), Olivier Gueldry est actuellement responsable du pôle « sciences de l'homme et protection » (SHP) de la DGA.



Nelly Chouvy,
ICT

Nelly Chouvy est ergonomiste de formation. Après une expérience de l'intégration des Facteurs Humains dans les systèmes navals militaires, elle est actuellement responsable du segment d'ingénierie et du métier « Sciences de l'Homme » à la DGA.

COMPLEXITÉ DE LA SIMPLICITÉ

TYOLOGIE DES SIMPLICITÉS IHM EN CONCEPTION AUTOMOBILE

Par Xavier Chalandon, Renault

Si la simplicité est souvent invoquée en conception des IHM, elle souffre d'une sous-définition engendrant quiproquos et contradictions. Une des problématiques est que la simplicité est multiple et relative : multiple selon le cours de l'expérience utilisateur et relative car éminemment située et contextuelle. Il convient donc d'essayer de clarifier les déterminants des différentes simplicités à intégrer.

Simplicité des premiers usages

Le graal de cette simplicité est **l'intuitivité**, i.e. un usage efficace et « évident » dès la première utilisation, sans avoir à passer par la médiation d'un raisonnement conscient.

Certaines propriétés facilitent les premiers apprentissages : les regroupements fonctionnels, la hiérarchisation des informations et commandes, un nombre limité de choix, le principe de la manipulation directe, la cohérence entre actions et effets, etc.

Mais le plus souvent, la compréhension immédiate est effective quand les signes de l'interface déclenchent des savoirs et savoir-faire que possède déjà l'utilisateur, qu'il met alors en œuvre de manière pré-réfléchie — d'où l'impression d'évidence.

L'intuitivité n'est donc pas une propriété « pure » de l'interface, mais plutôt une propriété émergente de la rencontre entre la technologie et les connaissances et compétences qui proviennent des apprentissages antérieurs et qui se sont sédimentées en routines perception / action. En conception, ce constat invite à confronter les grammaires d'interaction aux interactions de référence d'une population cible et surtout à éviter d'appeler un comportement non pertinent (fausses *affordances*).

Si l'intuitivité est souvent présentée comme une propriété

incontournable, elle n'est cependant pas nécessairement la plus efficiente : par exemple, des commandes de type "raccourci" sont souvent peu intuitives mais permettent une interaction plus rapide au quotidien.

Simplicité au quotidien

La question ici est celle de **l'efficience**, du rapport entre l'efficacité et la charge induite par la réalisation de la tâche.

En conception IHM, il existe de nombreux principes pour améliorer cette efficience, aussi bien via les architectures physiques et digitales que via la mobilisation de la commande vocale pour des tâches complexes.

Mais en amont de ces considérations, il convient de caractériser les besoins de commander les systèmes : est-ce une préférence stable de choix du conducteur ou une nécessité de variabilité au cours de la conduite ? Dans le premier cas, un accès très direct n'est pas forcément nécessaire à condition que les choix faits soient mémorisés. Dans le deuxième cas, l'investigation doit porter sur le système commandé : peut-il prendre à sa charge tout ou partie du pilotage de la variabilité identifiée... jusqu'à une adaptativité éventuellement apprenante.

Il s'agit bien là d'ergonomie "système" pour laquelle certaines méthodes de validation sont à

consolider, en particulier lorsque l'adaptation est évolutive sur la base d'IA apprenante.

Si la robustesse ne peut être obtenue, on reste avec une nécessité de système adaptable mais dont les caractéristiques des accès ne se valent pas toutes lors des interactions en conduite.

Simplicité en conduite (sécurité)

La simplicité vient ici d'un équilibre entre les demandes attentionnelles **des interactions de conduite** (avec les autres usagers de la route, l'infrastructure...) et celles **des interactions en conduite** (les consultations d'informations ou manipulations dans le cockpit). La mise en priorité des sollicitations se traduit par :

- La déclinaison en conception des exigences européennes : limiter les détournements de regard par la position, la forme et la nature des informations, assurer la mise en priorité des informations de conduite, permettre la maîtrise de la dynamique de l'interaction par le séquençement possible des tâches, etc.
- L'intégration devenue réglementaire de systèmes de surveillance de l'attention du conducteur, aussi bien en termes « capacitaires » (endormissement) qu'en termes d'orientation dynamique (direction du regard hors de la scène routière).

Souvent absente des réglementations, la question du contexte est



pourtant clef, aussi bien en sécurité objective (accidentologie) que subjective (inconfort psychologique, sentiment de prise de risque) :

- En conception de cockpit, concernant l'accès direct : doit-il être facilement mobilisable quel que soit le contexte de conduite (ce qui pointe vers une commande physique) ou est-il acceptable qu'il ne le soit que dans des conditions de conduite stabilisées (ce qui peut ouvrir vers le digital, les interactions tactiles nécessitant une plus grande attention visuelle).
- En conception de système, la surveillance de l'attention est essentiellement réactive par émissions d'alertes. Bien que cette surveillance soit nécessaire en tant que filet de sauvegarde, la question de fond est de compléter cette approche réactive « de surveillance » par une approche plus anticipatrice « d'orientation » de l'attention selon la complexité des scènes.

Simplicité de la conduite (sérénité)

Les questions d'anticipation et de synchronisation avec la dynamique des situations sont au cœur de la cognition de la conduite automobile. De ce point de vue, la **Situation Awareness** (SA) est une représentation mentale dont les finalités sont essentielles à la sécurité et la sérénité de la conduite : donner cohérence aux événements externes, créer des attentes et orienter la prise d'informations, permettre l'anticipation des évolutions de la situation et des effets d'actions. L'objet de la SA est double :

- La dynamique de la situation de conduite dans un "empan temporel" allant de quelques secondes à quelques dizaines de secondes, voire au-delà pour les tâches de planification. Un des supports possibles est d'arriver à expliciter le « champ des déplacements sûrs », sachant que plus l'"empan temporel" s'agrandit, plus la prise en compte des intentions (de soi et des autres) devient problématique.
- Les états et perceptions/actions "aides à la conduite" qui peuvent contribuer directement aux interactions selon le niveau d'automatisation. En retour d'expérience du domaine automobile, on constate une anthropomorphisation des systèmes d'aides qui rend certaines limites difficilement prédictibles quand elles sont en-deçà de compétences considérées comme basiques par les conducteurs.

La question du « soi » est souvent implicite dans ces approches malgré son importance :

- Le conducteur est bien acteur de sa situation de conduite, qui n'est pas seulement subie mais partiellement décidée (décision de dépasser, de ralentir, de faciliter ou pas les insertions, etc.). L'enfer, ce n'est pas seulement les autres et les indicateurs de réflexivité permettent une conduite plus sereine.
- Concernant les systèmes d'aide, plus que la « confiance dans la technologie », c'est la problématique de la « confiance en soi utilisant la technologie » qui importe. D'où l'importance en conception d'accepter de privilégier la robustesse et la prédictibilité.

Et la simplicité d'apparence... qu'en pensent les clients ?

À ces simplicités, il convient de rajouter la simplicité d'apparence qui est première lors de la découverte du cockpit... mais pas forcément la

première dans les priorités de l'expérience des conducteurs.

À l'aide d'une étude dédiée, nous avons pu confronter près d'une centaine de clients (non spécifiquement Renault) à des cockpits « ultra-digitalisés », avec une quasi-disparition des commandes tangibles intégrées dans un écran tactile.

En minorité, deux catégories de clients privilégient ce dépouillement du physique :

- Ceux pour lesquels cela est un marqueur essentiel de la modernité digitale et qui affichent une (sur)confiance en soi dans la capacité de multitâches digitales en situation de conduite.
- À l'opposé, certains clients sont principalement soucieux de l'accès aux basiques de la conduite et sont finalement assez demandeurs d'un « superflu » caché dans un monde digital qu'ils ne comptent pas explorer.

Mais la grande majorité des clients interrogés est à la recherche d'un équilibre physique/digital. La question clef n'est pas tant l'ostentation de la modernité que l'adéquation des dispositifs aux activités de conduite et en conduite, faisant écho empiriquement aux thématiques développées ci-dessus. Tant que le « jeu à jouer » ne change pas radicalement, la « manette de jeu » reste d'intérêt. ☺



Xavier Chalandon
Renault

Xavier Chalandon est ingénieur Sup'Aéro, titulaire d'un Master of Science (Stanford) et d'un doctorat en Ergonomie cognitive (CNAM). De 1990 à 2005, au sein de Dassault Aviation, il occupe plusieurs postes dans le domaine du Facteur humain en conception. Il rejoint Renault en 2006 (Recherche Ergonomie & Perception). Depuis 2011, il a la responsabilité du domaine d'expertise Interface homme-machine.

QUAND LE CERVEAU PREND LES AILES

L'INTÉGRATION DES NEUROSCIENCES DANS L'INGÉNIERIE DES COCKPITS

Par Kevin Verdière, IPETA

Dans l'arène aéronautique, où les avancées technologiques redéfinissent en permanence les règles du jeu, quelle place l'humain occupe-t-il face à l'automatisation ? Explorons le champ de bataille neurocognitif du cockpit, les enjeux de l'adaptation humaine face à l'automatisation avancée, et les futures révolutions des systèmes neuro-adaptatifs.

L'automatisation des cockpits, un jeu d'équilibre

Lorsque l'on analyse la relation homme – système, il existe deux configurations simples : la première lorsque le système est opéré complètement manuellement, la deuxième lorsqu'il est entièrement automatisé.

Toutes les configurations intermédiaires nous imposent de traiter la problématique de l'allocation et de la programmation des tâches. Un défi d'équilibriste.

D'un côté, sans automatisation, le pilote maintient ses compétences de pilotage manuel. Il est en contact avec sa machine et maintient une bonne conscience de la situation. En revanche, sa charge de travail est plus forte, augmentant potentiellement sa fatigue.

De l'autre côté, avec beaucoup d'automatisation, le pilote est moins chargé, et donc moins fatigué. Cela se fait cependant potentiellement au détriment de sa conscience de la situation, de son engagement et du maintien de ses compétences.

Lorsque l'automatisation échoue, l'humain à la rescousse ?

Que se passe-t-il aujourd'hui lorsqu'un système en fonctionnement autonome ne peut plus fonctionner ? Il redonne la main entièrement à l'opérateur...

Le crash du vol TK1951

Lors de la phase de descente, un défaut du radio altimètre va amener l'avion à passer dans un mode d'auto-manette normalement prévu pour la phase finale d'atterrissage. La puissance des moteurs est à son minimum. Dans le même temps, l'autopilote va continuer à suivre la trajectoire d'atterrissage. L'avion se comporte alors insidieusement comme les pilotes l'imaginent. Il réduit sa vitesse, mais elle n'est cependant plus contrôlée.

Lorsque les alarmes de décrochage se déclenchent, l'équipage est surpris. Il ne réalisera malheureusement que trop tard l'inadéquation entre le mode d'automatisation dans lequel il pensait être et celui dans lequel il était vraiment. Surnommé le « Poldercrash », le Boeing 737-800 s'écrasera à l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol le 25 février 2009, faisant 9 morts et 120 blessés.

Ce paradigme suppose que l'homme est un superviseur infailible, dernier rempart face aux défaillances potentielles du système.

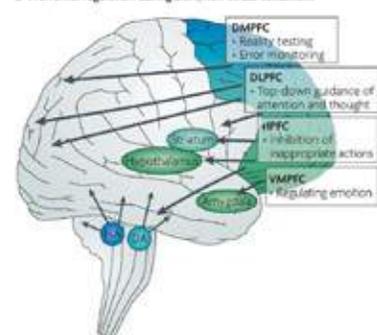
Des méfaits du stress

C'est notre cortex préfrontal qui nous permet de détecter des erreurs, de réguler nos émotions, d'inhiber des actions inappropriées ou de guider notre attention et nos actions.

Cette zone est cependant très sensible au stress. Ces effets vont venir altérer nos capacités de plus haut niveau, telles que la mémoire de travail et la régulation de l'attention.

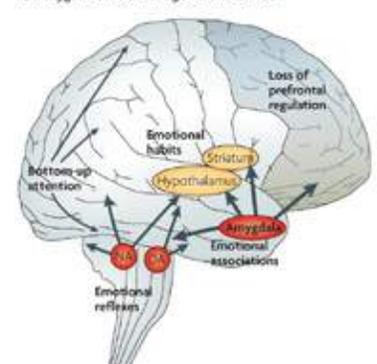
La gestion de l'attention va passer d'un contrôle réfléchi, basé sur ce qui est le plus pertinent, à un contrôle sensoriel. Les stimulus saillants, comme des éléments rouges et clignotants, vont capter notre attention.

a Prefrontal regulation during alert, non-stress conditions



En situation de non-stress, le cortex préfrontal gère et régule les alertes

b Amygdala control during stress conditions



En situation de stress, l'amygdale et les émotions prennent le contrôle

Notre cerveau passe d'une régulation lente et réfléchie à des réponses émotionnelles réflexes et rapides. Des comportements de persévération nous font manquer des informations pertinentes voir capitales. On parle de surdité ou cécité inattentionnelle.

D'autres états neurocognitifs sous-optimaux sont prédictifs d'une dégradation des performances, notamment la divagation attentionnelle (*mind wandering*) ou l'abandon d'effort (*effort withdrawal*).

On peut dessiner ces états dans un espace à deux dimensions, avec en abscisse l'engagement (investissement dans l'effort au service de la tâche/des objectifs cognitifs) et en ordonnée l'*arousal* ou excitation (un état de préparation physiologique pour répondre aux événements imprévus extérieurs).

Les systèmes de demain seront neuro-adaptatifs

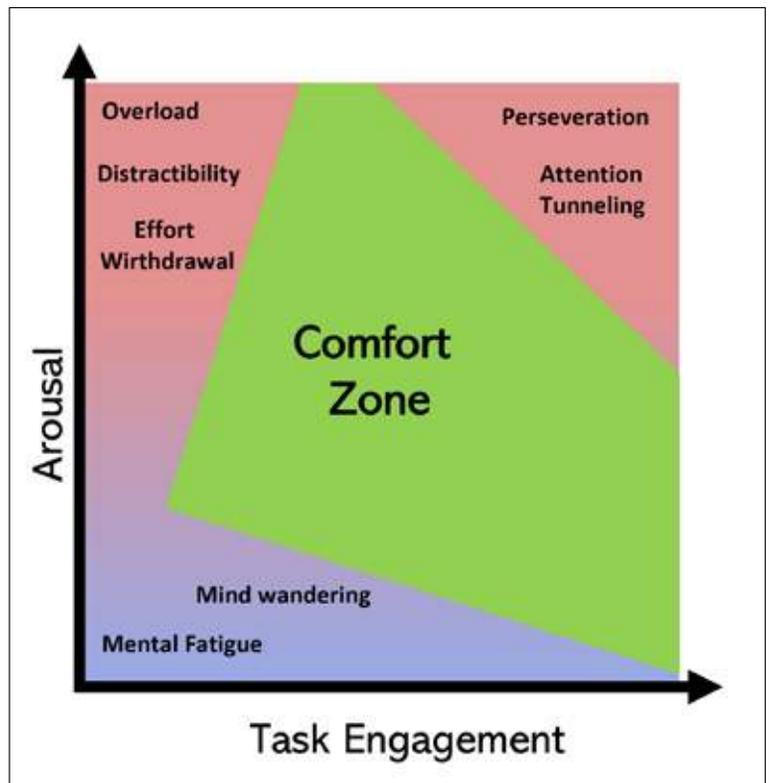


Casque audio avec électrodes intégrées

Être en mesure de comprendre, modéliser ces états et influencer sur leur dynamique, c'est la clé.

La solution, c'est d'intégrer des mesures psychophysiologiques directement dans les systèmes afin d'adapter leurs statuts en fonction de l'état estimé de l'opérateur.

Il est, par exemple, aujourd'hui possible de mesurer l'activité cérébrale par mesure spectroscopique, ou via des électrodes. Il est aussi possible d'estimer le niveau d'*arousal* via des mesures de l'activité cardiaque par des mesures de variabilité



États mentaux dégradés et zones de confort. Leur détection permet de modifier les consignes données à l'opérateur.

cardiaque. L'activité oculaire nous ouvre aussi une fenêtre sur le niveau d'attention, permettant d'identifier des niveaux de fatigue, de *mind wandering* ou de persévération.

Une fois ces états détectés, l'utilisation de **contre-mesures cognitives** est possible pour ramener l'opérateur à un état confortable. Plusieurs études ont démontré l'efficacité de la modulation de la difficulté ou de la variation du niveau d'automatisation dans le cas de *mind-wandering* ou de retrait d'effort. D'autres ont démontré la capacité d'outils de retrait ou de masquage de l'information en cas de persévération.

Il est impératif d'adopter une approche de conception qui reconnaît l'opérateur non comme un simple élément du système, mais comme un **partenaire symbiotique** dont l'état et les réactions doivent être mesurés,

anticipés et intégrés **dès le début de la conception**.

Détecter l'état émotionnel et cognitif des opérateurs ouvre la voie à une interaction plus réactive et adaptative - neuro-adaptative - et permettra de concevoir des systèmes non seulement avancés mais aussi intrinsèquement sûrs et intuitifs. ☞



Kevin Verdière,
Directeur Produit
chez Hinfact, IPETA

Ingénieur biomédical et cognicien de formation, il réalise son doctorat au sein du laboratoire de Neuroergonomie et de Facteurs Humains de l'ISAE-SUPAERO. Il rejoint Hinfact en 2019, spin-off du même laboratoire, pour y développer des solutions pour l'entraînement d'opérateur critique. Aujourd'hui responsable de la stratégie produit chez Hinfact, il rejoint l'Agence de l'innovation de défense en tant que réserviste chargé d'expertise en Neuroergonomie.

LA SIMULATION, UN OUTIL D'ERGONOMIE PROSPECTIVE

Par Gaëlle Troccaz, IA et Agathe Rousselle, ICT

DGA Essais en Vol utilise la simulation pour anticiper l'impact du facteur humain dans l'aéronautique de défense de demain

L'interopérabilité et l'intelligence artificielle (IA) sont en passe de devenir des clefs stratégiques incontournables pour assurer la supériorité opérationnelle. Ce tournant historique, qui touche naturellement l'aéronautique, augmente la complexité des systèmes collaboratifs et nécessite une prise en compte importante des facteurs humains (FH) dans la conception des cockpits du futur. Pour anticiper ces défis et garantir le succès des missions et la sécurité des acteurs, DGA Essais en Vol mise sur la simulation.

Les enjeux des IHM du futur

La capacité de traitement de données offerte par l'IA et l'interopérabilité entre acteurs sur un théâtre d'opération, s'ils sont des éléments déterminants qui permettront d'assurer la souveraineté et la supériorité des futurs systèmes dans le cadre des programmes d'armement, sont également des éléments de complexification de ceux-ci. C'est

pourquoi une attention particulière doit être portée à l'intégration de l'humain dans ces systèmes de systèmes : c'est l'objectif des études d'ergonomie prospective. La capacité de contrôle et un degré de compréhension adapté sont fondamentaux pour l'acceptabilité et la confiance des opérateurs et des décideurs militaires dans les nouvelles technologies. Malgré les délégations de tâches et de décisions, la collaboration utilisateur-système doit rester ergonomique à travers des interfaces adaptées. Les pilotes sont ainsi confrontés à une quantité considérable de données en temps réel, ce qui peut impacter une prise de décision rapide et éclairée. L'enjeu est donc de lutter contre la surcharge d'informations (infobésité). Les Interfaces homme-machine (IHM) doivent aussi être d'une flexibilité croissante pour s'intégrer efficacement au sein des cockpits d'aéronefs multirôles et permettre aux pilotes

de s'adapter à différentes situations opérationnelles.

La simulation à DGA EV

Pour préparer l'avenir, DGA EV s'est dotée de simulateurs dont elle maîtrise l'ensemble de la définition, du code aux interfaces, en passant par la méthodologie d'évaluation : cela rend possible leur adaptation agile et rapide afin d'être au plus près des besoins opérationnels.

Les simulateurs d'étude pilotée sur le site d'Istres permettent d'effectuer des essais d'évaluation de concepts, de systèmes de systèmes et d'IHM. Ils sont également utilisés pour déterminer la plus-value de nouvelles technologies et aider à définir et à consolider la spécification des fonctions et systèmes du futur.

Ces simulateurs peuvent être interconnectés afin de réaliser des évaluations avec des scénarios complexes et représentatifs des conditions opérationnelles. Ils sont également dotés de différentes liaisons de données qui permettent d'effectuer des essais hybrides (combinant systèmes réels et simulés) avec des aéronefs en vol.

Des simulateurs au profit du SCAF

Parmi ces technologies, le plateau SCAF est le plus récent et regroupe plusieurs simulateurs, dont certains en version « réalité virtuelle » : New Generation Fighter, Remote Carriers (drones), Rafale. Ces systèmes accompagnent le développement du programme depuis son



Simulateur NGF lors des essais Digation C2



Démonstration du simulateur VR avec Thomas Pesquet au salon du Bourget 2023

lancement et DGA EV fait évoluer de façon incrémentale leurs capacités pour accompagner son avancée.

Des essais concernant la délégation de responsabilité « *Command & Control* » (C2) et le contrôle de drones par un aéronef de combat ont été menés en décembre 2022 avec l'ONERA sur ce plateau. Ils ont permis d'étudier l'impact cognitif de cette nouvelle tâche sur la charge de travail des pilotes à l'aide de capteurs cardiologiques et d'un Eyetracker. La poursuite des évaluations doit permettre d'étudier d'autres facteurs comme l'impact du stress ou de la fatigue sur les capacités du pilote. Pour mener à bien ces études, DGA EV fait évoluer de façon continue ses simulateurs et prévoit l'acquisition d'un casque de réalité virtuelle équipé d'une vingtaine de capteurs physiologiques pour être au plus près des standards futurs.

Limites des essais en simulation

Malgré leur représentativité, les simulateurs présentent certaines limitations significatives : la hauteur sol et la vitesse de défilement difficilement appréciables, l'absence de

ressenti des accélérations et des vibrations représentatives du vol, rendent le pilotage moins réaliste. À ces défauts s'ajoute la différence de facteurs psychologiques, physiologiques (stress, fatigue, vigilance, désorientation spatiale, etc.) et environnementaux (oxygène, température, bruit, visibilité, etc.) entre un pilotage au simulateur et un vol.

Au-delà du manque de représentativité, la simulation utilisant la réalité virtuelle peut être limitée par des contraintes physiologiques. En effet, les incohérences associées à ce genre d'exposition perturbent le système sensoriel et peuvent conduire à des effets indésirables (fatigue oculaire, nausées, vertiges, maux de tête...). En plus d'être limitantes pour la durée du port du casque, ces contraintes peuvent être la source d'illusions sensorielles et biaiser les résultats.

Malgré ces limites, les essais en simulation restent pertinents à différents stades des programmes. La réalité virtuelle est particulièrement intéressante pour sa flexibilité, notamment en termes d'agencement du cockpit. Plus généralement,

pour les facteurs humains, la simulation permet de réaliser des études à des coûts financiers et environnementaux moindres que ceux d'essais en vol. Leur modularité et leur agilité permettent d'évaluer des concepts variés en un temps restreint et d'identifier les points d'attention des IHM qu'il sera nécessaire d'aller évaluer en vol lorsque les technologies seront plus mûres.

La simulation est aussi un outil stratégique pour DGA EV, car elle lui permet d'apporter son expertise au cours de la spécification des futurs systèmes. L'enjeu est d'intervenir au plus tôt dans les phases de conception et de développement pour limiter les coûts et le temps de développement et pour répondre au mieux aux besoins opérationnels. Demain, elle sera également utilisée pour qualifier les nouveaux systèmes et interviendra ainsi durant tout le cycle d'acquisition d'un nouvel équipement. ☺



Gaëlle Troccaz,
IA

Diplômée de Polytechnique et de l'ISAE-Supaero (X16, S2020), pilote des corps techniques, elle a débuté sa carrière à DGA Essais en Vol en tant qu'ingénieure d'essais simulateur hélicoptère Tigre avant de prendre les fonctions de Responsable Technique Essais Expertise NH90.



Agathe Rousselle,
ICT

Diplômée de l'école d'ingénieurs ELISA Aerospace, titulaire du master spécialisé « Aéronautique et ingénierie des essais en vol » (TAS AERO FTE) et du certificat « Facteurs Humains et Neuro-ergonomie pour l'Aéronautique et les Transports » de l'ISAE Supaero, elle débute sa carrière à DGA Essais en vol en tant que Responsable Technique d'Essais Système Drone.

RÉDUCTION DES ÉQUIPAGES : UNE INGÉNIERIE DÉLICATE

REGARDS CROISÉS SUR LE PROGRAMME FREMM

Par Olivier Théret, ICA

Pour faire face à la baisse de ses effectifs, la Marine nationale a fait le choix d'une rupture dans la façon d'opérer ses bâtiments au moment de la construction des FREMM (frégates multi-mission) : avoir recours à des équipages moins nombreux grâce à des bateaux plus fortement automatisés. Un vrai défi au niveau de la conception de ces bateaux pour la DGA et pour l'industrie !

En matière de facteurs humains, quels ont été les défis du programme FREMM ?

Nicolas Drogi, Claire Penchenat, Fabienne Padlo-Carré : Au début des années 2000, les baisses d'effectifs imposées à l'état-major de la Marine ont conduit à réduire et redéfinir les plans d'armement de ses navires, ainsi que les moyens dédiés à la formation et l'entraînement. Pour la FREMM, la spécification initiale du plan d'armement était de 108 membres d'équipage. Par rapport à la génération précédente, l'objectif de réduction était vraiment significatif puisque les frégates du type F70 étaient armées par 240 à 250 membres d'équipage. Par ailleurs, la multiplication des capteurs, des systèmes d'information et des réseaux à bord a généré des volumes d'informations à traiter de plus en plus importants. Enfin, les fonctions opérationnelles à assumer et à entretenir se sont diversifiées, et la complexité des missions à réaliser s'est significativement accrue.

La conjonction de tous ces facteurs a conduit à des situations où l'opérateur humain chargé de l'exploitation des systèmes à bord devait assumer à la fois un plus grand nombre de tâches et des tâches plus complexes. Or, la charge de travail devait également rester compatible avec les ressources humaines disponibles et de la vie à bord. D'où un travail de conception



Frégate Multi-Mission Languedoc © Naval Group

particulièrement ambitieux sur ce programme en matière de facteurs humains.

En outre, la formation des équipages a également dû être repensée pour obtenir des équipages à la fois hyperspécialisés et polyvalents et pour trouver le bon compromis entre maintien des spécialités « métiers » au bon niveau et élargissement des compétences.

Plan d'armement : il définit la liste des marins - nombre, spécialité, qualification et grade - ayant pour tâche de mettre en œuvre le navire de combat pour toutes ses missions.

Olivier Théret : La conception des navires armés est avant tout une affaire de choix et d'équilibre.

Les FREMM, plus grandes, doivent être plus efficaces, avec des systèmes techniquement plus complexes, et conduites par un équipage fortement réduit. L'optimisation des navires, classiquement réalisée autour des performances techniques et des grands bilans (masse, signatures, propulsion et servitudes), a également pris en compte l'activité humaine et la charge de travail de chaque membre de l'équipage.

Les réflexions ont porté sur le niveau d'automatisation, la répartition des tâches et le dimensionnement des équipes de conduite. Elles ont permis d'adapter les interfaces de pilotage des équipements, l'aménagement des locaux de conduite et même le plan d'ensemble du navire. Elles ont rappelé que les aspects organisationnels sont aussi importants que les solutions techniques et

que l'automatisation doit être pensée avant tout pour faciliter l'utilisation des systèmes.

Dans le cas des FREMM, il a donc été nécessaire de capturer et d'exprimer des besoins pour l'exploitation future d'un système qui n'existe pas encore et pour de nouveaux usages. Comment cela a-t-il été possible ?

OT : Les travaux se sont appuyés sur l'analyse de l'activité humaine à bord, individuelle et collective. Pour cela, un plan d'armement initial a été défini. Il s'est accompagné d'hypothèses structurantes établies avec l'organisme exploitant le navire, ici la Marine nationale : filières métier, niveau de compétences, organisation des chaînes décisionnelles, répartition des tâches d'entretien et de maintenance entre le navire et le support terrestre.

ND, CP, FPC : Pour l'aspect collectif en particulier, il a été décidé de recourir à des simulateurs complets, représentatifs des fonctions opérationnelles, appelés Illustrateurs de besoins d'exploitation opérationnelle (IBEO).

L'un d'eux, l'IBEO PIM (Passerelle intégrée Marine), a permis, par la mise en œuvre d'une démarche « centrée utilisateur », de dérisquer au plus tôt de nouvelles organisations du travail, associées à l'automatisation des fonctions de conduite de la plateforme. Ce travail mené en amont de la réalisation du programme FREMM a été conduit en équipe intégrée (DGA / Marine nationale) avec la participation des marins en tant que futurs utilisateurs.

L'exploitation de cette plateforme de spécification a été associée à une analyse technico-opérationnelle de l'impact sur les architectures et sur les niveaux d'automatisation

et d'intégration. Cette démarche a conduit à l'évaluation précoce de la conception d'une passerelle de navigation intégrée, en lien étroit avec le système de combat, mais avec une gestion automatisée des fonctions de conduite, proche du modèle du civil.

OT : Les IBEO mis en œuvre par la DGA ont apporté une vraie plus-value pour la compréhension des activités collectives complexes. Par exemple l'établissement de la situation tactique est une tâche réalisée en temps réel par une dizaine de personnes. L'analyse de ces collectifs a été majeure car les résultats atteints par un groupe de personnes peuvent être supérieurs à la somme des résultats individuels, à condition qu'ils travaillent en équipe avec des moyens adaptés.

En plus des expérimentations sur IBEO, nous avons modélisé toutes les autres activités des marins pour une mission type de 45 jours. Pour les tâches les plus simples, seule une charge horaire de travail a été définie. Lorsque l'aménagement des zones de travail était critique, une modélisation 3D a été menée, avec si besoin des mises en situation d'utilisateurs en réalité virtuelle.

Ensuite, le plan d'armement a été mis à jour, accompagné de nouvelles exigences et recommandations techniques et organisationnelles. Un registre des rôles a été défini pour les différentes postures du navire (combat, mise en garde, veille).

Ce processus d'optimisation a été itératif. Après quelques cycles, l'objectif de dimensionnement initial a été atteint, validé et traduit en exigence contractuelle.



IBEO PIM (Illustrateur de besoin d'exploitation opérationnelle de la Passerelle intégrée Marine) à DGA TN

Avec tous ces outils, comment l'utilisateur a-t-il été concrètement pris en compte dans les travaux de conception ?

OT : Une démarche « centrée utilisateur » a été mise en place au démarrage de la conception des FREMM. Cette proximité entre les concepteurs et les futurs équipages a permis aux ingénieurs et techniciens de prendre en compte l'avis et l'expérience des marins dans la définition des systèmes.

La première condition de succès d'une telle démarche est l'engagement de toutes les parties dès le début du programme. Pour le cas d'un navire au profit de la Marine nationale, cela signifie la mise à disposition d'utilisateurs réels, c'est-à-dire des marins qui sont effectivement « aux manettes » des navires des forces. L'industriel doit, de son côté, accepter de partager ses conceptions préliminaires très tôt pour être en capacité d'intégrer le plus largement possible les recommandations techniques issues des études FH. La DGA apporte un soutien par son expertise et ses moyens techniques. Sa position de client est importante pour contribuer

à l'équilibre des relations entre la Marine nationale et l'industriel.

L'enjeu est de définir les solutions techniques en prenant en compte les contributions des utilisateurs au même niveau que celles des architectes, des responsables de systèmes et des spécialistes de domaines techniques. Les choix de conception sont élaborés et partagés ensemble.

Dans le cadre du programme FREMM, des supports d'échanges ont été mis en place. Les groupes techniques utilisateurs (GTU) traitent des problématiques liées à l'activité opérationnelle ainsi qu'à l'agencement général des locaux et des postes de travail. Les différents points de vue sont confrontés pour converger vers des solutions au service des futurs marins. Lors d'expérimentations en situation, des ergonomes observent des utilisateurs pendant leur travail réel sur les navires ou sur des simulateurs de réalité virtuelle dans le but d'établir des constats objectifs et des recommandations de conception. La bonne prise en compte de ces recommandations est ensuite vérifiée et validée.

Réalité virtuelle : elle permet une immersion forte et partagée des utilisateurs et des concepteurs, tant pour la définition des espaces et des postes opérateurs que pour la description de l'activité humaine. Les locaux critiques de la frégate sont extraits du modèle 3D d'intégration, puis texturés et mis à l'échelle. Cela donne une très grande représentativité qui permet de vérifier les champs visuels ainsi que l'accessibilité aux commandes et aux matériels.



Le simulateur de formation SIMULNAV spécifiquement conçu pour le programme FREMM et qui sera remplacé par du matériel générique

Y a-t-il eu des impacts sur la formation des équipages ?

ND, CP, FPC : Le dispositif de formation des équipages a dû être adapté et il s'est inspiré de la navigation civile. Le premier niveau de formation assuré par l'École navale, tout comme les plateformes d'entraînement du collectif de la passerelle exploitée par ALFAN Toulon et Brest, repose désormais sur l'exploitation de simulateurs de navigation similaires à ceux conçus pour la navigation civile. Ces plateformes partagent les mêmes principes de simulation que ceux mis en œuvre par l'école nationale supérieure maritime à Marseille et au Havre, comme par exemple la prise en compte des vraies caractéristiques hydrodynamiques des bâtiments pour les manœuvres.

Preuve du succès de cette approche, le rapprochement avec les méthodes et principes utilisés dans le domaine civil va se poursuivre. Il est notamment prévu que le renouvellement et la modernisation des simulateurs de navigation de différentes entités de formation et d'entraînement de la

Marine s'appuient sur des matériels « sur étagère » grâce à des appels d'offres européens ouverts à toutes les entreprises susceptibles de proposer des solutions adaptées.

La dernière FREMM a été livrée en 2023. Quel bilan peut-on tirer aujourd'hui de la démarche retenue sur ce programme ?

OT : L'ajout des ailerons de passerelle, l'aménagement des plages de manœuvres et du « Central opérations » de FREMM sont des exemples réussis de conception centrée utilisateur. Comme cette démarche a été lancée suffisamment tôt, elle a permis de prendre en compte les besoins des marins tout en limitant les impacts sur les coûts et le planning de construction du produit.

ND, CP, FPC : C'est effectivement une réussite. Le résultat est aujourd'hui une conduite en passerelle gérée par trois marins de quart, une équipe comparable aux équipes de conduite de la Marine Marchande. Une révolution par rapport au plan d'armement des frégates d'ancienne génération.

Le retour d'expérience a-t-il confirmé les résultats des simulations ?

ND, CP, FPC : Malgré l'importante automatisation de la FREMM et l'optimisation des postes de commandement et de contrôle, l'exploitation de l'IBEO avait montré, pour certaines situations, un risque de surcharge pour certains rôles opérateurs avec l'objectif initial ambitieux de 108 membres d'équipage. Les premières missions des FREMM ont confirmé ce risque et ont conduit la Marine à rehausser l'effectif des équipages à 123-126 membres.

Aujourd'hui, le réajustement par rapport au plan d'armement initial se situe autour d'une quinzaine de personnes (109 membres plus une quinzaine pour le détachement aéronaval). Ce sont essentiellement les fonctions soutien qui ont été renforcées (logistique, maintenance, administration). De plus, le concept de « double équipage », sur le modèle de l'organisation des sous-marins, a été mis en place en 2019. Outre le gain opérationnel (il est estimé que 6 FREMM à double équipage équivalent à 8 FREMM à simple équipage), il permet aux marins, dans leur période à terre, de

poursuivre l'entraînement grâce aux plateformes de simulation et de se concentrer sur l'analyse du retour d'expérience et sur la préparation de la prochaine mission.

Pour les FDI (frigates de défense et d'intervention), la Marine a retenu l'hypothèse d'un équipage relativement similaire en volume (environ 110 membres hors détachement aéronaval). Elles sont certes plus petites (4500 tonnes versus 6500 tonnes pour FREMM) mais le nombre de fonctions à armer est équivalent à celui des FREMM.

Quels sont les enseignements pris en compte par les programmes suivants ?

OT : Les résultats obtenus dans le cadre des FREMM ont été repris pour la définition des FDI, actuellement en cours de construction. Les méthodes et outils d'analyse de l'activité des équipages mis au point sont toujours utilisés pour la conception des navires de combat, comme par exemple lors des phases d'avant-projet du porte-avions de nouvelle génération (PA-Ng).

Enfin, les moyens développés servent aussi à améliorer les processus de production et de maintenance des navires. Par exemple, les outils de réalité virtuelle permettent de préparer certaines opérations délicates : vérification de l'accessibilité des opérateurs pour l'assemblage ou la soudure de pièces, élaboration des processus de démontage et de cheminement de matériels volumineux... ☺



Représentation de l'activité en plage avant pour étudier le positionnement des opérateurs et des équipements © Naval Group

DGA Techniques navales est l'établissement de la DGA chargé d'apporter l'expertise et les moyens techniques nécessaires à la conduite des programmes d'armement du domaine naval. Nicolas Drogi, IGA, en est le directeur depuis septembre 2022 et Claire Penchenat, ICA, la sous-directrice technique depuis 2021. Mme Padlo-Carré, ICT, est l'architecte en charge des plates-formes de formation et d'entraînement de la Marine nationale.



Nicolas Drogi,
IGA, directeur de
DGA TN



Olivier Théret,
ICA, Naval Group

Olivier Théret, X92, Ingénieur en Chef de l'Armement, débute sa carrière à DCN à Brest sur les essais du porte-avions Charles de Gaulle. Il a ensuite évolué à Naval Group entre Brest, Lorient et Cherbourg sur des postes d'architecture et de programme. Il est coordinateur FH sur FREMM de 2005 à 2007. Depuis 2020, il est responsable de la qualification et de l'acceptation des frigates FDI.

L'HUMAIN, SEUL SYSTÈME QU'IL EST INTERDIT DE MODIFIER

CLÉ D'AMÉLIORATION POUR TOUS LES AUTRES

Par Denis Gouet, *Thales*

L'ingénieur « facteurs humains » est une compétence rare et pourtant cruciale pour bien prendre en compte les besoins pour concevoir les solutions. Curieusement, cette compétence semble mieux intégrée dans les grands systèmes de défense que dans les systèmes civils. Peut-être par l'engagement et le savoir-faire des opérationnels...

Lors de la catastrophe de Tchernobyl (1986), je faisais mon service national comme officier de permanence à la direction de la Sécurité civile. J'ai pu participer comme roboticien aux réflexions sur la gestion de ce type de crise.

Recruté ensuite par le CEA, j'ai collaboré aux recherches du Laboratoire de robotique et participé au sein de Thales à la mise en place du parc INTRA (Intervention robotique sur accidents).

En travaillant avec les ergonomes du Laboratoire de Robotique, j'ai découvert tout ce que les facteurs humains étaient susceptibles d'apporter à un ingénieur, et je me suis formé à l'ergonomie au CNAM.

Depuis, j'ai pu travailler sur des systèmes critiques, civils et militaires, dans des domaines très différents (supervision de processus continus, contrôle aérien civil, télé-opération, ...), où les compétences techniques couplées aux facteurs humains m'ont permis de jouer un rôle d'interprète passionnant :

- auprès des clients et de leurs utilisateurs, l'ingénierie des facteurs humains permettant la compréhension et l'expression de l'intégralité des besoins vers les équipes techniques ;
- en interface avec les ingénieurs, en apportant les connaissances techniques pour expliciter ces

besoins à mes collègues, puis exposer les solutions permettant de les satisfaire aux clients et utilisateurs.

L'Analyse de l'activité opérationnelle (AAO) est le seul moyen d'observer les activités et de comprendre les comportements réels des opérateurs, comportements physiques (déplacements, gestes, postures, regards) et processus mentaux (raisonnements, verbalisations). L'analyse de l'activité révèle, y compris aux opérateurs eux-mêmes, les logiques d'action et les connaissances mises en œuvre. Elle révèle également des contraintes manifestes (d'environnement, sociales, organisationnelles, etc.) qui donnent du sens aux logiques d'action. Elle rend plus accessible le savoir opératoire.

Lorsque l'Analyse de l'activité opérationnelle n'est pas faite, ou faite trop tard, les informations qu'elle aurait pu apporter arrivent, elles aussi, trop tard et cela peut remettre en cause les exigences, donc les spécifications et la conception du système. Le client lui-même découvre des éléments qu'il ne connaissait pas. C'est la raison pour laquelle une pré-étude est indispensable et doit inclure des AAO sur les systèmes existants pour assurer la complétude des exigences et faciliter l'analyse fonctionnelle ainsi que l'analyse de la valeur.

Dans les projets civils, je demandais systématiquement à accéder aux opérateurs sur leur lieu de travail, mais ma demande n'était pas toujours prise en compte. Dans le contrôle aérien civil, par contre, elle



Des capacités de franchissement pour le Jaguar

était toujours acceptée, ce n'est pas un hasard.

Dans l'industrie de défense, les sciences de l'homme ont toute leur place.

Sur un programme comme EBMR (Engin blindé multi rôle), pour le Jaguar par exemple, la DGA et la STAT (Section technique de l'Armée de terre) ont organisé un « Stage blindé de reconnaissance » sur le terrain de Mourmelon dans un AMX10RC durant quatre jours. Tous les ergonomes (de la DGA, de la STAT, et des trois industriels) ont occupé à tour de rôle les postes de chef et de tireur, recevant les ordres de leur mission par radio. Le pilote et le chef d'engin (assis à la place du chargeur), étaient membres de l'équipe de marque de la STAT. Cette démarche a permis à chacun d'entre nous d'appréhender une grande partie des activités de ces opérateurs. Le dernier jour, nous avons pu ainsi interroger des cavaliers du 3^e Régiment de hussards de Metz en bénéficiant d'une véritable connaissance de leurs activités.

Pour résumer, je connais très peu de projets où je n'ai pas eu la possibilité d'aller sur le terrain en travaillant de concert avec les ergonomes de la DGA, de la STAT et des industriels cotraitants.

L'analyse de l'activité opérationnelle est une mission passionnante qui demande une préparation importante aboutissant à la rédaction d'un protocole dans lequel tous les moyens doivent être décrits et toutes les autorisations demandées. Ce n'est que grâce à ce protocole que la DGA peut répondre à l'ensemble des demandes, à condition que les objectifs visés soient parfaitement détaillés de manière à justifier chaque demande.

Sur le terrain, une fois convaincus que vous êtes leur porte-parole,

les opérateurs font preuve d'une grande bienveillance et facilitent toujours votre travail. Suite au recueil des données, par les méthodes et les moyens adaptés à chaque contexte, le format du rapport est essentiel pour amener mes collègues à l'exploiter et leur présenter tous les éléments qui l'accompagnent : photos, vidéos et explications complémentaires. Dans mes rapports d'AAO, j'inclus des recommandations (qui s'appuient sur des principes ergonomiques), des remarques (manière d'indexer certaines informations), des questions (à destination de toutes les parties prenantes) et des demandes (issues des utilisateurs, sans qu'elles soient des recommandations). Ces éléments sont ensuite répertoriés et intégrés dans une matrice de traçabilité pour assurer leur prise en compte.

Pour l'étape de conception, j'utilise très fréquemment le maquettage dynamique, que ce soit pour des interfaces informatiques ou pour une face avant de baie. Les maquettes dynamiques ont l'avantage de permettre à toutes les parties prenantes de manipuler et donc de comprendre en détail le fonctionnement du système. Pour le programme EBMR, elles ont été aussi utiles lors des groupes de travail que dans les maquettes physiques. Animées à distance, elles ont permis d'immerger les évaluateurs de l'équipe de marque dans un contexte réaliste. Je me sers d'un manuel utilisateur au plus tôt pour évaluer la solution maquettée ; dès que la maquette devient représentative, j'en rédige le manuel ; si cette rédaction pose problème, c'est que l'IHM est mal conçue, donc je la reprends. Cette maquette et le manuel utilisateur deviennent ensuite les points d'entrée du développement.

Sur des produits comme la caméra Sophie ou le drone Spy'Ranger, ce sont aussi nos conseillers



Un AMX 10 RC en manœuvre

opérationnels qui apportent leur expertise ; le nombre et les compétences de ces militaires sont une immense richesse pour le groupe Thales.

J'ai eu la chance de travailler au sein de deux grands groupes œuvrant autant dans le civil que dans la défense. Mais entre ces deux domaines j'ai fait mon choix et, à la fin de ma carrière, je compte bien rejoindre la réserve opérationnelle comme retraité de la réserve armement.

Pour conclure, voici mes citations préférées, écrites par deux grands hommes ayant servi leurs pays et l'armement :

- La perfection est atteinte, non pas quand il n'y a plus rien à ajouter, mais quand il n'y a plus rien à retirer (Antoine de Saint-Exupéry) ;
- La simplicité est la sophistication suprême (Leonardo da Vinci). ☺



Denis Gouet,
Thales

Ingénieur Système spécialiste « facteurs humains », Activités Systèmes d'information et de communication sécurisés, Thales.

Après 8 années au CEA comme roboticien, Denis Gouet a rejoint le groupe Thales en 1994 comme chef de projet, puis responsable qualité et aujourd'hui responsable facteur humain. Il intervient dans les domaines civils (supervision, transport, contrôle aérien) et militaires (systèmes terrestres, optronique, simulateurs, drones).

L'ÉVOLUTION DES INTERFACES DE PILOTAGE POUR HÉLICOPTÈRES

Y A-T-IL UN PILOTE (AUTOMATIQUE) À BORD ?

Par Aurélien Girard, ICA

Depuis les débuts de l'hélicoptère, de multiples adaptations ont peu à peu déchargé l'humain des tâches élémentaires afin de l'assister dans ses actions à plus haute valeur ajoutée, du secours en montagne à la lutte anti-sous-marine. La machine est-elle en passe de remplacer le pilote ?

La tâche imposée à l'équipage d'un hélicoptère est particulièrement complexe. Elle réside dans la charge de pilotage due à l'instabilité et aux couplages naturels de la machine, comme dans la quantité de paramètres de vol et de fonctionnement à surveiller.

Des études approfondies, s'appuyant sur la simulation pilotée, ont été menées pour réduire la charge de travail de l'équipage. Elles ont abouti aux architectures « glass cockpit » des années 1990 encore en service aujourd'hui : écrans multi-fonctions avec commandes centralisées. Sur le Tigre et le Caïman, les visualisations « tête haute » (viseurs de casque) offrent une meilleure perception de l'environnement, en affichant les informations de vol et de mission directement dans le champ de vision.

D'abord une assistance au pilotage

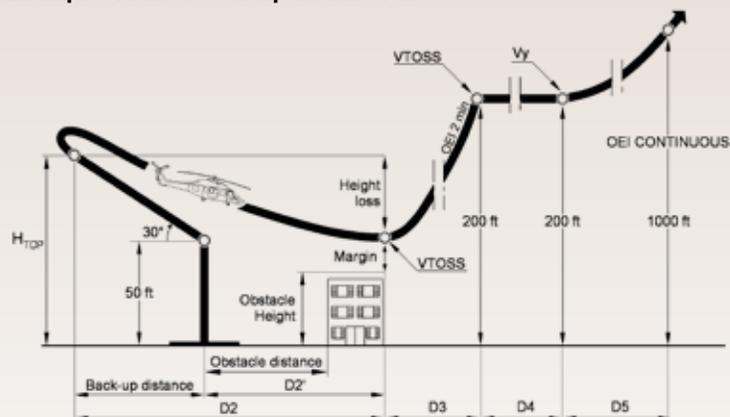
Succédant aux dispositifs élémentaires d'aide au pilotage apparus dès les années 1970 (stabilisation, régulation moteur, maintien de paramètres de vol), les systèmes d'assistance sont devenus plus performants mais aussi plus fiables (auto-surveillance et redondance). Ils réalisent des trajectoires évoluées ainsi que la transition automatique entre différentes phases de vol : navigation, approche, stationnaire.

Une intervention humaine n'est plus nécessaire qu'en cas de défaillance multiple.

Tout en augmentant le niveau de sécurité, ces évolutions ont rendu possible le travail en équipage à deux dans les conditions les plus difficiles (mauvaise visibilité, faible

luminosité, turbulences). Assisté dans les actions élémentaires, le pilote peut assurer seul la conduite du vol dans son ensemble, ainsi que l'auto-protection de l'appareil ; le co-pilote se charge de la gestion de la situation tactique et du système d'armes, ne prenant le relais du pilote qu'en dernier recours.

Exemple du mode « Helipad Take Off »



L'objectif est ici d'effectuer un décollage à partir d'un « helipad » proche d'un obstacle. L'équipage configure au préalable le type de décollage souhaité. Le mode automatique est armé à la mise en stationnaire au sol, puis activé sur commande pilote. Le système élabore les portions de trajectoire selon les performances estimées : montée verticale de 50 pieds puis vers l'arrière pour conserver la vue sur l'héliport jusqu'au point de décision (TDP). En cas de panne moteur avant ce point l'appareil est ramené automatiquement vers l'héliport. À partir du TDP, le système passe en mode décollage. En cas de panne moteur, il accélère jusqu'à la vitesse (*Take Off Safety Speed*) qui garantit une trajectoire de montée à la puissance mono-moteur (*One Engine Inoperative*) maximale limitée à 2 min. Dès la hauteur de 200 pieds atteinte, le mode accélère jusqu'à la vitesse de montée optimale V_y à la puissance OEI continue.

Automatiser les phases de vol

La plus récente génération d'appareils, dotés par exemple de l'avionique modulaire Helionix (Airbus), vise à maximiser la « conscience de la situation » : visualisation des paramètres classiques de vol avec une représentation synthétique du terrain environnant, alertes de proximité du relief, des obstacles ou d'autres aéronefs. Les assistances au pilotage peuvent réaliser des trajectoires complexes, comme l'évitement des abordages ou plus récemment la gestion de panne moteur au décollage.

Dans ces phases de vol automatique, le rôle du pilote se limite à la supervision du système : il n'intervient plus qu'en état très dégradé imposant le pilotage manuel et attentif. Dans ce cas, une aide à la stabilisation reste toujours active pour modérer sa charge de travail. Ces évolutions ont conduit à la généralisation du vol mono-pilote dans les opérations civiles.

Vers une révolution du concept de pilotage ?

La réglementation repose pourtant encore sur le même principe qu'il y a 40 ans : l'appareil doit rester contrôlable sans assistance dans l'ensemble de son domaine de vol. Les paramètres essentiels de pilotage sont par conséquent toujours affichés, et malgré leurs progrès constants, les systèmes d'assistance conservent leur caractère facultatif. Cela s'explique principalement par leur fiabilité insuffisante, limitée par les coûts et



Cockpit de NH90 Caïman (© Marine Nationale, 2020)

par l'intégration à bord (masse et volume).

Depuis 2010 des recherches ont été menées pour intégrer des lois dites « par objectifs » et des interfaces simplifiées, dans une architecture issue des commandes de vol électriques développées pour le Caïman. Le principe est de garantir pendant tout le vol un niveau d'assistance constant, même dans les états les plus dégradés. Cela consiste à convertir des actions simples de l'opérateur en ordres de pilotage évolués, jusqu'au vol totalement autonome. Les visualisations peuvent se limiter aux informations relatives à la navigation : la traditionnelle boule laisse enfin sa place à une carte numérique au centre d'un seul grand écran multi-fonctions. Les moyens de commande sont allégés : mini-manches et écran tactile. L'opérateur n'est alerté qu'en cas de défaillance impliquant

une modification des objectifs du vol (dans le pire des cas, déroutement vers le terrain le plus proche). Ce nouveau concept de pilotage, évalué en vol en 2023, pourrait être étendu à une partie de la gamme civile et militaire, à commencer par le Caïman (Block 2).

Le pilote serait alors déchargé de son rôle traditionnel au profit des tâches de planification, d'analyse et de prise de décision, dans lesquelles la compétence humaine prend toute sa mesure. La mise au point de ce « pilote artificiel » devra s'appuyer largement sur l'expérience accumulée par les pilotes humains. Ce sera l'enjeu majeur d'un tel développement et des essais en vol qui l'accompagneront. ☺



Cockpit de SA330 Puma (© Airbus Helicopters, 1996)



Essais en vol de « lois par objectif » sur H130 « Flight Lab »



Aurélien Girard,
ICA

Architecte de simulation hélicoptère puis responsable d'essais de qualification de systèmes embarqués au Centre d'Essais en Vol (Istres).
Ingénieur recherche & développement « assistance au pilotage », Airbus Helicopters

MAN MACHINE TEAMING

INITIATIVE POUR L'AVIATION DE COMBAT

Par Vincent Sol, ICA

Un avion de combat n'emporte qu'un ou deux membres d'équipage, avec ses capacités cognitives qui ne devraient pas changer dans le futur. Les facteurs humains restent la plus grande source d'accident en aéronautique. Face à l'augmentation des informations à assimiler *par l'équipage* en cours de mission, et en dépit de l'aide apportée par intelligence artificielle, des évolutions du cockpit sont indispensables. Retour sur l'initiative Man Machine Teaming lancée par la DGA en 2018.

Petite histoire du cockpit des avions de combat

Les tous premiers avions n'avaient pas de cockpit. Tout se faisait en regardant dehors, et ce fut encore la priorité lorsque les premiers instruments de mesure sont arrivés pour afficher des informations liées à la conduite de la machine : vitesse par rapport à l'air, état du moteur... Puis sont arrivés les premiers instruments pour naviguer et s'orienter, y compris par mauvaises conditions météorologiques (compas, conservateur de cap, horizon artificiel...) et les radios pour communiquer. Ensuite la tendance s'est poursuivie en rajoutant un boîtier dans le cockpit à l'arrivée de chaque nouvelle fonction, chaque boîtier venant avec son lot de lampes ou cadrans gradués avec des aiguilles, et boutons de commande associés.

Dans le cockpit étriqué d'un avion de combat qui comporte de nombreux systèmes (radar, armement, guerre électronique, optronique...), la planche de bord s'est rapidement apparentée à un puzzle très complexe. Difficile alors pour les équipages d'arriver à garder du recul pour gérer la mission tout en maîtrisant leur machine, et que dire en cas de situation dégradée (panne, météo capricieuse...) ! Le début de l'histoire des cockpits, c'est donc un empilement des couches de « progrès ».

Les progrès technologiques ont continué mais heureusement la tendance s'est inversée, en commençant sur le Mirage 2000 et plus encore dans le cockpit du Rafale. En centralisant sur un seul calculateur l'ensemble des données, et en développant des écrans multifonctions, on peut maintenant afficher aux équipages l'information pertinente au bon moment et au bon endroit. Avec l'ensemble des automatisations présentes, la quasi-totalité de la charge cognitive d'un équipage peut désormais se concentrer sur la mission.

LA QUANTITÉ DE FERRAILLE NE VA PAS BAISSER, L'INFORMATION NON PLUS

Quelles informations pour demain ?

On n'arrête pas le progrès, et l'enjeu à venir est de traiter l'augmentation exponentielle du nombre d'informations. Les capteurs fournissent de plus en plus de données, les acteurs sont reliés par des tuyaux de communication plus nombreux et plus gros... La fusion des informations est vitale, mais les situations tactiques pourraient aussi se complexifier. Par exemple avec l'arrivée en plus grand nombre de nouveaux acteurs, dont les porteurs



DEWOITINE 520 cr,dit www.aerovfr.com

non habités, incluant des armements (liaisons avions missiles), et demain en essaim des drones ou des « remote carriers ». La quantité de « ferraille » en l'air ou au sol ne devrait pas baisser, la somme d'informations tactiques échangées non plus, et il faut aussi penser que le même équipage devra commander les porteurs autonomes de son dispositif depuis son cockpit.

Comment adapter les cockpits à l'arrivée de l'IA : l'initiative MMT.

C'est face à ce constat qu'a été lancée l'initiative MMT, Man Machine Teaming, pour dépasser le concept d'interface homme machine (IHM) et s'orienter vers un concept de travail en équipe. Cette étude a été imaginée en observant l'ensemble des progrès de l'intelligence artificielle, et en se posant la question de ce qu'elle pourrait apporter à l'aviation de combat. Elle a aussi été mise au point au moment où le projet FCAS de drone de combat franco-britannique avançait à pleine vitesse pour proposer une première capacité dès la décennie actuelle.

Ainsi l'idée a été d'identifier les technologies d'IA susceptibles d'apporter une plus-value opérationnelle. Cela concerne l'avion piloté, mais également ses capteurs et les drones. Une partie des travaux a consisté à associer des start-up, PME et laboratoires, aux grands industriels de défense, Dassault Aviation et Thales, pour identifier les technologies les plus prometteuses. Les thèmes explorés étaient les suivants :

- Assistant virtuel & cockpit intelligent ;
- Interactions homme-machine ;
- Gestion de mission ;
- Capteurs intelligents ;
- Services capteurs ;
- Soutien & maintenance robotisés.

Je ne m'attarderai pas sur les chiffres ou les sociétés impliquées dans cette étude dans le cadre de ce magazine, tout cela est disponible sur internet. Je préfère n'en retenir qu'une synthèse : l'IA doit permettre dans le futur d'améliorer les performances des capteurs et de la maintenance, d'identifier l'état physique et cognitif de l'équipage (niveau de fatigue et de concentration par exemple). Elle devrait aussi faire une synthèse et une interprétation de la situation tactique et proposer une optimisation de la suite de la mission, en incluant l'ensemble du dispositif (avions pilotés ou non). Au niveau des interfaces à proprement parler avec les équipages, on s'oriente toujours vers des écrans et un viseur de casque (avec plus ou moins de réalité augmentée voire virtuelle), mais également de la commande vocale ou des moyens haptiques. **Le principal enjeu** ne sera pas de développer le « hardware » d'interaction, mais de **présenter une information explicable et compréhensible à l'équipage.**

Un défi : le passage à l'échelle.

Le projet FCAS franco-britannique n'aura finalement pas vu le jour, et le calendrier du SCAF



MMT cockpit Dassault – QR code vers table ronde FID

hispano-germano-français laisse un peu plus le temps avant de voir un nouveau porteur opérationnel avec un cockpit fait à partir d'une feuille blanche. Tous les résultats seront néanmoins utiles pour définir le cockpit de demain, dont celui du futur avion de combat, et les technologies déjà à l'étude aujourd'hui comme celles qui le seront dans le futur pour gagner en maturité.

ASSOCIER START-UP PME ET LABORATOIRES AUX GRANDS INDUSTRIELS POUR IDENTIFIER DES TECHNOLOGIES

Cependant, il ne faut pas oublier que le Rafale continue d'évoluer pour s'adapter aux besoins des forces. Pour rajouter des nouvelles fonctions, il faut aussi rajouter des capacités de traitement de données et donc du hardware, ce qui n'est pas un « sport de masse » dans un avion de combat. Si un changement complet du cockpit n'est pas à l'ordre du jour, le standard F4 permettra le changement des écrans latéraux, le rajout d'un viseur de casque, mais aussi une

extension du calculateur suffisamment autonome pour ne pas perturber le cœur de l'avionique, et avec des capacités de calcul augmentées pour accueillir de façon très réactive des fonctionnalités nouvelles. Le standard F4 devrait aussi apporter les capacités de maintenance prédictive.

En conclusion, nombreux sont les progrès technologiques à avoir trouvé leur place dans les cockpits d'avions de combat. Mais bien appréhender leur utilité, leurs contraintes, et surtout les risques associés demande une approche raisonnée, sans toutefois tuer l'innovation. C'est aussi le cas pour l'intelligence artificielle qui sera certainement le moteur d'évolution principal des cockpits de nos futurs avions de combat. 📧



Vincent Sol,
ICA

Vincent Sol a commencé sa carrière dans l'aéronautique qu'il a connue depuis tous les points de vue possibles : essais en vol, direction technique, direction des opérations, innovation et industriel. Il est maintenant en charge du suivi de la BITD des domaines numérique, électronique, terrestre et naval à la future Direction de l'Industrie de Défense de la DGA.

VERS L'OPÉRATEUR SUPERVISEUR

Par Christophe Ramaen, ICETA et Laurence Kujawa, Nexter

La conception centrée utilisateur est intégrée dans le processus de conception de Nexter / KNDS depuis plus de 60 ans. Aujourd'hui, nous faisons évoluer nos pratiques pour relever les défis en matière d'intégration de technologies innovantes impactant les futures Interactions et Interfaces Humains-Systèmes (IHS) dans les systèmes militaires terrestres de demain.

Le facteur humain, une compétence ancrée chez Nexter / KNDS

Depuis les années 1960, Nexter / KNDS, a mis l'accent sur la prise en compte des besoins utilisateurs dans la conception des systèmes militaires. En abordant dans un premier temps les aspects physiques et physiologiques de l'humain, les travaux menés se sont tout d'abord axés sur la conception des sièges de véhicules blindés. Depuis les années 1990, Nexter / KNDS s'est doté de compétences en ergonomie cognitive afin d'appréhender l'humain dans toute sa complexité, qu'elle soit physique, biomécanique, psychologique ou cognitive.

Pour positionner l'humain au cœur de la conception de ses systèmes, Nexter / KNDS associe à son

processus d'ingénierie la démarche de conception centrée utilisateur spécifiée dans la norme ISO 9241-210 : des outils et méthodes spécifiques permettant d'intégrer les futurs utilisateurs dès l'amont du projet.

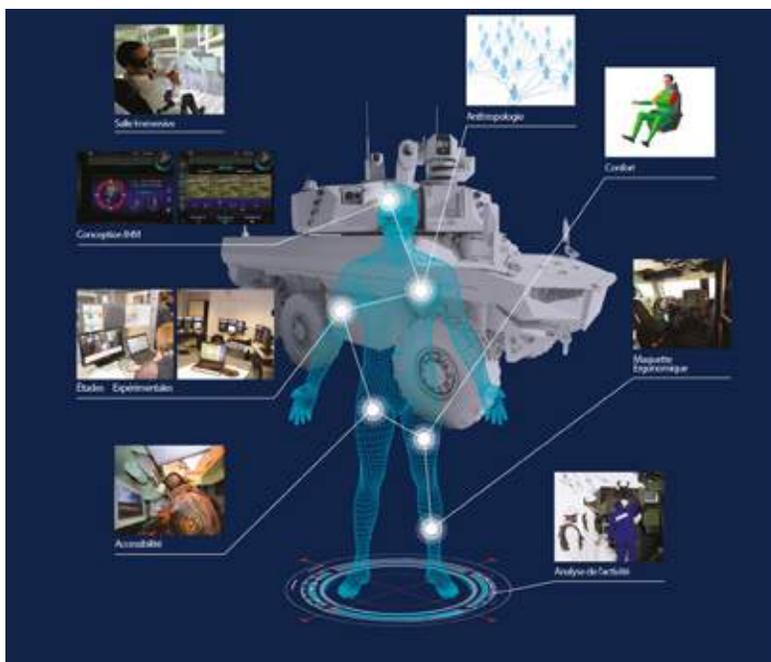
Le rôle des ergonomes, spécialistes Facteur Humain

Tout au long du cycle de conception, les spécialistes facteur humain de Nexter / KNDS garantissent la bonne prise en compte des besoins utilisateurs. Ils ont un rôle de médiation entre le monde de l'ingénieur, le monde des opérationnels et le client étatique. Ils sont porteurs des données scientifiques relatives à l'humain. Ils sont les garants de la bonne adéquation des systèmes conçus aux besoins opérationnels et ont pour mission de

partager aux équipes d'architecture la connaissance de l'activité réelle en milieu opérationnel. Pour cela, l'interaction entre l'ergonome et les futurs utilisateurs des matériels est fondamentale.

Dès les phases de choix et de spécification des concepts, les spécialistes facteur humain de Nexter / KNDS favorisent la conception collaborative avec les futurs utilisateurs par l'utilisation d'outils comme :

- ONOTECH, un outil de virtualité augmentée permettant de converger sur l'ergonomie des postes opérateurs en matière de positionnement et d'accessibilité physique et visuelle des équipements.
- Les maquettes échelle 1 permettant de vérifier les premières orientations en matière d'architecture biomécanique des postes opérateurs.
- Les maquettes IHM, un outil d'aide à la spécification des interfaces humain-machine permettant de valider les principes graphiques, les allocations fonctionnelles et les architectures IHM pressenties.
- La plateforme d'évaluation des usages, un outil support des tests utilisateurs menés sur les maquettes IHM et les maquettes échelle 1. Cet outil permet de recueillir des données quantitatives et qualitatives par la collecte d'éléments divers tels que les comportements observés, les échanges verbaux ou les stratégies oculaires des futurs utilisateurs.



L'humain au cœur de la conception



Les outils de l'ergonome

Une évolution nécessaire de la conception centrée utilisateur

L'introduction en contexte opérationnel militaire de nouveaux besoins capacitaires et d'innovations technologiques issues des champs de l'IA et de la robotique va entraîner des mutations profondes. Les principes de la conception centrée utilisateurs doivent être appliqués dès les phases amont de prospection des futurs programmes afin, d'une part de garantir l'optimisation de la performance du couple humain-système et d'autre part, de favoriser l'acceptation, par les futurs utilisateurs, de ces évolutions.

Les travaux menés actuellement par les spécialistes facteur humain de Nexter / KNDS ont pour objectif de préparer ces évolutions pressenties pour les systèmes blindés du futur dans lesquelles « l'opérateur-acteur » deviendra progressivement un « opérateur-superviseur ».

L'« opérateur-acteur » deviendra progressivement un « opérateur-superviseur »

C'est bien la difficulté que doit anticiper l'expertise en ergonomie / facteur humain : comment intégrer des utilisateurs actuels dans la conception de ces futurs systèmes, alors même qu'ils ne connaissent pas leur future activité et qu'ils ont

des difficultés à se projeter sur l'usage qu'ils feront des futures technologies ?

L'approche classique en ergonomie de conception ne suffit plus. Nexter / KNDS cherche donc à se doter d'une nouvelle méthodologie de conception ergonomique applicable en ergonomie prospective, qui vise à anticiper les retombées de l'IA et de la robotique sur l'activité des opérationnels dans le secteur défense.

Nous avançons sur trois axes majeurs de recherche :

- 1/ Mesurer la qualité de projection des utilisateurs dans une activité future probable.
- 2/ Examiner la relation entre la qualité de projection et la créativité des solutions de conception produites.
- 3/ Proposer une méthodologie pour structurer l'anticipation des usages en conception innovante.

Aujourd'hui, tout semble montrer que l'humain restera un acteur principal dans cette course à la technologie. Ses activités seront transformées, ses habitudes seront modifiées, ses outils de travail seront profondément remaniés, mais il restera un élément décisionnaire majeur.

- Pour les experts du facteur humain, il faudra faire en sorte que l'introduction des technologies émergentes ne se fasse pas aux dépens de la performance et de la sécurité des opérateurs. Des thématiques nouvelles à prendre en compte comme :
- S'assurer de maintenir l'humain dans les prises de décision aidées par l'IA, notamment en matière de commandement,
 - Identifier le rôle des utilisateurs dans les nouvelles activités de supervision, induites par le développement de l'autonomie des systèmes,
 - Identifier les processus cognitifs mis en jeu dans le traitement d'un grand volume d'informations,
 - Chercher à prédire et estimer la charge de travail (physique et cognitive) des utilisateurs dans leurs futures activités, afin de s'assurer de leur capacité à réaliser leurs missions avec efficacité. 🗨️



Christophe Ramaen,
ICETA Nexter

Après avoir occupé plusieurs fonctions techniques, de management et de stratégie dans le domaine Terrestre à la DGA, Christophe Ramaen est désormais Directeur de l'Ingénierie et de l'Innovation de Nexter Société de KNDS.



Laurence Kujawa,
Experte Internationale en Ergonomie

Titulaire d'un DESS en Ergonomie et processus cognitifs complexes, Laurence Kujawa est, depuis 30 ans, responsable chez Nexter / KNDS de la bonne prise en compte du facteur humain dans les programmes de conception de systèmes militaires. À ce titre, elle étudie notamment l'intégration des nouvelles technologies et de nouveaux modes d'interaction humain-machine dans les futurs systèmes.

SOPHISTICATION DES ÉQUIPEMENTS DU FANTASSIN

LE DANGER DE LA SURCHARGE COGNITIVE

Par le Professeur Françoise Darses, Alexis Remigereau ASP (doctorant) et Julie Albentosa (PhD)

Jusqu'à quel point la sophistication technologique des équipements et des systèmes d'armes est-elle gage de performance et de sécurité ? On peut craindre que la multiplication des fonctions multimodales de ces équipements, conjuguée à la complexité de traitement des situations multitâches qui caractérise la plupart des opérations militaires, conduisent à une surcharge cognitive. La performance serait dégradée, au lieu d'être améliorée, nuisant aussi à la sécurité du combattant.

Toutes les armées s'accordent à dire que la problématique de la charge cognitive – et de la potentielle bascule vers la surcharge – constitue un défi contemporain majeur pour les forces, du fait de la sophistication technologique grandissante des équipements et des systèmes d'armes. C'est notamment le cas des nouveaux équipements des fantassins débarqués dans le cadre du programme SCORPION qui comportent des fonctions multimodales fournissant simultanément des informations visuelles et auditives, certes puissantes mais potentiellement concurrentes sur le plan du traitement cognitif. La charge cognitive engendrée par l'utilisation de ces équipements complexifiera le traitement des tâches opérationnelles que les soldats doivent mener simultanément. On se trouve donc devant un paradoxe : alors que les équipements multimodaux s'inscrivent dans un objectif

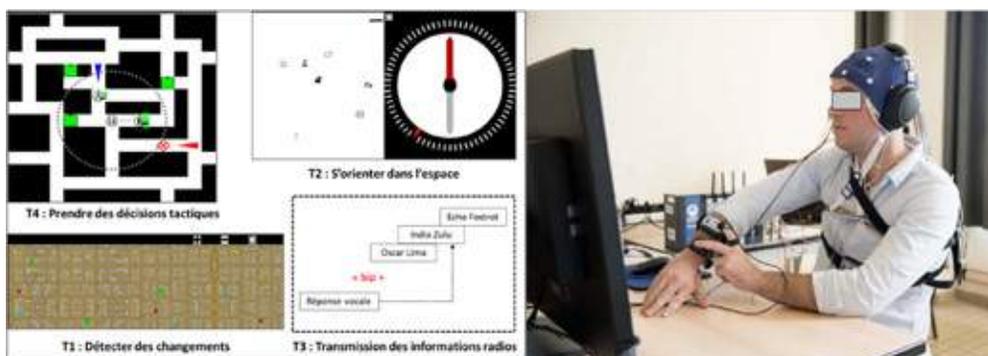
d'amélioration de la performance du soldat, ils pourraient engendrer un dépassement de ressources cognitives, mettant les individus dans l'incapacité d'agir en sécurité.

L'analyse psycho-ergonomique permet d'identifier les mécanismes cognitifs qui doivent être pris en considération dans de telles situations et, *in fine*, d'établir des recommandations de conception des futurs équipements qui garantiront à la fois la performance et le maintien de la sécurité en opération. Mais comment mesurer la dégradation des performances induite par l'accroissement de la charge cognitive des opérateurs ? Il est en effet difficile de recueillir les données sur le terrain. De nombreuses contraintes environnementales empêchent de déployer les instruments de mesure pertinents (captation vidéo, enregistrements oculométriques ou physiologiques...) pour inférer

les traitements cognitifs. Cet obstacle nécessite de concevoir des « micromondes », environnements de tâches simulées reproduisant les spécificités cognitives des conditions d'exercice d'une situation d'action sur le terrain.

Conception du micromonde simplifié SMES (Simulated MultiTask Environment for the Squad Leader)

SMES est un environnement multitâche simplifié, sur ordinateur. Le participant, chef de groupe, y exécute quatre tâches « métier » représentatives de l'activité réelle de fantassins débarqués : détection de changement dans l'environnement, orientation spatiale, transmission d'informations mémorisées et prise de décision tactique, faisant appel à différentes modalités de perception, de traitement et de réponse. Afin de contrôler expérimentalement ces tâches, chacune a été transposée



SMES (Simulated MultiTask Environment for the Squad Leader). À gauche, les quatre tâches présentées simultanément. À droite, un chef de groupe en session expérimentale

Modalité de la tâche secondaire	TÂCHE PRINCIPALE			
	DOUBLE-TÂCHE		TRIPLE-TÂCHE	
	UNIMODALE Visuel/Visuel T4 + T2	MULTIMODALE Visuel/Auditif T4 + T3	UNIMODALE Visuel/Visuel/Visuel T4 + T1 + T2	MULTIMODALE Visuel/Visuel/Auditif T4 + T1 + T3
Visuelle	[A]	[C]	[B]	[C]
Auditive	[A]	[D]	[D]	[D]
Tactile	[A]	[E]	[C]	[E]

Vert : charge faible – Orange : charge élevée – Rouge : charge très élevée

Variation de la charge cognitive globale mesurée avec le SMES, selon la complexité de la situation multitâche et la modalité des tâches

en une tâche standardisée possédant les mêmes caractéristiques en termes de traitement cognitif. Le participant exécute – successivement ou simultanément – ces quatre tâches.

Révéler les concurrences entre modalités perceptives selon la nature et le nombre de tâches composant la situation multitâche

La situation multitâche, composée de plusieurs tâches conjointes, était, soit unimodale (quand les tâches étaient de même modalité de présentation), soit multimodale (modalités différentes). Le but était de révéler les possibles concurrences entre modalités perceptives (visuelle, auditive ou tactile) en fonction du nombre de tâches composant la situation multitâche (deux ou trois). On a rajouté une tâche secondaire qui consistait à détecter un signal pouvant être visuel (lumineux), auditif (un bip) ou tactile (une vibration). Cette tâche secondaire, bien que simple dans notre protocole expérimental, peut être assimilée aux informations perceptives qu'un équipement émettrait et que le chef de groupe devrait traiter simultanément à la situation opérationnelle multitâche.

Le tableau suivant synthétise la variation de la charge cognitive globale, d'un niveau faible à un niveau élevé, mesurée via plusieurs dimensions subjectives, physiologiques et de performance, auprès de 41 chefs de groupe.

On constate ([A]) que la situation « double-tâche unimodale » génère peu de charge cognitive, quelle que soit la modalité de la tâche secondaire. Mais ce bénéfice unimodal disparaît quand quatre tâches visuelles doivent être simultanément traitées [B], ce qui augmente significativement la charge. Cette concurrence diminue dans certaines associations multimodales [C]. On note que le traitement de situations multitâches, associé à l'exécution d'une tâche secondaire auditive, est générateur d'une charge cognitive très élevée [D]. On peut donc prédire qu'une information auditive provenant d'un équipement (par ex., un signal d'alerte) ne serait pas efficace. Il serait préférable d'utiliser un signal visuel. On constate que la présentation simultanée des trois modalités tactile/visuelle/auditive [E] induit une concurrence qui augmente le niveau de charge cognitive globale.

Vers un micromonde immersif : le SMES+

Sur la base du SMES, en étroite collaboration avec l'EMAT et le laboratoire interdisciplinaire des sciences du numérique du CNRS, nous avons architecturé un micromonde immersif dans lequel les quatre tâches ont été transposées en réalité virtuelle, en reproduisant les interactions naturelles et multi-sensori-motrices. Ce micromonde, à l'instar du SMES, permet d'appréhender l'effet de la concurrence entre les modalités perceptives incluses dans la situation multitâche principale et d'une tâche

secondaire. Le SMES+ permet une appréhension plus naturelle de l'environnement par le fantassin.

Ainsi, l'IRBA dispose aujourd'hui d'un environnement numérique simulé (« micromonde ») efficace pour mesurer les variations de la charge cognitive du chef de groupe débarqué en fonction des tâches réalisées. Le développement en cours d'un micromonde plus évolué « SMES+ » vise à améliorer encore les capacités d'évaluation de la charge cognitive du fantassin, afin de maîtriser les risques de surcharge liés à des équipements de plus en plus sophistiqués. ☺



Alexis
Remigereau
ASP (doctorant)



Julie Albertosa
PhD



Françoise Darses

Françoise Darses, anciennement en poste à l'université Paris Saclay, a rejoint le Service de santé des armées en 2011 où elle dirige le département Neurosciences et Sciences cognitives (NSCo). Psychologue cognitive, elle est spécialiste de la résolution de problème en situation critique. Julie Albertosa est chercheur dans l'unité Ergonomie cognitive des situations opérationnelles /NSCo et spécialiste de la charge mentale. Alexis Remigereau est doctorant à Paris Saclay et volontaire du SSA.

ÉLECTROENCÉPHALOGRAMME RETOUR VERS LE FUTUR ?

UNE MESURE DE LA CHARGE COGNITIVE PAR EEG BIENTÔT SUR LE TERRAIN

Par Christian Berthomier, CEO Physip

L'utilisation d'un électroencéphalogramme (EEG) exploitable date du début du XX^e siècle. Depuis, l'EEG est devenu une des modalités de référence en neurologie et en neurosciences, à côté d'autres modalités de mesure de l'activité cérébrale comme par exemple l'imagerie par résonance magnétique.

Activité cérébrale, l'EEG parmi d'autres modalités

L'électroencéphalogramme (EEG), exploitable depuis le début du XX^e siècle est une modalité de référence en neurologie. L'EEG se caractérise par un faible encombrement, un faible coût et une relative facilité de mise en oeuvre, ainsi que par une excellente résolution temporelle, de l'ordre de la milliseconde, contrebalancée par une faible résolution spatiale. Difficile de mesurer directement en EEG ce qui se passe au milieu du cerveau, si l'on écarte les électrodes de profondeur.

Cette relative simplicité d'utilisation participe à faire de l'EEG une source importante de fantasmes : est-ce qu'on pourra lire dans les pensées voire les manipuler ? Décrypter les rêves ? Piloter un avion par la pensée ?

Plus sérieusement l'évolution des capteurs permet aujourd'hui leur utilisation sur un sujet en mouvement voire lors d'activités sportives. Des travaux innovants sur l'EEG sans contact sont en cours, l'objectif étant l'acquisition jusqu'à quelques dizaines de centimètres, comme c'est déjà le cas pour l'électrocardiogramme (ECG).

L'EEG, pour quoi faire ?

En conditions contrôlées, on a aujourd'hui mesuré l'EEG dans la plupart des situations, en commençant quand le sujet est immobile



Type d'expérimentation « extrême », rendue possible avec l'arrivée des capteurs actifs à gel.

par le sommeil et la méditation, mais également quand il réalise des tâches cognitives, joue de la musique, pratique un sport comme la course, pilote des voitures ou des avions.

Des questions pour l'EEG :

- Où en est le sujet ?
- Est ce qu'il est encore en mesure d'accomplir sa tâche ?
- Est-ce qu'il va s'endormir ?
- Est-ce qu'il est débordé ?
- Est-ce qu'il est concentré sur sa tâche ?
- Est-ce qu'il a entendu et pris en compte ce signal d'alerte ?

Des questionnaires d'auto-évaluation peuvent fournir certaines réponses mais ils pâtissent de considérations sociales pouvant biaiser cette réponse : « ça ne se fait pas » de dire qu'on est fatigué, qu'on nous en demande trop ou

qu'on n'y arrivera pas. Des procédures pour contrôler ces biais peuvent être mises en place mais la capacité d'adaptation des sujets fragilise cette contre-mesure : dans le domaine ferroviaire, le conducteur devait actionner régulièrement un dispositif de l'homme mort pour prouver qu'il ne dort pas. Il a été prouvé par EEG que les conducteurs peuvent dormir tout en actionnant le dispositif comme attendu. La difficulté à s'auto-évaluer dans certains cas est un autre désavantage des questionnaires. Prenons les conséquences d'une privation de sommeil : on sait qu'il en résulte des troubles de l'humeur, a minima de l'irritabilité, ou encore une détérioration du jugement pouvant favoriser la prise de risques.

Avantages et inconvénients

Parmi les avantages de l'EEG dans le domaine des facteurs humains,



Expérimentation de monitoring de charge cognitive à l'école de cavalerie de Saumur. Enregistrement multimodalités et multi-capteurs EEG. L'objectif était d'arriver à un algorithme n'utilisant qu'un signal d'EEG (2 capteurs).

Il y a la précocité de la manifestation des phénomènes. Ainsi pour un sujet somnolent, les marqueurs EEG de somnolence sont mesurables avant d'en observer des effets tels que le clignement des yeux. Autre avantage, les marqueurs EEG ont une certaine spécificité, alors qu'il peut être délicat de remonter d'une mesure à une cause pour d'autres modalités moins spécifiques.

Jusqu'à aujourd'hui, le principal désavantage de l'EEG est la fragilité du signal. De quelques μV pour un sujet éveillé, contre quelques mV pour un ECG.

La qualité de contact entre les capteurs et le cuir chevelu est donc critique, ce qui rend l'EEG encore inadapté aux contraintes opérationnelles. Mais la richesse de l'information contenue dans l'EEG devient de plus en plus accessible.

Évolution des capteurs

Beaucoup de chemin a en effet été parcouru depuis les premières électrodes « passives » à cupule, toujours en usage dans le monde médical. Une avancée majeure a été d'amplifier le signal directement au niveau du capteur, rendant l'acheminement du signal plus sûr. Cette nouvelle génération de capteurs, dits « actifs », se décline en deux familles :

- les capteurs actifs à gel, où le gel, du type de ceux utilisés en échographie, joue le rôle de conducteur et permet au sujet de se mouvoir sans rompre le contact. Les performances sont telles qu'elles nous ont permis de faire de la prédiction d'arrêt d'exercice physique (ergocycle) par épuisement, uniquement en se basant sur un unique signal d'EEG (Projet RAPID Meegaperf)
- les capteurs actifs secs, où il n'y a pas d'interface entre le capteur et le cuir chevelu. Ils ne demandent pas de préparation mais fournissent encore un signal de moins bonne qualité lorsque la tête du sujet bouge « trop ».

Bientôt des capteurs seront suffisamment souples pour que la pression d'un équipement de tête suffise à maintenir le contact, sans désagrément pour le sujet.

Évolution des méthodes d'analyse

Même si l'exploration visuelle de l'EEG est conseillée pour se familiariser avec le signal, l'idée est évidemment d'en faire le traitement automatique, à la fois pour éviter l'écueil de la variabilité inter-expert, mais aussi pour arriver à une technologie opérationnelle.

Le premier rôle des algorithmes est de pallier la qualité dégradée du signal, due aux mouvements du sujet en action. Cette réjection d'artefact, cruciale pour le traitement à suivre, consiste à repérer les moments inexploitable afin d'analyser ensuite les parties intactes du signal.

Les parties analyse et surtout classification ne sont pas plus simples, étant donnée la variabilité de l'EEG. Le terme devenu rustique de reconnaissance des formes (*pattern*

recognition) est devenu IA et les performances ont suivi. Un risque est cependant apparu concomitamment : la perte de compréhension du fonctionnement de l'outil. Or selon le contexte, ne pas comprendre précisément le cheminement algorithmique qui aboutit à une décision compromet sérieusement la possibilité d'en maîtriser les corrections et les progrès. Cette prise de conscience a eu lieu dans des domaines comme la défense ou le médical, et on voit des méthodes hybrides associant par exemple *knowledge-based* et *deep learning* pour prendre le meilleur de chaque technique.

L'algorithme EEG (Projet RAPID Cognicism) hisse l'EEG au niveau des autres méthodes, auto-évaluation et pupillométrie.

Perspectives

L'évolution prometteuse des capteurs, ainsi que leur baisse de coût, sont les derniers verrous séparant l'EEG de sa banalisation. En la matière, le *market-pull* du monde du jeu vidéo pourrait apporter la dernière pierre à l'édifice. L'EEG glisserait alors de technologie de référence en labo à technologie de référence sur le terrain. Mais à l'avenir le monitoring ira au-delà du simple EEG, et passera par la fusion de plusieurs méthodes, indépendantes et complémentaires. ☞



Christian Berthomier,
PhD en traitement du signal, PHYSIP

Après un doctorat à Télécom Paris et un post-doc à l'INSERM, il co-fonde PHYSIP SA en 2002. L'ambition sera d'en faire une passerelle entre les mondes académique et industriel, autour de la thématique du monitoring humain via l'analyse de l'activité cérébrale. Il assure depuis les fonctions de CEO et de directeur scientifique.

LES FACTEURS HUMAINS DANS LES ACCIDENTS AÉRIENS

Par Rémi Jouty, IGA, IGPEF

Le taux d'accidents aériens a été divisé par 10 en 25 ans. La part de facteurs humains a pu être réduite par une méthode d'analyse complète de facteurs multiples.

Idées reçues et fatalisme

Une idée courante est que les progrès dans la sécurité du transport aérien enregistrés depuis l'après-guerre jusqu'aux années 1970-1980 ont surtout résulté de l'amélioration de la fiabilité des matériels, puis ont été freinés depuis les années 1990 par la prédominance des facteurs humains parmi les causes d'accidents.

On estimait dans les années 1990 que l'erreur humaine étant à l'origine de 60 à 90 % des accidents, les progrès devenaient difficiles. L'augmentation du nombre d'accidents apparaissait ainsi comme une conséquence inéluctable de l'augmentation quasi exponentielle du trafic aérien, malgré tous les efforts pour réduire le taux d'accidents. S'il est incontestable que la fiabilité des avions a largement contribué à l'amélioration de la sécurité du transport aérien dans l'après-guerre, ces assertions sont cependant quelque peu simplistes.

Les rapports d'accidents des années 1940 et 1950 montrent certes nombre d'accidents dus à des pannes techniques plus ou moins difficilement maîtrisables par les équipages, mais elle fait aussi apparaître nombre d'accidents survenus à des aéronefs en parfait état de marche, et pour lesquels des erreurs humaines sont identifiées. Ainsi le rapport du BEA le plus ancien dont on a gardé la trace¹, relatif à l'accident du 6 janvier 1948

à un DC3 d'Air France lors d'une approche par mauvaise visibilité au Bourget, note :

- Recevant en vol l'instruction de faire demi-tour en raison du mauvais temps au Bourget, le pilote répond qu'« il connaît les conditions du Bourget et qu'elles lui conviennent, en conséquence il continue sa route »
- « Les utilisateurs ont l'habitude d'enfreindre la réglementation qui fixe le plafond minimum pour l'atterrissage à 50 mètres en descendant jusqu'à 30 mètres au-dessus du guetteur »

La contribution des facteurs humains et organisationnels - même si ces termes ne sont pas encore employés - motivés par la volonté de réaliser la mission, a été théorisée bien plus tard (années 1980) sous le nom de théorie de la migration vers l'accident : pour améliorer la performance, répondre à la pression économique et économiser leurs ressources, les acteurs prennent l'habitude d'approcher ou de dépasser les limites de sécurité, jusqu'à l'accident.

Les facteurs humains étaient bien identifiés dans des enquêtes, mais,

Le facteur humain dans les accidents d'aéronefs militaires



Éjection tardive en 2003 d'un solo de la patrouille acrobatique de l'USAF suite à une confusion du pilote dans l'altitude de passage en sommet de figure conduisant irrémédiablement au crash

longitudinales et angulaires, bruit, pressurisation) et il s'ajoute à la densité et la difficulté de la mission (vol à grande vitesse, à très faible hauteur ou très haute altitude, souvent de nuit, zone hostile). Les systèmes de mission comportent par ailleurs des fonctions de plus en plus nombreuses (navigation, capteurs défensifs et offensifs, liaison de données, conduites de tir) dont l'abondance d'informations même filtrées et prétraitées par le système peut aisément saturer la charge mentale de l'équipage et ses facultés cognitives. Enfin, certains types de vol comme la patrouille serrée, le ravitaillement en vol ou les présentations en vol nécessitent une grande précision dans les manœuvres effectuées, où toute erreur de pilotage peut aboutir à des collisions entre aéronefs ou avec le sol.

¹ Rapport rédigé par Maurice Bellonte, héros de la traversée l'Atlantique avec Dieudonné Costes en 1930, devenu chef du BEA après-guerre

souvent observés avec un certain fatalisme, ne débouchaient généralement pas sur des analyses structurées pour mieux les comprendre, les modéliser, et en déduire des axes d'amélioration systémique.

Années 1970-1990 : les facteurs humains reconnus

Une première approche, dès les débuts de l'aviation commerciale, a été, par la sélection et la formation des pilotes, de chercher à éliminer les « casse-cou », susceptibles de faire plus d'erreurs, ou qui seraient réfractaires aux procédures.

En parallèle apparaissent des premières réflexions théoriques sur la modélisation des accidents, avec d'abord des modèles séquentiels (l'accident est un enchaînement de causes, qui peuvent être des erreurs ou des défaillances).

Après-guerre on s'intéresse davantage à l'ergonomie des postes de pilotage, dans le souci d'éliminer des erreurs de manipulation, fréquentes à l'époque. Par exemple les normes de certification (toujours en vigueur) imposent que la commande du train d'atterrissage ait la forme d'une roue, et que la commande des volets ait la forme d'une palette de section triangulaire.

Dans les années 1970, les gros porteurs comme le Boeing 747 apportent de nouveaux gains en matière de fiabilité du transport aérien, qui se démocratise : le public attend une sécurité analogue à celle du train. C'est à cette époque que quelques accidents marquent les esprits en raison de l'écart insupportable entre la banalité apparente des erreurs à l'origine de l'accident, et leurs conséquences.

Ainsi, le 29 décembre 1972, un Lockheed 1011 de Eastern Airlines s'écrase en phase d'attente pour une approche de nuit dans le marais des Everglades en Floride, faisant

112 morts. La seule panne était au niveau des deux ampoules du voyant vert de train sorti de l'atterrisseur avant, qui étaient grillées. Les cinq membres d'équipage présents dans le cockpit avaient bien subodoré ce diagnostic, et ils avaient entrepris de démonter ledit voyant, puis de descendre en soute sous le cockpit pour vérifier visuellement la sortie du train. Ce faisant, ils n'ont pas détecté que le mode de tenue d'altitude du pilote automatique s'était déconnecté, et que l'avion descendait vers le sol.

Le 27 mars 1977, le commandant de bord d'un Boeing 747 de KLM entame un décollage de Ténériffe par temps de brouillard, alors que le contrôle aérien ne lui a pas encore délivré l'autorisation de décollage, et malgré les doutes exprimés par le copilote. Il percute un autre Boeing 747 au roulage sur la piste. Le bilan humain reste à ce jour le plus sévère de tous les accidents aériens : 583 morts.

Ces accidents ont certainement contribué à ce que l'industrie du transport aérien s'intéresse de façon plus systématique aux facteurs humains, et cherche à faire évoluer le cadre de sécurité pour minimiser la probabilité de survenue d'erreurs humaines ou la probabilité que celles-ci aient des conséquences graves.

Cet intérêt, partagé avec d'autres industries à risque – nucléaire civil notamment –, a conduit à une accélération des travaux universitaires sur ce thème, et à l'identification des facteurs humains comme discipline à part entière, au croisement de plusieurs disciplines : ergonomie, psychologie, neurologie, physiologie, sociologie, ... Il en découle des évolutions concrètes, en premier lieu dans la formation des équipages et dans les méthodes de travail en équipage, avec notamment l'apparition du « Cockpit Resource Management ».

Le CRM, cockpit resource management devenu Crew Resource Management

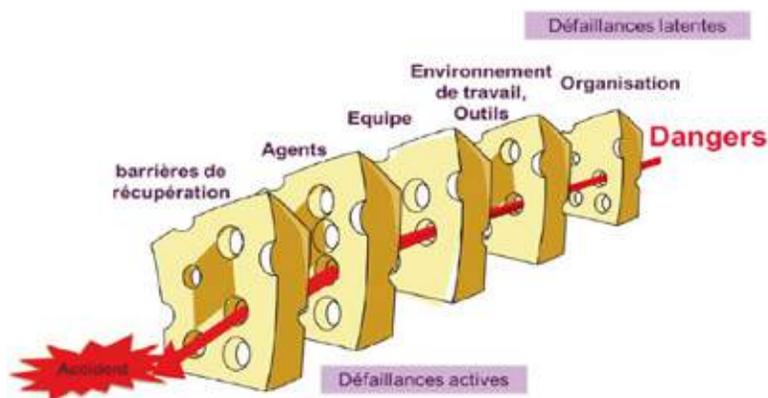
est un protocole de communication entre membres de l'équipage visant à favoriser l'assertivité, la conscience de la situation, la prise de décision et le travail d'équipe. Par exemple, communiquer un problème selon le protocole : ouverture / préoccupation / problème racine / solution proposée / validation. La formation des équipages au CRM est désormais obligatoire pour les pilotes commerciaux dans la plupart des réglementations.

L'application du CRM a permis d'éviter des catastrophes aériennes dont celle du vol US Airways 1549 qui s'est posé sur la Hudson River.



En parallèle, une plus grande automatisation de certaines fonctions de pilotage, de contrôle de systèmes ou d'alarmes vise à réduire la charge de travail des équipages et de minimiser les risques associés aux erreurs humaines.

L'Airbus A320, entré en service en 1988, pousse l'automatisation à un niveau jamais encore atteint, ce qui n'alla d'ailleurs pas sans polémiques, notamment après les accidents du Mont Sainte-Odile le 19 janvier 1992 et de Bangalore le 14 février 1990, qui ont fait apparaître des difficultés pour certains équipages à comprendre et maîtriser les systèmes automatisés de cet avion, et les différents modes de pilotage automatique lors d'une approche.



Une représentation simplifiée du modèle d'accident de Reason

Facteurs humains et organisationnels : de nouvelles méthodologies

Les accidents de ce type suscitent de nouvelles recherches en matière de facteurs humains, et l'apparition de nouveaux concepts et sujets de recherche tels que la « conscience de la situation » l'objectif étant de « maintenir le pilote dans la boucle » malgré l'automatisation croissante. La DGAC française, qui a certifié l'A320, lance un programme de soutien à la recherche sur les facteurs humains et d'application à la sécurité aérienne.

En parallèle, la discipline des « facteurs humains » devient « facteurs humains et organisationnels (FOH) ». James Reason, dès les années 1990 développe un modèle d'accident visant à pourvoir identifier la part de défaillances latentes à plusieurs niveaux dans la survenue d'un accident. Ce modèle évite de rester focalisé sur les erreurs des acteurs de première ligne. Il est souvent présenté de façon simplifiée par la métaphore des plaques de gruyère, l'accident survenant lorsque tous les trous (représentant les vulnérabilités des barrières de différents niveaux) sont alignés. Ces nouvelles approches épidémiologiques, qui peuvent avoir tendance à déplacer l'erreur humaine depuis l'opérateur de première ligne vers l'encadrement et les responsables

de l'organisation, ont donné lieu à débat – illustrant au passage que les sensibilités politiques peuvent influencer sur les choix de modèles et de méthodes d'analyse, et partant, sur les résultats de l'analyse.

L'application concrète de ces modèles fait apparaître des difficultés de principe et pratiques. Une difficulté de principe est que le modèle opérationnel sera nécessairement simplifié et tronqué, et donc les choix implicites ou explicites effectués dans cette modélisation auront une influence sur les conclusions de l'analyse et des enseignements de sécurité. D'un point de vue pratique, l'analyse FOH se heurte au caractère souvent partiel des données et informations qui auront pu être rassemblées, que ce soit au niveau du scénario ou de la connaissance détaillée des postes de travail et du fonctionnement des organisations. Une seconde difficulté est la quantité de travail d'enquête pour rassembler des données et informations utiles. Ces méthodes d'analyse ne doivent pas être abandonnées : elles peuvent justement aider à faire des choix raisonnés d'axes d'enquête et d'analyse et de leur profondeur, et à structurer le raisonnement de l'analyse.

Des résultats non mesurables mais certains

Globalement, malgré les prédictions alarmistes des années 1990, le taux d'accidents mortels en transport aérien régulier a continué à baisser de façon spectaculaire, de l'ordre de 9 % par an, soit un gain d'un facteur 10 en 25 ans. En valeur absolue, le nombre d'accidents mortels a diminué malgré l'énorme augmentation du trafic

Quelle part des facteurs humains dans cela ? Tous les accidents, même ceux dus à des « causes techniques » peuvent relever de facteurs humains et organisationnels, par exemple par l'origine d'une erreur de conception de l'aéronef, ou de défauts de fabrication.

Dans quelle mesure l'analyse FOH des accidents et incidents, s'appuyant sur les recherches dans cette discipline scientifique, contribue-t-elle au niveau de sécurité actuel ? Difficile d'apporter une réponse étayée, mais j'ai la conviction qu'elle y a grandement contribué, à la fois par les actions formalisées d'amélioration de la sécurité prises après chaque accident², par la conscience de mieux en mieux partagée des risques parmi les acteurs de l'aérien et par la mise en œuvre de modèles d'organisation orientés sécurité dans les entreprises. ☺



Rémi Jouty,
IGA, IGPEF

Rémi Jouty a commencé sa carrière à la DGA avant de s'occuper en 1995 de certification des aéronefs à la Direction générale de l'aviation civile (DGAC). Chargé des conditions de remise en vol des Concorde après l'accident du 25 juillet 2000, il travaille en relation étroite avec le bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) ce qui le conduit en 2006 à diriger le département Investigations du BEA, et devenir en 2009 directeur adjoint de la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile. Il a été directeur du BEA de 2014 à 2023.

2 On pourra consulter à ce sujet la page « lessons learned » du site de la FAA : https://www.faa.gov/lessons_learned/transport_airplane

RÉGULER L'AVERSION AU RISQUE EN PYROTECHNIE PAR SON ÉVALUATION

Par Serge Bordachar, ICA

La sécurité de nos munitions est une priorité absolue, mais l'aversion au risque en service pénalise leur emploi : comment retrouver des marges et éclairer les décideurs ?

La sécurité pyrotechnique pour les munitions dans les forces, est « *L'absence de risque significatif pour les personnes et la mission sur tout le profil d'emploi en reconnaissant les considérations de nécessité opérationnelle comme un facteur limitant* ».

La sécurité dite intrinsèque pour les munitions

La plupart des matières explosives encore utilisées dans les systèmes aujourd'hui ont été développées il y a quelques dizaines d'années et l'intégration de ces technologies dans les munitions s'est traduite initialement par beaucoup d'accidents majeurs jusqu'à ce que les scientifiques et ingénieurs en maîtrisent suffisamment les mécanismes d'initiation y compris intempestifs. Des standards OTAN de conception et de qualification ont été établis dans ce but.

L'accent mis sur la sécurité intrinsèque vise à réduire les risques à la source, plutôt que de se reposer uniquement sur des dispositifs de contrôle, des écrans ou des équipements de protection.

Ainsi les bases données de l'OTAN montrent que ces dernières années et jusqu'au conflit ukrainien, les munitions ne représentent que 2 à 3 % du nombre total d'accidents dans le monde militaire avec des conséquences souvent modestes. Le facteur humain (supervision défaillante, mauvaise compréhension des consignes, entraînement insuffisant...) est le contributeur principal (> 70 % des cas) devant

les problèmes de design devenus marginaux.

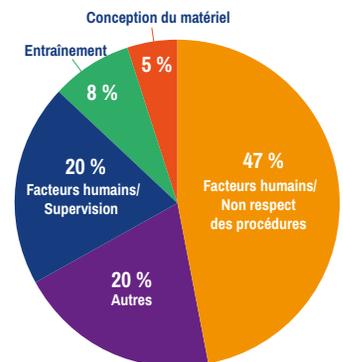
Pour être un peu provocateur, la question pour l'armée française n'est pas tellement de savoir si le missile Javelin est par exemple bien conçu, mais surtout de maîtriser les conditions de son emploi et de gérer au mieux la formation et l'entraînement en cas de faible dotation.

L'impact du conflit ukrainien : vers un changement de paradigme

L'évaluation des conséquences d'un potentiel accident impliquant des munitions est l'étape essentielle du management des risques pyrotechniques résiduels. Conjuguée parfois à l'estimation en amont de la probabilité de cet accident, elle définit les contraintes d'implantation des installations et d'organisation de l'activité pour les personnels, et les effets sur la capacité à réaliser la mission.

Dans une logique d'harmonisation du secteur civil et militaire, que la France est le seul pays au monde à appliquer, les mesures de sécurité pyrotechnique sont souvent très conservatrices et peu ajustées au risque réel (pourtant démontré minime) et ne bénéficient pas du retour d'expérience massif de la communauté militaire. Par aversion excessive au risque, les bons résultats sur la sécurité intrinsèque des munitions ne sont pas valorisés par cette réglementation commune à des secteurs aussi différents que les feux d'artifice et la dissuasion.

Accidentologie munitions OTAN en 2010 – 2020



Source US DoD Explosive Safety Board

Cette approche n'est plus tenable aujourd'hui : l'attrition des stocks de munitions d'artillerie, les difficultés capacitaires sur le segment des missiles antichars notamment, imposent des approches nouvelles. En effet, la poursuite d'une sécurité intrinsèque presque absolue entraîne des coûts de conception, de matériaux et d'opérations significativement plus élevés. Cela rend aujourd'hui certains projets non viables économiquement.

Les mesures de sécurité intrinsèque peuvent même affecter la performance ou l'efficacité du système, par exemple par l'utilisation de matériaux énergétiques plus sûrs mais moins efficaces.

Aujourd'hui, les initiatives associant donneurs d'ordres étatiques et industriels se multiplient pour sécuriser la *supplychain*, produire et qualifier plus vite, acheter en multinational et sur des bases pluriannuelles, massifier les stockages... ce qui optimise l'économie mais augmente le risque, selon la réglementation de droit

PROPAGATION DES RISQUES				
Cause initiale	À l'intérieur des installations pyro	Sur les installations pyro	Sur les autres installations	À l'intérieur des autres installations
Pression et impulsion	souffle et onde de choc	→ structure du bâtiment	→ structure des bâtiments	→ surpression pour les personnes
Défaillance du verre et du Bâtiment		→ éclats de verre		→ éclats sur les personnes
Débris	éclats et débris	→ dégâts matériels	→ dégradations physiques	→ éclats traversant les murs sur les personnes
Thermique	chaleur : incendie	→ brûlures à proximité	→ brûlures pour les personnes peu abrités	→ onde de chaleur sur les personnes

Architecture SAFER - Modèle des conséquences d'une EQR appliquée à la pyrotechnie

commun actuelle. La généralisation de l'évaluation quantitative du risque (EQR), mise en avant par l'inspection des poudres et explosifs dans sa proposition de cadre modernisé de gestion de la sécurité pyrotechnique, semble la voie la plus prometteuse en complément des actions de formation accrue des personnels des forces sur les conditions d'emploi des systèmes.

L'EQR en pyrotechnie

La régulation de l'aversion au risque d'une société par rapport aux activités dangereuses, grâce au développement des méthodes d'évaluation quantitative de risque, est un processus complexe et multidimensionnel. Initiées dans les secteurs de la pétrochimie et du nucléaire, ces méthodes modernes de management du risque appliquées aux munitions et à la pyrotechnie se répandent dans la communauté internationale depuis une dizaine d'années sous l'impulsion de l'OTAN. Elles font l'objet bien évidemment d'un encadrement strict du point de vue méthodologique. Elles permettent généralement de peser positivement sur les contraintes de sécurité pyrotechniques en réduisant les conservatismes non justifiés pour un niveau démontré équivalent.

Lors d'une EQR, il s'agit en premier lieu de probabiliser l'accident potentiel impliquant des munitions en fonction du contexte d'emploi et d'une évaluation de leur design puis de quantifier les conséquences de cet accident (explosion, détonation,) en la rapportant à l'exposition des personnels et la vulnérabilité des

matériels. On se fixe ensuite et par consensus, un critère sociétal sur le risque individuel et risque de groupe admissible annuellement ainsi qu'un critère complémentaire qualifiant l'impact admissible sur la mission.

Ces modèles souvent semi empiriques s'appuient sur les données issues d'expérimentations à l'OTAN. Dans le modèle américain SAFER, le conservatisme est inversement proportionnel à la quantité de données expérimentales disponibles et pour les modules où l'information est lacunaire, une marge de sécurité s'applique naturellement. Un modèle qui s'appuie sur beaucoup de données n'inclut pas de conservatisme, ce qui permet la comparaison directe des résultats de simulation avec les données expérimentales.

Ces méthodes sont juridiquement construites suivant les principes du risque raisonnable (le décideur ne peut être tenu responsable s'il a pris sa décision en ayant toute raison de penser que le niveau de risque était « raisonnable ») et de la décision rendue en connaissance de cause (une décision prise sur la base des meilleures informations alors disponibles ne peut être critiquée si un accident fait apparaître de nouveaux éléments dont le décideur n'avait pas connaissance au moment de son choix).

Prise en compte du facteur humain

Intégrer le facteur humain dans les évaluations quantitatives du risque est crucial, car les erreurs humaines, les comportements et les décisions influencent considérablement le

niveau de risque dans les opérations sur les munitions. La prise en compte du facteur humain dans l'estimation de la probabilité initiale d'accident se fait sur l'analyse des erreurs passées, des comportements à risque et des conditions de travail qui pourraient influencer la prise de décision. L'accidentologie internationale structurée dans les bases de données de l'OTAN notamment apporte des réponses en termes de fréquences sur ces aspects.

Conserver l'assurance de la sécurité pyrotechnique pour les munitions dans le contexte de l'économie de guerre doit être notre fil directeur. D'un côté seuls les accidents les plus graves empêchent la poursuite de la mission ; d'un autre côté tout doit être fait pour éviter le moindre accident. Cet équilibre reste accessible mais on ne fera pas l'économie d'un nouveau cadre modernisé de gestion du risque pyrotechnique (CGRP) validé au plus haut niveau pour dépasser les rigidités structurelles liées au processus actuel. ☞



Serge Bordachar, ICA

Inspecteur délégué des Poudres et Explosifs depuis 2020, il était jusqu'alors chef de DGA Essais de Missiles site Gironde en charge des tirs statiques et en simulation d'altitude des moteurs à propergol solide de la dissuasion. De 2015 à 2018, il a occupé la fonction de sous-directeur technique de DGA Essais de missiles pour l'ensemble des sites en charge des essais sol et vol.

IA ET FACTEURS HUMAINS

SI ON LAISSAIT UNE IA NOUS EN PARLER ?

Par Maël Jenny, IPA

IA et facteurs humains... je le vois venir, ça finira encore au point Godwin de l'IA de défense, les SALA. Et si je demandais à un modèle de langue (qui n'est pas Chat GPT) de rédiger quelque chose, en ajoutant 2-3 phrases ? Je vous laisse juger.

Depuis octobre dernier, le ministre des armées a créé la cellule CM3 au sein de son cabinet militaire. L'ambition et la vision portées sont celles d'une transformation profonde, à certains égards aussi importante et structurante pour le ministère que celle de l'atome dans les années 1960. Bien que l'IA ne soit pas une capacité auto-porteuse, son impact sur le quotidien des agents du ministère, la conduite des opérations et les programmes d'armement sera considérable. Face à cette (r)évolution en marche, le débat public autour de l'IA de défense est depuis des années prisonnier de la thématique des « robots-tueurs ». //vous voyez, même l'IA arrive à ce point Godwin – pas si intelligente !//

Pourtant, on a dénombré environ 400 cas d'usages au ministère, dont seulement une dizaine concernent les Systèmes d'Arme Légal Autonome (SALA). Les autres cas incluent la rédaction de synthèses, de notes ou d'articles pour le magazine des IA, des sujets d'aide à la décision, et la reconnaissance d'image à des fins de renseignement.

Il est crucial de dépasser l'imaginaire de « Terminator » qui centre la réflexion sur l'IA de défense sur des considérations éthiques, normatives et juridiques depuis plusieurs années en luttant aujourd'hui contre deux tentations :

- L'auto-inhibition en considérant les enjeux moraux et normatifs de façon maximaliste et intemporelle. Il est indispensable que

la réglementation d'aujourd'hui ne contraigne pas la recherche et l'expérimentation dont le point d'usage se situe demain. À ce titre, nous devons réguler les usages, pas la science.

- Ne pas aborder la question de l'IA de défense que sous le prisme des SALA.

Au-delà des questions morales et éthiques, le facteur humain est avant tout une question de ressources humaines. Une des particularités du domaine du numérique est que la valeur dépend d'éléments immatériels (données et compétences du développeur). Il n'y a pas de tôle, de poudre, d'obus ou de missile

J'ai l'habitude de dire aux développeurs : « le système d'arme, c'est vous ». La performance opérationnelle obtenue dépendra à 95 % du code que vous allez réaliser et des données que nous avons collectées. Cela signifie que la performance du système d'arme de deux nations s'affrontant dans le champ immatériel dépendra de la compétence de sa ressource humaine : **une réelle guerre des talents.**

Enfin, le dernier sujet à mes yeux est celui de la communication. C'est un avis très personnel, mais je pense que l'IA va révolutionner nos interfaces de communication. Le numérique a provoqué un certain nombre de fractures, notamment générationnelle (faire une visio WhatsApp avec sa grand-mère relève souvent du miracle). Aura-t-on encore besoin



L'assistant du LLM

d'un clavier et d'une souris demain pour interagir avec une machine ? Le langage naturel ne sera-t-il pas suffisant ?

De même, aura-t-on besoin d'être un expert des macros Excel ou de l'installation d'un plugin

très spécifique ? Ne « suffira »-t-il pas d'être en capacité de décrire ce qu'on souhaite, sans considération de compétence technique, pour l'avoir. *Encore faut-il être capable de décrire clairement ce qu'on souhaite...* Là où le numérique a eu tendance à exclure, l'IA peut fédérer.

Dans l'ensemble, c'est l'intégration du numérique dans notre vie quotidienne que l'IA vient questionner.

Note : 76 % du texte ci-dessus a été rédigé par un modèle de langue. J'y ai simplement ajouté quelques exemples. Il m'a fallu environ 20 prompts (requêtes). ☺



Maël Jenny
IPA, Conseiller
Intelligence Artificielle
du ministre des
Armées

Normalien, Maël rejoint le corps de l'armement grâce au concours sur titre en sortie de scolarité. Il prend un premier poste opérationnel au sein de l'EMA avant de revenir à la DGA dans le domaine de la cyber à Paris puis à Bruz (DGA MI). Il intègre le cabinet du ministre en octobre 2023.

TON IA TE CONNAÎT-ELLE VRAIMENT ?

L'ÉMOTION EST AU CŒUR DE TOUTE DÉCISION

Par Amandine Reix, ICA

Choisir n'est pas un acte raisonné, c'est avant tout un modèle centré sur l'émotion. Sans émotion, pas de choix possible.

Mars 2024, assis dans votre voiture, vous vous apprêtez à démarrer le moteur, quand votre voiture vous dit : « aujourd'hui, je vais vous assister, car je pense que vous allez prendre des risques inconsidérés. ». Au-delà d'une simple intelligence artificielle (IA), qui serait identique pour tous, peut-on imaginer que l'IA s'adapte à la personne qui l'utilise ? Finies les dépenses compulsives liées au manque affectif, finies les décisions prises à la hâte sur le terrain, en opérations extérieures, liées à la peur de la mort.

C'était l'objet de mon master recherche il y a maintenant quelques années, guidé par Gilles Coppin et Sorin Moga à l'IMT Atlantique : émotion et décision.

L'idée globale : intégrer les émotions dans les décisions

L'idée globale était de pouvoir insérer des capteurs sur la personne et ainsi connaître son état émotionnel : un oculomètre capable de distinguer des états émotionnels en utilisant le diamètre de la pupille ou des capteurs d'humidité sur les mains (ou le volant) et ainsi de paramétrer l'intelligence artificielle afin qu'elle soit le mieux adaptée à l'état émotionnel de la personne. Il aurait certainement fallu une thèse, voire toute une

vie, pour arriver à satisfaire une telle ambition, rien que pour l'étude des émotions elles-mêmes d'une part, mais également pour étudier le meilleur modèle de prise de décision.

Recadrage à l'échelle d'un master recherche : personnalité et modèle de décision

En entrée, la personnalité

Comme je n'avais que quelques mois, il a fallu être plus modeste sur les paramètres d'entrée liés à la personne. De l'émotion, je suis passée à la personnalité, bien plus stable, pour éprouver le modèle.

Après de longues recherches, parfois ésotériques et toujours discutables, le choix s'est porté sur le modèle des Big Five, aussi appelé OCEAN, car il distingue les cinq traits suivants : l'Ouverture, le caractère Conscientieux, l'Extraversion, le caractère Agréable et le Neuroticisme. Aujourd'hui, à la DGA, on utiliserait certainement la Process Com...

Les différents traits de personnalité vont entrer en compte dans les paramètres de la décision : par exemple, la personne qui a une grande ouverture aura plus de choix en entrée ou celui qui aura plus de neuroticisme aura une plus grande

aversion au risque, ce qui l'empêchera d'être audacieux.



Big five : modèle des cinq grands traits de la personnalité (dit OCEAN)

Au cœur, la théorie de la décision

Il existe une multitude de manières de modéliser la prise de décision.

Par exemple, les fonctions d'utilité pondèrent certains paramètres et les somment pour choisir finalement celui qui a le plus gros score ; on va appeler cela l'étape 1 : la dominance. C'est théorique. Par exemple, lors du choix de votre réfrigérateur, si vous utilisez cette fonction, vous allez sommer la consommation énergétique, la puissance, le volume intérieur et voilà, vous avez votre frigo.

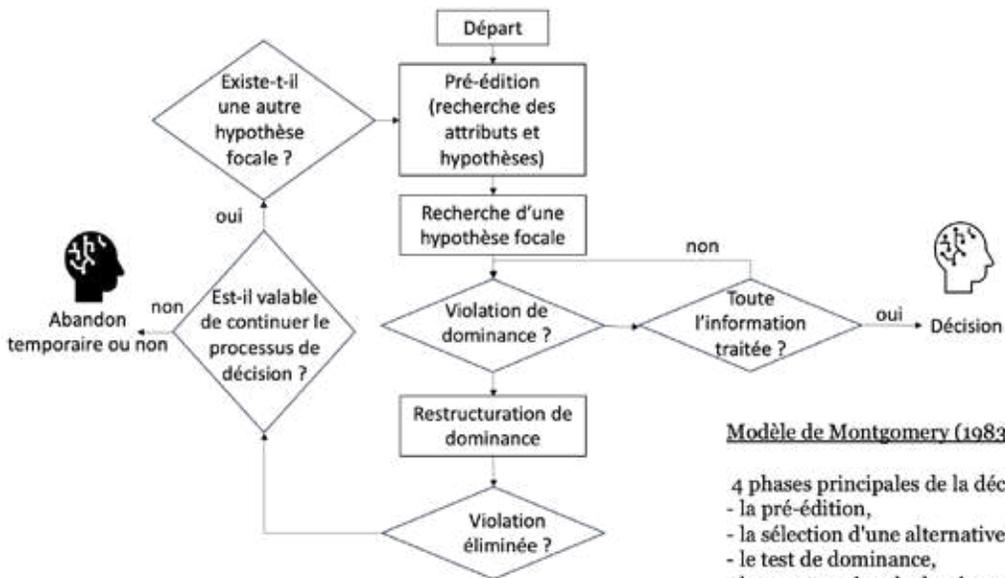
Oui, mais attendez, est-ce qu'il rentre dans votre cuisine ? Ah, déjà vous découvrez un critère préliminaire qui va concentrer votre choix sur les seuls modèles qui rentrent dans votre cuisine, et accessoirement dans votre budget. Ceux qui ne rentrent pas, vous ne les regardez même pas. C'est l'étape 0, la pré-édition, qui est en dehors de votre fonction d'utilité.

Finalement c'était facile.

Paradoxe de l'âne de Buridan :

L'âne de Buridan, placé à égale distance d'une botte de foin et d'un seau d'eau, et ayant aussi faim que soif, finit, à force d'hésiter et de ne pouvoir se déterminer, par mourir de faim et de soif.

Cet exemple est souvent donné pour expliquer la difficulté de choisir. Comme on dit : « choisir, c'est renoncer ». La peur de la perte ou du risque est souvent un facteur d'inaction. Ne rien faire, ne pas oser, est également un choix qui peut s'avérer néfaste.



Vous continuez à surfer sur le site de réfrigérateurs, et il y en a un qui vous tape vraiment dans l'œil. Il est magnifique. Rouge, bombé, un vrai appareil de collection. Et il a appartenu à Johnny Hallyday. C'est vraiment celui-ci qu'il vous faut. C'est là qu'arrive l'émotion. Celle qui vous a fait choisir votre conjoint. Celle qui vous a guidé vers votre vocation. Et c'est cette émotion qui va vous guider vers votre décision, voire vous permettre de vous extraire d'une indécision comme l'âne de Buridan (cf. encadré) ou donner un poids bien plus important à un critère, pas toujours rationnel, lié par exemple à l'envie d'épater la galerie ou bien à la peur de prendre des risques.

C'est pour cette raison que le modèle que j'ai choisi lors de mon master recherche était celui de Montgomery, qui met en avant l'étape 0 et l'étape 1. L'apport de mon master "recherche" sera d'insérer le modèle de personnalité pour pondérer plus ou moins les décisions et l'adapter à la personnalité.

Comment tester ?

Le plus difficile, comme toujours en intelligence artificielle, est d'avoir suffisamment de données pour entraîner le modèle. À l'échelle d'un master recherche, il s'agissait

surtout de tester tous mes camarades et de faire des corrélations mathématiques permettant d'éprouver, de valider ou invalider le modèle.

C'était tellement passionnant que j'ai décidé de faire mes premiers postes à la DGA dans les facteurs humains, et en particulier sur la théorie de la décision (appliquée aux drones et aux robots), afin de faire en sorte que les décisions prises soient comprises par l'opérateur final et qu'il garde ce qu'on appelle la « conscience de situation ».

Et demain ?

L'IA n'en est certainement encore qu'à ses débuts. La soudaine très forte notoriété d'IA génératives telles que ChatGPT engendre beaucoup d'attentes (d'illusions ?) pour beaucoup d'applications. Certains cherchent déjà à utiliser ce type d'application comme un assistant personnel qui va leur suggérer des actions, voire des décisions.

Je crois toutefois que rien ne se fera sans la prise en compte de l'être humain dans son individualité, notamment la personnalisation et la prise en compte de ses émotions et du contexte les ayant générées. C'est l'émotion qui nous fait avancer, qui peut nous permettre d'aller

au-delà de nos limites et au-delà du prévisible, ou *a contrario* qui peut nous empêcher d'oser ou simplement de décider. C'est là que peut intervenir le compagnon, collègue, chef bienveillant, qui peut selon les cas protéger ou encourager. Demain, une IA pourra-t-elle tenir ce rôle pour favoriser une décision éclairée ? L'avenir le dira, mais avant de prétendre ressentir ses propres émotions, il faudrait déjà qu'elle puisse intégrer celles de l'humain qu'elle sert, sans quoi elle pourrait rapidement devenir au mieux rejetée ou ignorée, au pire dangereuse. ☹



Amandine Reix,
ICA

Sous-directrice du spatial, de l'électronique et du logiciel à la Direction Générale des Entreprises du Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique.

Après son diplôme d'ingénieur et son master recherche en intelligence artificielle, Amandine Reix a passé 17 ans au ministère des armées dans les facteurs humains, les drones, les systèmes d'information, et dans le spatial où elle était directrice des programmes d'observation spatiale MUSIS-CSO et IRIS. Elle a rejoint la DGE en novembre dernier.

L'HUMANITÉ DOIT RESTER AUX COMMANDES DE L'IA

Par Frédéric Tatout, ICA

Les avancées de l'IA surprennent. Ses applications semblent déborder le fleuve de spéculations intellectuelles qui la précédait. L'effet de sidération ne doit pas éclipser le principe que l'humanité reste aux commandes.

L'histoire est ponctuée d'erreurs de jugement sur l'évolution future des ordinateurs.

Le ver est dans le fruit depuis la rivalité entre chapelles symbolique (Minsky et Papert, qui pensaient que dans l'IA à venir il faudrait tout comprendre, et donc que ce serait extrêmement lent) et connexionniste (Rosenblatt, qui pensait que la machine se construirait toute seule), ce qui a altéré la politique de recherche américaine au détriment de la seconde... 50 ans plus tard, on remarque que le coût d'entraînement d'un système d'apprentissage profond ne diminue pas d'un facteur 2 tous les 18 mois, mais de 10 par an, ce qui pulvérise la *loi de Moore* et oblige à suivre l'évolution de l'IA presque chaque mois. Des

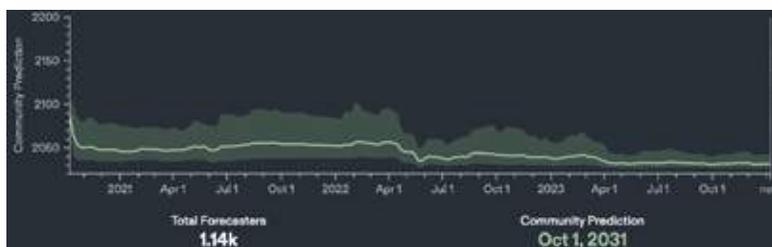
experts envisageaient le « seuil fatidique » de l'IA Générale (AGI) quelque part entre 2040 et 2100. On annonce désormais 2030 !

Soit, mais une IA dite Générale rivalisera-t-elle vraiment avec le cerveau humain ? Rien n'est moins sûr en ce qui concerne la faculté d'adaptation au monde réel, qui regorge de situations inattendues. Certains experts doutent que cela arrive. Pour l'heure il y a urgence à réduire le taux d'erreur ou d'hallucinations et le risque de contournement des verrous placés pour niveler une partie des biais. Et même avec cela, qui confiera les clés de sa maison à une IA vantée comme générale par Mark Zuckerberg ?

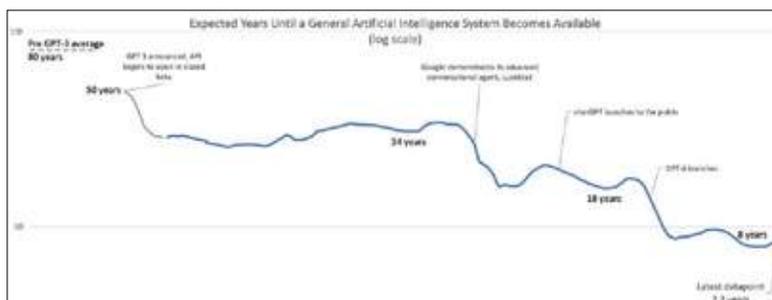
Il faut prendre le temps de la réflexion éthique... et il faut le faire vite !

L'IA a déjà franchi plusieurs points de non-retour :

- Travailler sans IA générative ? L'Italie a voulu bannir ChatGPT pendant un mois. Une entreprise de services qui voudrait s'en passer serait laminée par la concurrence.
- Poser un moratoire ? Elon Musk et quelques autres n'y sont pas parvenus...
- L'IA est déjà quasiment partout, impactant tous les métiers. Les exceptions seront rares et d'un poids en PIB infime. C'est l'effet de masse. Et les systèmes d'IA fonctionneront de plus en plus en réseau.
- Les grandes structures d'apprentissage ont damé le pion aux systèmes symboliques. Avec le standard ONNX on peut injecter des codes de simulation numérique dans des réseaux de neurones pour accélérer de manière vertigineuse des créations en architecture, ingénierie, médecine, cinéma, etc.
- C'en est fini d'un monde sans systèmes critiques assis sur l'IA (lutte cyber, systèmes logistiques, etc.).



Date d'arrivée d'une IA Générale, selon des sondages 2020-2023 (source : metaculus.com/questions/5121/date-of-agi)



Temps restant estimé avant l'arrivée d'une IA Générale, en échelle log, selon des sondages 2021-2023 (source : ARK invest)

Les enjeux sont phénoménaux dans deux sphères :

- (géo)politique : l'IA peut contribuer à sauver la planète, tout comme accélérer son implosion si aucune limite n'est posée à la cupidité comme force motrice :

l'IA combinée à la *blockchain* permettra de commercialiser chaque molécule, nanoseconde de vie et nm³ d'espace.

- économique : en 2030, le marché de l'IA sera à des dizaines de trillions d'euros, avec à la clé des gains économiques bien supérieurs.

Pour résumer :

- L'IA est de plus en plus « capable » de remplacer le cerveau humain dans sa fonction raisonnée en situation bien cadrée, et par effet de masse, de décharger des structures de décision d'une partie de leur travail. Et cette dynamique accélère. Gartner prévoit que l'IA générative atteindra le plateau de productivité d'ici 2 à 5 ans ;
- Mais l'IA reste tributaire de concepteurs humains qui n'ont pas surmonté leurs « réflexes archaïques », payés par des « sponsors » semblables.
- Une fois l'AGI advenue, on ne reviendra pas en arrière et il faudra oublier l'idée de la modérer, sauf à ce que des règles suffisamment uniformes et intangibles soient introduites à temps.

Une IA soutenable et humaine

Pour parler d'IA soutenable, il faut d'abord préciser ce à quoi l'on tient (la vie sur Terre, des principes, des manières de vivre, etc.) que l'on souhaite voir respecter par les usages de l'IA. Tenter de le faire au niveau européen est déjà ambitieux.

L'Europe a dégagé un cadre général axé sur des principes éthiques et un socle juridique transverse assis sur la gestion du risque. C'est un pas majeur mais qu'il faut prolonger. En effet, la dimension individuelle des principes éthiques est solidement ancrée dans un cadre institutionnel, notamment juridique. C'est moins le cas pour la dimension collective qui est loin

d'être saturée par des formes institutionnelles. Cela suffira-t-il ? L'éparpillement des efforts et les forces géopolitiques centripètes amènent à en douter. Le règlement européen sur l'IA sera complété par un corpus normatif qui s'enrichira d'approches permettant de progresser vers les attendus d'une IA soutenable, depuis l'amont de la création d'un système jusqu'à son utilisation, proposées notamment par le milieu académique. Mais ce sera sous l'influence de puissances économiques et politiques porteuses, le cas échéant, de repères éthiques différents des nôtres.

Au-delà de la conformité réglementaire, une IA soutenable suppose d'appréhender la confrontation entre la réalité générée par les usages et l'éthique. L'utilisateur et le développeur doivent faire preuve d'empathie à l'égard de leurs congénères confrontés aux décisions prises à travers les systèmes d'IA, et avoir le courage de positionner leurs perceptions et les finalités d'un projet d'IA dans une perspective humaine et même, plus largement, sociétale et planétaire. C'est une condition pour faire face aux travers (simplisme, cupidité, hubris) de commanditaires sans bornes.

On peut entrevoir plusieurs dimensions du facteur humain pour l'IA :

- L'explicabilité et l'interprétabilité, qui renvoient à la transparence et une profusion de recherches et de terminologies, à la recherche d'un cadre pour « l'IA responsable ». On résumera la mise en œuvre sobrement : « *work in progress* ».
- L'interaction « humaine » de l'IA : de remarquables avancées (interaction avec les humains, influences sociales) sont à la main des publicitaires, des médias, des manipulateurs en ligne. Mais la redoutable

capacité de l'IA à cerner l'état d'esprit d'un humain se déploie sans aucune conscience de la machine : l'impératif moral repose sur l'humain, par exemple le prompteur de ChatGPT.

- Une « conscience de l'IA » comme une forme de rétroaction. Certains experts comparent par dérision ChatGPT à un perroquet électronique... pour lequel un « mot » serait des pages de texte, demain un livre, bientôt le volume de données d'un moment d'activité de cerveau humain ?

Il faut réfléchir sur les concepts d'intelligence, de conscience, d'humanité et de relation authentique. Des avancées scientifiques récentes sur les structures mentales du dauphin, du poulpe, etc. donnent une idée du défi. Encore plus loin, des théologiens envisagent la question de savoir si une IA « plus intelligente que l'homme » serait à son image ou même à celle de Dieu. Pour préparer un futur souhaitable ou du moins soutenable avec l'IA, ne faudrait-il pas imaginer, par exemple, qu'elle recèle des formes insoupçonnées d'intelligence ? ☺



Frédéric Tatout
ICA

X87, carrière administrative au CEA, à la DGA et au ministère en charge de l'Industrie en recherche scientifique, management de projets technologiques et transverses. Fondateur de la société ANATASE, active dans le numérique (projets innovants, sécurité des données et d'Internet).

NOUS PORTONS LA VOIX DE L'UTILISATEUR

Par Céline Thierry, Responsable des Facteurs Humains chez MBDA

Afin de répondre aux besoins actuels et futurs des forces armées, MBDA développe des systèmes d'armes ergonomiques au plus haut niveau d'excellence.

Comment ? En développant notamment des systèmes qui intègrent les exigences humaines grâce à une meilleure connaissance des contraintes des utilisateurs. Un véritable avantage compétitif pour le groupe.

L'être humain est-il le maillon faible ou le maillon fort des systèmes d'armes ? Tant que l'utilisateur sera un humain, optimiser ses interactions avec les équipements restera crucial pour maximiser les performances des systèmes. MBDA travaille ainsi sur les deux grands domaines de l'ergonomie, l'ergonomie physique et l'ergonomie cognitive. Cette exigence d'ergonomie s'applique aux produits destinés aux forces armées, mais également aux opérateurs MBDA pour optimiser certaines manipulations d'équipements, comme par exemple l'assemblage d'un missile

sous un avion. Dans le contexte de croissance des effectifs que connaît MBDA, l'entreprise travaille également à rendre plus ergonomiques ses moyens de développement et de tests. Qu'il s'agisse de nos clients ou de nos collaborateurs, l'objectif est clair : leur permettre de s'approprier facilement les systèmes et les utiliser de façon rapide, efficace et sans erreur. Plus c'est simple, plus c'est performant. Cela résume bien tout le travail de l'équipe Facteurs Humains chez MBDA, créée en 2015 en France et dont la première mise en œuvre importante s'applique au poste de tir du missile AKERON. Embryonnaire il y a quelques années, elle compte aujourd'hui une quinzaine d'experts et devrait continuer à se développer, car le besoin de systèmes ergonomiques va croissant.

Le temps où l'humain devait s'adapter aux machines est révolu

Les générations actuelles n'ont connu que des environnements numériques très intuitifs. De plus, les forces armées sont soumises à des niveaux de stress et de fatigue qui, sur des théâtres d'opération de plus en plus complexes, peuvent diminuer leurs capacités. Cette réalité, MBDA l'a bien comprise.

« AUJOURD'HUI, L'UTILISABILITÉ DOIT FAIRE PARTIE INTÉGRANTE DE LA PERFORMANCE. »

L'équipe s'appuie sur une démarche d'ingénierie centrée sur l'opérateur humain. En phase amont d'analyse des besoins, il s'agit de mener des observations, constituer des groupes de travail, conduire des entretiens avec des protocoles de questionnement précis. Ensuite, dans la deuxième phase, des maquettages de logiciels ou de produits vont servir d'objets de confrontation et de compromis avec les différents métiers de MBDA. Plus les facteurs humains sont pris en compte en amont, plus il sera possible d'agir à coût maîtrisé.

La matière de base de cette méthodologie, c'est l'utilisateur. Il y a



Poste de tir du missile AKERON

encore quelques années, la prise en compte du point de vue utilisateur était à la charge des ingénieurs de conception. Aujourd'hui, les Facteurs Humains sont en charge de capturer le besoin, car cela nécessite une démarche structurée. Nous nous rendons sur le terrain au plus près des forces. Nous analysons la façon dont ils travaillent, leur environnement, nous modélisons leurs façons de penser pour construire des schémas. C'est ce qui permet de porter la voix des utilisateurs dans les projets, afin d'ajuster les choix d'architecture des systèmes avec les équipes de conception. Ensemble, nous recherchons le meilleur compromis.

Les Retex sur des équipements existants sont également une source d'information indispensable pour concevoir des nouveaux produits performants et adaptés. Un gain de temps, mais aussi une meilleure prise en compte des besoins des forces.

Dans un shelter, par exemple, se posent des questions de dimension des marches, de points d'appui, des espaces de passage ainsi que de l'accès à tous les équipements. Tout concourt ainsi à la performance dans l'utilisation du système. L'ergonome veille à ce que l'opérateur dispose d'un minimum de confort, car le poste est aussi un lieu de vie où le soldat peut être amené à retirer son équipement, manger et se réhydrater afin de conserver sa capacité opérationnelle dans une ambiance adaptée (lumineuse, sonore, thermique).

De plus, un utilisateur qui voit que son produit a été pensé pour lui aura plaisir à l'utiliser et en éprouvera même une fierté. Il l'entreiera alors avec d'autant plus de soin, renforçant la fiabilité du produit.

Le rôle des facteurs humains est donc désormais fondamental pour



Les systèmes futurs seront plus complexes, embarqueront de l'IA et de l'automatisation mais paradoxalement augmenteront la charge cognitive de l'opérateur

rendre le couple opérateur/système d'arme plus performant.

Le combat collaboratif : un enjeu pour les facteurs humains

Plus collaboratifs, plus intelligents, plus connectés et capables de multiplier les effets militaires en s'intégrant avec de nombreux autres systèmes : tel est l'enjeu des systèmes d'armes de demain, sur lesquels MBDA travaille notamment dans le cadre du Système de Combat Aérien du Futur (SCAF).

Or, pour répondre à l'évolution des menaces et permettre aux forces de maintenir leur supériorité opérationnelle, les systèmes futurs développés par MBDA seront encore plus complexes et embarqueront davantage de technologies d'intelligence artificielle et d'automatisation.

Paradoxalement, cela induira une charge supplémentaire pour l'opérateur, car l'homme restera toujours dans la boucle : il faudra en effet pouvoir gérer les informations reçues, les analyser et les transformer en prise de décision. Si nous n'intégrons pas dès maintenant les limites humaines, nous n'atteindrons pas les performances souhaitées.

Dans cette perspective, MBDA a récemment intégré dans ses équipes un thésard dont les travaux

portent sur l'impact de l'automatisation pour les systèmes d'armes au sein des avions de chasse, en collaboration avec le CEAM (Centre d'Expertise Aérienne Militaire) et l'IRBA (Institut de Recherche Biomédicale des Armées), et supervisée par un tuteur de l'AID (Agence de l'Innovation de Défense). Cette étude bénéficiera directement à l'emploi des armements du système SCAF (Système de Combat Aérien Futur). La prise en compte des facteurs humains sera ainsi déterminante dans les futurs choix de conception de ce système pour garantir le plus haut niveau de performance, et MBDA y apporte toute son expertise en la matière. ☺



Céline Thierry,
Responsable des
Facteurs Humains
chez MBDA

Après un double diplôme ingénieur informatique (UTC) et master d'ergonomie (Université de Paris), Céline intègre l'équipe Facteurs Humains d'Airbus Défense. Elle poursuit chez MBDA où elle monte le pôle Facteurs Humains et développe un axe prospectif en promouvant les coopérations et synergie avec les forces.

À QUEL MOMENT UN ÉCHANGE DEVIENT-IL UNE RELATION ?

Par Bertrand Delmas-Marsalet, JGA

Dans notre civilisation hyper-connectée, sommes-nous réellement en relation les uns avec les autres ? Quelles sont les clés pour qu'un échange d'information devienne une communication réelle, entre personnes.

« **On ne peut pas ne pas communiquer !** » C'est l'un des mots d'ordre de Paul Watzlawick, psychologue junguien et l'un des fondateurs de l'école de Palo-Alto, devenue une référence dans le domaine des théories de la communication.

Pour lui, chaque communication a une composante de contenu et une composante relationnelle, cette dernière déterminant le sens du premier. La nature de la relation entre les personnes impliquées influence la façon dont le contenu est interprété. En recevant un message, je vais imaginer l'état d'esprit à mon égard de la personne qui me l'a envoyé.

Pour conforter cette impression, chacun va également scruter les signaux verbaux, que Watzlawick appelait « numériques » et non verbaux, qualifiés d'« analogiques ». Un manque risque d'augmenter les erreurs d'interprétation, et une distorsion les empire.

Une autre source de mauvaise communication vient de l'interprétation subjective que chacun donne aux messages reçus en fonction de ses valeurs, de ses attentes et de son objectif.

Lorsque les échanges se poursuivent, l'ensemble de la conversation se construit en séquences, dans lesquelles chacun donne un sens qui lui est propre au processus interactionnel auquel il participe.

Ainsi, on pourra parler de relation dès qu'il y a plus d'un aller-retour, la

notion de feedback étant déterminante : même s'il n'est pas objectivement présent, l'interprétation qui est faite du fait même que nous avons reçu une réponse crée l'impression d'une relation... L'illusion ?

Cela s'observe particulièrement dans les échanges électroniques. Combien d'e-mails font réagir en première lecture sur le mode « il m'en veut » alors qu'une lecture à tête reposée permet de voir qu'il n'y avait aucune agression.

Et pour ce qui concerne les agents conversationnels, on peut les anthropologiser jusqu'au moment où une grossière erreur nous montre qu'ils ne sont que des machines « stupides ».

En poursuivant le paradoxe, l'outil d'IA en ligne **goblin.tools/Judge** propose un outil pour estimer si une conversation électronique est agressive ou non...

Mais que cela ne nous empêche pas de saisir notre téléphone pour une conversation en direct, souvent mille fois plus productive, même si elle peut être perçue comme dérangeante par l'une ou l'autre partie de l'interaction.

À l'heure du courrier électronique, quelle place pour le facteur humain ? « Bonjour ». N'est-ce pas comme cela que deux personnes se saluent, en général ? Un mot qui permet de se connecter à l'autre, de l'accueillir, de lui souhaiter une belle journée, quelle que soit la langue. Sa version électronique ne permet de

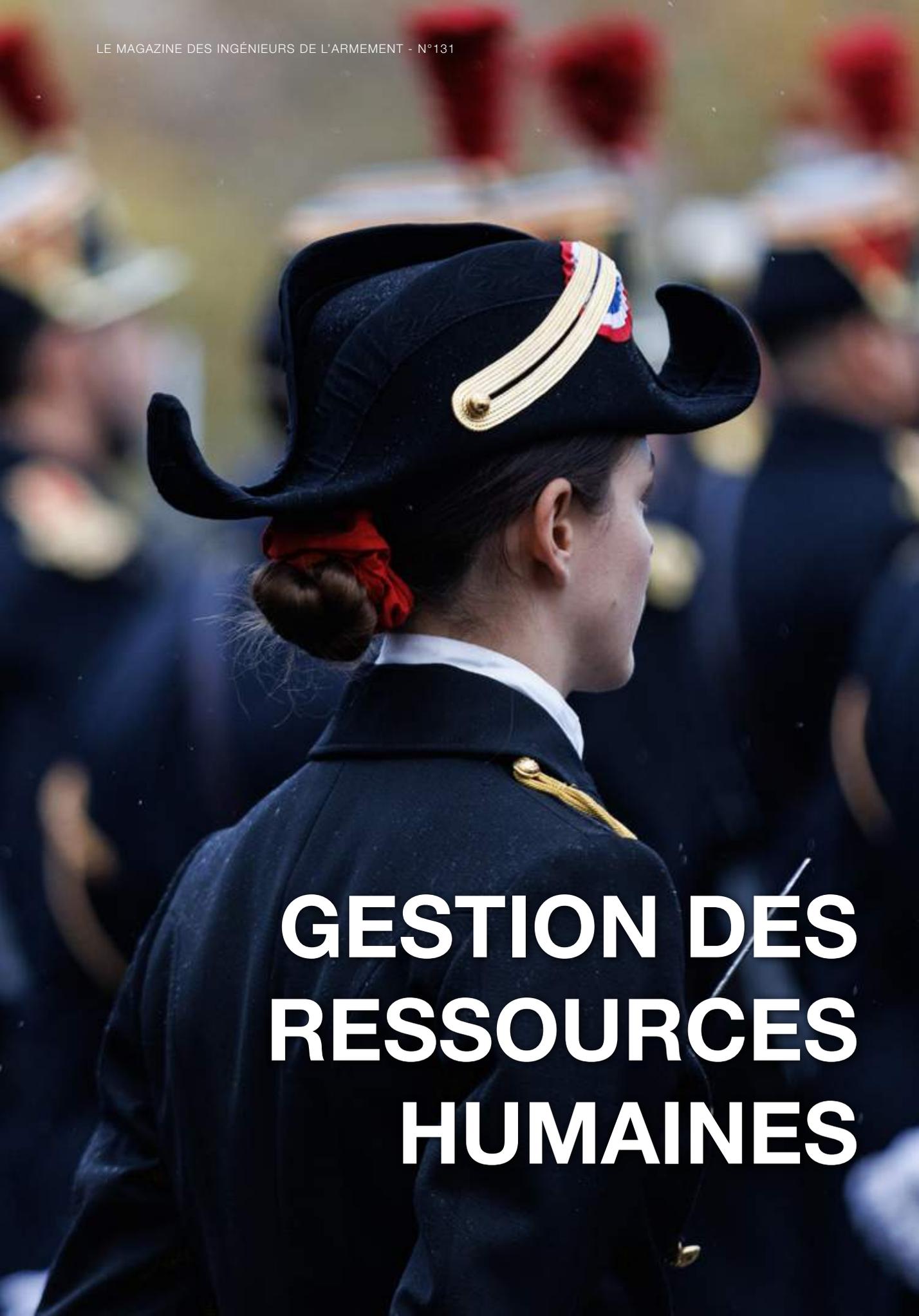
transmettre ni l'intonation ni l'émotion. La suite du message aura donc d'autant plus d'importance ! Comme disait Eric Berne « Que dites-vous après bonjour ? »

Comment vas-tu ? Question quasi rituelle dans la vraie vie, il est important d'attendre et d'écouter la réponse, sinon mieux vaut ne pas la poser. Dans un courriel, lors d'une reprise de contact, j'écris simplement « J'espère que tu vas bien. » C'est une invitation à l'échange, sur ce qui va et, le cas échéant, sur ce qui ne va pas, par téléphone ou, mieux encore, lors d'une rencontre. Car l'émotion alors s'entendra ou se verra, et le corps parlera.

« J'écris mon message, je m'arrête, je téléphone »

Nous voici au cœur du message. Sujet important, urgent ou potentiellement conflictuel. Je mets noir sur blanc pourquoi ce message, quel est le problème, quelle est la question, pourquoi c'est urgent et important, comment je propose d'avancer. Et là, je m'arrête. J'ai son 06 ! Je l'appelle. Mes idées sont claires, l'échange direct et plus chaleureux, et surtout efficace. Je reprends le projet de message, il commence désormais par « Je te remercie pour notre échange constructif. ». Tout simplement plus humain.

Dès lors le mot de la fin, à bientôt, à très vite, cordialement, amicalement ou autre, s'imposera de lui-même, comme lorsque vous quittez un interlocuteur en lui serrant la main et en lui disant « au revoir » ! ☺



GESTION DES RESSOURCES HUMAINES



La CAIA : Après 10 mois, quels sont les principaux constats de la Directrice des Ressources Humaines de la DGA ?

Caroline Krykwinski : Ces constats sont très positifs : la DGA est une direction d'une richesse exceptionnelle du point de vue ressources humaines. Du fait de la pluralité des statuts, nous disposons d'un large vivier de compétences et c'est une force au quotidien pour l'exercice de nos missions. En décembre dernier, nous étions 10 650 collaborateurs, dont 8 900 ingénieurs, techniciens et ouvriers d'État. Ces femmes et ces hommes sont aujourd'hui mobilisés sur tous les fronts - dissuasion nucléaire, renseignement, cyber, terrestre, aéronautique, spatial, fonds marins, intelligence artificielle.... Ils le font avec beaucoup de passion, d'engagement et de dévouement. C'est impressionnant et très stimulant !

La DGA est aussi une direction en transformation. D'ici à 2030, nous aurons fait croître nos effectifs de plus de 15 % par rapport à 2018. En 2023, nous avons même réussi à dépasser nos cibles de recrutement avec l'arrivée de 1 100 nouveaux collaborateurs. Cette dynamique de croissance soulève des enjeux nouveaux d'attractivité et de fidélisation. Avec le projet Impulsion, nous avons engagé un choc de simplification et une profonde refonte de

INTERVIEW DE CAROLINE KRYKWINSKI

DIRECTRICE DES RESSOURCES HUMAINES DE LA DGA

nos politiques RH. Mieux reconnaître et valoriser les parcours professionnels, les compétences et l'engagement des collaborateurs sont au cœur de nos priorités. Cela fait beaucoup de chantiers pour un début de mandat mais j'ai la chance d'avoir la confiance du Délégué général pour l'armement et le soutien d'une équipe formidable !

La CAIA : La DGA, premier investisseur de l'État, s'est depuis l'origine appuyée sur des corps d'ingénieurs militaires dont la compétence se construisait sur le long terme. En quoi la performance des dernières décennies est-elle reliée à ce « facteur humain » ?

CK : Le facteur humain est clé dans la réussite de toutes nos missions. Livrer aux Forces les systèmes d'arme dont elles ont besoin, cela signifie être en capacité d'anticiper les ruptures technologiques, de concevoir les matériels et équipements adéquats, de les acheter, d'en suivre la production, de les tester, d'en contrôler la qualité mais aussi de veiller à leur évolution et à leur maintien en condition opérationnelle pendant plusieurs dizaines d'années. Cela fait appel à des compétences qui s'acquièrent ou se renforcent dans la durée et à une connaissance fine de notre tissu industriel et des besoins des utilisateurs finaux. D'où la logique de parcours professionnels, historiquement développée pour nos ingénieurs de l'armement et qui leur permet d'exercer différents métiers à la DGA, au ministère des armées ou en dehors. D'où l'attention également portée au collectif de travail, au tutorat et à l'apprentissage pour

que les savoir-faire se transmettent entre les générations. Mais un programme d'armement réussi, c'est aussi le fruit et le signe d'un dialogue qui a bien fonctionné avec les forces armées et l'industrie de défense. Nos ingénieurs de l'armement savent travailler en interface avec une pluralité d'acteurs et trouver les voies de passage pour concilier des objectifs ou des attentes parfois contradictoires. Intelligence des situations et sens des relations humaines font partie de leur ADN. C'est aussi cet état d'esprit collectif qui fait la différence, et la performance de la DGA.

La CAIA : Comment ces challenges s'expriment-ils aujourd'hui, à la fois dans la transformation en cours et dans le contexte d'une « économie de guerre » ?

CK : Face au retour de la guerre en Europe, à l'accélération des crises et au développement de nouvelles menaces au plan national et international, nous devons être encore plus réactifs et encore plus innovants. C'est le sens du projet Impulsion, engagé par le Délégué général pour l'armement et le directeur général adjoint, qui vise à fédérer les équipes autour de la responsabilité de la maîtrise d'œuvre étatique du système d'armement et de défense et de missions renouvelées dans le domaine notamment de l'anticipation stratégique, du soutien de la BITD ou encore de la coopération européenne et internationale. Ce projet comporte une manœuvre RH importante, avec la modification du portefeuille de près de 300 emplois. Au-delà, il s'agit d'un levier de transformation managériale pour renforcer la subsidiarité et promouvoir une

culture de l'audace et du risque, à tous les niveaux de la chaîne hiérarchique. Ces changements sont essentiels pour accompagner le développement d'une « économie de guerre ».

D'ores et déjà, nous pouvons être fiers d'avoir simplifié les processus d'achat et contribué à raccourcir les délais de livraison pour les matériels fournis en soutien à l'Ukraine. Sur le plan RH, nous expérimentons depuis octobre dernier la mise en place d'une réserve industrielle de défense. Il s'agit de mettre à la disposition des industriels étatiques et de la BITD des viviers de compétences techniques, sous statut militaire, pour avoir des solutions de renfort, en cas de crise ou de guerre. D'ici à 2030, ce sont près de 3 000 personnes, essentiellement techniciens et ouvriers qualifiés du secteur privé, qui vont s'engager dans cette réserve industrielle, avec l'appui de la Garde nationale et des DRH d'armées.

La CAIA : Comment faire en sorte de disposer sur le long terme de personnels compétents, motivés et engagés ?

CK : Il n'y a pas de recette miracle, mais c'est le bon moment de renouveler le « contrat de confiance » entre collaborateurs, managers et direction, car les attentes ont évolué

depuis la crise Covid, et nos missions et les conditions d'exercice des fonctions, aussi. Les chantiers statutaires en cours pour nos ingénieurs, quel que soit leur statut, vont nous permettre de faire plus en matière de reconnaissance et de valorisation de leurs talents. Cela passe par une politique salariale rénovée, plus transparente mais aussi plus différenciante. Nous souhaitons aussi transformer notre appareil de formation avec l'appui de nos écoles sous tutelle et généraliser les parcours croisés avec d'autres employeurs, y compris au niveau local, en réponse aux attentes des collaborateurs et managers. La nouvelle organisation de la DRH, avec la création d'une sous-direction dédiée à l'attractivité et à la fidélisation et d'une sous-direction dédiée aux écoles, à la formation et au développement professionnel, va y contribuer. Parallèlement, toute l'attention doit être portée au management et à l'accompagnement de proximité ainsi qu'au bon fonctionnement des collectifs de travail. La DGA a toujours eu une « culture maison » et les personnels y sont très attachés. D'autre part, nous sommes en avance par rapport à d'autres employeurs sur tout ce qui a trait aux nouveaux modes de travail. En 2024, nous travaillerons à la formalisation de nouveaux engagements

en matière d'amélioration de la qualité de vie et des conditions de travail pour continuer à progresser. C'est en mobilisant l'ensemble de ces leviers notamment que nous continuerons à fidéliser nos personnels.

La CAIA : Quelle peut être la place des ingénieurs de l'armement dans l'adaptation de notre outil de défense pour demain ?

CK : En tant que corps de direction, leur place dans l'adaptation de notre outil de défense est essentielle sinon déterminante ! Nous avons besoin d'une autorité et d'une compétence techniques fortes au sein de l'État et, comme évoqué précédemment, la valeur ajoutée de l'expertise des ingénieurs de l'armement tout comme leur capacité à diriger des équipes et des programmes de haut niveau se construit dans la durée. Inversement, le corps des ingénieurs de l'armement doit aussi s'ouvrir à de nouveaux profils et pouvoir servir d'autres écosystèmes ou projets complexes ou de grande envergure pour lesquels leurs compétences sont reconnues et recherchées au sein de l'État : c'est tout l'enjeu de la réforme des grands corps techniques de l'État, portée au niveau interministériel par la DIESE, et à l'application de laquelle nous travaillons étroitement avec le CGARM et la DRH-MD. ☺



Le corps de l'armement élargit son recrutement

Un nouveau parcours Talents d'accès aux grands corps de l'État ouvrira à la rentrée 2024 dans 6 écoles d'ingénieurs d'excellence, dont l'ENSTA Paris et l'ISAE-SUPAéro pour l'armement. Ce parcours offre une préparation spécifique aux concours d'accès aux grands corps techniques d'ingénieurs, pour des étudiants boursiers en dernière année d'une école des réseaux INSA, IMT, ISAE, RESDD.

Les participants bénéficieront d'un enseignement scientifique et technique de haut niveau, d'un accompagnement dans la compréhension des corps et de l'administration, ainsi que d'une préparation aux concours qu'ils s'engagent à présenter, notamment via un tutorat assuré par des membres des corps visés. Ils auront également accès à des bourses et un soutien pour le logement. En réussissant les examens, ils obtiendront le diplôme d'ingénieur de leur école d'origine ainsi que celui de l'école d'accueil.

LE PARCOURS DE VALIDATION JUSQU'À LA MSO : UNE AVENTURE HUMAINE

L'EXPÉRIENCE DU FACTEUR HUMAIN DANS LA COORDINATION DES ESSAIS ET EXPÉRIMENTATIONS

Par Anne Pradelle, ICA

La complexité croissante des programmes d'armement demande une maîtrise d'ouvrage solide, rendant indispensable la mise en convergence des diverses compétences vers un but commun : la mise en service opérationnel (MSO) du bon équipement au bon moment. Le parcours de validation, constitué des essais et des expérimentations pouvant être très consommateurs de ressources et délais, concentre les enjeux du « travailler ensemble ». Mais cette injonction nécessite de croiser les cultures et un fort besoin de dialogue. Le facteur humain y est donc central. À la croisée des objectifs de la DGA et des armées, le SEEAD accompagne les équipes de programmes et des centres dans cette démarche. Comment prend-t-il en compte le facteur humain pour contribuer à l'optimisation des essais et expérimentations ? Comment atteindre cet objectif sans bénéficier d'une position hiérarchique vis-à-vis des acteurs ?

Dans le déroulé d'un programme d'armement, les opérations de vérification nécessitent de concilier la satisfaction des exigences de performances techniques, de sécurité et opérationnelles, avec l'optimisation de l'utilisation du matériel et des ressources en général. L'instruction ministérielle sur le déroulement des opérations d'armement 1618 instaure depuis 2019 la notion de continuum de validation, qui requiert une collaboration accrue entre la DGA et les Forces dès les phases amont d'un programme. Au-delà du défi technique que cela représente, imposant souvent la mutualisation de moyens, travailler ensemble est une aventure avant tout humaine : l'enjeu est de mettre en commun des compétences diverses, différentes méthodes et cultures, pour l'atteinte d'objectifs eux aussi variés bien que complémentaires. Pour relever ces défis, la prise en compte du facteur humain est déterminante, au travers de « soft skills » tout aussi importantes que les compétences techniques. Cela passe notamment par un dialogue constant, une prise de connaissance mutuelle, la recherche de compromis en faveur

de l'intérêt général, pour la mise en place d'une organisation robuste où chacun apporte sa pierre à l'édifice.

Trait d'union entre la DGA et les armées, le SEEAD veille à la sécurité tant technique que programmatique des activités d'essais et d'expérimentation des programmes d'armement du domaine aéronautique. Dirigé alternativement par un officier de la DGA ou de l'AAE, il est composé de 7 experts du domaine des essais, des expérimentations, ou du capacitair, issus de la DGA et des 3 armées ayant pour mission le soutien méthodologique, l'optimisation et la coordination au profit des équipes intégrées et des centres experts.

L'expert du SEEAD et l'équipe FRANCE

Petite équipe éclectique, le SEEAD est déjà, à son échelle, un laboratoire du travailler ensemble en interarmées. Entre un ingénieur spécialiste des rouages propres au milieu des essais en vol et un officier



Les différents points de vue

rompu aux raids aériens au cours de missions de guerre, le « choc des cultures » constitue rapidement un atout majeur par la complémentarité des points de vue permettant d'appréhender les problématiques de validation sous différents angles et dans leur globalité.

Lorsqu'il apporte son soutien aux équipes, l'expert s'appuie sur cette expérience et l'enrichit. Le rôle est subtil, l'essentiel de la production ne se traduit pas dans du « papier timbré », mais dans la bonne collaboration entre les équipes et l'identification de synergies. Dans l'analyse collégiale des caractéristiques d'une campagne par exemple,



Fin de vol. Une symbiose entre toutes les compétences pour le succès de la campagne.

il tire parti de ses propres expériences et connaissances ainsi que celles d'autres experts du service pour prendre du recul et discerner les points de vigilances et fragilités potentielles. Il est en ce sens pleinement intégré aux équipes et ce partage d'expérience assure une transmission, tout en entretenant le dialogue.

La cohésion de l'équipe « France » passe par un travail continu de chacun sur le savoir-être, que l'expert SEEAD s'emploie à soutenir en ayant toujours en tête le facteur humain et les pièges qu'il peut parfois générer. En mettant de côté les différends au profit de l'intérêt général supérieur de la capacité opérationnelle, l'équipe sera forte d'une position harmonisée unique.

Au final, tout au long des phases d'une campagne, l'aventure

humaine se vit en parallèle de la performance technique.

Conseiller sans ordonner, « le coach »

En pratique, une symbiose s'est produite au sein de l'équipe pour fédérer toutes les compétences au service de la campagne. Mais comment cela s'est-il produit ?

Le SEEAD n'a pas de positionnement hiérarchique vis-à-vis des organismes et équipes avec lesquels il travaille, sa mission réside principalement dans le conseil. Pour dispenser des conseils judicieux, il doit être polyvalent et réactif, encourager le dialogue et l'audace. Si une nouvelle méthode est proposée, une ouverture d'esprit est nécessaire pour étudier la possibilité de la mettre en œuvre. Il doit savoir proposer des solutions en gardant un esprit pragmatique : faire au plus simple tout en maîtrisant les risques.

L'expert du SEEAD ne pouvant pas imposer, il doit convaincre. Sa légitimité s'appuie en premier lieu sur la capitalisation, permise par son positionnement au cœur des essais et expérimentations. Bonnes pratiques, pièges à éviter, constitution de guides, cette capitalisation est un cercle vertueux amorcé dès la création du service et basé sur l'expérience et le réseau des experts du service, garants de leur crédibilité.

Le deuxième axe pour convaincre, c'est la dimension humaine de la fonction.

Le rôle de l'expert est celui d'un « coach » qui tire parti des qualités et compétences de tous au service de la sécurité et de l'efficacité. Par l'écoute et la diplomatie, il s'attache à instaurer un climat de confiance afin de ne pas être perçu comme un contrôleur mais bien comme le soutien, la personne de confiance qui sait conseiller avec justesse et bienveillance. Il est ainsi accepté comme membre à part entière de l'équipe de campagne.

Coachs techniques, coachs humains, les experts du SEEAD communiquent avec tous et sont au cœur du dialogue au sein et entre les équipes, tant à la DGA que dans les armées. Et ça, c'est une aventure humaine ! 🇫🇷

Exemple d'une campagne :

La qualification du Reaper dans une nouvelle version logicielle a vu la réalisation, à l'été 2023, d'essais au départ de la base aérienne de Cognac, nécessitant de concilier une difficile équation entre maîtrise des risques et impératifs opérationnels. Un dialogue resserré à tous les niveaux, depuis les équipes de terrain de DGA Essais en vol et de l'Armée de l'Air et de l'Espace aux équipes programmes DGA, EMAAE et l'Autorité Technique de navigabilité a abouti à la réussite de cette campagne impliquant de multiples acteurs, dont certains étaient peu familiers des essais en vol, notamment le CNOA contribuant à la sécurisation du dispositif en cas de perte de contrôle de l'appareil.

Le travail du SEEAD, basé sur une solide capitalisation méthodologique, leur a permis de partager et d'harmoniser leurs procédures, de s'accorder sur les objectifs à atteindre, d'identifier pertinemment les risques encourus et de mettre en place, ensemble, les mesures d'atténuation. La connaissance à la fois du monde opérationnel et des essais par certains participants dont le SEEAD a créé une passerelle entre les deux cultures et a favorisé le partage de l'analyse de la situation.



Anne Pradelle,
ICA

Centrallyenne (ECP 94), elle débute sa carrière dans les essais en vol (M2000, moyens et méthodes d'essais). Après un passage au service de la qualité et à l'international, elle revient à DGA Essais en Vol (homologation ATO de l'EPNER). En 2019, son parcours la conduit au poste d'expert au Service des Essais et Expérimentations Aéronautiques de la Défense (SEEAD).

LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS À L'ÈRE DES ROBOTS

LES PROGRÈS DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE IMPOSENT-ILS
UNE RÉFLEXION DE FOND SUR LA FORMATION DES INGÉNIEURS ?

Par Bruno Gruselle, JGA

Imaginé depuis des lustres, le rôle des robots pose des questions métaphysiques que les ingénieurs devront savoir aborder, en apportant des bribes de réponse. Les écoles doivent dès à présent s'adapter pour leur donner les compétences nécessaires.

En 1965, dans « Dune », Frank Herbert décrivait le « jihad but-lérien », guerre qui avait conduit l'Humanité à détruire les machines pensantes et à interdire de créer des machines semblables à l'Homme. Dans « L'Empereur Dieu de Dune », Leto, devenu une abomination divine, lâche à propos des machines « *Humans had set those machines to usurp our sense of beauty, our necessary selfdom out of which we make living judgments. Naturally, the machines were destroyed.* »

De son côté, en 1967, Isaac Asimov, définit dans « I, Robot », trois règles censées encadrer la banalisation des androïdes et permettre leur intégration dans la société humaine. Enfin, souvenons-nous de « Do Androids Dream of Electric Sheep » du génial Philip K. Dick, où, dans un monde éteint, les androïdes deviennent plus humains que les hommes mais sont chassés comme du bétail.

Asimov, Herbert, Philip K. Dick, ont imaginé l'univers de demain, dystopique. Pour K. Dick, il reflète pour tous cette vision d'un monde partagé, plus ou moins harmonieusement, entre l'humain et les machines. Nous sommes arrivés au moment où cette vision devient réalité.

La question du facteur humain se pose donc assez naturellement. Du transhumanisme au contrôle strict

des intelligences artificielles ou des robots, philosophes, technologues, sociologues et chercheurs, s'interrogent pour dessiner ce qui doit, selon eux, devenir la ligne de partage entre les humains et les machines.

Je pense qu'il est important de s'attarder sur ce que sera notre réalité dans dix ans : quelles que soient nos préoccupations et nos aspirations, légitimes ou non, les machines pensantes occuperont une place centrale dans nos vies. Cette réalité brutale, quasiment incontournable, nous confronte sans doute à la fragilité de la civilisation humaine, autant qu'elle interroge sur son avenir. Dès lors, selon que vous êtes Herbert ou Asimov, Gibson ou K. Dick, vous souhaiterez la destruction des machines et une forme de transhumanisme ou leur intégration dans une nouvelle ère dans laquelle elles contribuent aux transitions indispensables face aux différents défis.

De façon plus prosaïque, l'ère des robots interroge sur la place de l'éducation et de la formation dans le futur. Faut-il renoncer à l'école ? Comment les formations peuvent-elles ou doivent-elles accompagner les changements à venir ? Quelles que soient les réponses que nous pouvons apporter à présent sur la problématique clé de la formation, des formateurs et du lieu qui les voit converger, les choix devant nous



La science fiction a inventé des mondes dystopiques mêlant l'humain et la machine qui deviennent réalité aujourd'hui

procèdent d'une décision fondamentale sur la place de l'Homme : spectateur, acteur ou concepteur.

Les écoles d'ingénieurs pour quoi faire ?

Les écoles d'ingénieurs constituent un lieu singulier qui au-delà de son rôle strictement formateur contribue à offrir à ceux qui la fréquentent les moyens de s'émanciper et de se construire.

À ce titre, elles tiennent une place centrale dans la construction du monde de demain et la prise en compte des bouleversements qu'il porte. Qu'il s'agisse de la place des machines, de la transformation de notre planète sous l'effet du changement climatique, de la disparition des espèces ou de l'épuisement des ressources, les écoles doivent donner à leurs étudiants les compétences et outils adaptés à leur future place.

Aux ingénieurs revient la mission de concevoir et réaliser des systèmes qui intègrent ces bouleversements. Aucun autre métier ne dispose des moyens de porter les transformations indispensables à la société en proposant des systèmes innovants conçus grâce à l'application des sciences et capables d'offrir des solutions durables à des problématiques disruptives.

Au quotidien, il serait pratique que les établissements d'enseignement supérieur s'en tiennent strictement à leur principale mission. Elle est fondamentale puisque les universités, par extension les écoles et facultés, sont les creusets où se développe et grandit le savoir, en particulier au travers de la recherche et de l'innovation. Pourtant, elle ne me semble pas suffire à répondre aux défis que devront affronter les futurs ingénieurs, qu'ils soient techniques ou de société.

Faire changer l'école pour accompagner l'évolution du monde ?

Les écoles d'ingénieurs constituent en effet la matrice originelle d'un métier devenu d'autant plus incontournable qu'il assure le lien entre la science la plus fondamentale et ses applications quotidiennes. Or, l'époque est marquée par une incroyable défiance envers la parole scientifique. En 2020, une enquête de l'IPSOS l'illustre en montrant que « moins d'un Français sur 2 considère « qu'on peut faire confiance aux scientifiques pour dire la vérité si jamais certaines de leurs recherches pouvaient avoir des répercussions sur la santé des individus » (48 %), alors qu'ils étaient encore 53 % à estimer que c'était le cas en 2013. »¹

« ... PRENDRE EN COMPTE DES PRÉOCCUPATIONS PHILOSOPHIQUES ET DONC SCIENTIFIQUES ET POURSUIVRE LES DÉVELOPPEMENTS TECHNIQUES ET TECHNOLOGIQUES »

Les ingénieurs doivent occuper une place éminente pour retourner la tendance qui se dessine, une forme de néo-obscurantisme qui porte en germe une régression de l'humanité. Les écoles se doivent de leur donner les moyens de convaincre, expliquer et, en définitive exercer leur mission pour éclairer le monde et les choix des gouvernants. En cela, alors qu'ils constituaient depuis la période industrielle des « usines à savoir », les établissements d'enseignement supérieur deviennent des lieux où convergent deux problématiques fondamentales : la prise en compte des préoccupations philosophiques et donc scientifiques concernant l'avenir et la nécessité de poursuivre les développements techniques et technologiques afin d'adresser différents enjeux existentiels. L'université doit dès lors devenir le cœur d'un réseau humain, technique et scientifique qui occupera une place singulière mais indispensable pour construire l'avenir commun.

Or, comme tout système complexe, les établissements d'enseignement supérieur constituent des mécaniques lourdes. S'il s'avère assez naturel et relativement rapide de faire évoluer les formations en s'appuyant sur les forces de recherche, les bouleversements structurants

prennent plus de temps. En outre, s'agissant d'une « révolution » qui sera amenée à transformer profondément le modèle « recherche formation », elle doit englober la majeure partie des écoles d'ingénieurs pour porter ses fruits.

De fait, certaines prémices laissent espérer que les enjeux du siècle ont fait l'objet d'une forme de prise de conscience collective. L'émergence d'alliances d'établissements, comme pour ce qui concerne la Défense, l'institut Polytechnique de Paris, constitue indéniablement une occasion de renforcer la capacité collective à former, innover et rechercher et ainsi répondre à la question, notamment, de la place relative des machines et de l'Homme.

Plus modestement, les deux ENSTA, au-delà du renforcement naturel du traitement des thématiques de souveraineté, appuyé sur des disciplines qui font historiquement la force des deux écoles, de la mécanique aux mathématiques appliquées, devront continuer à développer des enseignements indispensables à la bonne appréhension du facteur humain, par exemple dans le domaine de la robotique autonome ou de l'ingénierie pour la santé. ☺



Bruno Gruselle,
IGA, directeur général
d'ENSTA Bretagne

Diplômé de l'ENSIETA en 1995, il a servi à la DRM à la DAS puis au sein de la délégation à la prospective et à la stratégie du MININT et comme maître de recherche à la FRS. Il rejoint le cabinet de Jean-Yves le Drian en 2013 comme conseiller diplomatique adjoint puis conseiller industriel. Il devient directeur général d'ENSTA Bretagne en 2020.

¹ Baromètre Science et Société : les scientifiques de moins en moins épargnés par la défiance des Français | Ipsos

SPORTS EN MILIEU NON-SÉCURISÉ : UN RISQUE D'ABORD HUMAIN

PLUSIEURS MÉTHODES DE RÉDUCTION DE RISQUE, UN RETOUR D'EXPÉRIENCE À MUTUALISER

Par Aurélien Girard, ICA

Les pratiquants de la montagne ou du ski hors-piste sont exposés aux risques naturels (avalanches, chutes de pierre) et humains (fatigue, erreurs). Des spécialistes de la pratique ont mis au point des méthodes d'analyse et de réduction du risque.

La méthode Munter est une formule « 3x3 » consistant à évaluer, à 3 échelles spatio-temporelles (à la préparation, au départ et pendant la course), 3 critères : le terrain (topographie), les conditions (météo,

neige) et les paramètres humains relatifs au groupe et aux individus qui le composent (état physique et psychique, compétences, expérience, équipement). On y analyse également la capacité de limiter la gravité de l'évènement s'il se produit, comme la durée d'ensevelissement sous la neige. Le risque est ainsi quantifié (probabilité x gravité), et ce fut le premier outil d'aide à la décision adapté à un sport de montagne, associant systématiquement le facteur humain au risque.

La méthode des 3 filtres décisionnels, qui en est largement dérivée, est depuis 2006 enseignée aux guides de haute-montagne. Concentrée sur le risque d'avalanche, elle peut être étendue à l'ensemble des activités des guides. Elle reste très subjective, et soumise aux biais cognitifs des pratiquants. Six « pièges de l'inconscient » ont été ainsi répertoriés : habitude, obstination, désir de séduction, aura de l'expert, positionnement social et sensation de rareté.

3 types de critères				
	facteur humain	conditions (météo - neige)	terrain	
3 filtres décisionnels réussis	filtre à la préparation planification du projet avec alternatives	<ul style="list-style-type: none"> mon état physique et psychique ? condition physique et psychique des participants ? niveau technique et expérience des participants ? équipement ? 	<ul style="list-style-type: none"> prévisions du BRA prévisions météo renseignements auprès de guides locaux et d'autres personnes compétentes autres informations (Internet, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> carte au 1/25.000 guides, topos, photos connaissance personnelle du terrain localisation et évaluation des pentes les plus raides (<u>passages clés</u>) localisation des <u>points de décisions</u> études des <u>alternatives</u>
	→ maintien du projet ? solution alternative ? annulation ?			
	filtre sur le terrain : - en général - aux points de décisions la réalité correspond-elle à la préparation	arrivée sur le terrain <ul style="list-style-type: none"> contrôle des ARVA et de l'équipement mon état physique/psychique ? condition physique et psychique des participants ? niveau à ski des participants ? concertation avec les autres groupes présents contrôle de l'horaire 	neige <ul style="list-style-type: none"> danger principal : neige froide ? redoux ? ensoleillement ? autre ? le danger est-il plutôt en altitude ou en bas ? évaluation personnelle du risque local d'avalanche au moyen de la <u>grille d'évaluation</u> météo/tendance <ul style="list-style-type: none"> visibilité / nébulosité / vent précipitations température 	<ul style="list-style-type: none"> ma représentation mentale est-elle juste ? ✓ relief ✓ orientation des pentes ✓ inclinaison des pentes ✓ traces de ski les traces de ski déjà présentes sont-elles adaptées au terrain et aux conditions ?
→ maintien du projet ? plus de précautions ? solution alternative ? renoncement ?				
filtre avant les passages clés dernières vérifications, ajustement des précautions	<ul style="list-style-type: none"> quel est <u>mon état physique et psychique ?</u> fatigue / niveau à ski / équipement des participants ? communication dans le groupe ajustement des précautions : corridor skier dans la trace lieux d'attente protégés contournement 	<ul style="list-style-type: none"> nouvelle évaluation personnelle du risque local d'avalanche au moyen de la <u>grille d'évaluation</u> visibilité vent ensoleillement et rayonnement ampleur d'une éventuelle plaque de neige (dépend entre autre du niveau de risque) 	<ul style="list-style-type: none"> localisation et évaluation de la pente la plus raide à considérer ? quelle pente me domine ? relief aval : barres, étranglement, dénivelé proximité des crêtes hors-piste fréquenté : la pente est-elle réellement souvent parcourue ? 	
→ maintien de l'engagement dans le passage ? plus de précautions ? renoncement ?				

Méthode des 3 filtres décisionnels (ENSA)

Ils ont été détaillés dans un article de Sébastien Plumet dans le n°114 de notre magazine.

Dans la pratique du vol libre, plus récente, la sécurité s'est d'abord inspirée des autres activités aériennes : procédures de type « check-lists », analyse d'accidents, partage d'expérience. Les formations font une place aux facteurs humains, techniques (pilotage, connaissances théoriques et réglementaires) et non techniques (physiologie, conscience de la situation, gestion du stress, gestion du vol, communauté, décisions). De nombreux moniteurs intègrent maintenant dans leurs stages des éléments de connaissance de soi et de préparation mentale, et ce à tous les



Poster de prévention été 2023 (FFVL)

niveaux de pratique, du débutant au compétiteur.

La gestion de risques et la prise de décision associée relèvent des mêmes principes dans tous les

sports à risques, mais aussi dans d'autres secteurs d'activités. Les essais en vol DGA se sont dotés de la méthode GRO (Gestion des Risques Opérationnels) à la suite de l'accident ayant impliqué deux Rafale en 2009, afin de mieux intégrer les facteurs propres à l'équipage en préparation de vol. Le principe reste le même : évaluer le niveau de risque à travers l'adéquation entre l'objectif envisagé, les conditions environnementales, le matériel et les acteurs eux-mêmes.

Une mutualisation à plus large échelle de ces différentes méthodes de réduction du risque et de connaissances relatives au facteur humain est hautement souhaitable ! 🙏

Un exemple de mauvaise décision

En février 2019 en haute vallée de l'Ubaye, le risque avalanche est de 4 sur 5. Nous sommes 2 encadrants d'un groupe de 15 personnes de bon niveau technique. Notre sortie suit un itinéraire peu exposé (pentes faibles, le long d'une crête). Seule une courte section nous semble douteuse à la montée : nous la franchissons en respectant une distance de délestage, sans relever de signes d'instabilité. Plus haut nous décidons d'interrompre l'ascension.

Après une première partie de descente sans signe anormal, nous hésitons à repasser par la section douteuse. Nous préférons la contourner par des pentes paraissant plus sûres, mais non repérées à la montée et sans confirmer leur profil sur la carte. L'autre encadrant s'y engage et, à peine 5 secondes plus tard, déclenche une zone d'une centaine de mètres de large pour 40 centimètres d'épaisseur. Il parvient heureusement à prendre appui sur un arbuste, sans être emporté par ces centaines de tonnes de neige. Notre grande chance est que la rupture s'est produite en aval du groupe. Nous redescendons tous en sécurité par l'itinéraire planifié, en réalisant que le bilan aurait pu être dramatique si la pente avait cédé après quelques passages.

Analyse

En privilégiant une option non préparée nous exposant à un risque probable, nous avons pris une décision irrationnelle. Pour quelles raisons ? Nous avons chacun les mêmes réserves sur l'itinéraire modifié, mais n'avons pas pris le temps de les exprimer. Nous nous sommes tous les deux remis à l'avis supposé de l'autre, jugé plus pertinent. Enfin, la responsabilité de la décision n'a été explicitement portée ni par l'un ni par l'autre.

Biais de confirmation, défaut de communication, pas de leader désigné : cas typique d'un binôme qui se connaît bien... mais dans ces conditions il aurait été avant tout préférable d'annuler cette course.



Aurélien Girard,
ICA

Initiateur fédéral ski & alpinisme (Fédération Française de la Montagne et de l'Escalade)
Qualification fédérale parapente biplace (Fédération Française de Vol Libre).
Architecte de simulation hélicoptère puis responsable d'essais de qualification de systèmes embarqués (DGA Essais en Vol). Ingénieur recherche & développement « assistance au pilotage » (Airbus Helicopters).

LES FONCTIONNAIRES AU JO

2 000 TEXTES PAR AN ET BEAUCOUP DE NUITS BLANCHES

Par Denis Plane, IGA

partie lois et décrets (total)	11 000	lois, décrets, arrêtés, etc
textes concernant les fonctionnaires	2 000	hors délégations de signature
rémunérations, primes, indemnités	600	
concours et examens	800	
nombre de postes	600	
MOI	10 000	y compris les retraites
listes : avancement, promotions	400	hors promotions individuelles
avis de vacance	1 000	en petite partie territoriale et hôpitaux

Selon un pointage du JO en 2023, 20 % des textes de la partie « Lois et décrets », hors délégations de signature, leur est consacré. Les mesures d'ordre individuel (MOI) sont parfois (4 %) des promotions groupées.

Les régimes indemnitaires suivent le décret 2014-513 qui simplifie le système précédent « très complexe et fragmenté, ce qui nuisait à sa lisibilité, mais aussi à la mobilité des fonctionnaires » ; ils demandent encore plus de 500 textes par an, dont une bonne moitié en détails d'application.

Les silences, comme les rémunérations des corps les plus prestigieux, sont évidemment impossibles à apprécier.

L'ombre des **réglementations** est partout présente : dans

l'administration centrale les avis de **vacance**, obligatoires avant attribution d'un poste, ne sont réellement ouverts que dans de très rares cas, les postes étant déjà – illégalement – attribués. Des chefs de service contactés l'ont admis, sans même en être gênés.

Le mois de décembre est bien sûr le plus riche en primes, indemnités et promotions (près de 30 %).

À l'opposé, les postes en cabinets ministériels, incontestablement ouverts, ne font pas l'objet d'avis de vacance : en effet les choix échappent – officiellement, cette fois-ci – à toute règle d'attribution. On notera que chez les Britanniques on peut recruter un équivalent du DGA par le biais d'un cabinet de conseil, et un chef d'unité de management par petite annonce.

La quantité de textes n'est guère étonnante quand on la rapporte au nombre de métiers (plus de 200), de statuts et de grades (plus de 1 000 appellations différentes, dont 200 militaires), du peu connu, comme attaché des systèmes d'information et de communication de la culture, au **prestigieux** conseiller d'État.

La fonction publique d'État compte environ 1,8 million de fonctionnaires et militaires, dont 55 % en catégorie A (ainsi que 500 000 contractuels, qui ne sont pas inclus dans les présents comptages)

Le recrutement se fait sur concours dans 90 % des cas, éventuellement après une RAEP, reconnaissance des acquis de l'expérience professionnelle (parfois sur un formulaire de 20 pages) autrement dit un CV. ☞

LES NÉGOCIATIONS SE PRÉPARENT...

CULTURE, THÉÂTRE ET COOPÉRATION

Par Arvind Badrinath, IGA

La réussite d'une opération d'armement n'est pas qu'une affaire de tenue des coûts, des délais, et des performances. S'il y a bien un paramètre non quantifiable mais tout aussi essentiel et qui à lui seul peut conduire, soit au succès, soit à l'échec d'un programme, c'est bien la bonne prise en compte du facteur humain dans la conduite des opérations d'armement. Et s'agissant d'un programme en coopération internationale, cette dimension revêt généralement un rôle très central...

Pour illustrer ce sujet, je vous partage ce petit retour d'expérience issu des quelques années lors desquelles j'ai eu la chance d'occuper le poste de directeur du programme NH90.

Pour mémoire, le NH90 est un programme en coopération internationale impliquant (à l'époque) la France, l'Allemagne, l'Italie, les Pays-Bas, la Belgique et le Portugal.

Faire évoluer les positions

Nous sommes dans le début des années 2010 : les Allemands et Italiens ont déjà reçu plusieurs dizaines d'hélicoptères dans un standard initial « IOC » dont ils sont mécontents compte tenu de la faiblesse des capacités opérationnelles. Les activités de qualification du nouveau standard dit « FOC » battent leur plein, et les pays partenaires comptent beaucoup sur le levier contractuel que représente ce processus pour inciter l'industriel NHI à traiter les carences identifiées. Le chemin qui doit aboutir à la qualification de ce nouveau standard est un processus multinational complexe dans lequel chaque nation délègue à des experts nommément désignés la responsabilité de se prononcer sur la conformité de l'hélicoptère à sa spécification. Or, pour la France qui a passé commande de ses TTH en 2007 en vue d'une première livraison fin 2011 directement dans le « bon » standard FOC, l'enjeu est de disposer

d'une qualification formelle du standard FOC, condition préalable à la livraison du premier hélicoptère. Les réunions se succèdent avec une tension de plus en plus forte à l'approche de l'échéance souhaitée par la France. Les Allemands et les Italiens ne sont pas pressés car ils veulent utiliser le levier de la qualification pour s'assurer, à juste titre, que leurs intérêts seront bien préservés une fois la qualification prononcée, notamment en termes de retrofit des aéronaves déjà livrés.

La grand-messe de la qualification débute un lundi et l'ensemble des équipes multinationales a rendez-vous à la NAHEMA, l'agence contractante basée à Aix-en-Provence. Un véritable marathon est entamé avec des réunions interminables sur chacune des thématiques concourant à la qualification. L'équipe « France » est présente en nombre (architectes, experts, managers, financiers, officiers programme).

La pression monte au cours de la semaine car l'équipe pressent un blocage des Allemands vers la fin de la semaine. Chaque soir, un débriefing est organisé afin de comprendre les positions des uns et des autres. Le mercredi soir, le débriefing de l'architecte de cohérence technique (ACT) ne fait plus de doute : il faut mener une action « choc » le lendemain envers le partenaire allemand si l'on souhaite avoir une chance

d'aboutir. Un plan est échafaudé le soir tard : il consistera à volontairement faire apparaître une différence de position entre l'architecte et le directeur de programme, pour faire évoluer les positions des partenaires. La réunion du lendemain matin sera décisive...

La tactique définie la veille au soir est alors déroulée comme envisagé. Et le vendredi matin, la France arrache un feu vert des partenaires allemand et italien. La suite, vous la connaissez, le premier TTH de l'armée de Terre sera livré fin décembre 2011, quelques jours même en avance sur le calendrier contractuel, pour le plus grand bénéfice de l'ALAT.

Élargir dans un esprit gagnant-gagnant

Deux ans plus tard, rebelote, au moment de la qualification du nouveau standard de la version de l'aéronautique navale, le NFH « Step B ». Mais cette fois-ci, la France se retrouve dans la position de ses partenaires car disposant déjà de NFH au précédent standard, le « Step A ». L'enjeu pour la France est d'utiliser le levier de cette qualification pour négocier des contreparties financières optimales pour faire suite aux retards industriels sur le développement de ce standard. Les acteurs en première ligne sur cette négociation sont les industriels : Agusta Westland (Italie) en prime, Airbus Helicopters (AH) en



NH90 en version NFH

deuxième ligne. L'entreprise italienne n'a aucune intention de faire preuve de bonne volonté ce qui met AH en porte-à-faux. Agusta, qui sait que le temps joue en sa faveur, n'hésite pas à jouer la montre. La semaine infernale de finalisation de la qualification du Step B s'engage donc dans un contexte tout aussi tendu. La fin de la semaine de négociation approche et encore une fois, l'ACT fait état d'une situation de blocage avec l'industriel italien. Cette fois-ci, il faut intervenir sur la scène politique. Aussi le jeudi soir est consacré à quelques discussions « en off » avec les homologues italiens afin d'identifier une porte de sortie, non pas pour l'industriel italien, mais pour l'Italie au sens large, dans un esprit « gagnant - gagnant ». Les discussions se terminent vers minuit sur une issue positive pour la France !

Faire exception tout en restant impartial

Dernier exemple, nous sommes en 2013 et une LPM est en préparation en France. Une commande de 34 TTH est envisagée mais avec un étalement de la production afin d'entrer dans le cadrage financier. Les discussions vont bon train avec les industriels, évidemment très motivés par l'obtention d'une commande ferme de la France dans

un contexte général marqué par l'absence de nouvelle commande depuis plusieurs années. Or, l'acquisition de NH90 fait l'objet d'un contrat unique au nom de toutes les nations, passé par l'agence NAHEMA. L'avantage, c'est que toutes les nations contractantes peuvent bénéficier de prix plus faibles par effet d'échelle. Il faut néanmoins systématiquement obtenir l'aval de toutes les autres nations pour l'approbation du moindre avenant. La pression est forte pour notifier avant fin mai faute de quoi les prix unitaires seraient à renégocier, et un dédit serait à verser. La pression est forte côté France pour étaler les plans de paiement au plus juste, ce qui nécessite des calculs de dégressivité et autres négociations dont le service achats de la DGA est coutumier mais l'agence contractante un peu moins. Un nouveau front s'ouvre à quelques semaines de l'échéance. Il s'agit cette fois-ci de convaincre l'agence et non pas l'industriel. Elle souhaite, à juste titre, s'assurer que la démarche française ne va pas conduire à une jurisprudence préjudiciable aux autres nations, vis-à-vis desquelles elle doit assurer son devoir d'impartialité. La responsable des finances du programme est appelée à la rescousse et effectuée d'innombrables calculs sur de

non moins innombrables scénarios. Des présentations sont effectuées à l'agence et démontrent qu'un des scénarios permet de concilier au mieux les intérêts de chacun. L'agence accepte de prendre à son compte ces hypothèses de négociation et le deal est ficelé à quelques jours de l'échéance...

Les clés d'une interdépendance réussie

Au travers de ces trois exemples, j'ai tenté d'illustrer le rôle crucial du facteur humain et de la prise en compte des différences culturelles dans une coopération internationale, et ceci avec des interlocuteurs à chaque fois différents : personnels des services étatiques, industriels ou d'une agence contractante.

Vous l'aurez constaté, les programmes en coopération génèrent un état de mutuelle dépendance entre les nations coopérantes. Qu'il s'agisse de navigabilité, de certification, de qualification ou encore de contractualisation, un accord à l'unanimité est souvent requis afin de pouvoir avancer. La négociation prend donc une importance capitale pour la tenue des objectifs.

Alors bien sûr, d'aucuns pourraient être incités à certains clichés afin d'établir une stratégie de négociation :

- Le caractère parfois un peu rigide des Allemands,
- L'adaptation permanente des Italiens malgré les règles en vigueur,
- La capacité des Britanniques à changer de position en fonction des événements,
- Et bien sûr, l'arrogance des Français qui considèrent qu'ils ont toujours la meilleure appréciation de la situation.

Mais plus sérieusement, de ces quelques années sur le programme NH90, je retire surtout les enseignements suivants :

- Le besoin de respecter chacun de ses interlocuteurs et de se mettre à sa place : quelles sont ses contraintes, ses aspirations, ses marges de manœuvre ;
- L'identification des thématiques sur lesquelles on peut s'appuyer (« ouvrir des fenêtres » lorsque les portes sont fermées) permet de ne pas rester bloqué dans la négociation ;
- L'identification aussi des lignes rouges du partenaire, afin de ne pas buter trop longtemps sur une thématique qui n'a que peu de chance de se débloquenter ;
- Le *soft power* peut également aider à débloquenter certaines situations : combattre les perceptions négatives, appréhender les sujets de fierté qui touchent aux égos, ou plus simplement tisser des relations plus amicales basées sur des intérêts communs (sports, hobbies) permet aussi parfois de fluidifier des discussions qui n'ont aucune chance d'aboutir si elles sont agressives. D'ailleurs, il ne faut pas compter ses heures pour inclure de nombreuses phases de négociations « en off », souvent au café ou autour d'un verre le soir assez tard. Les langues se délient souvent après 22h...

Anticiper en équipe, avec l'équipe

Alors tout ceci ne s'improvise pas. L'équipe NH90 avait pris l'habitude de se réunir régulièrement pour préparer des réunions ou des négociations. Après un briefing sur les tenants et aboutissants, il était de coutume d'organiser une petite « pièce de théâtre » avec chaque membre de l'équipe de programme jouant le rôle d'un des partenaires : architecte allemand, manager italien, financier néerlandais, ou encore responsable du MCO portugais. Le



NH90 en version TTH

tout face à l'équipe de négociation de la DGA et des armées, les officiers programme et la responsable du soutien en service...

Ces quelques séances dignes de la *Commedia dell'arte* ont été source de nombreux fous rires, et ont indéniablement contribué à forger une cohésion incomparable au sein de l'équipe. Elles ont surtout permis de préparer des négociations importantes pour le programme et nous ont enrichis à la fois à titre professionnel et personnel.

Je garde en tête quelques grands principes :

- Une négociation se prépare toujours en équipe, afin de multiplier les angles d'approche ;
- Une négociation est réussie lorsqu'il n'y a pas de perdant ;
- Parfois, les discussions peuvent être très tendues et il convient de ne rien prendre personnellement (mise en œuvre des accords tolérables !)
- Et comme il n'y a pas toujours des miracles, il convient d'instruire en parallèle un ou des plans B

nationaux au cas où... D'ailleurs, ces plans B ont un coût RH et financier qu'il me paraît indispensable d'intégrer dans les devis de nos opérations en coopération, dans la part dédiée aux risques.

En faisant mes premiers pas dans la DGA sur la conduite des opérations d'armement, ma tendance naturelle a été de mettre l'accent sur la technique, la maîtrise des risques, les processus programmatiques et financiers, ainsi que sur le management des équipes. Il m'est vite apparu qu'il convenait aussi de ne pas négliger le facteur humain. Car s'il y a bien un thème qui m'a marqué sur ce programme, c'est bien la prédominance du FH dans les négociations multiculturelles... 🐦



Arvind Badrinath,
IGA

L'IGA Arvind Badrinath occupe aujourd'hui le poste de directeur de l'unité de management « combat aérien » après avoir dirigé les centres DGA EV et DGA IP. Son début de carrière a été effectué au CEV sur les essais du Mirage 2000, puis il a rejoint la conduite des opérations d'armement, d'abord sur Rafale comme architecte de cohérence technique, puis sur NH90 comme directeur de programme.

PASSION, ÉPREUVES ET CROISSANCE

RÉFLEXIONS SUR LA VIE DANS UNE PME

Par Sébastien Plumet, ICA

Depuis plus de 10 ans, le marché du drone léger est en pleine maturation. Il s'est largement consolidé dans les usages audiovisuels de loisir où de grandes entreprises chinoises ont pris l'essentiel des parts de marché. Il se développe progressivement pour les segments professionnels, y compris dans la défense, avec une intense compétition entre acteurs. La société DELAIR est un de ceux-ci.

Depuis sa création en tant que start up, DELAIR a vécu l'aventure difficile des sociétés qui émergent. Selon l'INSEE, 50 % des nouvelles sociétés disparaissent avant leurs 5 premières années, 80 % des start up. DELAIR fait partie de celles qui ont réussi à tirer leur épingle dans un marché technologique, concurrentiel et qui plus est mouvant. Comme toutes les sociétés survivantes, elle a vécu des crises, est parvenue à construire des solutions, à vivre les erreurs comme des étapes pour progresser, déployant une énergie considérable pour progressivement développer les meilleurs produits de son segment et en récolter aujourd'hui la reconnaissance. Ce parcours forge un groupe. La situation des équipes est celle que recherchent beaucoup de manager : l'attachement à l'entreprise et à ses produits est très fort, l'esprit de corps, l'engagement tout particulièrement élevés. L'aventure d'une PME comme DELAIR est loin d'être finie, mais il y a dans ces petites structures un esprit particulier des créateurs et des pionniers. Pour ses 10 ans (2011-2022), la société a rédigé un livre anniversaire où il est fait mention non pas de cohésion ou d'esprit d'équipe, mais de « camaraderie » : la communication horizontale et la solidarité sont fortes entre les personnels. Il n'est donc pas surprenant que des jeunes PME ayant un lien avec la défense recrutent un nombre important de soldats issus des troupes d'élite, notamment des commandos, car nombre de valeurs



Le DT46, le dernier né de la gamme DELAIR

sont communes : engagement, solidarité, résilience aux épreuves. C'est le cas de DELAIR et c'est sans aucun doute un marqueur de beaucoup de sociétés de cette dimension, et d'ailleurs des structures plus grandes cherchent souvent à les développer dans leurs équipes.

DES VALEURS COMMUNES AVEC LES COMMANDOS : ENGAGEMENT, SOLIDARITÉ, RÉSILIENCE

Dans le monde des drones légers, la croissance du marché militaire est actuellement la plus nette. En Ukraine, les drones impactent puissamment le champ de bataille, pour observer, renseigner, appuyer le feu, voire constituer le feu lui-même (munitions téléopérées). Le Ministre des Armées Sébastien Lecornu en a souligné la criticité pour la

France : « Le rôle que joueront les drones à l'avenir nous impose une souveraineté dans l'ensemble de la gamme, des drones les plus petits à ceux qui s'assimilent à de petits avions »¹. DELAIR, soutenu par ministère des armées et la DGA, a déjà livré 150 drones en Ukraine, après qu'ils aient passé avec succès des tests opérationnels très difficiles. La société n'a longtemps compté que 20 collaborateurs, puis 40, aujourd'hui 85 avec une croissance qui se poursuit : en appui d'un marché civil qui croit, et au sein d'une BITD drone qui doit se développer pour soutenir les armées, l'enjeu pour DELAIR est désormais de passer à l'échelle.

Une PME qui grandit doit aussi affermir son organisation. Le nombre et les volumes de contrats deviennent plus importants, les adaptations de trajectoire moins évidentes d'où un besoin de faire évoluer la structuration de l'entreprise et de la gestion des projets. Dans le même temps, il faut garder le dynamisme et la

créativité spécifique de la TPE ou PME. Le modèle n'est pas évident à construire. En outre il ne sera pas évident non plus à mettre en œuvre : dans tout groupe et il y a un écart entre les fonctions théoriques – anonymes – et la réalité – incarnée. L'organisation subjective n'est pas celle de l'organigramme et dans une PME typiquement chargée de 10 ans d'aventures, cette réalité est encore plus forte. Toute évolution dans l'organisation se heurtera à une question légitime : pourquoi changer, rigidifier, un système qui jusqu'ici a fonctionné, même dans les épreuves ? L'évolution d'organisation est une problématique courante dans les opérations de fusion/acquisition, où 2 structures chargées d'histoires et de savoir-faire « tribaux » doivent se rejoindre (« carve-in »). Elle fait l'objet de plans d'accompagnement spécifiques qui passent d'abord par l'appui de l'équipe de direction. Dans une PME, il s'agira du PDG, qui est l'autorité incarnée du groupe et doit défendre le changement ; sa personnalité est particulièrement importante car il doit assurer auprès de ses équipes la mutation de la société sans perdre ce qui en a fait sa force, son âme. Le second enjeu sera le recrutement de « nouveaux » : créée souvent sur un noyau de pionniers fortement techniques, une PME qui grandit doit recruter des cadres pour renforcer l'encadrement intermédiaire. Ces nouveaux sont « différents » : ils sont moins techniques (ils ne sont pas recrutés pour cela), ils n'ont pas



En version décollage vertical (VTOL)

vécu l'aventure initiale. L'enjeu d'assimilation est important et les efforts doivent être à double sens. Les nouveaux arrivants doivent faire preuve de patience et d'humilité : ils n'ont pas les « codes » du groupe. Il faut en retour qu'ils soient annoncés au groupe, clairement. Il semble même pertinent d'associer les équipes au recrutement d'un nouvel arrivant, fut-il leur futur responsable : pour reprendre la métaphore militaire, la sélection des commandos par les commandos eux-mêmes est un rituel immuable.

EN GRANDISSANT, GARDER LE DYNAMISME ET LA CRÉATIVITÉ DE LA PME

Pour soutenir son développement, DELAIR a osé recruter un ingénieur en chef de la DGA. Pourquoi, en retour, aller dans une PME, lorsqu'on vient d'une grande organisation ? Pour être utile : les cadres des grandes structures ont souvent

bénéficié d'intenses formations au management, ils connaissent les modèles d'organisations importantes, ils ont souvent l'expérience de la conduite du changement. Pour apprendre rapidement les enjeux d'une filière industrielle : les frontières entre postes sont moins sensibles dans une PME que dans une grande organisation, l'information circule rapidement. Enfin, au-delà des intérêts individuels, il y a un enjeu collectif à entrer dans les PME : la France compte 274 Grandes Entreprises, 5 000 ETI, 150 000 PME. Ces dernières fournissent 1/3 de la valeur ajoutée de l'ensemble des entreprises françaises, font vivre 1 salarié sur 4 à l'échelle nationale, et plus en Région. Pourtant PME et services étatiques ont parfois des difficultés à se rencontrer : le Secrétaire Général pour l'Investissement (responsable du programme France 2030), Bruno Bonnell, regrettait en février 2023 de peiner à séduire les PME, alors qu'il vise 50 % des projets au profit des TPE/PME. L'industrie française est forte avec des PME fortes. Aller dans une PME est une aventure qui vaut la peine. ☺

DELAIR est un fabricant français de drones légers, créé en 2011 à Montaudran près de Toulouse, sur les terrains mêmes des pionniers de l'aéropostale. 3 aéronefs légers (moins de 25 kg) et un drone sous-marin composent aujourd'hui sa gamme. Ni avions habités, ni modèles réduits de loisir, les drones légers sont des systèmes particulièrement denses en contraintes de tous ordres - aérodynamique, électronique, énergétique mais aussi sécurité et réglementation – et en conséquence extrêmement technologiques. DELAIR est un leader mondial des drones légers à voilures fixes, capables de longues élancements (jusqu'à 100km), pour l'observation dans le visible ou l'infrarouge, la cartographie LIDAR, ou encore l'emport des charges utiles dédiées demandées par ses clients.



Sébastien Plumet,
ICA, Directeur
des Opérations/
Directeur Général
Adjoint, DELAIR

Sébastien Plumet a commencé sa carrière dans la défense et la maîtrise des risques NRBC. Passé par les services de programme, il était jusqu'en 2023 sous-directeur au Service de la Performance et de la Qualité Industrielle de la DGA où ses ingénieurs et experts qualité assuraient le suivi de l'organisation et de la production des entreprises de défense.

FACTEURS HUMAINS ET CONDUITE DES PROGRAMMES D'ARMEMENT

Par Stéphane Roget, IGA et Myriam Malet, Attachée d'administration

La notion de facteur humain est souvent associée, dans les opérations d'armement (OA), à l'interface homme-système, ainsi qu'à la part d'aléas liée à l'opérateur utilisant un système d'armes. Elle l'est beaucoup moins dans le cadre plus général de la conduite des programmes, et des équipes tant étatiques qu'industrielles qui y contribuent. Pourtant, ce facteur humain joue un rôle primordial dans la réussite des OA.

Un pivot essentiel dans la conduite des OA : le manager

La performance d'une équipe pluridisciplinaire de programme (EPDP), composée de différents spécialistes nécessaires à la conduite du projet en matière technique, d'achat, de finances, de management et qualité, est naturellement liée à leurs qualités professionnelles, mais également intimement dépendante des qualités de meneur de leur manager, et aux relations qu'il entretient avec ses collaborateurs. Comme le commandant de l'équipage d'un sous-marin ou d'un avion, il doit être capable d'appréhender et faire comprendre les problématiques du programme dont il a la charge, de définir l'organisation de l'équipe qui y répond, puis d'animer cette équipe par des consignes claires et de la motiver pour qu'elle remplisse pleinement sa mission.

Dans la majorité des cas, il ne choisit pas son équipe et doit composer avec des personnalités qui ne sont pas celles dont il aurait rêvé. Comme nous le rapportait récemment un représentant de l'industrie, « j'explique à mes chefs de projet que, sauf à être responsable du programme le plus stratégique de l'entreprise, ils auront 10 à 15 % de leurs équipes qui ne seront pas la bonne personne au bon poste ! » C'est dans ces conditions que l'on voit certains managers compétents techniquement, travailleurs voire perfectionnistes, ne pas réussir à « gérer » des personnalités difficiles

ou des équipiers n'ayant pas le même niveau d'implication, de compétence ou de fiabilité qu'eux !

Le manager est donc lui-même un « facteur humain » : soumis à une forte pression et faisant face à de nombreux problèmes, il doit se montrer capable de mobiliser ses équipes en évitant les deux écueils : tout garder pour soi en considérant qu'il est le seul à pouvoir s'en occuper, ou à l'inverse transmettre tout son stress à ses collaborateurs !

Comme le disait Henry Ford, « *Coming together is a beginning. Keeping together is progress. Working together is success* ».

La communication, donnée clé

La communication au sein de l'équipe est fondamentale pour conserver une vision d'ensemble avec un niveau de précision suffisant et une implication de tous. La fluidité des échanges est intimement liée au climat général de travail et au niveau de confiance mutuelle, ce qui explique l'importance de points de situation internes réguliers, mais aussi d'actions de cohésion, permettant de renforcer le sentiment d'appartenance et l'envie d'agir au profit de l'intérêt commun, ainsi que la créativité et l'esprit d'initiative.

Ce travail conjoint présente dès lors tous les avantages mais aussi les inconvénients inhérents au facteur humain : l'aptitude à analyser des situations imprévues, l'invention de

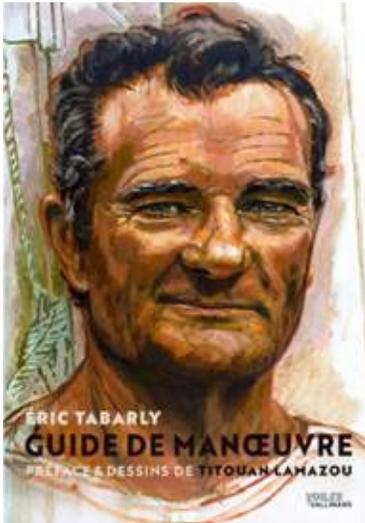
solutions innovantes, la capacité de travail sous forte contrainte, mais aussi parfois l'erreur involontaire, la saturation ou le renoncement. Pour contourner ces pièges, le manager doit en permanence veiller sur le fonctionnement harmonieux de son équipe en évitant de laisser quelqu'un « à la traîne », en particulier les nouveaux membres dont l'accompagnement de la montée en compétence initiale est également essentiel.

Les réunions, qu'il est aujourd'hui de bon ton de décrier, jouent cependant un rôle primordial car elles sont le lieu de débats et d'échanges. À un manager qui nous explique ses difficultés avec son équipe, nous posons généralement la question : organises-tu des réunions d'équipe ? À quelle fréquence ? Il est surprenant de constater à quel point un échange régulier, via une telle réunion, peut permettre de lever des incompréhensions.

Des relations humaines avec les clients et fournisseurs

L'importance de la communication et des facteurs humains s'étend bien sûr aux relations de l'EPDP d'une part avec les forces, et d'autre part avec l'industrie.

On insiste ainsi très régulièrement auprès des managers de la DGA sur l'importance de la relation entre officier et directeur de programme, copilotes de l'OA. Ceux-ci ont des parcours et des personnalités



« La confiance est un élément majeur : sans elle, aucun projet n'aboutit. » Éric Tabarly

parfois très différents. Et la cohabitation entre un nouvel OP arrivé d'un régiment, qui se targue de connaître, lui, la réalité du terrain et un DP, impliqué depuis de nombreuses années en tant que spécialiste technique sur le projet, et qui en connaît tous les rouages, peut parfois s'avérer orageuse ! Il s'agit donc de reconnaître et de valoriser chez l'autre ses compétences, son expérience et son périmètre d'intervention, notamment pour éviter les incompréhensions. Ainsi, dès la phase de l'expression du besoin opérationnel, une mauvaise communication peut donner lieu à des ambiguïtés d'interprétation et à une mauvaise traduction en exigences techniques, qui se retrouveront, inévitablement, dans la définition finale du système.

Avec les industriels, l'erreur commune est de considérer, comme nous l'exprimait récemment un manager, « qu'il n'y a pas besoin d'échanges autres que la négociation, la signature et l'application d'un contrat ». Le retour d'expérience d'OA en grande difficulté montre qu'une de leurs caractéristiques communes est la dégradation forte des relations entre les équipes projet, dans un cercle vicieux : l'industriel n'informe pas

son client de difficultés en cours, celui-ci les apprend au dernier moment, et décide de « serrer la vis » à l'industriel, qui limite encore le partage d'informations... S'il ne s'agit pas « de partir en vacances ensemble » entre maître d'ouvrage et maître d'œuvre, quelques principes s'avèrent toujours fructueux :

- Exposer franchement ses difficultés et contraintes,
- Reconnaître ses torts pour faciliter la recherche d'une solution, en faisant table rase du passé,
- Éviter les mensonges ou manipulations : les exemples sont nombreux où un chef de projet se félicite d'avoir « roulé dans la farine » son interlocuteur, sans se rendre compte qu'une fois la manipulation découverte, il aura dégradé la relation à long terme.

La réciprocité dans l'application de ces principes qui peuvent être vus comme naïfs s'ils sont à sens unique, en tout cas compliqués à mettre en œuvre, peut permettre d'entrer dans un cercle vertueux au plus grand bénéfice du projet.

Au-delà des simples échanges, l'ensemble des acteurs impliqués dans le cycle de vie des programmes doit se comprendre sans équivoque sur la contribution attendue de chacun. On comprend ainsi l'utilité du recours à la simulation ou à l'expérimentation, permettant de vérifier la validité d'un concept en matière d'ergonomie, dont la quantification est souvent difficile, car subjective. Le design d'un matériel peut aider à son adoption et à son appropriation, tant par les ingénieurs que les utilisateurs.

Savoir faire face aux défaillances

Comme déjà évoqué, le facteur humain est, dans des conditions nominales, un démultiplicateur de l'expertise et de la créativité de chacun des membres de l'équipe de programme, permettant de maîtriser et piloter les différentes phases d'un

projet. Mais chacun des maillons de cette chaîne peut aussi la fragiliser par une défaillance individuelle, voire collective : compétence insuffisante, jugement erroné, surcharge de travail, problèmes personnels ou relationnels. C'est pourquoi le manager doit veiller à la solidité de son équipe, et notamment à sa capacité de « résilience », en particulier dans des situations dégradées par des erreurs humaines. Cela nécessite une capacité d'analyse psychologique et une sensibilité qui ne sont pas forcément dans le cursus de formation d'un ingénieur !

Ainsi, pour surmonter les défis du métier de manager d'OA à la DGA, aussi passionnant que difficile, nous ne saurions trop souligner l'importance pour celui-ci, aussi compétent soit-il, de prêter une attention particulière au facteur humain. ☺



Stéphane Roget,
IGA

Après une première partie de carrière dans le domaine spatial, Stéphane Roget a occupé des postes à la direction des programmes de la DGA et à l'EMAAE, avant de prendre en charge en 2021 la sous-direction de la conduite des opérations d'armement de la DGA/DO.



Myriam Malet,
Attachée principale
d'administration

Après un début de carrière dans le domaine de la communication, Myriam Malet s'est spécialisée dans les métiers de l'accompagnement professionnel, qui l'ont amenée à intervenir durant dix ans à l'ENA, et qu'elle exerce aujourd'hui auprès des managers d'opération d'armement au sein de la direction des opérations de la DGA.



BENOIT LAURENSOU, OU LA GESTION DES COMPÉTENCES AU CŒUR DE LA FONCTION RH DE LA DGA

INTERVIEW D'UN ANCIEN DIRECTEUR DES
RESSOURCES HUMAINES DE LA DGA

Propos recueillis par Claude Chenuil, JGA

Benoit Laurensou (TELECOM 86) a eu un début de carrière fortement teinté systèmes d'information, occupant différents postes dans ce domaine au sein de la DGA et de l'OTAN. Sa carrière est marquée par le fait d'avoir été pendant près de 10 ans directeur des ressources humaines de la DGA, record absolu, avant de devenir contrôleur général des armées en mission extraordinaire. Nul n'est mieux qualifié que lui pour donner un éclairage sur la fonction ressources humaines à la DGA.

La CAIA : Quelle place occupe le facteur humain à la DGA ?

Benoit Laurensou : Elle est centrale ! Ce qui fait la force et la légitimité de la DGA ce sont ses moyens d'expertise et d'essais et surtout ses compétences techniques. Ces dernières étant détenues par ses personnels, il faut donc les gérer, les développer et surtout les faire évoluer pour couvrir de nouveaux domaines comme le cyber ou l'IA. Et cela en tenant compte des spécificités de la DGA, à savoir une grande diversité de statuts et une forte proportion de contractuels.

LA GESTION DES COMPÉTENCES EST AINSI AU CŒUR DE LA FONCTION RH DE LA DGA

Tout en assurant l'ensemble des autres facettes de cette fonction (hygiène sécurité conditions de travail, gestion administrative, etc.) qui

relèvent aussi du facteur humain. C'est ce qui explique certaines de nos spécificités, comme notamment le PSRH, Plan Stratégique des Ressources Humaines, qui décrit à un horizon glissant de 6 ans les besoins en compétences de la DGA déclinés sur chacun de ses 36 métiers dans sa version actuelle. Cela explique aussi la gestion unique des mobilités par les compétences et non par le statut ou le grade, ainsi que le fait que les formations soient à la main de l'employeur et non du gestionnaire. D'où également l'attention permanente aux aspirations des personnels, pour laquelle la DGA est réputée, afin qu'ils puissent les satisfaire tout en développant leurs compétences et en répondant aux besoins de l'institution. Cela explique également l'attention particulière et permanente portée à la gestion des différents corps pour maintenir leur attractivité, en particulier celui des ingénieurs de l'armement. Et tout cela passe naturellement par un dialogue social et une concertation soutenue et de qualité.

LE PRODUIT « INGÉNIEUR DGA » EST ATTRACTIF

La CAIA : Comment la DGA peut-elle conserver ses talents alors que la conjoncture nous est défavorable avec des industriels de défense qui recrutent à tour de bras et à des salaires plus élevés ?

BL : C'est en effet un challenge majeur, surtout dans un contexte de concurrence effrénée entre employeurs et de déficit en ingénieurs au niveau national. Un des atouts de la DGA, c'est l'attractivité des postes proposés, en particulier pour de jeunes ingénieurs sortis d'école. Ensuite, c'est la plus-value d'un passage à la DGA sur un CV : le produit « ingénieur DGA » est attractif, car ils sont bien formés. Ensuite, les conditions de travail qu'offre la DGA, la prise en compte des aspirations des personnels, sont également quelque chose qui attire. Quant aux niveaux de rémunération offerts, on peut toujours

faire mieux dans le contexte de compétition que nous connaissons, mais je note que, pour ce qui est du recrutement de contractuels, qui est le plus exposé à la compétition, la DGA a atteint cette année, comme les autres années d'ailleurs, ses objectifs de recrutement. Pourtant, le volume de recrutements est passé d'environ 100 contractuels en 2013 à 745 en 2023, ceci en partie grâce aux mesures obtenues en termes de revalorisation salariale. C'est effectivement un des axes d'effort permanent : rester compétitif sur le plan financier et ce pour les différents statuts dont la DGA assure la gestion, ingénieurs militaires et ICT. Pour les autres catégories de personnels (fonctionnaires, ouvriers de l'État), également objet d'attentions, la DGA a moins la main. Du côté des IA et des IETA, quel que soit le type de recrutement, la DGA fait le plein tous les ans avec une qualité excellente. Certes les ICT sont recrutés plus jeunes qu'avant, mais d'un autre côté j'ai rarement vu les employeurs mettre un terme à des contrats lors des périodes d'essais, signe que globalement la qualité est au rendez-vous. En fait, la DGA est passée assez insensiblement d'une logique de stock à une forme de logique de flux, celle-ci restant encore limitée. Il nous faut apprendre à vivre avec, à intégrer que désormais, avec les nouvelles générations, changer d'employeur régulièrement est un phénomène naturel. Je dirais même qu'il faut l'accompagner, en favorisant les aller-retours entre la DGA et l'extérieur, qu'il s'agisse de l'appareil d'État ou de l'industrie privée. C'est une source de richesse pour la DGA qui doit conserver un ancrage fort dans son écosystème tant étatique qu'industriel pour asseoir son efficacité. Au demeurant, dans le contexte d'emploi que nous connaissons, et de concurrence vive entre employeurs, une politique de fidélisation ciblée vers des compétences ou des profils particuliers

paraît adaptée, et c'est le travail des managers de les identifier, de savoir qui il faut garder et qui il est possible de laisser partir. Cela se fait en lien étroit avec les responsables métiers qui ont un rôle clef pour construire les compétences et les régénérer le cas échéant.

La CAIA : Pourquoi est-il beaucoup plus facile de pourvoir un poste de DP ou de DUM qu'un poste de sous-directeur ou même de directeur dans un centre de province ?

BL : Quelque part c'est normal et même rassurant d'arriver à gréer facilement les postes de management de programme, car ce sont eux qui matérialisent, via les programmes d'armement, l'apport des compétences techniques à l'équipement des forces. Après il faut reconnaître que les opportunités de postes d'encadrement en province surviennent souvent à des moments d'une carrière, et d'un parcours individuel, où cela est plus compliqué familialement. Comme nous mettons l'accent sur la satisfaction des aspirations personnelles, cela explique en large partie ces difficultés. Mais dans le cadre de la revalorisation de la fonction managériale engagée depuis plusieurs années par la DGA, c'est typiquement ce type de poste dont il faut renforcer l'attractivité, car la DGA a aussi besoin de managers d'hommes.



La CAIA : Un ancien directeur de centre avait écrit un jour que le processus de la mutation à la DGA relevait plus de l'astrologie que d'un processus cartésien. Es-tu d'accord avec cette affirmation ?

LE PROCESSUS DE MUTATION À LA DGA N'EST PAS DE L'ASTROLOGIE MAIS RELÈVE PARFOIS DE LA MÉCANIQUE CÉLESTE

BL : Ce n'est pas de l'astrologie, c'est parfois de la mécanique céleste sans toutefois être déterministe. Il faut un alignement de planètes pour muter un agent. Il peut en effet y avoir des difficultés ponctuelles ou des processus très longs, qui peuvent être difficiles à gérer. N'oublions pas qu'il s'agit parfois de choix de carrière importants pour des personnels avec des répercussions potentielles sur leur équilibre familial. Heureusement ces difficultés restent en nombre limité. C'est le prix à payer pour coller au maximum aux aspirations des agents et maintenir les compétences. Mieux vaut aussi parfois pour un employeur prendre un peu plus de temps pour disposer de la meilleure compétence au bon endroit. À l'inverse, une logique de type Plan annuel de mutation ou PAM telle que pratiquée par les Armées me paraît peu adaptée aux besoins de la DGA. Après, cela n'empêche pas qu'il faut faire des efforts pour encourager la mobilité et la susciter là où cela est utile. Les nouvelles formes de travail hybrides, sur lesquelles la DGA est en pointe, y contribuent en particulier pour estomper les contraintes géographiques liées à certains postes, lorsque cela est possible en termes opérationnel évidemment.

LE MODÈLE RH DE LA DGA EST SINGULIER AU SEIN DU MINISTÈRE

La CAIA : Quel est le plus grand défi que la DGA doit relever selon toi dans le domaine des RH ?

BL : C'est clairement le développement et la gestion de ses compétences. Le modèle RH de la DGA est singulier au sein du ministère et doit pouvoir continuer à répondre à ses spécificités. Il nous faut à ce titre pouvoir disposer de marges de liberté pour être réactifs et adaptatifs en termes d'organisation des compétences, de recrutements, de mobilités. Ce qui justifie, à titre d'illustration, que la DGA se limite, pour son référentiel en organisation et description de la totalité des postes de tout niveau, à horizon d'un an au lieu de six ans pour les autres entités du ministère. Le plan stratégique des ressources humaines constitue pour la DGA le modèle à 6 ans pour construire ses compétences. De la même façon, comme je l'ai déjà indiqué, la DGA ne pratique pas le PAM à la différence des Armées. La DGA doit également pouvoir s'adapter à son environnement qui est changeant, ce qui suppose une ouverture et un ancrage fort avec celui-ci. L'investissement fort de la DGA dans le domaine de l'ingénierie système en est un bon exemple. Cela a nécessité tout à la fois d'investir dans les formations, dont certaines diplômantes, de tirer le bénéfice de mobilités dans l'industrie pour s'imprégner des meilleures pratiques du moment, de faire évoluer les compétences internes à la DGA et d'investir dans des outils.



Développer les compétences de la DGA en lien avec son environnement passe par toute une série d'actions qui va des périodes d'ouverture hors DGA pour les IA, dont l'intérêt a été souligné dans les travaux en cours sur la réforme des grands corps techniques, aux mécanismes de reconnaissance des compétences avec le concours de pairs, internes ou externes à la DGA, comme cela est pratiqué pour les experts de haut niveau pour les métiers techniques. Il faut faire vivre ces dispositifs et pouvoir les faire évoluer pour coller aux besoins en compétences nouvelles et répondre aux besoins liés aux missions de la DGA.

La CAIA : Tu as battu un record de durée à ton poste de DRH DGA. Que retiens tu de ces années ? De quelle réalisation es-tu le plus fier ?

BL : Effectivement, neuf ans et demi c'est un record, mais on ne voit pas le temps passer, car c'est un métier passionnant et vivant où il y a énormément de choses à faire. J'ai d'autant moins vu le temps passer que j'étais en charge, en complément, du soutien général de la DGA et de la qualité produit. Ce que je retiens, c'est avant tout l'engagement extraordinaire des personnels de la DRH. Ce sont des postes compliqués, en contact direct avec les agents, et souvent on n'en réalise la difficulté que quand on rejoint la DRH. La fonction est robuste, on l'a vu lors de la crise sanitaire où la DRH a joué pleinement son rôle malgré le contexte que l'on sait. Jamais les personnels de la DRH ne m'ont déçu, même dans les circonstances les plus difficiles. Qu'ils en soient remerciés. Quant aux réalisations, ce ne sont pas les miennes, c'est avant tout l'œuvre d'une équipe, une action collective. Si je devais en citer quelques-unes, je retiendrais la politique de gestion des parcours professionnels qui se développe, la transformation de la sociologie de la DGA vers plus de

cadres pour accompagner la complexité des systèmes d'armes et la montée en puissance des nouveaux métiers, la période d'ouverture des IA qui est aujourd'hui plébiscitée, la négociation pour l'application aux IA et IETA de la nouvelle politique de rémunération des militaires avec notamment la mise en place, portée par la DGA, d'un bloc de rémunération lié à la performance.

Mais s'il y a quelque chose dont je suis non pas fier mais heureux, c'est peut-être de pratiquement toujours avoir pu recevoir les agents en difficulté et d'avoir pu régler un certain nombre de cas compliqués. Il n'y a pas de plus grande satisfaction pour quelqu'un qui travaille dans les RH que de recevoir un message de remerciement d'un agent parce qu'on a pu l'aider à se sortir d'une situation personnelle difficile.

IL NE FAUT PAS HÉSITER NON PLUS À PRENDRE DES RISQUES, À S'EXPOSER

La CAIA : Quel conseil donnerais-tu à un jeune IA ?

BL : Qu'il ne calcule pas, qu'il ne se fasse pas un plan de carrière prédéfini. La DGA offre une palette de métiers et d'opportunités uniques, en son sein et à l'extérieur, il n'y a que l'embarras du choix. S'il est important de choisir des postes où l'on sait que l'on se fera plaisir, il ne faut pas hésiter non plus à prendre des risques, à s'exposer, car c'est ce qui permettra de sortir du lot. Et le plus important, ne jamais perdre le sens de l'humain, pratiquer un management attentionné, car gagner le respect de ses personnels est l'une des plus grandes satisfactions professionnelles que l'on peut avoir. ☺

MILITAIRE



GIGN : UN GROUPE D'HOMMES

DE L'OPÉRATIONNEL À LA R&D

Par un IETA affecté au Groupe

CONFIANCE : dénominateur commun qui existe entre les hommes et les femmes qui composent le GIGN, unité d'élite de la Gendarmerie. Elle se construit, s'entretient et permet de se trouver les yeux fermés. Elle s'affranchit de certains principes de précaution habituellement de mise, tant en opérations qu'en recherche de solutions techniques.

Si le GIGN central (Satory) est taillé pour les missions dites « de haut du spectre », le GIGN 3.0 (14 antennes) a été engagé 2617 fois en 2023. Dans les deux cas, l'objectif est de préserver des vies. En 2015 à Dammartin-en-Goële, l'objectif premier était de récupérer l'otage. Aussi, la prise en compte du facteur humain en mission constitue un moyen d'action à part entière : la négociation.

De la créativité

Pour rejoindre le GIGN, les gendarmes volontaires doivent faire preuve de qualités physiques et mentales mais aussi de créativité : lors du pré-stage (sélection), ils doivent se débrouiller avec rien pour mener à bien la mission confiée. Cela oblige, avec l'expérience, à devenir proactif sur la recherche de solution simple et efficace : chaque opérationnel applique cet héritage à tout ce qu'il entreprend lors de sa carrière.

L'approche « Bottom-up » au GIGN central, c'est 400 militaires et 1000 idées par jour... Opérationnels (250) comme concourants, tout le monde œuvre au quotidien pour l'amélioration des procédés tactiques, de l'armement, des équipements, des capteurs, des communications. Les missions spécifiques ainsi que le terrain imposent en outre des contraintes que seuls les « ops » connaissent. Ils dirigent et valident l'emploi de solutions avec accord de la hiérarchie (sauf

contraintes spécifiques sur les plans juridique et technique, par exemple un émetteur radio puissant qui n'a pas été validé par qui de droit).

À missions spécifiques, moyens spécifiques

Les missions du GIGN ne sont pas celles des Forces Spéciales : l'usage des armes est le dernier recours pour résoudre une crise. Sur les missions quasi-hebdomadaires de rétentions familiales et forcenés armés, l'opérationnel privilégiera une cartouche dite « optimisée » avec une ogive expansive afin d'augmenter le pouvoir d'arrêt mais surtout de minimiser le risque de dégâts collatéraux. Chose impossible avec une munition traditionnelle utilisée dans les armées.

Faire optimiser la performance (efficacité/poids) d'un casque de protection balistique, solliciter une certification d'une longe aéro pour la sécurité des opérationnels et leurs missions spécifiques en hélicoptère, réaliser un bélier pour véhicules, concevoir un système d'interception d'embarcations, développer des capteurs de renseignement représentent un échantillon de « R&D » travaillé par les militaires du GIGN et ses partenaires.

Tous ces besoins opérationnels ont pour finalité la réussite des missions, le confort du matériel ou l'amélioration des entraînements. À ceux-ci s'ajoutent les besoins d'anticipation, comme pénétrer dans la maison

Une unité à taille humaine dessinée pour la crise : la caserne Pasquier permet d'accéder à 1 minute à pied à tous les services, c'est la manière la plus courante d'interagir (plutôt que d'envoyer un mail). Faire un point avec une équipe d'opérationnels dans la journée, insérer un essai de matériel lors d'un entraînement ou encore obtenir rapidement une décision du C1, le général de division commandant le GIGN (y compris au café), c'est possible, c'est le quotidien.

connectée de demain ou encore préparer la gestion de crise aux JO2024.

Boucle courte

Pour la cellule innovation prospective (CIP, ex-R&D), faire avancer la R&D du Groupe revient à accompagner des porteurs de projets, passionnés par leur métier, qu'ils soient dans les forces, les sections techniques ou les cellules spécialisées (effraction chaude, ouverture fine, moyens spéciaux, « para », nautique, cyber, radio, infrastructure informatique, etc.)

« *ES-TU
UN INGÉNIEUR
DE CANAPÉ OU
UN INGÉNIEUR
DE TERRAIN ?* »

Toutes ces activités peuvent se décliner suivant plusieurs types, du développement interne, qui allie (savoureusement) théorie et pratique, au benchmark, où l'on porte la parole des opérationnels auprès des industriels, en passant par des développements particuliers.

Le développement interne est d'autant plus essentiel qu'il répond à des besoins spécifiques et réduit le nombre d'intermédiaires entre l'utilisateur final et le concepteur. Cette boucle courte permet de converger plus efficacement vers la solution opérationnelle.

Les domaines d'intervention s'étendent du numérique (CIP, cellule « dev », cellule « cyber ») à la création d'objets physiques, englobant l'impression 3D et le travail des métaux, du bois et des composites. Ces dernières activités sont prises en charge par la cellule technique d'adaptation opérationnelle (CTAO), garantissant ainsi un haut degré de personnalisation.

Se présenter à la CTAO en tant qu'ingénieur avec un fichier de maquette 3D à imprimer se transforme souvent en défi. Être un ingénieur de canapé ou un ingénieur

Embauche stagiaires R&D

Depuis de nombreuses années la cellule R&D accueille des aspirants X ou IETA en formation humaine et militaire. C'est un défi pour des jeunes de 20 ans d'atterrir dans une unité où on n'entre pas facilement. Au même titre que chaque nouvel entrant, soutien ou opérationnel, c'est la façon d'être qui permettra de se faire accepter. Aller vers les autres, être à l'écoute, prouver son utilité par le travail sont les clefs d'un épanouissement que beaucoup ont vécu.

de terrain, à leurs yeux et aux yeux des opérationnels, se détermine à la capacité à transformer les idées en réalités tangibles et à prendre en considération les contraintes du terrain et de la mission.

De par la proactivité des opérationnels, l'unité est très accessible aux industriels et des essais sont rapidement faisables si la solution semble tenir la route pour répondre aux besoins du terrain (qui dicte toujours, avec la mission, l'usage d'un matériel ou non).

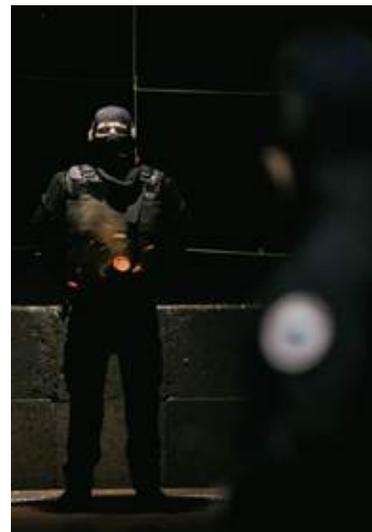
Entre le marteau et l'enclume

Toutes ces activités de R&D s'accompagnent d'échanges avec d'autres administrations sur des sujets techniques, des financements ou des certifications. La CIP assure cette interface pour des opérationnels qui vivent au rythme des missions et attendent des résultats immédiats.

Si les équipements du GIGN sont relativement éloignés de ceux traités par la DGA, des liens fructueux existent. Néanmoins, des réponses de l'administration peuvent apparaître longues à venir sur des développements ou des certifications. Cette perception tient peut-être à la différence structurelle, outre l'aspect opérationnel.

La DGA cherche à minimiser les risques liés au facteur humain afin de bâtir sereinement les « grands » programmes d'armement et notamment la dissuasion. Mais il lui est difficile d'aligner ses capacités sur les « petits » besoins d'unité comme le GIGN, qui reste une unité fondée à la fois sur une structure militaire mais aussi sur ses hommes.

L'AID est un exemple d'administration qui réussit à accompagner des unités comme le Groupe dans leur approche « bottom-up »,



Le tir de confiance, effectué à 15 m, symbolise la confiance mutuelle et la fraternité des soldats d'élite

notamment par sa capacité à écouter leurs expressions de besoin et à donner une chance aux opportunités formulées par le terrain.

Servir au GIGN est une expérience humaine et opérationnelle hors norme. Unité plastique par essence, passée de 20 militaires en 1974 à 1000 militaires à l'aune de ses 50 ans, le GIGN se doit d'être opérationnel en tout temps. En réaction aux crises les plus sensibles comme en anticipation des besoins de demain, porté par les valeurs d'exigence, d'expertise, d'adaptabilité et la souplesse décisionnelle de l'unité, le quotidien de la cellule innovation prospective au profit des opérationnels est multiple, toujours dynamique et bouillonnant. ☯

*BR et SR : Brigades et Sections de Recherches
PJGN : Pôle judiciaire de la gendarmerie nationale*

CHANGEMENT CLIMATIQUE

ENJEUX PHYSIOLOGIQUES POUR L'HOMME ET NOS ARMÉES

Par Pierre-Emmanuel Tardo-Dino, Médecin en chef (SSA)

Le réchauffement climatique et les vagues de chaleur exposent nos militaires à intervenir dans des environnements climatiques de plus en plus extrêmes, aux limites de leurs capacités d'adaptation physiologique. L'IRBA s'y prépare, par des recherches sur la caractérisation du risque hyperthermique (individuel et collectif) et la prise en compte de cette vulnérabilité dans nos programmes d'armement.



© Kévin AULAS / armée de Terre / Défense

Notion de limite de résistance à la chaleur : des zones habitées pourraient devenir inhabitables

Dans ce contexte de dérèglement climatique, du fait de nos limites de résistance à la chaleur, des zones pourraient devenir inhabitables. Par exemple, une température humide (TH) (température tenant compte de la capacité d'évaporation du milieu) de 31°C ce qui équivaut à 36°C-60 % d'hygrométrie représenterait un stress thermique non compensable. Selon les projections du GIEC¹ (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), en cas de réchauffement global de 2,4°C à 3,5°C d'ici la fin du siècle (trajectoire actuelle : +2,8°C en 2100), 30 à 40 % de la population pourraient être concernés par ces conditions.

Les enjeux opérationnels : quelles implications pour nos armées

Évaluation du risque collectif

Le risque thermique environnemental dépend de la température de

l'air mais également du vent, du rayonnement et de l'humidité relative (HR). Actuellement, en France, les alertes sont fondées sur les prévisions de température de l'air. Une meilleure prévention doit passer par l'intégration de ces autres variables. Il existe des normes en médecine du travail qui intègrent ces facteurs climatiques, utilisant des scores tels que le Heat index, la température humide (TH) ou le WBGT (Wet bulb Globe Temperature). Ces normes, intégrant aussi l'activité physique ou l'habillement, offrent une meilleure stratification du risque hyperthermique.

Remettre l'Homme au centre des systèmes d'armes

Ces normes d'emploi en médecine du travail montrent leur limite dans les armées. Le militaire est appelé à servir dans des situations qui dépassent les modèles établis. Ainsi, des abaques existent en milieu militaire, surtout dans les pays anglo-saxons. Utiles en situation d'entraînement, elles demeurent trop approximatives pour s'en contenter, notamment quand il s'agit de réfléchir aux conséquences du réchauffement. Ces normes ne peuvent pas suffire à définir le cahier des charges du facteur humain lors de la conception des programmes d'armement. Par exemple, les futures tenues de protection contre le risque NRBC

doivent intégrer la question de l'hygrométrie sous-vestibale. Leur niveau d'étanchéité impacte les capacités d'évaporation, augmentant le risque hyperthermique. La réalisation d'essais chez l'Homme permet de qualifier les performances du matériel. L'évaluation du risque physiologique pour une population demeure complexe compte tenu de la variabilité individuelle. Un apport de la recherche en physiologie est de renforcer son expertise pour évaluer dès le départ la contrainte thermique et physiologique prévisible.

L'enjeu de la physiologie intégrée : l'estimation du risque individuel au service de la collectivité

L'homme est un homéo-endothérme. Notre organisme régule sa température par des échanges bidirectionnels (vasodilatation) par conduction, convection et radiation et, par évaporation de la sueur (unidirectionnelle). Sa température centrale est maintenue dans une certaine plage dont l'équilibre dépendant de la contrainte thermique (37°C au repos). La température centrale peut ainsi augmenter (hyperthermie). En cas de stress non compensable, l'hyperthermie incontrôlée conduit à des risques pour la santé potentiellement mortels (coup de chaleur). Si le coup de chaleur d'exercice (CCE) est bien connu dans nos armées, les missions au

¹ cf. lien en fin d'article vers le dernier rapport de synthèse du GIEC

Mali nous ont rappelé également le risque de coup de chaleur par une exposition passive au rayonnement thermique dans les véhicules.

La vulnérabilité individuelle

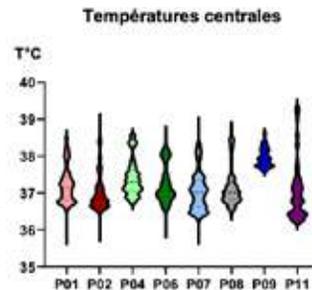
Le défi du réchauffement interroge sur la capacité à anticiper et stratifier le risque physiologique. En effet, la tolérance à la chaleur se caractérise par une variabilité intra et interindividuelle. Il n'existe pas de valeurs seuils de température centrale pour définir le risque hyperthermique. Une personne réalisant un effort physique peut rester performante en ayant dépassé les 40°C alors qu'une autre peut déclarer un CCE. De plus, nous n'avons pas la même tolérance selon notre état physiologique à un instant t. L'efficacité des effecteurs de la thermorégulation (vasodilatation et évaporation de la sueur) dépend de nombreux facteurs tels que l'âge, l'entraînement en endurance ou la qualité du sommeil. Afin de prévenir ce risque en santé mais également d'optimiser les performances physiques ou mentales, l'enjeu est de pouvoir modéliser la contrainte physiologique. Nous cherchons à quantifier la vulnérabilité individuelle dépendant de la résilience des mécanismes de thermorégulation face à des facteurs l'altérant (habillement, altérations du sommeil). Les modèles existants ne prennent pas en compte ces facteurs et, doivent être confrontés aux conditions extrêmes. Cet enjeu de modélisation implique une approche la plus holistique possible, intégrant des données anthropomorphiques, physiologiques, biologiques, épigénétiques et génétiques.

Enjeu du monitoring

Ainsi, la stratification du risque individuel, mais également au niveau collectif, implique d'avoir accès à des données en masse dans différentes situations pour différents individus. À ce titre, le monitoring

physiologique constitue un axe potentiellement pertinent à développer pour appréhender la réponse physiologique en milieu écologique, militaire et approcher au mieux la contrainte réellement subie par les soldats. S'il ne se conçoit pas en situation opérationnelle, il permet néanmoins d'acquérir des informations en période d'entraînement, qui sont capitales pour l'augmentation des connaissances et assumer le rôle d'expertise en thermophysiology, en particulier pour les armées. En outre, il peut devenir un instrument adjuvant de la préparation physique opérationnelle. Certains pays utilisent déjà ce dispositif dans l'aide à la détection de pathologies à la chaleur, principalement le coup de chaleur d'exercice. Ces systèmes pourraient également s'avérer d'une grande utilité dans l'accompagnement des périodes d'acclimatation et d'entraînement. Le suivi du statut physiologique permet d'identifier les groupes d'individu répondant moins bien à la préparation et, par conséquent, pouvant justifier d'un entraînement adapté. Le développement du monitoring de terrain, de nouveaux outils de traitement de données, et des technologies d'intelligence artificielle doit permettre d'élaborer cette modélisation de la réponse physiologique la plus individualisée possible.

L'impact du réchauffement climatique pour les armées implique donc une réflexion replaçant l'Homme au sein de son environnement matériel. L'amélioration de la résilience physiologique ne peut être dissociée des projets d'armement où il apparaît de plus en plus que la limite n'est plus matérielle mais bien humaine. La compréhension des défis physiologiques doit également infuser dans les processus amont de réflexion sur le cadre d'emploi futur de nos militaires. À ce titre, la favorisation des échanges et de la coopération avec le monde de



Exemples d'évolution de la température centrale chez huit coureurs, durant une course à pied de 6 heures. Il existe une importante variabilité interindividuelle de la distribution et des valeurs maximales de température centrale.

l'ingénierie est non seulement souhaitable mais également indispensable pour répondre aux exigences de nos armées. ☞



Voir le Rapport de synthèse du 6^e rapport d'évaluation du GIEC https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf, adopté en mars 2023 en présence des représentants des 195 pays membres du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat



Pierre-Emmanuel Tardo-Dino,
Médecin en chef

Praticien certifié en recherche en physiologie du Service de Santé des Armées, Pierre-Emmanuel Tardo-Dino est physiologiste spécialiste de la thermorégulation. Il est en charge des questions liées aux expositions à la chaleur au Département Environnements Opérationnels de l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées, à Brittany-sur-Orge.



Scaphandre pressurisé (à gauche), no copyright ; équipements pressurisés EFA 23/30 (au centre) et VHA 90 (à droite), © Henri Marotte.

que la nécessité de ventiler le scaphandre pour évacuer la chaleur métabolique, limiter l'espace mort ventilatoire et assurer une certaine mobilité au pilote. Le scaphandre procure une excellente protection contre l'hypoxie. Après dénitrogénéation, le pilote peut passer plusieurs heures à très haute altitude, ce qui permet de redescendre lentement à la suite d'une dépressurisation accidentelle.

Les vêtements pressurisés ont été développés afin de trouver un compromis acceptable entre confort en conditions normales de vol et efficacité en conditions exceptionnelles ou de sauvetage après dépressurisation. Portés de façon préventive, ils sont plus faciles à revêtir et plus faciles d'emploi. Ils sont conçus pour permettre une meilleure tolérance de la respiration en surpression : étanchéité du masque, prévention des troubles au niveau du cou, au niveau ventilatoire (gilet de contre-pression thoracique) et circulatoire.

En France, deux équipements stratosphériques ont été développés et leurs performances validées lors d'essais en caisson hypobare à Brétigny-sur-Orge : l'EFA 23/30 et le VHA 90 (Photo ci-dessus, au centre et à droite).

L'EFA 23/30 était homologué pour les vols à haute altitude du Mirage 3. Les pilotes équipés d'un casque pressurisé, d'une combinaison, de bottes et de gants pressurisés

étaient protégés jusqu'à 30 480 m pendant 1 heure. Cette performance était obtenue au prix d'une restriction du confort et de la facilité d'emploi.

Le VHA 90 a été développé pour les équipages du Mirage 2000. Il s'agissait de déplacer le compromis efficacité-confort vers un meilleur confort, au prix d'une protection physiologique moindre, dans l'objectif d'assurer le sauvetage de l'équipage après dépressurisation (et non de poursuivre la mission). Le système est composé d'un casque à pressurisation partielle, d'un gilet respiratoire qui assure la contre-pression thoracique et du pantalon anti-G qui assure une contre-pression sur la partie inférieure du corps. Associé au système de régulation complexe IN 439, l'ensemble permet la protection contre l'hypoxie d'altitude, les effets spécifiques de la haute altitude, des décompressions explosives, des accélérations +Gz et l'immersion (gilet de sauvetage). Il a été qualifié pour assurer la protection des pilotes jusqu'à 20 000 m, sous réserve que la descente à une altitude inférieure à 12 000 m puisse être réalisée en moins de 3 minutes. Il est compatible avec un équipement de protection chimique ou un vêtement d'immersion.

Enjeux de recherche et de développement

Une connaissance précise des missions et des cas d'usage est nécessaire afin d'identifier les contraintes

et les risques auxquels sont confrontés les pilotes à très haute altitude. En réponse à un cahier des charges précis, l'objectif est de proposer des recommandations et des contre-mesures adaptées, qui s'appuient sur les connaissances scientifiques et les travaux menés par le passé.

Les travaux de R&D doivent désormais porter sur la mise au point, la validation et la certification aéronautique des équipements de protection et de sauvegarde des pilotes lors des vols stratosphériques. Les premières étapes seront réalisées en caisson hypobare, unique moyen d'essai capable de reproduire les effets de l'altitude de façon contrôlée au niveau de la mer, puis lors d'essais en vol. Les différences inter-individuelles déjà décrites dans nos récents travaux concernant l'hypoxie devront être prises en compte, et élargies à l'ensemble des pathologies, ce qui nécessitera d'avoir recours au monitoring physiologique du pilote à l'aide de capteurs innovants. Il faudra également envisager les situations d'éjection dans cette couche de l'atmosphère. ☺

Article écrit en collaboration avec Fabien Sauvet (MD, PhD, HDR), Médecin en chef, Henri Marotte (MD, PhD), Professeur à l'Université et Mounir Chennaoui (PhD, HDR, qual. PU), Docteur.



Pierre Fabries
Médecin principal (TA)

Médecin et physiologiste spécialisé en aéronautique, praticien certifié en recherche du Service de santé des armées au sein du Département Recherche, expertise et formation Aéromédicales à l'Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA) à Brétigny-sur-Orge ; chargé d'enseignement en physiologie aéronautique à l'École du Val-de-Grâce à Paris.

FEU SACRÉ ET FEU NUCLÉAIRE : RIVAUX OU COMPLÉMENTAIRES ?

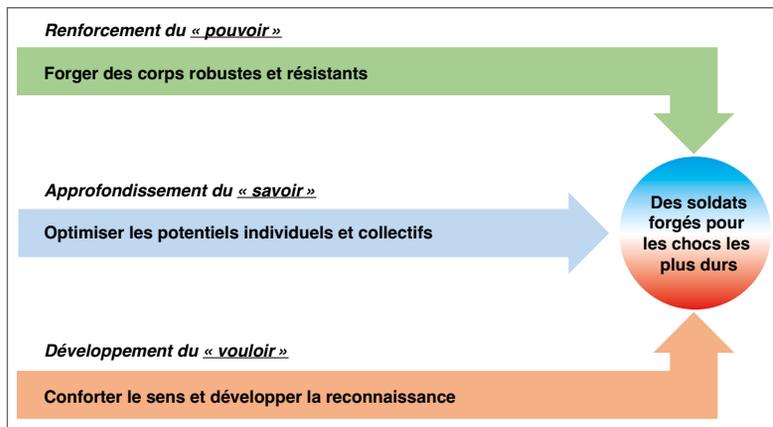
DE LA QUESTION DES FORCES MORALES DANS UN CONTEXTE DE GUERRE DE HAUTE TECHNOLOGIE.

Par Louis-Joseph Maynié, *Lieutenant-colonel*

Quel point commun y a-t-il entre le frêle David affrontant le puissant Goliath avec sa fronde, et le fantassin guidant son mini drone explosif vers la tourelle du char de bataille qui le domine de toute sa puissance ? Le courage, le goût du risque et du défi, l'inconscience de la jeunesse dira-t-on... Mais encore, la foi, le patriotisme, l'esprit de sacrifice, le fanatisme religieux ou politique... Mais aussi, l'absence de choix et l'instinct de survie... Autant de facteurs qui peuvent tous se révéler moteurs, individuellement et collectivement, séparément ou de façon cumulative, sur un champ de bataille, quel que soit son niveau technologique.

On retient de la bataille de Gaugamèles en 331 avant Jésus-Christ, que le génie militaire d'Alexandre le Grand lui permet de battre Darius à un contre six. Mais cette hagiographie passe sous silence la multiplicité de facteurs contribuant à sa victoire. En réalité, la cohésion et le moral des Macédoniens, leurs armements individuels, leurs techniques et tactiques sont incomparablement supérieurs à ceux des Perses, compensant le rapport de force. Nec plus ultra technologique de cette bataille, les chars à faux de Darius sont détruits en une vingtaine de minutes. Alexandre a étudié leur fonctionnement, et crée la nasse antichar, savoir-faire qui perdure de nos jours avec d'autres moyens.

Lorsqu'une technologie de pointe constitue une arme dévastatrice, elle est un outil de supériorité, du fait de sa puissance matérielle. Elle l'est aussi du point de vue moral, par la terreur qu'elle inspire à celui qui la craint et l'assurance qu'elle procure à son détenteur. Cependant, son emploi ne manque jamais d'être observé, compris, et finalement contré par l'adversaire. Alors l'outil



Axes de renforcement moral des soldats

technologique peut se retourner contre son possesseur : sa stratégie étant fondée sur cet armement, la voici caduque ; sa force morale en dépendant partiellement, la voici affaiblie.

Évoquer une bataille antique, à l'heure du nucléaire, peut paraître saugrenu. Certes, les chars à faux sont bien loin des chars de bataille actuels, mais les hommes qui les emploient n'ont pas changé de nature. De même, la guerre reste l'usage de la violence pour faire plier la volonté de l'adversaire. Primitive ou sophistiquée, elle implique la mort et la destruction. Si elle est

devenue, avec Clausewitz, « *le prolongement de la politique par d'autres moyens* »¹, la guerre confronte l'Homme au dilemme radical de tuer ou d'être tué, de se battre pour continuer à vivre librement.

Ainsi, la vie se confronte-t-elle à la mort sous le rapport de l'acceptation du risque et du danger qui préserve la liberté. Faire face aux menaces est la condition essentielle de la vie, axiome fondamental que la technologie, dans son acception quotidienne et civile, a peu à peu estompé dans nos sociétés. La guerre en Ukraine, marquée par un

¹ CLAUSEWITZ Karl, *De la guerre*, 1832

déploiement technologique massif et innovant, le rappelle de façon brutale à un Occident bercé par la torpeur du confort et la sérénité des dividendes de la paix. C'est pourquoi le thème des forces morales est devenu, ces derniers temps, aussi présent que les sujets technologiques dans les questions de défense.

Confronter la force morale et la technologie dans une dialectique manichéenne, la disposition de l'une annihilant la nécessité de l'autre, serait fallacieux. D'un côté, un progressisme quasi-religieux, acceptant la perspective prométhéenne d'un « transhumanisme de combat ». De l'autre, une forme paroxystique de la volonté de puissance, confinant à un hubris dont les ravages sont connus. En réalité, « *Science sans conscience n'est que ruine de l'âme* ». ² La technologie a toujours contribué à l'amélioration de l'activité humaine. Quand cette activité est la guerre, son amélioration est-elle la victoire dans le temps le plus court, avec le moins de dégâts possibles, ou strictement l'inverse ? L'arme nucléaire, bien que menace sommitale, n'a pas fait disparaître la guerre. En effet, les capacités paroxystiques de destruction s'annulent et on en revient au choc des poitrails. Le conflit ukrainien se poursuit donc avec des moyens conventionnels. Le système de tranchées de la Grande Guerre y a resurgi, dans le même temps que la numérisation de l'espace de bataille y modifie considérablement les procédures. Dans cet univers dantesque qu'est le champ de bataille moderne, où les drones étendent la zone de mort en ne laissant aucun espace à l'abri des vues et des coups, la force morale des combattants est mise à rude épreuve.

La force d'un individu se fonde sur trois dimensions : intellectuelle (*savoir*), morale (*vouloir*) et physique (*pouvoir*). Elle se concrétise dans sa capacité d'action (*agir*). Pour accroître le potentiel humain de l'armée de Terre il convient donc d'approfondir le *savoir*, de développer le *vouloir* et de renforcer le *pouvoir* de chacun de ses membres.

Approfondissement du savoir :

• **Dimension psychologique**

Il s'agit de garantir des esprits résistants (avant le choc), résilients (après le choc) et agiles, en développant la connaissance individuelle du fonctionnement psychologique, et en systématisant les mécanismes collectifs de soutien.

Développement du vouloir :

• **Dimension métaphysique**

Il s'agit d'affirmer le sens de l'action militaire, reposant sur une métaphysique du combattant qui fonde la singularité militaire, inscrite dans un cadre éthique conforme aux valeurs de la société et à l'histoire de France.

Renforcement du pouvoir :

• **Dimension physiologique**

Il s'agit d'améliorer la connaissance et la gestion de soi, pour optimiser l'équilibre des fonctions somatiques et augmenter la résistance et la résilience du soldat, lui conservant sa lucidité et sa puissance au moment du combat.

• **Dimension physique**

Il s'agit de forger des corps puissants, durants, et résistants, rodés aux automatismes du combat pour surpasser l'adversaire en encaissant les chocs, en restant agressif et offensif malgré les conditions d'engagement.

Extrait de la politique de densification des forces morales dans l'armée de Terre

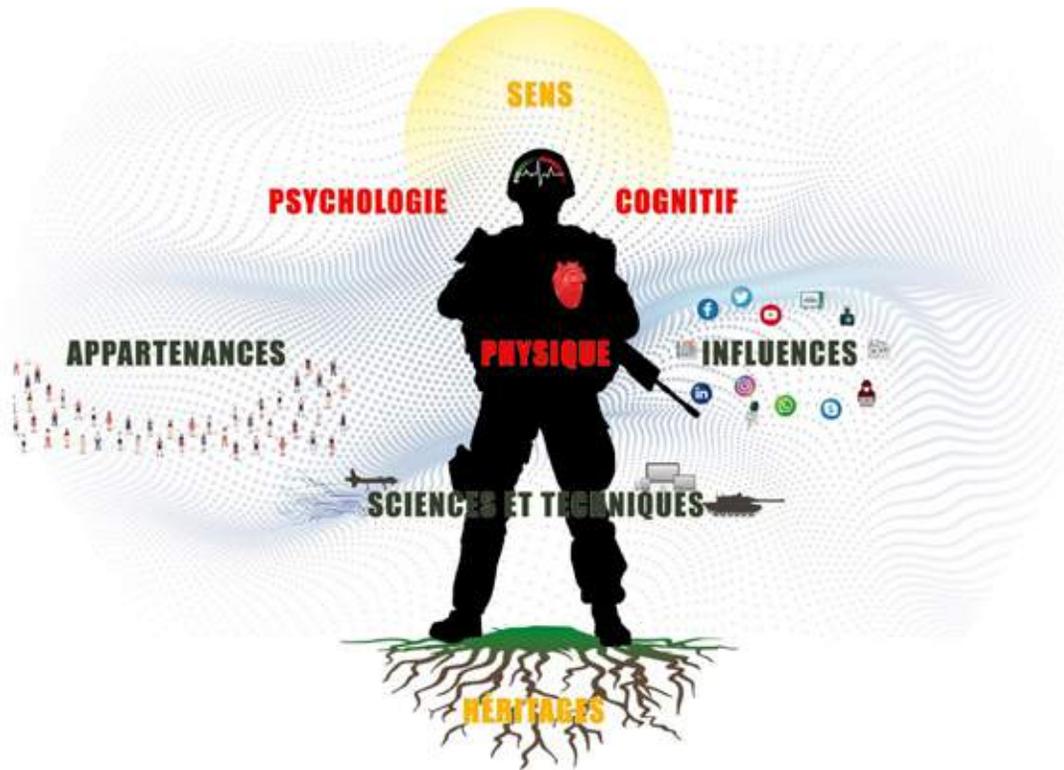
L'agir humain est un compromis permanent entre raison et émotion. Les émotions sont motrices, la raison est directrice. Quatre champs permettent d'agir sur la force morale du soldat. Le champ physique, (puissance et rusticité des corps), le champ physiologique, (résilience somatique), le champ psychologique (résistance et résilience de la psyché) et le champ métaphysique (sens de l'action). Ce dernier sous-tend l'exercice de la raison dans cette canalisation des émotions violentes que ressent le combattant. Tuer, c'est prendre une vie, tabou qui doit être justifié. Cette justification est philosophique dans son essence, mais politique dans son exercice. Être tué, c'est donner son bien le plus précieux. On ne peut l'accepter qu'en vue d'un bien plus grand. L'ancrage moral du défenseur est donc nécessairement physique, charnel. Pour être capable de donner sa vie, il faut avoir en

commun, avec ses camarades de combat, cet amour des personnes et des lieux bien concrets qui prennent place dans un espace humain, culturel et géographique plus grand, mais défini. En Ukraine, on se bat pour un village, un coin de bois. Cependant, sous la mitraille, nulle philosophie ni méditation. La Patrie est toute entière concentrée dans son voisin de tranchée. C'est l'instinct qui prend le dessus. C'est pourquoi Hélié de Saint-Marc écrit que « *La guerre exaltera toujours en l'homme ce qui, en lui relève de l'ange – ses ressorts les plus nobles, le courage, le mépris de la mort – et ce qui relève de la bête – ses instincts bestiaux, la peur, la lâcheté. C'est un combat intérieur.* » ³

Par essence, la guerre relie le combat entre les hommes avec le combat à l'intérieur de l'homme. Elle nécessite tout autant l'emploi de l'intelligence que celui de la

² RABELAIS.

³ SAINT-MARC, Hélié, cité par ROYAL, Benoît in *L'éthique du soldat Français, Economica 2014.*



Facteurs exerçant une influence sur les forces morales
© CDEC, Vecteezy, Freepik

technologie. Ces dernières, avant de servir la destruction, s'emploient à améliorer le sort de l'humanité. Les sciences et la technologie ont considérablement augmenté la connaissance de l'Homme. Elles ont amené à mieux connaître les circuits des émotions, les flux hormonaux, la part des différents organes dans l'équilibre somatique, ainsi que les conséquences psychiques et physiologiques des traumatismes sur l'être humain. Ainsi rapportée à la guerre, la technologie n'est pas qu'un catalyseur de destruction, mais aussi un facteur de résilience.

Ainsi, c'est plutôt une relation d'interdépendance qui se fait jour entre la force morale et la technologie. Entrer en guerre en disposant de l'une sans l'autre serait une dangereuse illusion. La sagesse, dans nos circonstances modernes, rejoint celle des Anciens, et la recherche de cet équilibre qu'exprime la locution *in médio stat*

virtus, sans oublier que *virtus* signifie à la fois vertu et courage, tous deux indissociables. La technologie n'exempte en rien l'Homme du courage. Par les capacités qu'elle lui donne, elle le contraint à la vertu. Malgré la connaissance qu'elle lui procure en abondance, malgré la distanciation qu'elle permet entre le tireur et la cible, elle ne l'exempte en rien de ses responsabilités. Jamais une machine créée par l'Homme, quel que soit son degré d'autonomie décisionnelle, ne pourra assumer la responsabilité des destructions qu'elle cause à la place de ceux qui l'emploient.

La guerre est un « *fait social total* »⁴ parce qu'elle recouvre tous les champs de l'activité humaine. Il est donc illusoire d'imaginer une guerre par procuration, technologie contre technologie, au sein de laquelle l'Homme ne s'engagerait plus, et serait exempt de force

morale comme de responsabilité. Conserver à la guerre sa part de l'ange, qu'évoque Hélié de Saint-Marc, implique donc la recherche de ce juste équilibre entre technologie et force morale, afin que les deux se répondent dans un dialogue permettant à l'Homme de conserver le contrôle des événements et de parvenir à ses fins le plus efficacement et le plus humainement possible. Au-delà de ses intérêts, il y préservera son âme et sa civilisation. ☞



Louis-Joseph Maynié

Officier dans l'armée de Terre, après vingt années partagées entre l'opérationnel au sein des parachutistes et l'instruction à l'Académie Militaire de Saint-Cyr, puis deux ans de scalarité à l'École de Guerre, Louis-Joseph Maynié est affecté au CDEC, centre de doctrine de l'armée de Terre, pour y poursuivre ses travaux sur les forces morales. Dans le cadre de cette affectation, il occupe la fonction d'expert associé à l'Institut Montaigne sur les questions de défense.

⁴ Expression de Marcel MAUSS, anthropologue.

CONFIANCE EN SOI, CONFIANCE EN L'AUTRE

CLÉS DE LA RÉUSSITE DE LA MISSION POUR UN PILOTE DE CHASSE.

Par Jean-Luc Fourdrinier, *Pilote d'essais avions*

Pour un pilote de chasse sanglé dans une machine de haute technologie et qui fait corps avec celle-ci, on pourrait croire que le facteur humain est secondaire pour la réussite d'une mission. Il n'en est rien.

L'étude de ce que les scientifiques nomment désormais « les facteurs humains » a pris une part essentielle dans l'amélioration de la sécurité liée aux activités aéronautiques. En effet, avec les progrès technologiques et la fiabilité croissante des matériels, l'analyse des causes des incidents ou accidents aériens montre que les erreurs humaines deviennent prépondérantes. Les facteurs favorisant ces erreurs sont divers : limites physiologiques, problèmes d'interface homme-système, biais de perception ou de réflexion, saturation cognitive, etc. Face à ces difficultés, l'opérateur humain met en place des stratégies conscientes ou inconscientes afin de créer un environnement dans lequel le sentiment de sécurité va être suffisamment important pour lui permettre de dégager les ressources mentales nécessaires à la détection et au traitement des erreurs qu'il génère. La confiance est un élément essentiel dans la construction de cet environnement.

La mise en vol d'un avion de chasse est un processus complexe au cours duquel de nombreux opérateurs humains interviennent chacun à leur niveau, depuis les ingénieurs qui ont conçu l'appareil en passant par les techniciens qui l'ont construit, les équipages d'essais qui l'ont mis au point, les mécaniciens qui l'ont entretenu et préparé pour ce vol. Dernier maillon de cette



Ingénieurs, techniciens, équipages d'essais, mécaniciens, pilotes : une indispensable confiance mutuelle

chaîne humaine, le pilote s'installe dans son cockpit en accordant implicitement sa confiance à ces différents intervenants dont il sait que les compétences et le professionnalisme conditionnent la fiabilité technique de l'engin avec lequel il s'apprête à quitter le sol.

Une fois en vol, le pilote va rencontrer des situations au cours desquelles la sécurité de son appareil et de lui-même vont dépendre de l'action d'une ou d'autres personnes. Par mauvaises conditions météorologiques, volant en aveugle au milieu des nuages et souvent dans un environnement aéronautique dense, le pilote s'en remet au guidage d'un contrôleur au sol qui va lui

indiquer la trajectoire à suivre pour rejoindre son aérodrome en évitant les reliefs et les autres aéronefs. Disposant d'équipements de navigation embarqués, le pilote d'un aéronef isolé peut être en mesure de surveiller les indications données par le contrôleur. Mais si les évolutions s'effectuent de concert avec d'autres aéronefs, cette action de surveillance peut rapidement devenir impossible. C'est le cas lorsqu'un pilote est amené à voler en « patrouille serrée » sur un autre appareil. La quasi-totalité de son attention est alors mobilisée pour conserver l'écartement, le retrait et l'étagement nécessaires au maintien d'une position fixe à quelques mètres de l'extrémité de l'aile de

l'autre appareil. Le regard accaparé par la surveillance de ces repères extérieurs, le pilote n'est plus en mesure de regarder ses propres instruments et de connaître les paramètres de vol et la trajectoire de son aéronef. Il met alors entièrement sa sécurité entre les mains du pilote qui le guide, liant son sort à celui de son leader. Dans une telle situation, le pilote n'a d'autre choix que d'accorder sa totale confiance à celui qui le mène ou alors rompre la formation et abandonner la mission planifiée.

Accorder une telle confiance, jusqu'au péril de sa vie, peut paraître chose malaisée. C'est alors que la notion de communauté prend son sens. Avoir traversé une même formation exigeante et sélective, s'être astreint à des entraînements difficiles et récurrents, avoir partagé les moments de doute et de gloire, forgent une conscience d'appartenir

à un groupe particulier au sein duquel la confiance réciproque peut s'épanouir.

Il reste un dernier aspect de la confiance qui peut être évoqué, difficile mais essentiel, à savoir la confiance en soi-même. Pour accomplir sa mission, le pilote de

chasse doit posséder la conviction profonde qu'il sera « à la hauteur », que quoi qu'il puisse arriver il saura faire face et sera digne de la confiance de ses camarades. Cette qualité n'est pas forcément innée, elle s'acquiert par un long entraînement. On reproche parfois aux pilotes de chasse de faire preuve d'un « ego » un peu fort. Là aussi cette forme de confiance en soi est indispensable pour s'engager dans un combat mortel face à un ennemi qu'il soit en vol ou au sol, sanglé dans une machine qu'un seul impact peut transformer instantanément en une boule de feu. Il s'agit en fait d'une condition nécessaire à l'exercice de ce métier, où la moindre hésitation peut être fatale. ☺



© J.MORTREUIL/Armée de l'air
Le top du top du vol en patrouille serrée, la Patrouille de France !



Un Mirage 2000N en vol en patrouille serrée sur un autre Mirage 2000.



**Jean-Luc
Fourdrinier,**
Pilote d'essais avions

Diplômé de l'École de l'Air promotion 1987, breveté pilote de chasse, Jean Luc Fourdrinier a un début de carrière classique au sein de l'armée de l'Air, commandant notamment le prestigieux escadron 2/5 « Ile de France » sur Mirage 2000. Il rejoint la DGA en 2009 comme chef du site de Cazaux de DGA Essais en vol avant de devenir sous-directeur « opérations aériennes et réglementation » du centre. Il est aujourd'hui instructeur pilote d'essais avions à l'École du Personnel Navigant d'Essais Réception à Istres.

ARMEMENT



LA RÉORGANISATION DE LA DGA S'OFFICIALISE L'ARRÊTÉ D'ORGANISATION PUBLIÉ AU JO

Par Jean Reix, IGA

La DGA officialise le volet réorganisation de sa transformation avec la publication de l'arrêté « relatif à l'organisation de la direction générale de l'armement » le 23 février 2024 au journal officiel. Cette transformation a été initiée avec l'arrivée du nouveau Délégué général pour l'armement, Emmanuel Chiva.

Une transformation qui s'appuie notamment sur une nouvelle organisation interne tournée vers des nouveaux enjeux nationaux et internationaux.

« Moderne, réactive, et en mesure de s'adapter aux grandes transformations du contexte international, technologique et économique qui s'imposent à la Nation » ; voilà l'ambition à l'origine de cette transformation portée par Emmanuel Chiva et plus largement par tous les agents de la DGA.

Impulsion, le projet interne qui porte la transformation de la DGA

Toutes les directions de la DGA ont participé activement à ce chantier, qui s'articule autour de quatre grands axes : transformation des directions, transformation culturelle, transformation RH et transformation numérique et Intelligence artificielle.

Le nouveau Service de la transformation et de la performance (STP) pilote le projet interne « Impulsion » qui porte cette transformation. Au-delà de l'organisation qui concrétise le premier volet, il s'agit bien d'une démarche d'adaptation continue qui se poursuit, y compris de notre culture.

Des premiers résultats issus de la phase de transition

La force d'acquisition réactive pour accroître notre agilité dans l'acquisition de systèmes d'armes, la structuration notamment d'une direction de l'industrie de défense qui contribue à répondre aux enjeux de l'économie de guerre dans la dynamique voulue par le Président de la République et le Ministre, l'élaboration de la feuille de route RH, sont autant d'éléments concrets qui ont été mis en place durant la phase de transition baptisée « comme si ». Une nouvelle DGA se dessine avec des nouveaux modes de fonctionnement à l'interne comme à l'externe, et avec de nouvelles façons de travailler avec l'industrie et avec les forces.

Une nouvelle organisation pour servir des missions renouvelées

Au total ce sont 5 missions que la DGA doit accomplir :

- équiper les armées de façon souveraine en assurant la maîtrise d'œuvre étatique du système de défense ;
- fournir une capacité d'anticipation stratégique, technologique et industrielle pour concourir à la défense et à la sécurité nationale ;
- promouvoir une approche pragmatique de la coopération et soutenir les exportations ;
- orienter et soutenir la base industrielle et technologique de défense dans une logique de souveraineté ;
- maintenir le fondement de la dissuasion nucléaire et développer la capacité cyber du ministère au profit de la sécurité nationale.

Pour mener à bien ces missions la DGA s'organise désormais en 6 directions, 3 services et 1 inspection. La date d'entrée en vigueur est fixée au 1^{er} mars 2024 et marque une étape majeure dans la concrétisation du projet. ☺

La nouvelle organisation de la DGA

- la direction des opérations, du maintien en condition opérationnelle et du numérique ;
- la direction de la préparation de l'avenir et de la programmation ;
- la direction de l'industrie de défense ;
- la direction internationale de la coopération et de l'export ;
- la direction de l'ingénierie et de l'expertise ;
- la direction des ressources humaines ;
- le service de la transformation et de la performance ;
- le service de la sécurité de défense et des systèmes d'information ;
- le département central d'information et de communication ;
- l'inspection de l'armement.

LES DERNIÈRES COMMANDES SIGNIFICATIVES DE LA DGA

En exécution et dans le cadre de la Loi de programmation militaire (LPM) 2024-2030 dotée de 413,3 milliards d'euros, la Direction générale de l'armement (DGA) a procédé en 2023 à de nombreuses notifications de commandes auprès des industriels de l'armement, représentant un volume financier de l'ordre de 20,3 milliards d'euros en 2023. Voici quelques annonces récentes parmi les quelques 80 programmes gérés par la DGA.

Notification d'un démonstrateur de drone sous-marin de combat

Après la qualification à l'été 2023 du XL UUV, drone sous-marin de grandes dimensions, la DGA a signé en janvier 2024 un accord-cadre avec Naval Group pour développer les technologies et un démonstrateur de drone sous-marin de combat sans équipage, *Unmanned combat underwater vehicle* (UCUV). Cet accord vise à améliorer l'autonomie énergétique, les capteurs et la sécurité. Il capitalise sur l'expertise de Naval Group dans les sous-marins armés et s'adressera à un réseau de PME et d'ETI françaises. La DGA envisage un démonstrateur de plus de 10 mètres et 10 tonnes. Cette initiative



Démonstrateur de drone sous-marin de combat sans équipage (UCUV - *Unmanned Combat Underwater Vehicle* - © Naval Group

s'inscrit dans les efforts du ministère des Armées en matière de drones navals selon la loi de programmation militaire 2024-2030, mobilisant un large éventail d'entreprises françaises à travers le pays.

42 hélicoptères au profit du ministère de l'intérieur et des Outre-Mer

La DGA a passé commande en janvier 2024 de 42 hélicoptères H145-D3 FR auprès d'Airbus Helicopters, destinés à la DGSCGC et à la DGGN. Le contrat prévoit une option pour 22 hélicoptères supplémentaires pour la DGGN. Sollicitée en 2022, la DGA a remplacé les flottes d'hélicoptères EC145 FR et Écureuil AS350. Ces nouveaux hélicoptères amélioreront l'efficacité et la sécurité des missions d'assistance aux personnes, de sécurité publique et d'appui aux forces de l'ordre. Les H145 D-3 FR sont équipés de technologies modernes et propulsés par des moteurs Safran Ariel E2. Ceux de la DGGN peuvent être équipés de systèmes électro-optiques, de bras d'armement et de kits de blindage. Les premières



Hélicoptère H145

livraisons sont prévues fin 2024 pour la DGSCGC et en 2025 pour la DGGN, avec un déploiement sur tout le territoire, y compris outre-mer.

42 Rafale supplémentaires pour l'Armée de l'Air et de l'Espace

La DGA a notifié à Dassault Aviation, Thales, Safran et MBDA le contrat pour la 5e tranche de production du Rafale, comprenant 42 appareils monoplaces au standard F4 pour l'armée de l'Air et de l'Espace.



Rafale - © Dassault

Le Rafale est modernisé pour répondre aux nouveaux besoins et menaces, avec des capacités de connectivité et d'autoprotection renforcées. Les avions seront équipés du poste radio Contact, du missile MICA NG et du Brouilleur autonome numérique intégré au système d'autoprotection SPECTRA. Les livraisons sont prévues dès 2027, en accord avec la LPM 2024-2030. Le programme Rafale soutient plus de 7 000 emplois en France, impliquant plus de 400 entreprises, notamment des PME et ETI, réparties sur tout le territoire national.

Sept premiers patrouilleurs hauturiers

La DGA a commandé le 17 novembre 2023 sept patrouilleurs hauturiers pour la Marine Nationale, pour un total de 900 millions d'euros répartis en trois marchés. CMN,



Patrouilleurs hauturiers - © Naval Group

Piriou et Socarenam produiront les navires, Naval Group assurera l'assistance à la maîtrise d'ouvrage et équipera les premiers avec des équipements de surveillance maritime de dernière génération, tandis que Thales fournira des équipements de sonar, radar et IFF. Cette stratégie d'acquisition, avec la DGA en maître d'œuvre, vise à optimiser les compétences nationales. Les patrouilleurs combleront le déficit de bâtiments de second rang et seront déployés à Brest, Toulon et Cherbourg. Adaptés à un environnement maritime hostile, ils disposeront d'une capacité de traitement de l'information avancée et pourront opérer des hélicoptères ou des drones. En conformité avec la LPM 2024-2030, dix patrouilleurs seront en service d'ici 2035, avec une première livraison prévue en 2026, pour remplacer les patrouilleurs de haute mer et de service public existants. ☺

LE NOUVEL INSIGNE DE LA DGA

ENTRE ÉVOLUTION ET HÉRITAGE

HISTORIQUE REVENDIQUÉ

Par Raphaël Bost, IPA, Conseiller technique au cabinet du DGA

En mars 2023 le dévoilement du nouveau logo de la DGA rendait l'insigne de tradition, aussi appelé « pucelle », de la DGA obsolète. Ce fut l'occasion de le faire évoluer de manière importante afin de refléter les valeurs de la DGA. À la suite de sa révélation à la veille du 14 Juillet 2023, il a pu ainsi être arboré par les OCA¹ pendant le défilé. Retour sur sa conception.

Histoire

Même s'il n'est pas question ici de faire un historique détaillé des insignes liés à l'armement, faisons un léger détour pour découvrir certaines symboliques remarquables.

Tout d'abord, il est intéressant de noter que l'utilisation du fer de lance en tant que symbole de l'armement est relativement récent : les premières traces remontent aux années 1960 et sont contemporaines de la création de la Délégation Ministérielle pour l'Armement. Au milieu des années 1970, ce symbole est déjà fermement établi comme celui de la DMA (puis de la DGA). Il s'agit par ailleurs d'un symbole utilisé exclusivement par la DGA en France et présent sur les galons, boutons d'uniformes, macarons de casquette, et insignes de béret des IA et IETA, ainsi que sur l'insigne d'ancrage des commissaires et maintenant sur la garde de l'épée des officiers des corps de l'armement.



Toutefois, l'insigne de tradition de la DGA n'apparaît qu'en décembre 1990, à l'occasion de l'introduction du nouveau logo de la DGA. Seules certaines entités en possédaient un et le besoin d'en équiper les militaires en service à

la DGA est apparu après les premières diffusions du logo. Le dossier d'homologation de ce premier insigne est explicite sur cette filiation et sur le processus de dessin : l'insigne est le logo sur fond blanc flanqué respectivement à gauche et à droite d'une barre bleue et d'une barre rouge, en référence aux couleurs nationales.

Il existe cependant d'autres symboles utilisés historiquement pour représenter la thématique de l'armement. Le plus répandu est celui du poignard broché sur des canons croisés, surplombant des flammes.

Le SHD

La conception de cet insigne n'aurait pas pu se faire sans le soutien du Service Historique de la Défense, et tout particulièrement du LCL Joussen, de la division de la symbolique de Défense. En effet, enthousiastes à l'idée de voir évoluer l'insigne de tradition de la DGA, les membres concernés du SHD ont très activement accompagné cette démarche, des dessins initiaux à l'homologation.

Cette section est la mémoire de la symbolique des armées, directions et services. Nichés dans leurs locaux du château de Vincennes, dans des bureaux à mi-chemin entre caverne d'Ali Baba et salle de musée, ils possèdent une large collection de pucelles, morceaux d'uniformes, drapeaux, fanions, collection qu'ils connaissent sur le bout des doigts.

Si vous cherchez une activité de cohésion mêlant petite et grande histoire, n'hésitez pas à rendre visite au SHD.

On le retrouve ainsi sur les boucles de ceinturon des uniformes modèle 1931, ou sur des insignes d'arsenaux (la Manufacture d'Armes de Saint-Etienne par exemple).

Enfin, il est amusant de constater qu'avant-guerre la symbolique de l'armement était sans équivoque, comme le montre la photo d'un insigne du "Ministère de l'armement", faisant explicitement apparaître canon, mitrailleuses et blindage.



¹ Les commissaires ancrage armement étant inclus dans l'appellation « OCA »

Objectifs

Le choix d'un nouvel insigne de tradition est fort : comme nous l'avons vu, il s'inscrit de fait dans un historique établi et existe dans la durée (plus de 30 ans pour l'insigne précédent, période relativement courte pour un insigne de grande unité par ailleurs). Par conséquent, le maître mot dans le design de cette pucelle fut la simplicité au service de la clarté : un bon insigne est un insigne qu'on distingue clairement, avec une symbolique sans équivoque et universelle. Ce dernier point est important, car l'insigne sera certes distribué aux militaires servant à la DGA, mais aussi au personnel civil, sous forme de broche : tous les personnels de la DGA doivent pouvoir se l'approprier et se retrouver dans les valeurs qu'il porte.

Par ailleurs, la DGA s'inscrivant dans une histoire commencée à la création de la DMA en 1961, l'insigne doit marquer cette continuité.

Enfin, il nous semblait important de bien distinguer l'insigne du logo, car ils ont des utilisations et portent des valeurs bien différentes. En effet, si le logo représente la DGA en tant qu'institution – d'où son utilisation dans les documents officiels – l'insigne représente ses personnels et le corps constitué qu'ils forment, au service du pays dans le domaine de l'armement. L'intérêt supplémentaire de découpler logo et insigne est de pouvoir faire évoluer le logo sans avoir à reprendre l'insigne.²

Symbolique

Ainsi, la symbolique de ce nouvel insigne se décompose en trois éléments forts :

- Un écu circulaire, faisant apparaître les couleurs nationales, propre aux entités à compétence nationale telles que la DGA, et témoin de l'engagement de ses personnels au service de l'État ;
- Un fer de lance broché au centre de l'insigne, symbole historique de la DMA et de la DGA, ainsi que de l'armement en général ;
- Une couronne de feuilles de chêne et de laurier, rappelant respectivement les vertus militaires et civiles, représentant ainsi à la fois les personnels de la DGA (civils comme militaires), la mission centrale et historique de la DGA qui est celle d'équiper non seulement les forces militaires dépendant du Ministère des Armées, mais aussi des entités régaliennes dépendant du Ministère de l'Intérieur (Sécurité Civile, Police Nationale, Gendarmerie) ; elle représente aussi son implication auprès de la base industrielle et technologique de défense, composée d'entreprises privées.

Pourquoi moi ?

Pour quelle raison me suis-je retrouvé à faire cet insigne ? Tout simplement parce que je n'ai pas respecté la règle principale d'un bon officier français : ne jamais prendre d'initiative. En effet, dans un moment d'égarement, j'ai eu le malheur de faire deux modèles en impression 3D de ce que pourrait donner un insigne. Trois jours plus tard, j'héritais de cette tâche. Ce fut cependant un véritable travail d'équipe, entre le design, le travail sur différentes variantes, la commande et la distribution. Cet article est ainsi l'occasion de remercier Luc Binet, Jean-Charles Brunet, le LCL Marcel Joussen, Nicolas Farcy, Mathilde Herman et Isis Jertila-De Lavau d'avoir mené à bien l'« opération pucelles ».

À titre d'anecdote, l'angle formé par les branches inférieures du fer de lance avec la verticale, d'exactement 61°, est un hommage à l'année de création (1961) de la DMA. Enfin, l'insigne est doré – et non argenté – comme il est d'usage pour les grandes directions et services.

Et maintenant ?

L'insigne n'ayant pu être homologué que très tardivement, juste avant le 14 Juillet, seule une petite quantité préalable a été commandée pour les défilants. Cela a cependant permis de bien mettre en avant la DGA, au cours du défilé, et en particulier à sa conclusion, lors de la lecture de la lettre de Jean Moulin par la Commissaire Ancre Armement Alix.

Une commande plus importante, permettant une distribution de deux insignes pour tous les personnels militaires et d'un pin's pour l'ensemble des agents de la DGA, est en cours et devrait aboutir rapidement.

La conception et la distribution de ce nouvel insigne, ainsi que l'engouement qu'il génère, nous incitent désormais à envisager de l'associer à un travail de mémoire autour de la symbolique de l'armement. L'organisation d'une exposition mettant en valeur les collections du SHD et permettant de partager largement cet héritage commun du personnel de la DGA pourrait notamment être une opportunité de cohésion et de renforcement de notre sentiment d'appartenance.

Et bien entendu, ce dernier point n'est pas du tout un appel du pied à toute personne intéressée... ☺



Nouvel insigne de la DGA
Source : <https://www.defense.gouv.fr/dga/actualites/nouvel-insigne-dga>

² Et inversement, mais qui voudrait modifier un si bel insigne ?

FORUM INNOVATION DÉFENSE 2023

RETOUR D'EXPÉRIENCE D'UN RESPONSABLE DE QUARTIER

Par Mathieu Xémard, IPA

La quatrième édition du Forum Innovation Défense (FID) s'est déroulée du 23 au 25 novembre 2023 au sein du Parc des expositions de la Porte de Versailles. Vitrine de l'innovation de défense, cet événement devenu incontournable pour l'écosystème de l'innovation de défense a réuni plus de 6 400 visiteurs autour d'une centaine de projets d'innovation soutenus par le ministère des Armées. Étaient également au programme des séquences de pitches de start-up et près d'une cinquantaine de tables-rondes et de conférences sur des sujets variés d'intérêt défense, tels que l'IA, le design, la transition énergétique, l'espace, la souveraineté technologique... Un espace d'animations comprenant de l'e-sport, du wargaming et des escape games permettait au visiteur une immersion totale dans le monde de la Tech.

Afin de renforcer l'équipe d'organisation, l'Agence de l'innovation de défense (AID), maître d'œuvre de l'événement, a fait appel à des personnels issus de la Direction générale de l'armement. Je me suis porté volontaire et c'est ainsi que j'ai participé à la préparation et au déroulement de l'événement comme responsable de quartier.

Retour d'expérience sur le FID.

Les responsables de quartier ont un rôle prépondérant dans le bon déroulé de cet événement. Ils se voient attribuer un quartier thématique qu'ils sont chargés d'organiser : de la préparation en amont du forum, jusqu'à sa gestion durant les 3 journées. Ils sont ainsi l'indispensable courroie de transmission entre les porteurs de projet, les entités du ministère des Armées ainsi que l'agence événementielle, chargée de la mise en scène du FID.

Le FID 2023 était organisé en cinq quartiers thématiques intitulés « S'IMPOSER », « SOUTENIR », « TRANSFORMER », « ANTICIPER » et « CONQUÉRIR ». Ceux-ci exposaient des projets à différents niveaux de maturité technologique : depuis les projets de recherche en laboratoire, jusqu'aux projets de technologie de défense souvent portés par les grands maîtres d'œuvre de la base industrielle et technologique de défense.

Une ouverture par Patrick Aufort, IGA, directeur de l'Agence de l'innovation de défense

« Le Forum innovation défense est un événement majeur pour le ministère des Armées, dont l'objectif est d'être la vitrine de notre politique d'innovation de défense.

Ce forum présente des réalisations concrètes et est l'occasion pour l'ensemble des acteurs de l'écosystème de l'innovation de défense de se réunir et de partager, car ce sont des échanges que découle la richesse que l'on peut obtenir dans nos projets. »



© ECPAD

Une nécessaire préparation en amont de l'événement

C'est à l'été 2023 que j'ai rejoint cette belle aventure auprès de deux autres collègues de l'AID, pour l'organisation du quartier « Anticiper ». Le premier travail consistait à confirmer la pertinence des projets présélectionnés, relativement à la qualité des travaux, aux potentielles applications défense et à la capacité à communiquer sur les projets. Ce travail semblera assez familier à l'expert puisqu'il s'agit principalement de statuer sur le niveau technique d'un projet.

Une fois la liste des projets consolidée, il fallait déterminer les besoins de chaque exposant. Comme lors des échanges entre les forces et les architectes de la DGA à la naissance des programmes d'armement, un travail de maïeutique conséquent a dû être mené afin de déterminer comment chaque projet pouvait être valorisé. Après l'aspect logistique, il était temps de réaliser les supports de communication. Il s'agit d'un exercice complexe qui

a nécessité de nombreux aller-retours entre les porteurs de projets, nous les responsables de quartier et la hiérarchie (subsidiarité, où es-tu ?). La communication est souvent sous-estimée chez les ingénieurs, pourtant elle irrigue tous les travaux qui peuvent être menés à la DGA et peut parfois s'avérer particulièrement critique. Ici, pluridisciplinarité de formation et esprit de synthèse sont de forts atouts, puisqu'il s'agit avant tout de comprendre le message (parfois très technique) et de vulgariser sous de multiples formes quelques points marquants à destination du grand public.



© ECPAD

23 novembre 2023 : le grand jour est arrivé !

Gérer les besoins logistiques des exposants, présenter le quartier aux autorités, guider les visiteurs, accueillir les délégations étrangères... le responsable de quartier devient alors multi casquettes ! Je me suis rendu compte, à ce moment, de la grande diversité des profils rencontrés lors de cet événement spécifique innovation de défense.

Lors des périodes d'accalmie, j'ai pu découvrir, et parfois m'émerveiller, devant la multitude de projets exposés.

Un bilan positif

Malgré une charge de travail conséquente se superposant parfois difficilement avec mes activités de chargé d'expertise, participer à cette aventure a été une expérience enrichissante. Elle m'a permis de mieux comprendre le fonctionnement de l'Agence de l'innovation de défense, de travailler avec une équipe soudée avec la récompense immédiate d'un événement qui se déroule bien. Pour un ingénieur de l'armement novice, être responsable de quartier peut être également l'occasion de découvrir différents aspects des métiers exercés au sein de la DGA : expression de besoins, évaluation d'une maturité technologique, communication... De plus, le caractère hautement technologique des projets présentés, ainsi que leur variété, sont toujours une immense satisfaction intellectuelle pour l'ingénieur. ☺



© ECPAD

SÉCURITÉ EN MER ROUGE

LES PROGRAMMES OCCAR DANS LE FEU DE L'ACTION

Par Kevin Verhaeghe, IPA, coordonnateur des programmes navals de défense anti-aérienne pour l'OCCAR

Avec seulement 400 agents répartis au sein d'un bureau central à Bonn et de divisions de programmes implantées en France, Allemagne, Italie et Espagne, l'OCCAR est une organisation internationale de conduite de programmes d'armement en coopération qui gèrera bientôt plus de 20 programmes et un portefeuille de contrats valorisés à la hauteur de 100 milliards d'euros. Si la complexité des systèmes d'armes développés s'ajoute à la complexité inhérente aux processus de coopération, les équipements fournis aux Forces Armées n'en sont pas moins d'une redoutable efficacité dans la conduite des opérations militaires.

Les frégates FREMM

Le 9 décembre 2023, alors qu'elle patrouillait en mer Rouge pour assurer la sécurité maritime et le respect du droit international, la frégate FREMM Languedoc de la marine française a engagé ses capacités de défense aérienne en abattant avec des missiles Aster 15 deux menaces venant des côtes du Yémen qui se dirigeaient droit sur elle. Deux jours plus tard, la frégate a également intercepté et détruit un drone menaçant directement le pétrolier norvégien Strinda. La FREMM s'est ensuite positionnée pour protéger le navire concerné, empêchant sa détournement. Une action que le président de la république a qualifié « d'efficace » lors de ses vœux aux armées du 19 janvier 2024, rappelant que la Languedoc avait « ouvert le feu contre les missiles et drones Houthis, signe d'une détermination sans faille ». La FREMM Languedoc avait depuis repris sa patrouille pour continuer de protéger les voies maritimes, renforcée par l'arrivée sur zone le 20 décembre de la FREMM Virginio Fasan italienne.

Ce bâtiment est la troisième frégate de classe Aquitaine fournie par l'OCCAR à la Marine Nationale française au sein d'un ensemble de livraisons qui sera porté à 18 frégates pour la France et l'Italie en 2025, en plus des quatre FREMM vendues à l'Égypte et au Maroc. La FREMM Languedoc, comme les 3 autres premières unités de la classe, dispose d'une capacité d'engager 16 missiles Aster 15 pour la défense anti-aérienne.



Impact direct Aster vu par imagerie infrarouge, extrait vidéo « Sûreté maritime en mer Rouge » du 28/12/2023 © MinArm/État-Major des Armées

Les deux suivantes peuvent engager indifféremment de l'Aster 15 ou Aster 30 là où les deux dernières FREMM produites pour la France, à capacité de défense aérienne renforcées (FREMM DA Alsace & Lorraine), ont une capacité doublée (32 missiles) d'Aster 15 ou Aster 30. L'Alsace vient d'ailleurs de rejoindre la Méditerranée orientale fin janvier pour y muscler le dispositif de la Marine nationale.

Les systèmes de défense anti-aérienne PAAMS

À la suite de ces interceptions réussies de l'Aster 15, le destroyer Type 45 HMS Diamond de la Royal Navy britannique a contré le 16 décembre 2023 une nouvelle attaque aérienne lancée depuis le Yémen visant un navire marchand, en utilisant la capacité de défense aérienne de son système Sea Viper PAAMS(S).

Dans la nuit du 9 au 10 janvier 2024, le HMS Diamond et les navires de guerre américains ont repoussé la plus grande attaque des Houthis en mer Rouge à ce jour comprenant 18 drones porteurs de bombes, deux missiles de croisière anti-navire et un missile balistique anti-navire. Le HMS Diamond a détruit 7 des 18 drones porteurs de bombes, le secrétaire à la défense britannique ayant précisé que cette neutralisation s'était faite au travers de la mise en œuvre des canons et des missiles PAAMS(S) Sea Viper Aster du destroyer. De même, le HMS Diamond a intercepté le 27 janvier une nouvelle



Photo en passerelle lors de l'engagement missile du Sea Viper du HMS Diamond le 16/12/2023. ©UK MOD/Crown copyright 2023

attaque de drone porteur de bombe qui le visait directement, grâce au missile Aster de son système Sea Viper.

Ce système d'armes PAAMS a été développé par l'OCCAR pour fournir des capacités navales d'autodéfense et de défense locale et de zone pour les quatre frégates françaises et italiennes de type Horizon (PAAMS(E)) et les six destroyers britanniques de type 45 de la Royal Navy britannique PAAMS(S). D'ailleurs, la frégate italienne Caio Duilio de type Horizon équipée du PAAMS(E) a rejoint la Mer Rouge début février pour y mettre à contribution ses 48 missiles de défense anti-aérienne dans le cadre de la nouvelle mission de protection navale européenne en mer Rouge « Aspides » rassemblant la France, l'Italie, l'Allemagne et le Danemark en parallèle de l'opération « Prosperity Guardian » sous commandement américain.

La famille de missiles intercepteurs Aster

Tous ces systèmes reposent en effet sur les intercepteurs antiaériens Aster 15 et Aster 30 également développés par l'OCCAR à travers le programme FSAF qui dispose également d'une déclinaison terrestre avec le système SAMP/T « Mamba » livré à l'armée de l'air et de l'espace française et à l'armée de terre italienne et dont la nouvelle génération SAMP/T NG sera également livrée à l'armée de l'air italienne.

Après plus de 1000 missiles déjà livrés depuis 2002 : le carnet de commandes de la famille Aster comprend notamment plusieurs centaines d'exemplaires du nouvel Aster 30 Block 1 New Technology (B1NT) au profit de six forces armées (armée de l'air française, marine française, armée de terre italienne, marine italienne, armée de l'air italienne, marine britannique). L'OCCAR conduit en parallèle un programme « MLU » (Mid-Life Update) de rénovation mi-vie du missile et de ses composants



Chargement à Toulon sur FREMM en décembre 2023 d'un missile Aster rénové « MLU » dans son conteneur. ©MinArm/Service Interarmées des Munitions (SIMu)

pyrotechniques, dont les premiers exemplaires ont été livrés aux forces armées fin décembre 2023.

À cela viennent s'ajouter les programmes de modernisation des systèmes d'armes, que ce soit au travers de l'OCCAR pour la rénovation franco-italienne du PAAMS(E) des frégates Horizon elles-aussi rénovées, ou au travers de contrats nationaux tel que celui notifié par le Defence Equipment & Support (DE&S) britannique le 21 janvier 2024 pour la modernisation de la conduite de tir PAAMS(S) complétant les travaux anticipés par l'OCCAR dès décembre 2022 pour la création d'une déclinaison navale du missile Aster 30 antibalistique (Block 1).

Les avions de transport A400M

Parallèlement, l'armée de l'air et de l'espace française a organisé dès le début des attaques en mer Rouge le transfert efficace de munitions Aster 15 depuis la France métropolitaine vers la base aérienne de Djibouti (BA188) grâce aux capacités inégalées de l'A400M. Cela a permis aux frégates de durer à la mer en profitant de ces capacités d'aérotransport pour recouvrer une allocation nominale de munitions et continuer leurs missions de protection sans devoir revenir à leur port d'attache.

L'A400M est en effet un avion véritablement polyvalent spécialement conçu pour ses performances tactiques et sa capacité à transporter des charges lourdes sur de longues distances, avec désormais 120 avions livrés depuis 2013. La base aérienne 123 d'Orléans-Bricy a d'ailleurs reçu le 12 janvier 2024 son 23^e exemplaire, doté comme son prédécesseur de capacités étendues en termes de ravitaillement en vol des hélicoptères ou de largage de chuteurs opérationnels à très grande hauteur.

Ayant démontré sa capacité à s'adapter aux besoins des pays coopérants et à mettre en œuvre des procédures éprouvées et réactives, l'OCCAR fournit donc des systèmes d'armes qui jouent un rôle décisif pour les forces armées. Gageons que les équipements qu'elle livre, soutient, livrera ou fera évoluer de façon incrémentale inciteront les nations à toujours plus de coopération car si seul on va plus vite, ensemble on va plus loin. ☺



Sortie de soute A400M pour les munitions Aster sur la BA188 ©MinArm/Armée de l'Air & de l'Espace

DES MUNITIONS INTELLIGENTES BAS COÛT, EST-CE POSSIBLE ? L'ISL RÉCOMPENSÉ PAR LE PRIX CHANSON

Par **Christian de Villemagne**, IGA, Co-directeur de l'ISL
(Institut franco-allemand de recherches de Saint-Louis)

L'ISL une nouvelle fois récompensé par le prix Ingénieur général Chanson, décerné par l'Association de l'Armement Terrestre ! L'innovation fait partie d'un ensemble de travaux ISL sur les munitions intelligentes bas coût, dont la guerre en Ukraine démontre la pertinence.

La guerre en Ukraine confirme que l'artillerie reste une capacité opérationnelle majeure, que les frappes sur-faciques épuisent rapidement les stocks de munitions, qu'une portée accrue est recherchée et que le brouillage/leurrage du GPS et des communications est permanent. Conjuguer précision et portée accrue nécessite de corriger les trajectoires des projectiles. Ces derniers doivent donc bénéficier d'une unité de navigation sans recours au GPS et bas coût pour contenir le prix des munitions.

C'est l'objectif des travaux de rupture de l'ISL sur la navigation magnéto-inertielle : la comparaison et l'ajustement en temps réel à bord du projectile, par un petit calculateur, de sa trajectoire mesurée par des capteurs de performances médiocres car bas coût, avec celle issue d'un modèle de dynamique de vol permet d'obtenir une unité de navigation de hautes performances à coût réduit.

Ces travaux ont été récompensés par le 50^e Prix Ingénieur général Chanson, remis par le président du GICAT à Sébastien Changey, Emmanuel Pecheur, Ronan Adam et Nabil Jardak, une équipe de trois chercheurs et d'un ingénieur de l'ISL, à l'occasion du Forum Innovation Défense (FID) 2023. Cette innovation, déjà démontrée lors de tirs réels, est en passe de faire l'objet d'un développement avec un grand industriel français de la navigation. Il y aura alors une alternative européenne aux solutions existantes, onéreuses et susceptibles d'être difficiles à approvisionner en raison des règles américaines ITAR.

L'ISL poursuit aussi d'autres pistes d'innovations bas coûts pour une navigation insensible au brouillage GNSS (GPS, Galileo...) : par exemple l'utilisation de capteurs sensibles à la polarisation de la lumière, le développement de nouvelles méthodes de filtrage basées sur l'IA ou encore d'autres techniques plus proches de la radio-navigation, en détournant l'utilisation de signaux satellites conçus à l'origine pour les télécommunications.



Drone rapide sur trajectoire ISL d'attaque verticale

La guerre en Ukraine consacre également l'emploi massif de munitions téléopérées (MTO) à base de drones. Depuis quelques années déjà, l'ISL adapte ses solutions aux MTO. Par exemple, le projet TAP (Top Attack Projectile), sélectionné par l'Agence d'Innovation de Défense pour le FID 2023, s'appuie sur des lois de guidage innovantes ISL pour imprimer à un drone rapide une trajectoire garantissant une attaque extrêmement précise, verticale, voire par l'arrière : les chars ennemis sont ainsi impactés sur leur point faible.

Ces lois de guidage, moins accessibles qu'il y paraît au vu de l'engouement industriel qu'elles suscitent, ont été validées expérimentalement (voir photo). Elles sont adaptables sur différents drones ou munitions rôdeuses déjà existants. Mais aussi sur de nouvelles munitions conçues et développées complètement à l'ISL avec/pour des partenaires industriels. L'ISL travaille déjà sur l'intégration de ces méthodes de guidage avec des autodirecteurs bas coût basés image, qu'il développe, dans le visible et dans l'infra-rouge, avec des algorithmes d'IA.

L'ISL conçoit simultanément des solutions offensives et défensives, qui se renforcent mutuellement. Ainsi, pour anticiper les attaques des forces amies par des MTO, l'ISL s'intéresse à la lutte anti-drone. Par exemple avec de la détection de drones et d'essais de drones à l'aide de caméras événementielles : cette technologie de rupture bio inspirée, bas coût, frugale en énergie, permet une détection incroyablement rapide et ne génère que les données utiles à la détection. Elle ouvre la voie à une analyse automatique de situation économe en moyens. ☺



ASSOCIATION

LE DÉLÉGUÉ, EMMANUEL CHIVA, INVITÉ DU PREMIER DINER-DÉBAT CAIA EN 2024

Par Antoine Plantade, IA

Défis majeurs de la Loi de Programmation Militaire, coopération européenne et réforme des corps techniques : trois thèmes clés de l'intervention liminaire d'Emmanuel Chiva, Délégué Général pour l'Armement, devant un auditoire record (75 IA, dont de nombreux jeunes ingénieurs) lors du sixième dîner-débat organisé par notre association.



Questionné sur les principaux défis et objectifs de la mise en œuvre de la Loi de Programmation Militaire (LPM) 2024-2030 le Délégué a en premier lieu rappelé les difficultés d'un contexte géopolitique tendu.

« Les différentes crises internationales mettent en exergue des problématiques variées qui doivent être couvertes par la programmation future des dépenses consacrées aux Forces Armées françaises » a-t-il déclaré. La guerre en Ukraine par exemple, « un mélange entre l'Odyssée de l'espace et 1914-1918 », souligne l'importance de la préparation à une guerre des tranchées et du développement de l'artillerie tout en précipitant l'essor des drones et de la guerre de l'information.

Le maintien de la menace du terrorisme militarisé fait quant à lui appel à des moyens capacitaires différents (renseignement, contre IED, ...).

Enfin, l'apparition de nouveaux champs de conflictualité (espace, fonds sous-marins, influence, ...) nécessite des moyens qui peuvent contraindre nos ambitions capacitaires dans d'autres domaines, malgré des ressources de la nouvelle LPM en forte hausse par rapport à la précédente.

Tous ces enjeux capacitaires impliquent une réaction immédiate sans pour autant renoncer à la préparation de

futur. Le Délégué a notamment mis l'accent sur « le travail méticuleux des différentes équipes du ministère afin de produire une LPM au plus près du besoin opérationnel des forces ».

Ainsi, afin de déterminer le niveau global des ressources nécessaires durant cette LPM, ces équipes ont déterminé les besoins de financement par nouveau domaine, les patches, comme ceux sur l'espace (6 milliards d'euros), l'innovation (10 milliards d'euros) en encore les drones (5 milliards d'euros). Cette réponse aux défis présents est couplée à l'anticipation et la préparation aux ruptures technologiques apportées par l'intelligence artificielle, l'hyper vélocité, le quantique ou encore les armes à énergie dirigée.

En parallèle, pour répondre aux contraintes de la nouvelle donne géopolitique, il est également indispensable, pour Emmanuel Chiva, de « disposer d'un outil industriel capable de répondre aux défis capacitaires issus de la situation géopolitique instable ». Le Délégué a ainsi exhorté la Base Industrielle et Technologique de Défense (BITD) à prendre des risques pour « augmenter stocks, capacités et cadences de production dans un contexte d'économie de guerre ».

Il a également mis l'accent sur la prise de risque à l'export en « s'ouvrant à des marchés pour l'instant peu



explorés par les industriels français » et a notamment cité l'Afrique, continent qu'il a visité récemment, une première pour un Délégué Général pour l'Armement depuis les années 1960.

Des efforts seront particulièrement engagés par la DGA dans le domaine du soutien à la BITD sous la forme de la création d'une Direction de l'industrie de Défense, en charge notamment de soutenir le financement de l'industrie, de la préserver des ingérences étrangères ou encore d'accompagner le renforcement de sa protection cyber.

La coopération européenne fut le second point du débat et le Délégué y a mis en avant « *son importance* » mais aussi « *ses difficultés* ». Bien que permettant des projets plus ambitieux, « *elle ne doit pas se faire au détriment des besoins capacitaires français* » a clairement rappelé le Délégué. Lorsque, mise en place par des Institutions européennes comme le Fonds Européen de Défense, la coopération profite de fonds qui commencent à devenir significatifs, il est nécessaire de maximiser la cohérence de ses projets avec les besoins de notre pays.

Au niveau bilatéral, la coopération avance avec le Royaume Uni, « *un partenaire naturel en Europe* » compte tenu de la similitude de nos politiques de défense, essentiellement autour de la filière missile ; avec l'Allemagne sur des développements ambitieux mais complexes comme le SCAF et le MGCS ; et avec l'Italie autour de discussions soutenues dans le domaine spatial.

Le Délégué a enfin été interrogé sur la réforme des corps techniques de l'État. Il a présenté les trois axes majeurs du projet de transformation, soient :

- le renforcement de la diversité des IA avec « *la mise en place d'un parcours talents* », « *l'ouverture des voies de recrutement* » pour les docteurs et les salariés du privé et le « *renforcement de la réserve opérationnelle* ».
- la transformation des parcours professionnels des IA « *avec l'encouragement des mobilités* » notamment dans les administrations, et l'indispensable « *facilitation* » de leur retour vers la DGA.



- « *l'adaptation de la gestion du corps avec la création d'une Délégation à l'encadrement supérieur au sein de la DRH* » de la DGA en renforçant la relation avec le CGARM.

Le Délégué a ensuite répondu aux questions variées de l'assistance. Il a notamment souligné l'importance de l'innovation et la nécessaire prise de risques partagée entre l'État et l'industrie, avec comme exemple le financement de démonstrateurs ou de projets avec des spécifications allégées (ex : les munitions téléopérées COLIBRI et LARINAE). Il en a profité pour rappeler le bénéfice de l'initiative Red Team Défense pour imaginer des scénarios futurs et a annoncé sa poursuite avec la création d'un contrat cadre, suite à la pertinence de la réflexion apportée sur des sujets comme la « *sécurité cognitive* » à l'origine du projet MYRIADE.

Il a confirmé les difficultés pour les entreprises de défense d'obtenir des financements privés et l'action de l'État au niveau national pour inciter les banques françaises à renforcer leur contribution au financement des activités de défense, mais également au niveau européen auprès de la commission et du parlement au titre de la taxonomie. Il a également rappelé la nécessité de contrôler souverainement les licences d'exportation pour des matériels développés en coopération. Le Délégué est prêt à défendre fermement les intérêts français face au projet de transfert de ces contrôles au niveau européen.

Il a rappelé l'importance du dialogue « *capacitaire* » avec les Forces et de l'indispensable analyse de la valeur des futurs projets avant toute décision majeure.

En synthèse, le Délégué a précisé durant cette soirée les grands défis actuels de la DGA pour le succès des armes de la France, ainsi que les transformations nécessaires à opérer afin d'être en capacité de mieux y répondre. Il a insisté sur la nécessité pour la DGA de répondre au mieux aux exigences des Forces à court terme tout en œuvrant sans relâche à la préparation et à l'anticipation du futur. 🌟

LA CONDUITE D'UN PROJET HORS NORMES AVEC PHILIPPE JOST, IGA

Par Philippe Roudier, Responsable Diners-Débats CAIA

Pour notre cinquième dîner-débat, le 12 décembre, nous étions à nouveau une cinquantaine à avoir le très grand plaisir d'accueillir notre camarade Philippe Jost, président de l'établissement public Rebâtir Notre-Dame de Paris.

Un dîner-débat sur un sujet unique, empreint de passions, s'est organisé à partir de nos traditionnelles trois questions et du visionnage de nombreuses photos de ce chantier exceptionnel, du drame de l'incendie de 2019 aux splendeurs du renouveau de Notre Dame de Paris :

1. *Philippe, tu as été tout au long de ta carrière au cœur de la conduite des programmes d'armement à différents niveaux de responsabilité. Tu conduis aujourd'hui également un grand projet. Quels sont les points communs et les différences dans la conduite de ces projets ?*
2. *Le projet « Rebâtir Notre-Dame » suscite beaucoup d'attentes et de passions, en France et bien au-delà. Comment gères-tu ces attentes et les pressions associées, qu'elles viennent de la sphère politique, religieuse, médiatique... ?*
3. *Enfin peux-tu nous faire rêver, en cette période de l'Avent en nous décrivant quelques-unes des beautés que nous découvrirons à la réouverture de Notre-Dame et l'histoire de leur renouveau ?*



Philippe nous a tout d'abord ramené au début de cet incroyable projet, quand le choix du président de la République s'est porté sur une figure d'autorité, connaisseur du monde de la haute administration et catholique pratiquant, le Général Georgelin, quand Philippe s'est retrouvé seul, avec le Général, pour prendre en charge cette mission, dont le caractère intangible du délai s'apparente à celui des programmes de la dissuasion.



Un incendie qui a entraîné une émotion mondiale le 15 avril 2019

La création de l'établissement public Rebâtir Notre-Dame de Paris, leur a donné l'outil pour exercer un véritable pilotage du projet, disposer des financements, être en mesure de passer les marchés... et leurs avenants, en réunissant les exigences de qualité de la reconstruction en conformité avec la doctrine patrimoniale et de la tenue du délai.

Dans le triptyque contenu, délais, coûts de la maîtrise d'ouvrage publique, le délai a été imposé par le président de République, le budget est heureusement disponible grâce aux dons en numéraire et en nature, le contenu sera un peu plus long à établir à la suite des études et par consensus pour une reconstruction à l'identique, en particulier pour la flèche de Viollet-Le-Duc. S'agissant de restaurer pour au moins huit cent soixante ans – l'âge de la cathédrale ! les techniques et matériaux d'origine s'imposent rapidement comme la seule solution fiable.

Philippe nous a expliqué comment grâce à l'ensemble de son parcours à la DGA, il est en mesure de conduire le projet, désormais rompu à la gouvernance d'une « entreprise » et de ses comités, mais qu'en l'absence de maître d'œuvre système, inexistant dans le domaine du patrimoine, l'établissement public gère en direct dans les règles de la commande publique, les cent quarante marchés de travaux et de prestations dans des métiers très spécialisés notifiés en quasi-totalité à des PME et des indépendants. Philippe nous a loué la pertinence et maniabilité du code des marchés publics qui donne les outils nécessaires à la bonne exécution du projet.



Malgré les voûtes effondrées et la flèche brisée, le grand corps de la cathédrale a pu être sauvé



L'intérieur de la nef restauré et débarrassé de ses échafaudages

En ce qui concerne les pressions, s'agissant du politique, l'objectif de délai fixé par le président de la République est un atout qui mobilise et permet de surmonter les freins administratifs ; la pression médiatique doit être gérée en permanence, en démontrant les progrès réalisés. La relation avec l'Église s'inscrit dans le cadre de la loi de séparation des Églises et de l'État de 1905, l'État est propriétaire de la cathédrale et en charge de la rebâtir et l'Église est affectataire, c'est-à-dire un « utilisateur » qui « ne spécifie pas » la restauration, mais est directement en charge du mobilier liturgique, de l'éclairage, et gère les accès et la sûreté.

Philippe nous a livré les clés de la réussite dans la conduite de ce projet, un objectif politique sur le délai, la maîtrise sur le financement (ressource sécurisée et tenue du budget par la maîtrise des coûts), une équipe resserrée et passionnée (comme une PME), constituant un outil au poids de forme permettant à la direction de



Une réussite humaine autant que technique

projet de prendre et d'exécuter rapidement des décisions, des relations humaines fortes avec l'ensemble des acteurs. C'est cet ensemble qui permet de tenir les délais et les coûts... clés qui sont également celles de la réussite des programmes d'armement.

Avec passion, Philippe, nous a emmené dans un voyage à travers le temps, nous permettant de toucher l'incroyable audace des bâtisseurs du Moyen Âge et leur capacité à prendre des risques des bâtisseurs du Moyen Âge, en opposition aux principes de précaution qui se répandent partout aujourd'hui. Philippe nous a démontré combien l'humain est prépondérant dans la réussite des grands projets.

Notre-Dame renaît plus belle encore, reconstruite avec les matériaux et les techniques qui lui ont permis de traverser les siècles et elle sera ainsi en mesure d'affronter les prochains siècles ! Quel merveilleux legs pour les générations futures dans un monde vivant dans l'instant et l'immédiateté de notre civilisation de l'information.

Nous sommes tous impatients de découvrir ces merveilles... à partir du 8 décembre 2024. 🕊

LE FUTUR DE L'AÉRONAUTIQUE EUROPÉENNE AVEC JEAN-BRICE DUMONT

Par **Philippe Roudier**, ICA, Responsable Diners-Débats de la CAIA

Dans le cadre de notre quatrième dîner-débat, le 2 octobre, nous avons eu le plaisir d'accueillir notre camarade Jean-Brice Dumont Executive Vice President Airbus Military Air Systems et membre du comité exécutif d'Airbus Defence and Space.

Toujours dans la règle de Chatham-House, près d'une cinquantaine de nos camarades ont pu avoir un échange très ouvert et très riche avec Jean-Brice.

Suivant notre tradition, désormais bien établie, le débat a été lancé sur le thème « Les nouveaux défis de l'aéronautique européenne » avec trois questions :

1 – Jean-Brice, à l'heure où dans le contexte du conflit en Ukraine, les matériels américains inondent l'Europe, comment vois-tu le futur de l'industrie aéronautique militaire en Europe et de sa place sur le marché européen, avec quels produits, quels acteurs industriels, quelles alliances ?

2 - Une question un peu plus pour l'ancien directeur de l'ingénierie d'Airbus : quels progrès technologiques, quelles innovations sont nécessaires pour maintenir le leadership européen dans l'aviation civile et militaire ?

3 – Enfin, une question portant plus sur le marché civil, la « décarbonation » : comment concilier d'un côté la pression environnementale dans les pays occidentaux (du moins en Europe de l'Ouest...), et d'autre part la croissance du marché et la concurrence dans des pays qui ne la subissent pas ?

En réponse à ces questions, Jean-Brice nous a alors partagé sa vision, entre espoir et anxiété.

L'espoir se nourrit d'un tissu industriel riche dans tous les domaines, des grands maîtres d'œuvre au tissu de sous-traitants, d'une pratique réussie de la coopération pour de nombreux projets, avec des modèles de coopération et industriels différents, celui d'Airbus n'étant pas celui de MBDA par exemple.

L'espoir repose également sur le leadership exercé par la France dans le lancement des grands projets, les Espagnols nous voyant comme une nation « tractor ».

Cependant, malgré des décennies d'une pratique réussie, la coopération reste difficile et demande des efforts constants pour contrecarrer les forces centrifuges. L'arrivée de la Commission Européenne dans cet écosystème est un facteur d'entropie, chacun des 27 pays ayant à Bruxelles son propre agenda, au-delà des questions de défense.

Sur le thème des avions de chasse, les succès du F35 en Europe témoignent de l'échec du calendrier des avionneurs européens pour la disponibilité d'un avion dit de 5^e génération. Alors que les États-Unis investissent massivement dans les technologies nécessaires au NGAD (Next Generation Air Dominance) les avionneurs européens doivent à la fois moderniser leurs produits (Rafale F5, Eurofighter LTE) et préparer le futur. Cette préparation nécessitera de serrer des rangs européens aujourd'hui en divergence.



Fort de son expérience à la tête de l'ingénierie du groupe Airbus, Jean-Brice nous a éclairé sur la démarche de progrès technologiques et d'innovation dans l'aéronautique. Les investissements les plus importants sont portés par l'aéronautique civile, « avion vert, connecté, digital » ! Des réductions des émissions à court terme sont possibles grâce au remplacement des avions anciens qui peuvent être recyclés notamment via la Joint-Venture avec Safran, « Tarmac Aerosave » dédiée à la gestion de la fin de vie des avions. D'autres progrès sont possibles via l'optimisation des trajectoires (principe de descente continue étudié en collaboration avec Thales), des améliorations de l'avion (aéroélasticité par exemple). Pour autant, les vrais leviers de réduction d'impact environnemental sont plus durs à trouver. La généralisation de l'usage des carburants alternatifs ne se heurte pas à un obstacle technologique mais à celui de leur production en masse pour être disponible. Quant au Graal de l'hydrogène, les challenges techniques sont considérables, et nécessiteront de relever plusieurs défis technologiques.

Pour des besoins plus spécifiquement militaires, la connectivité et la furtivité seront au cœur des performances des futurs systèmes d'armes. Les technologies sont plus accessibles mais il faudra assurer la maîtrise des coûts par la fixation d'un coût-cible, en particulier dans les programmes en coopération pour en faire des succès. Le combat militaire de demain sera partagé entre avion d'armes et drones « effecteurs », concept clé du programme SCAF.

Enfin, Jean-Brice a abordé le décalage très important entre d'une part les pressions environnementales fortes en Europe occidentale qui poussent à une trajectoire agressive en termes de réduction des émissions de CO₂ et d'autre part les besoins considérables des grands pays tels que l'Inde ou la Chine qui ne se laisseront pas imposer ces trajectoires au détriment de leur croissance et de leur besoin accru de mobilité, lequel ne se

résoudra pas par des vecteurs de type Hyperloop. Jean-Brice nous a alerté sur les risques induits par des positions clivées, soulignant que l'engagement volontariste dans ces trajectoires de consommation décroissante ne doit pas se faire en renonçant aux positions solides de notre industrie aéronautique.



La soirée s'est poursuivie avec les échanges avec les participants, chacun ayant pleinement profité de ce moment de partage en toute confidentialité pour une expression franche, sans aucune langue de bois ! Tous les propos ne pourront être retranscrits dans ces lignes...

Nous avons abordé la compétition Airbus-Boeing, le futur du projet GCAP porté par le Royaume-Uni, le Japon et l'Italie, les avions d'armes chinois, l'impact des certifications civiles sur les aéronefs militaires, la digitalisation, l'ambiguïté de l'exportation d'armement vue de Berlin, le time to market...

Grâce à la passion de Jean-Brice, son témoignage très direct d'un acteur clé au cœur des enjeux de notre aéronautique militaire, nous avons pu une nouvelle fois disposer d'un éclairage captivant, bien dans cet esprit d'une expression non retenue sur des sujets d'importance pour notre corps afin de permettre de nourrir la réflexion de notre communauté ! ☺

Les groupes régionaux de la CAIA

Nouvelle activité de la CAIA, les groupes régionaux ont été mis en place dans trois régions et sont en cours de mise en place dans deux autres. N'hésitez pas à contacter les responsables de ces groupes si vous souhaitez participer à leurs activités !

Les groupes régionaux constitués :



Responsable :
Philippe LOUÉ
Secrétaire :
Pierre CAMBOURNAC



Responsable :
Bruno Gruselle



Responsable :
Jérôme BENDELL

Les groupes régionaux en cours de mise en place :



Responsable : Alain COUPIER



Responsable :
Jean-Yves BATTEST

VISITE DU MONGE PAR LE GROUPE RÉGIONAL BRETAGNE DE LA CAIA

Par Jules Vogt, IA

Un petit groupe d'IA brestois a visité le Bâtiment d'Essais et de Mesures Monge.

Récemment constitué, le groupe régional Bretagne de la CAIA s'est retrouvé à l'occasion d'une visite du Bâtiment d'Essais et de Mesures (BEM) Monge, à son port-base de Brest. Ce bâtiment, à la silhouette facilement reconnaissable, est une composante essentielle du dispositif d'essai des missiles des deux composantes de la dissuasion. Il concentre sur un peu plus de 200 mètres de long de nombreux moyens d'essais aux performances singulières. Sa couleur blanche, caractéristique des bâtiments à vocation scientifique, présente un avantage supplémentaire : elle permet de limiter la déformation thermique des structures, facilitant la métrologie des moyens de mesure. Armé par un équipage mixte de personnels de la Marine Nationale et de DGA Essais de missiles, il assure l'acquisition de précieuses mesures lors des essais en vol de missiles et garantit le blanchiment (i.e. l'absence de bateaux) de la zone d'impact.



Visite des salles de conduite d'essais

Des moyens d'essais de haute technologie

La visite commence par la découverte des salles de conduite d'essais et de leurs nombreux écrans de contrôle. C'est ici que sont fusionnées et traitées les mesures issues des différents senseurs du navire. La visite se poursuit par la présentation du dispositif radar, dont les trois antennes visibles sur le pont supérieur du bâtiment pèsent une cinquantaine de tonnes chacune. Ces trois radars sont des radars de trajectographie et d'analyse, aux performances uniques en Europe. D'autres antennes aux dimensions plus modestes, situées sur l'arrière du bâtiment, sont des antennes de télémétrie. Elles permettent de capter toutes les

données mesurées par les capteurs installés à bord des missiles en essai. À l'avant du bâtiment, une coupole abrite de nombreux senseurs optiques. Pour finir cette brève présentation des moyens de mesure du bâtiment, on ne peut manquer d'évoquer son LIDAR permettant la caractérisation de l'atmosphère jusqu'à 100 km d'altitude. C'est le LIDAR le plus puissant au monde, les Brestois aperçoivent régulièrement son rayon vert traversant le ciel.



Un LIDAR permet de caractériser l'atmosphère

Le deuxième plus long bâtiment de la Marine Nationale

La visite s'achève par le quatrième et dernier pont du bateau. À une vingtaine de mètres au-dessus des flots, la vaste passerelle est le poste de pilotage de la navigation. Quelques mètres plus loin, on découvre le central opérations du bâtiment. Il permet le contrôle des moyens aéronavals appuyant le Monge dans sa mission de blanchiment de la zone d'impact (hélicoptère Dauphin embarqué et avions de patrouille maritime Falcon 50 et Atlantique 2). Sa particularité par rapport aux autres bateaux de la Marine est qu'il abrite aussi la régie de coordination de l'ensemble des moyens d'essais du bateau, en lien direct avec le poste de contrôle et de conduite des tirs (PCCT) de DGA Essais de missiles à Biscarosse.

Cette visite aura permis de faire découvrir aux quelques camarades présents les capacités hors du commun de ce bâtiment incontournable du port de Brest, au service des essais stratégiques conduits par DGA Essais de missiles. 📍

GALA 2023 :

UN SUCCÈS QUI NE SE DÉMENT PAS, 2024 NE DEVRAIT PAS VOUS DÉCEVOIR.

NOUVEAU SUCCÈS POUR L'ÉDITION 2023 DU GALA À L'INTERCONTINENTAL PARIS LE GRAND.

Par Romain Berline, *Responsable Gala CAIA*

Les nouveautés de l'édition 2022 pérennisées

L'édition 2023 du gala permet de pérenniser les deux nouveautés qui furent très largement appréciées en 2022 : le discours du président de la CAIA qui rappela une nouvelle fois le rôle important joué par notre association dans l'animation de la communauté des ingénieurs de l'armement et dans la promotion de notre corps, d'autant plus importante dans le contexte actuel de réforme des grands corps techniques de l'État.

Une nouvelle mouture de la présentation diffusée sur le mur d'images pendant le cocktail permit d'illustrer les moments forts de l'année écoulée concernant les programmes d'armement et les activités de la DGA, ainsi que les principaux événements organisés par la CAIA : colloque, assemblée générale, rencontre avec les jeunes IA...

Léonce Verny et le GM à l'honneur

Après Vauban, c'est notre camarade Léonce Verny qui fut à l'honneur lors du gala 2023. Les participants purent repartir avec un bel ouvrage édité par la société des amis de la bibliothèque de l'X : « Yokosuka à l'aube du Japon moderne : Léonce VERNY », consacré à cet ingénieur du Génie Maritime (X1856), qui dirigea la construction de l'arsenal naval de Yokosuka, faisant entrer la Marine japonaise dans l'ère moderne. Il fut envoyé au Japon en même temps que son ami et camarade de promotion Jules Brunet qui, combattant au côté des forces du dernier shogun, inspira le film « Le dernier Samouraï » avec Tom Cruise.

La table d'honneur et les tables officielles mirent en exergue le nom d'autres « GM » illustres : Gustave Zédé, directeur des constructions navales et inventeur du Gymnote, premier sous-marin torpilleur opérationnel français, Emile Bertin, autre grand directeur des constructions navales qui œuvra lui aussi au développement de la marine japonaise quelque temps après Verny et enfin Jacques Chevallier, figure de proue du



développement de la propulsion nucléaire navale française qui a donné son nom à la nouvelle promotion des ingénieurs de l'armement.

Une participation légèrement en baisse avec un rééquilibrage de la pyramide des âges

Avec un peu moins de 500 participants, la participation fut légèrement en baisse, en raison d'annulations de dernière minute, mais la pyramide des âges du gala s'est rééquilibrée avec une progression des deux tiers du nombre d'IA anciens témoignant d'un renouveau d'intérêt des IA de plus de 35 ans pour le gala, alors que la participation des jeunes IA reste importante et que l'engagement des industriels ne se dément pas.

Retenez la date du 22 novembre pour le gala 2024

Un sondage réalisé auprès des participants du gala 2023, IA venus à titre personnel et industriels, a permis de confirmer la satisfaction globale des participants et montré leur attachement à la formule actuelle au Grand hôtel, dont le prestige et la situation centrale sont des atouts à peu d'autres pareils. La quête d'un nouveau lieu se poursuivra donc cette année pour que, si la perle rare est trouvée, le gala 2025 puisse éventuellement se tenir sous d'autres cieux parisiens.

Remercions enfin nos six sponsors et partenaires : Bertin, MBDA, KNDS, Roxel, Parsec et HyPrSpace pour leur soutien à la réussite de notre gala et rendez-vous cet été pour l'ouverture des réservations du gala 2024 ! 🍷

JAMAIS DEUX SANS TROIS... ET ÇA NE S'ARRÊTERA PAS LÀ !

Par Elie Prost, IA

Même heure, même endroit et déjà des habitués... c'est officiel, les afterworks des jeunes IA sont devenus une tradition !

Initiative proposée par la CAIA il y a un peu plus d'un an, des IA de tous horizons se sont rassemblés une nouvelle fois, à la mi-décembre pour un moment convivial autour de quelques boissons et planches à partager. Plus d'une quarantaine d'IA ont répondu présents à cet événement qui attire de plus en plus. En effet, si certains ont réalisé un sans-faute sur ces trois afterworks, nous avons également pu compter de nombreux nouveaux participants, ce qui montre que cette activité s'installe clairement.

IA en poste à la DGA et au ministère des Armées, au sein d'autres ministères, dans l'industrie et sans oublier les nouveaux IA encore en formation, nous nous sommes réjouis de la variété des profils qui constitue sans aucun doute la clef de la richesse des discussions qui ont eu lieu lors de cette soirée. Ce fut l'occasion pour les plus jeunes d'obtenir de précieux conseils sur les stages opérationnels de fin de FAMIA ou les premières affectations

et de découvrir les activités proposées et organisées par la CAIA. Plus largement, des échanges entre IA en poste ont également porté sur les périodes d'ouverture dans l'industrie, ainsi que les parcours professionnels de chacun au sein de la DGA ou encore les perspectives possibles en interministériel. En somme, chacun a pu tout simplement passer une soirée très agréable avec des camarades de promotion, des anciens collègues et faire connaissance avec de nouveaux IA.

Suite à cette réussite, l'organisation d'un prochain afterwork des jeunes IA ne saurait tarder, à Paris et, pourquoi pas, en province, afin de développer ce genre d'événements pour tous les jeunes IA en poste à travers la France, pour promouvoir une cohésion la plus large possible. ☺



LE FORUM DE LA COMMISSION HISTOIRE : FAVORISER L'ÉCHANGE ET LE PARTAGE DE CONNAISSANCES

Par Antoine Béguet, IA, *commission histoire CAIA*

En juin dernier est née la Commission Histoire de la CAIA. Une de ses premières initiatives est la création d'un forum sur l'histoire de l'armement.

Dans mon métier d'IA, l'histoire, ça sert à quoi ?

Les armées françaises ont traditionnellement accordé une grande importance à l'histoire militaire pour éclairer leurs actions présentes et futures. Les officiers, au cours de leur formation, consacrent du temps à l'étude de l'histoire militaire, la considérant comme un socle indispensable. Cette approche ancrée dans la tradition permet aux militaires de tirer des enseignements des conflits passés et des tactiques éprouvées.

Contrairement à nos homologues, nous, ingénieurs de l'armement, tendons à être plus axés sur les aspects techniques et stratégiques spécifiques à nos domaines. Notre focus sur la conception, le développement, et la maintenance de l'armement peut parfois nous éloigner des leçons historiques.

Cependant, nous pouvons trouver dans l'histoire des leçons cruciales sur les défis rencontrés par nos prédécesseurs. Quels sont les éléments qui ont mené à la réussite ou l'échec de tel programme ? Dans quelle mesure une technologie de rupture apporte-t-elle un avantage stratégique sur le terrain ? Quelles lacunes dans la compréhension du terrain ont conduit au rejet d'un équipement par les forces ? Quelles réflexions ont mené à l'organisation du ministère des Armées que l'on connaît ?

La Commission Histoire

C'est précisément pour apporter des éléments de réponse à ces questions que la Commission Histoire a été créée en juin dernier. Son rôle central consiste à promouvoir et à préserver l'histoire de l'armement en tant que ressource précieuse.

Cette commission est jeune mais travaille déjà activement sur différents plans :

- encourager la publication d'ouvrages et d'articles : les lecteurs les plus assidus de cette revue auront

d'ailleurs remarqué un article intitulé « Une journée particulière » dans le dernier numéro (revue n°130, p.118), né de cette initiative.

- collecter des informations auprès des acteurs clés, notamment les anciens ingénieurs de l'armement ainsi que les principaux industriels de la défense.
- créer et animer un forum de discussion autour de l'histoire de l'armement.

Le forum sur l'histoire de l'armement

De cette initiative découle donc la création d'un forum dédié à l'histoire de l'armement, une plateforme interactive où les ingénieurs de l'armement peuvent échanger des idées, poser des questions et partager leurs connaissances. Le forum représente un espace favorisant la collaboration et l'apprentissage collectif, contribuant ainsi à renforcer la base de connaissances de la communauté des ingénieurs de l'armement.

Pourquoi participer ?

Un partage de connaissances : Le forum offre une occasion unique de partager vos expériences ou connaissances. Que vous soyez un ancien ou simplement passionné, votre contribution est la bienvenue.

Des réponses à vos questions : le forum vous donne accès à une communauté d'ingénieurs prêts à partager leurs expériences. Si vous avez des questions spécifiques en lien avec l'histoire, n'hésitez plus à les poser !

Comment participer ?

Rejoindre le forum est simple : identifiez-vous sur le site web de la CAIA (www.caia.net) et cliquez sur « Nos événements/Commission Histoire/Forum ». Posez vos questions, partagez vos expériences et faites vivre ce forum !

Votre engagement contribuera à préserver et à promouvoir l'héritage précieux de l'armement, tout en créant une communauté tournée vers le passé, le présent et l'avenir. ☺

LA NOUVELLE PROMO JACQUES CHEVALLIER

Par Jacques de Mathan, IA

Heureux de rejoindre cette année la communauté des ingénieurs de l'armement, nous vous proposons une esquisse de la nouvelle promotion Jacques Chevallier.

Information statistique préliminaire

Sans empiéter sur le terrain de jeu de nos amis de l'INSEE, notons que la promotion Jacques Chevallier compte 25 IA, nés entre 1997 et 2000, dont 20 % d'IA recherche, 20 % d'admis sur titres, 16 % d'ingénieurs de l'armement et 100 % de jeunes gens sympathiques s'engageant à forger les armes de la France. Parmi les IA sur titres, comptons deux centraliens, deux normaliens (Paris-Saclay) et un brillant sujet de Télécom Paris. Parmi les IA recherche, pas moins de trois mathématiciens, un virologue et un physicien.

Deux mois de FAMIA pour former une promotion

Cette aimable compagnie s'est trouvée au complet à l'occasion de la FAMIA, la formation administrative et militaire des ingénieurs de l'armement. La FAMIA a été le temps de conférences de haut-niveau, de visites hors normes et de moments de cohésion. Parmi les visites inoubliables, comptons par exemple : l'Île Longue, le Hall des armes au CEA DAM, les forges de Framatome au Creusot, la DGSI et la DGSE, le laboratoire de virologie P4 de la DGA à Vert-le-Petit, la canonnerie de Nexter à Bourges, le hall d'assemblage du Rafale chez Dassault à Mérignac. Le tronc commun de formation de la haute



fonction publique a complété la FAMIA, avec un format à distance sans doute perfectible.

Des stages opérationnels dans tous les champs de la guerre moderne

Après la théorie, la pratique ! Les stages opérationnels, d'une durée approximative de quatre mois, ont été l'occasion d'une réelle immersion dans les Forces... et d'une immersion tout court pour les sous-marinières de la promotion ! À l'instar des années passées, l'offre de stage était particulièrement diversifiée : patrouille de SNLE, OPEX et autres embarquements sur SNA, embarquement de longue durée sur frégate de défense aérienne, missions d'innovation au profit des forces spéciales, d'une flottille Rafale, etc. Il paraît même que certains ont eu le privilège de côtoyer le monde du renseignement - c'est un secret, ne le répétez pas ! Les plus chanceux restent naturellement trois des cinq IA sur titres, qui ont eu le plaisir d'étreindre la pédagogie toute terrienne de la jeune École militaire des aspirants de Coëtquidan (EMAC).



FAMIA 2023



Jacques Chevallier, le choix d'un parrain bâtisseur

X1940, Jacques Chevallier choisit la voie du génie maritime à l'issue de ses études. Il occupe d'abord des postes techniques dans la conception et l'entretien des moteurs et des armes des bâtiments de la Marine. Quelques années plus tard, il prend la tête du département de la propulsion nucléaire au CEA. Il dirige en particulier la conception des moteurs des sous-marins de classe Le Redoutable et devient l'un des pères de la propulsion nucléaire en France. Cette réalisation prend ensuite l'importance que nous connaissons aujourd'hui dans le système de dissuasion nucléaire français et au-delà. Elle nous prouve, à nous jeunes IA, que l'innovation, l'expertise technique et la prise de risque sont depuis longtemps dans l'ADN du Corps. À chaque siècle ses ruptures technologiques : à nous d'en saisir les signaux faibles et les opportunités !

L'engagement de Jacques Chevallier a par ailleurs fait face aux menaces des membres d'Action Directe, funestement connus

pour l'assassinat de l'IGA René Audran devant son domicile en 1985 et celui de George Besse en 1986 : ces exemples nous rappellent l'adversité à laquelle font face les IA, directement ou indirectement, et par nature, puisqu'ils travaillent à « forger les armes de la France ».

La suite de sa carrière amène Jacques Chevallier au poste de directeur des applications militaires (DAM) du CEA, puis de délégué général pour l'armement. C'est sous son regard attentif que débutent en 1986 les travaux de construction du porte-avion Charles de Gaulle.

Grand officier de la Légion d'Honneur, Jacques Chevallier décède en décembre 2009 à l'âge de 87 ans. En reconnaissance de sa contribution majeure à l'évolution de la Marine nationale au XX^e siècle, le premier bâtiment ravitailleur de forces (BRF) porte son nom. Officier visionnaire, ingénieur de talent, grand dirigeant, Jacques Chevallier est une remarquable source d'inspiration pour la nouvelle promotion d'IA.

Remerciements

La promotion Jacques Chevallier remercie de tout cœur l'équipe du CGARM, de la DGA et de l'ENSTA Paris qui a organisé la FAMIA, permettant la naissance d'une promotion soudée et favorisant notre prise de fonctions dans les meilleures conditions. 🙏



Le Jacques Chevallier est aussi le premier bâtiment ravitailleur de forces livré à la Marine Nationale en juillet 2023. 194 m de long, 16 000 t de déplacement à vide, 31 000 t en charge, 130 hommes d'équipage.



HISTOIRE DE L'ARMEMENT : LE PROJET CŒLACANTHE

Par Denis Plane, IGA

La SABIX (Société des amis de la bibliothèque de l'X) publie dans son dernier bulletin « Le programme Coelacanthé », une synthèse de 150 pages, allant du lancement en 1960 à la mise en service de la génération du Triomphant, d'un programme appelé à devenir plus que centenaire avec le SNLE 3G après 2075.

Pour conduire ce programme aux multiples sous-systèmes au départ entièrement nouveaux, l'équipe Cœlacanthe a été un échelon central de coordination, dirigé par le MOP, Maître d'œuvre Principal Cœlacanthe, capable d'arbitrer et de gérer en boucle courte les interfaces. L'histoire technique est décrite, avec des détails souvent méconnus, par les acteurs spécialistes des sous-marins, des sonars, des missiles... connus des lecteurs de notre magazine : Jean-Louis Rotrubin, Jean Le Tallec, Philippe Roger, François Lefaudeux, Alain Tournyol du Clos, Daniel Reydelle. Ces témoignages sont complétés par d'anciens responsables de la Marine, qui assurèrent à part égale avec les ingénieurs le succès de ce programme grâce à l'osmose entre les ingénieurs et les opérationnels. N'y manque que le développement des armes proprement dites. Un chapitre historique, écrit par René d'Ambrières, explique les déboires du Q244, coque initiale sous-dimensionnée et transformée ensuite en banc d'essais pour le lancement de missiles. Le planning comparatif établi par Bensussan entre le Redoutable et le George Washington, et entre l'organisation Cœlacanthe pour la France et le *Special Project Office* pour les États-Unis, montre brillamment que nous sommes à égalité !

Pour André Gempp, c'est le caractère transverse de cette organisation qui assuré son succès et sa longévité : « Il faut bien voir aussi que, quand on fait des



Les 7 premiers MOP en 1996 dans l'ordre : Bensussan, Gempp, Touffait, Marçais, Cazaban, Menez, de Dinechin - ©Collection particulière

programmes qui s'étalent sur des dizaines d'années, voire des vingtaines d'années, il n'est pas mauvais qu'une organisation échappe un peu à l'évolution des structures qui sont mouvantes, qui sont souples, les gens se réorganisent perpétuellement dans l'administration. Alors là, ça échappe à ce mouvement et ça crée une stabilité qui a été profitable ».

Ce bulletin pourra être commandé sur le site de la SABIX (sabix.org). ☞

NAPOLÉON, MENEUR D'HOMMES EXCEPTIONNEL

Par Daniel Jouan, IGA

À la fin de la Révolution française, la France sort épuisée économiquement et totalement désorganisée. Les grandes institutions de l'Ancien régime ont été supprimées, rétablies puis à nouveau supprimées ou profondément modifiées. Leur fonctionnement n'est plus efficace. Les révolutionnaires n'ont pas su construire de façon durable des organismes solides pour une politique efficace et beaucoup d'entre eux d'ailleurs, cherchent à profiter de la Révolution pour leur intérêt personnel négligeant les efforts nécessaires au rétablissement de la grandeur de la France de l'Ancien régime.

Le besoin d'un vrai chef est nécessaire et quelques personnages sensibles aux intérêts nationaux cherchent celui qui pourrait les aider à redresser le pays. En 1799, le retour précipité d'Égypte du général Bonaparte se présente comme une opportunité dont ces hommes comptent se servir, à leur profit, du moins le croient-ils, pour organiser le coup d'état du 18 Brumaire. Ils avaient besoin d'un militaire pour réussir cette nouvelle organisation de l'État. Mais ils vont comprendre très vite que Napoléon n'entend pas être à leur service.

Napoléon va se servir de toutes les compétences des hommes qui l'entourent et qu'il saura utiliser pour le bien de la France. Napoléon gouverne seul, mais il sait s'appuyer sur les capacités de chacun, car il sait pertinemment repérer les capacités et les compétences. Malgré la défiance qu'il pourra avoir envers ceux dont il jugera la conduite inadéquate, il saura les conserver le temps utile avant de les mettre en marge de l'État quand cela sera nécessaire. Il en sera ainsi de ceux qui le trahiront comme Fouché (en 1815) ou Talleyrand (dès 1808).

La première tâche du Premier consul issu du coup d'État est la mise en place de ce que l'on a appelé les « masses de granit » : code civil, Cour des comptes, Banque de France, Concordat, légion d'honneur, lycées... Pour ces tâches, il s'appuiera sur des spécialistes qui ont traversé la Révolution : Cambacérès (Justice), Roederer (Finances), Fontanes (Instruction publique) et bien d'autres.

Napoléon pense qu'un pays ne peut être grand s'il ne sait reconnaître ceux qui peuvent le servir. Le mérite doit être promu. Il faut donc former les hommes. C'est le rôle de l'instruction. C'est ainsi qu'il s'exprime : « *De toutes nos institutions, la plus importante est l'instruction*

publique. Tout en dépend, le présent et l'avenir. Il faut que la morale et les idées politiques de la génération qui s'élèvent ne dépende plus de la nouvelle du jour, ou des circonstances du moment. Il faut arriver à l'unité, et qu'une génération toute entière puisse être jetée dans le même moule ».

S'appuyer sur les hommes, et savoir leur parler, leur communiquer l'enthousiasme, et leur donner envie de se dépasser, c'est aussi ce qu'il fera avec ses soldats, au plus bas de l'échelle militaire jusqu'au niveau des plus grands chefs qu'il fera maréchaux de France. Quand un État devient grand et rayonne sur l'Europe voire le monde entier, la tâche n'en est que plus facile.

On pourra se convaincre de l'estime de l'Empereur pour ses soldats dans les déclarations aux armées qui donnent une première idée de cette communication convaincante. En retour, les grognards « grogneront » mais feront preuve d'un amour jamais remis en cause pour celui qu'ils appelleront « le petit tondu » jusqu'à donner leur vie pour le succès des armes, et qui continuera à s'exprimer même bien longtemps après la fin du Premier Empire.

Nombreuses déclarations écrites de Napoléon montrent comment il savait valoriser les hommes, même si parfois la vérité est un peu travestie. On rappellera quelques-unes des plus connues de ces déclarations.

Dès le siège de Toulon en 1793, alors que Napoléon n'est pas connu et n'est que chef de bataillon, il s'impose auprès du général Carteaux, piètre général il est vrai, en montrant que nos pièces d'artillerie sont trop éloignées des navires anglais réfugiés dans le port. Il est nécessaire d'investir le fort de l'Éguillette, appelé aussi « le petit Gibraltar », plus rapproché du port et nœud stratégique de la défense de Toulon. Cette place est occupée par les Anglais. Il faut envoyer à sa conquête les plus hardis des soldats qui accompagnent Bonaparte. Ce sera un succès, et après la prise du fort, il lui donnera à ce fort le nom de « batterie des hommes sans peur », en l'honneur des soldats valeureux qui auront permis de libérer le port de Toulon grâce à l'enthousiasme que leur chef aura su leur communiquer. Au passage Napoléon y gagnera ses étoiles de général de brigade.



François Gérard : La bataille d'Austerlitz, 2 Décembre 1805 (1810), Musée du château de Versailles

Quand Napoléon prend le commandement de l'armée d'Italie en 1796, il doit s'imposer face à des soldats déçus par les échecs des campagnes précédentes, mal considérés par le pouvoir politique, certains soldats n'ont ni chaussures, ni vêtements, et la plupart n'ont pas été payés depuis bien longtemps. À Nice, il leur déclare : « *Soldats, vous êtes nus, mal nourris ; le Gouvernement vous doit beaucoup, il ne peut rien vous donner. Votre patience, le courage que vous montrez au milieu de ces roches sont admirables ; mais il ne vous procure aucune gloire, aucun éclat ne rejaillit sur vous. Je veux vous conduire dans les plus fertiles plaines du monde. De riches provinces, de grandes villes seront en votre pouvoir ; vous y trouverez honneur, gloire et richesses. Soldats d'Italie, manquerez-vous de courage ou de constance ?* »

Après la bataille d'Austerlitz, Napoléon saura reconnaître les efforts de ses soldats qui l'auront acclamé la veille au soir de la bataille par des clameurs que l'ennemi (autrichien et russe) interprétera, à tort, comme le début de la retraite des Français. Rappelons-nous de la fin du bulletin aux armées relatant à la Nation française l'issue victorieuse de nos armes : « *Soldats ! Je suis content de vous. Vous avez, à la journée d'Austerlitz, justifié tout ce que j'attendais de votre intrépidité ; vous avez décoré vos aigles d'un immortelle gloire... Soldats, lorsque tout ce qui est nécessaire pour assurer le bonheur et la prospérité de notre patrie sera accompli, je vous ramènerai en France. Là, vous serez l'objet de mes plus tendres sollicitudes. Mon peuple vous reverra avec joie, et il vous suffira de dire : « J'étais à la bataille d'Austerlitz », pour qu'on vous réponde : voilà un brave !* ».

On pourrait encore multiplier les citations des déclarations de Napoléon à ses soldats et ses officiers où l'on voit combien il savait les glorifier et leur faire faire des exploits qui les dépassent.

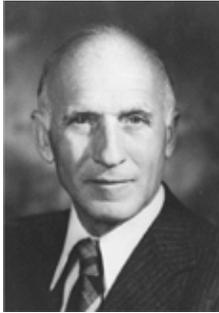
Mais pour conclure, la parole doit être donnée au Maréchal Ney. Après l'abdication de mai 1814 et les poignants adieux aux armées de Fontainebleau, Michel Ney s'est rallié aux Bourbons et est chargé par Louis XVIII de barrer la route à celui que l'on appelle « l'usurpateur ». Ney a promis de ramener Napoléon dans une cage de fer.

Napoléon a débarqué à Golfe-Juan le 1^{er} mars 1815 et adresse une proclamation au Peuple français et aux Armées : « *Soldats, ! Dans mon exil j'ai entendu votre voix ! ... Soldats, venez vous ranger sous les drapeaux de votre chef ! Son existence ne se compose que de la vôtre ; ses droits ne sont que ceux du peuple et les vôtres ; son intérêt, son honneur, sa gloire ne sont autres que votre intérêt, votre honneur et votre gloire. La victoire marchera au pas de charge ; l'aigle avec les couleurs nationales, volera de clocher en clocher jusqu'aux tours de Notre-Dame ; alors vous pourrez montrer avec honneur vos cicatrices ; alors vous pourrez vous vanter de ce que vous aurez fait : vous serez les libérateurs de la patrie.* »

En lisant ces lignes, Ney est repris par la grandeur des quinze années de victoires du Premier Empire. Il n'est plus question d'arrêter l'usurpateur. Et Ney de dire : « *On n'écrit plus comme ça ! ... Le Roi devrait écrire ainsi. C'est de cette manière qu'on parle aux soldats et qu'on les émeut !* ». ☺

MARC PÉLEGRIN (1923 – 2024), PROFESSEUR, PILOTE, ACADÉMICIEN

Par Jean-Michel Duc, ICA et Daniel Jouan, IGA



Nombreux sont les ingénieurs de l'armement qui ont rencontré ou entendu parler de Marc Pélegrin. Il était connu comme « le loup blanc » non seulement dans les milieux de l'aéronautique et de l'espace (ingénieur général de l'armement, pilote d'avion, ancien directeur général de SupAéro et orfèvre du transfert de cette École de Paris à Toulouse en 1968, créateur du C.E.R.T., membre-fondateur de l'Académie de l'air et de l'espace et président de la commission « Prospective », etc.) mais plus généralement dans tous les milieux scientifiques du monde entier (correspondant de l'académie française des sciences et membre titulaire de l'académie des technologies).

Quelques souvenirs permettront aux plus jeunes de mieux le connaître.

Certains anciens élèves de SupAéro ont eu l'immense chance de l'avoir comme professeur. Il fut avec Jean-Claude Wanner l'un des meilleurs professeurs de cette École, pouvant grâce à son incomparable charisme et son talent de vulgarisateur hors pair faire comprendre les mille subtilités des disciplines qu'il enseignait : les « Systèmes Asservis » (on ne disait pas encore « Automatique » et encore moins « Robotique » mais il y avait déjà la plupart des ingrédients) et « La Conception et l'Utilisation des Ordinateurs ».

En 1966, après avoir fait « inventer » par chaque élève de son côté l'organigramme de la structure d'un ordinateur, il leur faisait écrire un « langage-machine » adapté et programmer avec celui-ci de petits calculs d'aérodynamique et de résistance des matériaux !

Il avait fait partie des trois jeunes Ingénieurs militaires de l'air (avec Gilles et Decaulnes) envoyés en mission en 1944 ou 1945 dans les meilleures universités américaines (Rochester University et surtout M.I.T.) pour s'instruire et, de retour, mettre la France à niveau dans ces domaines nouveaux.

Le livre de cours qu'ils publièrent alors restait encore, vingt après, la bible des systèmes asservis !

Marc Pélegrin, en plus d'être un immense savant et un professeur extraordinaire, avait « les pieds sur terre » et fut un aussi brillant « manager ».

De 1966 à 1968, il organisa et réalisa de main de maître le transfert de SupAéro à Toulouse et, en parallèle, il fonda le Centre d'Etudes et de Recherches de Toulouse (C.E.R.T.), établissement de Recherche de l'ONERA à Toulouse à partir d'éléments venus du C.E.R.A. de Villacoublay et d'autres créés de toutes pièces sur place. Marc Pélegrin souhaitait en effet doter l'École d'un centre de recherche afin de favoriser les échanges entre enseignement supérieur, recherche et industrie à l'instar du modèle américain que constituaient le Draper Laboratory et le Lincoln Laboratory eux-mêmes associés au M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology).

Il avait aussi tenu, vrai écologiste avant l'heure (et inspiré par les universités américaines) à ce qu'il y ait davantage d'espaces verts que de bâtiments sur le campus de Rangueil. C'est pourquoi, il fut nommé, en récompense, premier Directeur Général des deux Établissements de Toulouse à la fois, SupAéro et le C.E.R.T.

Marc Pélegrin, co-fondateur de l'académie de l'air et de l'espace avec son ami André Turcat, a été reçu comme correspondant à l'académie des sciences puis comme membre titulaire à l'académie des technologies. Il assura également des activités d'enseignement à l'étranger, notamment au Brésil au centre d'essais aéronautique de São José dos Campos et chez Embraer.

Sur le plan humain, il convient de souligner l'attitude remarquable de Marc Pélegrin. En effet, à la différence de certains parents contrariés lorsque leurs enfants ne suivent pas une voie similaire à la leur, Marc et son épouse Renée ont toujours laissé leurs sept enfants choisir librement leurs études et leurs carrières et en furent toujours satisfaits dès que cela répondait à de vraies vocations même hors champ scientifique.

Marc, tu nous quittes à plus de 100 ans pour ton dernier vol. La communauté des ingénieurs de l'armement n'a qu'un mot à dire pour exprimer son admiration à ton égard et celle de tous ceux qui t'ont connu. Bravo et merci pour tout ce que tu as fait pour la France et le secteur aérospatial français en particulier ! 🙏

BRITISH WAR PRODUCTION HISTORY OF THE SECOND WORLD WAR

Par Philippe Pujes, ICA



Seul Allié belligérant de septembre 1939 à septembre 1945, le Royaume-Uni a fourni un formidable effort de guerre et ce volume de la monumentale histoire officielle britannique de la Seconde Guerre mondiale constitue une excellente synthèse sur sa production d'armement. Cet ouvrage, écrit en 1952,

relate les différentes étapes de la mobilisation technique et industrielle et en analyse les facteurs respectivement de succès et limitants.

Durant les années 1920, le système de défense du Royaume-Uni et de son empire reposait sur une capacité de sanctuarisation de son territoire (Royal Navy), essentiellement héritée de sa production de la décennie précédente, ainsi que sur des forces d'intervention légères, terrestres et aériennes. L'industrie de défense, très réduite, vivait avec de très faibles commandes.

La situation internationale inquiétante durant les années 1930 amena le gouvernement à entreprendre un réarmement, en commençant par l'aviation, vecteur de puissance et de frappe à distance. À la toute fin des années 1930, les autorités britanniques ont réalisé qu'elles devraient pouvoir apporter une aide plus directe à leurs alliés continentaux, potentiellement soumis à de réelles menaces : le réarmement s'est donc enfin étendu à l'Armée de Terre, afin de la rendre apte à la guerre de haute intensité, mais trop tard pour avoir un effet déterminant sur la campagne du printemps 1940 qui a mis le pays dans une situation des plus périlleuses.

Si, jusqu'à l'été 1940, l'effort a porté sur la construction méthodique de nouvelles capacités optimisées de développement et de production, l'urgence a alors imposé la mobilisation générale des capacités industrielles civiles du pays, d'abord en maximisant la sous-traitance, puis par leur accès direct aux commandes militaires. La montée en puissance de la production était ainsi beaucoup plus rapide puisqu'elle s'appuyait sur des infrastructures

et des organisations existantes, en utilisant au mieux le savoir-faire de chaque entité.

L'agilité du tissu industriel britannique a considérablement favorisé cette métamorphose : le pic de la production a suivi de seulement un ou deux ans, selon les secteurs, celui des effectifs industriels (au passage, les énormes gains de productivité dus à l'effet d'apprentissage sont soulignés). Il s'est avéré très rapidement que l'encadrement entrepreneurial était une ressource des plus précieuses à maintenir dans son milieu.

Les facteurs limitants ont été successivement les crédits (en temps de paix), le personnel qualifié et la main d'œuvre. Les matières premières ont été l'objet d'une vigilance constante, notamment entre l'été 1940 et la fin de 1943 ; une politique d'allocation de toutes ces ressources a été rapidement instituée. Le financement de l'investissement industriel a également été un facteur clé : l'État a dû très largement financer l'outillage spécifique pour la production d'armement, le précédent désastreux de la sortie de la Première Guerre mondiale étant présent dans tous les esprits.

Enfin, on doit souligner le caractère déterminant de l'aide américaine, sous la forme de livraison massive de produits civils dans un premier temps (matières premières, produits semi-finis, machines-outils, camions, etc.), puis de matériels spécifiquement militaires comme, à partir de septembre 1940, le transfert en Grande-Bretagne de dizaines de destroyers. Sans oublier le transfert, durant l'été 1940, de centaines de milliers de fusils, de centaines de canons (essentiellement des 75 mm) et des munitions correspondantes issus des stocks US de la Première Guerre mondiale, ce qui a permis de rééquiper en urgence les forces terrestres rescapées de Dunkerque, devant la menace d'invasion. Si les stocks de matériels anciens ne permettent pas de gagner les guerres, ils évitent bien souvent de les perdre, comme l'avait déjà montré durant la Première Guerre mondiale l'utilisation des canons de Bange des années 1880 par l'armée française. ☺

Consultable gratuitement à l'adresse suivante ou en flashant le QR Code ci-contre :
<http://www.ibiblio.org/hyperwar/UN/UK/UK-Civil-WarProduction/index.html>



RECENSION DU LIVRE DE L'AMIRAL BERNARD ROGEL « UN MARIN À L'ÉLYSÉE »

Par Louis Le Pivain, IGA



Publié en août 2023 aux éditions Tallandier le livre « Un marin à l'Élysée » est écrit par l'amiral Bernard Rogel, ancien CEMM, ancien CEMP, membre de l'Académie de marine et signataire de la préface de ce numéro de notre magazine.

L'auteur commence en évoquant son enfance dans les quartiers populaires de Brest et sa forte appétence pour la mer qui l'amène à connaître par cœur tous les cailloux entre la pointe Saint-Mathieu et Ouessant. Il évoque ensuite son passage à l'École navale qu'il intègre en 1976, puis le livre se poursuit avec ses embarquements, d'abord sur des bateaux de surface puis à bord de sous-marins, en commençant par plonger sur sous-marins Diesel-électrique dont il dira « Jamais je n'ai rencontré d'équipages aussi soudés que ceux des sous-marins de type Daphné ». Se succéderont ensuite des embarquements et des commandements sur SNA, puis sur SNLE.

Sous-chef d'état-major opérations à l'EMA pendant la crise libyenne, puis chef d'état-major de la marine, il façonne la marine de demain, il est ensuite pendant quatre ans chef d'état-major particulier du Président de la République auprès de deux présidents, François Hollande, puis Emmanuel Macron. Le lendemain de son arrivée à l'Élysée, il doit gérer l'attentat de Nice. En accompagnement de François Hollande, il visitera un camp de désarmement des FARC au fin fond de la jungle colombienne. Il participera à la rencontre avec Vladimir Poutine à Brégançon auprès d'Emmanuel Macron.

Vous ne regretterez pas la lecture de ce livre passionnant qui mêle les anecdotes personnelles d'un chef particulièrement attaché à la motivation de ses équipages et les réflexions sur les sujets de géopolitique vécus pendant cinq ans à l'Élysée. ☺

LES SOFT SKILLS POUR INNOVER ET TRANSFORMER LES ORGANISATIONS

Par Yves Desnoës, IGA

Brieuc du Roscoät, Romaric Servajean-Hilst, Sébastien Bauvet et Rémi Lallement
DOCUMENT DE TRAVAIL N° 2022-02 DE FRANCE STRATÉGIE

Pour détailler le facteur humain au sens large, il faut naturellement recourir aux sciences humaines, notamment psychologie, gestion (management) et sociologie. On sort là des sciences dures auxquelles les ingénieurs sont habitués et l'on rencontre une terminologie différente. Les compétences utiles dans ce vaste domaine sont appelées en anglais *soft skills*, terme traduit par « compétences transversales (CT) ».

Le rapport de France-stratégie, qui vise principalement la transformation et l'innovation (T&I), est d'une utilité plus générale en ce qu'il synthétise une partie importante de la terminologie du facteur humain. Sur cette base, les travaux spécifiques sur la T&I ont été l'objet d'une enquête basée sur 25 compétences, enquête exploitée statistiquement et débouchant sur une typologie des innovateurs et sur une classification des environnements de travail plus ou moins favorables à la T&I. Le rapport se termine par une série de recommandations visant à améliorer les CT pour la T&I dans les secteurs public et privé.

Ces recommandations se projettent sur trois axes :

- la sensibilisation et la formation initiale et continue des personnes aux CT ;
- le soutien à l'encadrement et aux équipes, notamment dans les processus d'intégration d'une diversité de profils, à l'intérieur des équipes et aussi pour la complémentarité entre équipes ;
- la mise en place d'un contexte de travail favorisant le développement des CT dans les organisations.

Une dernière recommandation propose la création d'un centre de ressources sur les CT pour les professionnels.

Ce rapport s'appuie sur une étude détaillée. Les lecteurs intéressés par une comparaison synthétique entre une terminologie spécialisée dans les CT et une terminologie plus courante pourront se reporter à la page 60 de ce document :

https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/20220331_etude_iti_institute_les_soft_skills_liees_a_l_innovation_et_a_la_transformation_des_organisations.pdf ☺

LES POLYTECHNICIENS AU BUREAU DES LONGITUDES DONT LES HYDROGRAPHES, UN DES CORPS PRÉCURSEURS DE L'ARMEMENT

Par Yves Desnoës, IGA

**Coordinateur : Claude Boucher (IGPEF)
bulletin n° 71 de la SABIX (Société des amis de la
bibliothèque de l'X)**

Le Bureau des longitudes (BdL), créé en 1795, a repris une partie des fonctions de l'Académie de marine supprimée peu de temps auparavant, notamment sur les questions de navigation. On trouve des précisions sur le BdL dans le numéro 124 de notre magazine consultable sur caia.net.

Le bulletin n° 71 retrace l'histoire du BdL en mettant l'accent sur les X, mais sans omettre les anciens prestigieux qui ont précédé la création de l'X ni ceux qui sont sortis d'autres formations, en particulier Normale Sup. Parmi les premiers, on peut citer, dans un ordre arbitraire, Laplace, Lagrange, Legendre, Bougainville, Cassini, Borda, Beautemps-Beaupré ; parmi les seconds, les plus connus sont probablement Painlevé et Louis de Broglie.

Les plus célèbres X du BdL sont sans doute Arago et Poincaré. D'autres membres ont laissé leurs noms dans l'histoire des sciences, par exemple Cauchy, Biot, Poisson, Le Verrier, et bien d'autres.

Parmi les X probablement moins connus hors des communautés spécialisées, le bulletin développe particulièrement les travaux de Lallemand, qui fut notamment le responsable d'une refonte du nivellement de la France, et ceux de Ferrié, pionnier des télécommunications radioélectriques, appliquées entre autres à la détermination des longitudes, utilisant en particulier la tour Eiffel comme support pour des antennes de grande taille.

L'article sur les hydrographes est beaucoup plus détaillé que les quelques biographies présentées dans le numéro 124 ; il commence par situer les ingénieurs hydrographes du XIX^e siècle et de la première moitié du XX^e (le dernier cité est entré au Service hydrographique en 1935) dans une perspective humaine, technique et historique - guerres en particulier. Les biographies de vingt-cinq ingénieurs couvrant cette période sont ensuite présentées dans l'ordre chronologique d'entrée dans le corps. La plupart ont été membres du BdL et tous lui ont apporté des contributions. Ces biographies illustrent notamment l'évolution des missions du Service hydrographique, celle de l'organisation des travaux et celle des techniques. ☺

RECENSIONS SPATIALES

Par Olivier Martin, IGA

Coïncidence, deux IA X77, Olivier Zarrouati et Philippe Lughnerini, publient à quelques jours d'intervalle deux ouvrages dont le thème central est l'espace.

Cette concomitance pourrait paraître logique : leurs carrières très largement consacrées au secteur spatial, un âge qui leur permet de consacrer du temps à des aspirations refoulées pendant leurs vies professionnelles, une liberté de ton définitivement acquise...

Mais en fait, cette similitude est des plus trompeuses. En effet, autant l'un se « lâche » en écrivant un roman sur les pas du célèbre ouvrage de Jules Verne « De la Terre

à la Lune » en l'actualisant, la Lune n'étant plus depuis 1969 un satellite mystérieux, autant l'autre propose un essai où il applique sa rationalité d'ingénieur devant ce qu'il considère au mieux comme des enfantillages de milliardaires au pire comme des inepties nuisibles.

La lecture de ces deux ouvrages pourra donc satisfaire un large public, soit tenté par une nouvelle aventure fantastique, soit intéressé par une analyse au « scalpel » du nouveau rêve spatial : le New Space.

« DE LA TERRE À MARS » D'OLIVIER ZARROUATI, CHEZ CÉPADUÈS ÉDITIONS



Amateurs de légendes dorées à la « Star Wars » ou à la « Musk », ce roman n'est peut-être pas pour vous, car il raconte la découverte de Mars comme si vous y étiez vraiment. Et assez rapidement, vous vous demanderez si vous avez tellement envie d'y être.

Des contraintes du voyage à leurs implications sur les corps et les âmes, tout y est décrit avec une précision chirurgicale et accessible à tout public. Ce serait déjà une belle prouesse, que de détailler par le menu une mission complexe, sans en contourner les difficultés ni jamais susciter l'ennui. Sans doute l'auteur y est-il aidé par la curiosité d'un univers d'emblée très différent de ce que le lecteur pense connaître. Il y aurait là de quoi produire un ouvrage bien rempli, mais celui-ci ne s'arrête pas là. Car son véritable sujet, ce sont les êtres humains

qui font ce voyage de l'extrême. Que serait-ce pour eux, que de vivre une aventure si longue et si confinée, dans ce monde si hostile que constitue notre plus proche voisine ? Voilà ce dont les magazines ont le moins parlé, et qui reste donc à imaginer.

Mais le meilleur de ce roman est ailleurs : en effet, le foisonnement du décor n'en étouffe pas l'intrigue. Ses héros y vivent leur aventure, rapportée comme au coin du feu, faite de rivalités et de connivences, de drames et de découvertes, sur eux-mêmes plus que sur leur nouveau monde. Avec le même soin d'horloger que pour un voyage interplanétaire, leur histoire raconte ce qui préoccupe des femmes et des hommes face à eux-mêmes, ce qu'ils pensent, ce qu'ils décident, ce qu'ils font et, au bout du compte, ce qu'ils sont.

Fascinant !

« L'ESPACE DES FOUS » DE PHILIPPE LUGHERINI, CHEZ CÉPADUÈS ÉDITIONS



Dans cet essai très riche, l'auteur, qui sortait de l'enfance au moment du premier pas de Neil Armstrong sur notre satellite, rappelle toute l'odyssée spatiale depuis son origine et propose une analyse des perspectives actuelles en ce domaine.

La première phase, jusqu'en 1972, fut essentiellement celle de l'exploration de l'espace par l'Homme avec sa mise en orbite autour de la Terre, puis de la Lune et enfin ses premiers pas lunaires et la collecte de quelques roches destinée à mieux connaître notre satellite et consécutivement notre Terre. Les résultats furent finalement décevants, mais l'essentiel n'était pas là. L'Homme avait marché sur la Lune et, indirectement, les États-Unis avaient gagné la bataille contre l'URSS en démontrant la supériorité de leurs capacités technologiques.

La seconde phase fut essentiellement celle de l'exploitation de l'Espace au service de la défense, mais surtout de l'économie avec les satellites, voire constellations de satellites, de télécommunications, d'observation, de

navigation, de météorologie... Cette exploitation change profondément notre monde.

Enfin, la troisième phase, qualifiée par l'auteur de « démesure », a débuté il y a quelques années avec notamment l'intervention directe d'entrepreneurs charismatiques et l'avènement du New Space. Si ces entrepreneurs ont relancé la dynamique de cette industrie sinistrée aux États-Unis par l'échec de la navette spatiale, ils se sont également lancés dans des projets (tourisme spatial, exploitation industrielle de l'espace et des corps célestes, établissement de stations humaines sur la Lune, voire sur Mars...) dont l'auteur juge l'intérêt pour l'humanité plus que discutable, voire nul et leur faisabilité reposant sur des considérations techniques et scientifiques tout simplement loufoques. De plus, ces projets vains consommeront des ressources financières très importantes qui pourraient manquer pour des projets spatiaux beaucoup plus utiles à la communauté humaine.

En conclusion, avec cette analyse décapante, l'auteur nous invite toujours à rêver d'espace mais... à choisir nos rêves ! ☺

LU AU JOURNAL OFFICIEL

Par Daniel Jouan

PAR DÉCRET ET ARRÊTÉ DE SEPTEMBRE 2023

Sont nommés :

Mme Auvray (Nassima), membre du comité de pilotage de l'innovation de la défense, en tant que personnalité qualifiée (1^{er} septembre 2023).

L'IGA1 Salmon (Erwan), directeur de l'unité de management opérations terrestres de la Direction des opérations de la DGA (27 septembre 2023).

PAR DÉCRET ET ARRÊTÉS D'OCTOBRE 2023

Est nommé au grade d'ingénieur général de 2^e classe :

Pour prendre rang du 1^{er} novembre 2023

L'ICA Grison (Xavier).

Sont nommés :

L'ICA Rademacher (Benôît), directeur adjoint de l'Institut de recherche stratégique de l'École militaire (7 octobre 2023).

L'ICA Grison (Xavier), vice-président de la Commission permanente des programmes et des essais des bâtiments de la flotte (1^{er} novembre 2023).

Conseil général de l'Armement

Sont nommés membres titulaires :

- en qualité de personnalité qualifiée :

M. Poirrier (Franck), ancien président de la SODERN.

- en qualité d'officier en position d'activité appartenant à l'un des corps militaires de l'armement :

L'IGA CE Carlier (Thierry), directeur général adjoint de la DGA.

- en qualité d'officier choisi parmi les personnels des corps de l'armement exerçant des fonctions à l'extérieur de la DGA :

Mmes Chaubard (Laura), directrice générale de l'École polytechnique, Diaz de Tuesta (Anne), administratrice gérante du groupement d'intérêt économique européen EUROSAM,

MM. Courbe (Thomas), directeur général de la Direction générale des entreprises, ministère de l'Économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique,

Grandjean (Hervé), directeur des opérations et de la stratégie industrielle – programme nouveau nucléaire France d'Électricité de France,

Valette (Frédéric), directeur technique, ministère des Armées.

Est nommée en qualité de membre invité, jusqu'à la cessation de ses fonctions actuelles :

L'IGA1 Portier (Eva), secrétaire générale du comité spatial de défense et adjointe espace du Délégué général pour l'armement.

PAR DÉCRETS DE NOVEMBRE 2023

Sont nommés :

L'IGA2 Lodéon (Patrick), directeur adjoint de l'Agence du numérique de défense (6 novembre 2023).

L'IGA2 Gostiaux (Michel), directeur de DGA ingénierie des projets à la Direction technique de la DGA (6 novembre 2023).

L'IGA2 Carcenac (Claude), adjoint au chargé de la sous-direction de la mobilité et du recrutement à la Direction des ressources humaines de la DGA (6 novembre 2023).

L'IGA1 Luzeaux (Dominique), officier général chargé de mission « transformation numérique » auprès du commandant suprême allié pour la transformation à Norfolk (1^{er} décembre 2023).

M. Beurenaut (Olivier), membre du conseil d'administration de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (17 novembre 2023).

PAR DÉCRET ET ARRÊTÉS DE DÉCEMBRE 2023

Sont nommés au grade d'ingénieur général de 1^{re} classe :

Pour prendre rang du 1^{er} janvier 2024

L'IGA2 Portier (Eva).

L'IGA2 Lahousse (Alexandre).

Sont nommés au grade d'ingénieur général de 2^e classe :

Pour prendre rang du 1^{er} janvier 2024

L'ICA Drogi (Nicolas).

L'ICA Sallat (André).

L'ICA Rozière (Virginie).

L'ICA Marchisio (Stephen).

L'ICA Brenot (Damien).

Sont nommés :

Mme Reix (Amandine), membre du conseil d'administration du Centre national d'études spatiales et de l'Institut national de recherche en informatique et en automatique en qualité de représentante titulaire du ministre chargé de l'économie numérique (4 décembre 2023).

M Poupard (Guillaume), directeur général adjoint de la société Docaposte, membre du conseil d'administration de l'École polytechnique en qualité de personnalité qualifiée (6 décembre 2023).

M. Cauchois (Victor), membre du conseil d'administration de la société ODAS, en qualité de représentant de l'État (21 décembre 2023).

L'ICA Chardin (Thomas), conseiller référendaire à la Cour des comptes (1^{er} janvier 2024)

M. Giovachini (Laurent), membre du conseil d'administration de l'École nationale supérieure de techniques avancées, en qualité de personnalité qualifiée

comme directeur adjoint de la société Sopra Steria (1^{er} janvier 2024).

PAR DÉCRETS ET ARRÊTÉ DE JANVIER 2024**Sont nommés :**

M. Marchisio (Stephen), membre du cabinet du Premier ministre, conseiller diplomatique chef du pôle diplomatique (9 janvier 2024).

M. Giovachini (Laurent), membre du conseil d'administration de l'École nationale supérieure de techniques avancées, chargé d'exercer l'intérim des fonctions de président de ce conseil (31 janvier 2024).

Sont renouvelés dans leurs fonctions de membres de la commission de déontologie des militaires :

L'IGA HC Levêque (Françoise), membre titulaire.

L'IGA HC Malet (Didier), membre suppléant.

ONT ÉTÉ NOMMÉS :

Christophe Le Garff (1980), Associate director - Program chez Helsing (01/09/2023)

Nicolas Dupin (1986), Maître de Conférence titulaire à l'Université d'Angers (01/09/2023)

Aurélien Gaillard (1999), Ingénieur conception de système satellitaire chez Thales Alenia Space Toulouse (01/09/2023)

François Decourt (1969), Directeur de l'AIA de Cuers-Pierrefeu (01/09/2023)

Evelyne Nedjar (1968), Directrice déléguée du campus de l'EPITA Toulouse (01/09/2023)

Massis Sirapian (1976), Directeur du pôle Nouvelles Frontières au commissariat général pour l'investissement (01/10/2023)

Cyril Rousseau (1977), Directeur général des finances de la Banque Européenne d'Investissement BEI (01/10/2023)

Patrick Lodeon (1971), Directeur adjoint de l'Agence du numérique de défense (01/11/2023)

Xavier Grison (1973), Vice-président de la CPPE (EMM) (01/11/2023)

Astrid Southon (1979), Conseiller référendaire en service extraordinaire - 3^e chambre de la Cour des Comptes (01/11/2023)

Lauriane Aufrant (1990), Ingénieure de recherche au sein de l'équipe ALMAAnCH de l'INRIA (01/11/2023)

Amandine Reix (1982), Sous-directrice du spatial, de l'électronique et du logiciel à la DGE (MEFSIN) (15/11/2023)

Emeline Pialat (1979), Future business director, aviation sector de Babcock France (15/11/2023)

Cyril Goutard (1976), Expert-chargé de mission aéronautique au Ministère de l'Intérieur (01/12/2023)

Roland Joannic (1970), Chargé de mission au SGMER (01/12/2023)

Raphaël Duroselle (1995), Ingénieur chargé de recherche à l'INRIA (01/01/2024)

Hervé Grandjean (1982), Directeur général adjoint « Ventes » de Sabena Technics (01/01/2024)

Hervé Bouaziz (1968), Président exécutif de la société Lynred (01/01/2024)

Thomas Chardin (1987), Conseiller référendaire intégré à la Cour des Comptes (01/01/2024)

Mathieu Xémard (1991), Chef de projets au CIEDS, rattaché à l'École Polytechnique (01/02/2024)

Vincent Gorgues (1980), Directeur de cabinet du Haut-commissaire à l'énergie atomique (HCEA) au SGDSN (01/02/2024)

Pierre Fontaine (1996), Ingénieur chez Delos Intelligence (01/02/2024)

Sébastien Zimmer (1980), Fonctionnaire de sécurité des systèmes d'information (FSSI) des services du Premier Ministre (01/02/2024)

Charles Christin (1989), Chef du bureau de suivi de l'exécution à la Direction du Budget (MEFSIN) (01/02/2024)

Laurianne Durand (1986), Adjoint DGA au CEAM/Mont de Marsan (01/09/2024)

MOUVEMENTS DE SEPTEMBRE 2023

NOM (ANNÉE)	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
Dominique BLANC (1980)	ICA	DO/UMHMI	DGA/IGAAr
Jacqueline BURIN DES ROZIERES (1979)	ICA	DRH/SDMR	DO/UMHOR
Solenn CANCES (1998)	IA	formation	SASD/CATOD
Matthieu CARGNELLO (1999)	IA	formation	mob Thales
Vianney CHOIMET (1995)	IA	mob TechnicAtome	DT/ST/IP
Remi CLAUDEL (1994)	IPA	DT/TH	DT/ST/IP
Antoine DE SAINT-JULIEN (1996)	IA	DT/TH	DT/TN
Romain FEVRE (1999)	IA	formation	SASD/CATOD
Nathalie OLIVIER (1980)	ICA	det CEA	DT/MNRBC
Guillaume SCHNEIDER (1999)	IA	formation	DT/EV/IS
Arnaud PROST (1992)	IPA	DT/EV/IS	EMAAE/BA-702
Benoit QUESSON (1990)	IPA	DT/ST/IP	DGA/CAB

MOUVEMENTS D'OCTOBRE 2023

NOM	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
Arnaud BORDE (1985)	ICA	DT	DP/SDP/UMHOR
Christophe BRETAULT (1985)	ICA	DP/SDP/BOA4	DO/UMC2ER
Quentin CHEVALIER (1996)	IA	formation	DT/TH
Louis CLAVIER (1996)	IA	formation	DT/MNRBC
Jean-Philippe DUFOUR (1975)	ICA	det Hyprspace	OCCAR-BONN
Lena LE QUELLEC (1995)	IA	formation	DT/MNRBC
Herve SKENDEROFF (1969)	ICA	DO/SMCO	AID
Maylis DADVISARD (1994)	IA	DT/MNRBC	DMAé/CAB

Geoffrey MAGDA (1997)	IA	formation	DO/SMCO/SIMMT
Cedric SOUQUE (1979)	ICA	DO/SMCO	DO/UMAMS
Corentin ALLAIR (1997)	IA	DT/MI	mob Sysnav
Mael JENNY (1992)	IPA	DT/MI	CAB MINARM

MOUVEMENTS DE NOVEMBRE-DÉCEMBRE 2023

NOM	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
Laurent LE SAINT (1975)	ICA	DT/TH	DO/UMNAV
Pierick MONVILLE (1989)	ICA	DO/UMCOE	DT
Julie SERRIER (1979)	ICA	DO/UMNAV	DO/UMNBC
Emmanuel COSSE (1969)	ICA	DO/UMCOE	DT/TH
Tanguy CAMENEN (1987)	IPA	DP/SDP/UMNAV	DO/UMNAV

MOUVEMENTS DE JANVIER 2024

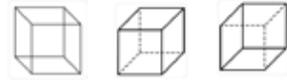
NOM	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
Jean-Roch AUGUSTIN (1994)	IA	DT/TA	mob CNES Kourou
Yves DE LASSAT DE PRESSIGNY (1977)	ICA	DO/SMCO	EMAAE/CDE
Edouard GALLAND (1984)	ICA	AND	SASD/EC
Quentin LEONE (1990)	IPA	DT/MI	EMA/GCA
Chloe MACUR(1991)	IPA	DT/MI	mob ANSSI
Loic MARQUIS (1997)	IA	DO/SMCO	DT/TH
Eric NOUGUES (1976)	ICA	AND	DT/ST/IP
Kevin PRESA (1995)	IA	mob Safran	DT/EP
Jules VOGT (1995)	IA	DT/EM	mob Safran

JEU

HMI, SMI, IRBA, AOC, TOT, MOI, HCECM, ... TROUVEZ L'INTRUS

Errare humanum est, les facteurs humains participent parfois à des événements improbables

Ancrage d'un biais cognitif ! Un paysage peut être vu de deux façons, comme ce cube. Un pilote a déjà pris une crête pour une vallée et provoqué un accident mortel.



Dans la liste qui suit, cinq items seulement sont de pure fiction : lesquels ?

- Le service de la qualité a trouvé un défaut mineur qui bloque la livraison urgente : il refuse de tempérer mais ne s'est pas opposé à une décision de passer outre.
- La solution, trop loin du SMI (simple, militaire, indéréglable) et du MISS (make it simple, stupid) est refusée par l'utilisateur. Elle passe pourtant, mais l'équipement est inutilisable et est détruit.
- Le système est vérifié soigneusement à terre avec les spécialistes, des essais coûteux semblent inutiles. Le DP arrive péniblement à faire faire un essai global, qui frôle l'accident à cause d'un capteur non employé à terre et mal branché.
- Le système précédent fonctionnait sans intervention humaine, on repart sur ces mêmes bases. En fait, il y avait intervention humaine dans des cas marginaux, mais ce n'était pas tracé, le nouveau système est un échec.
- Pour prévoir les paiements, on cherche à mettre les clauses d'un énorme marché sur informatique. C'est impossible, car il y avait des ambiguïtés qui n'avaient pas été repérées.
- Pour nommer à la tête d'un établissement public une personne de plus de 68 ans, il faut un décret spécial du PM.
- La directive achats de la DGA est une bonne assurance pour les acheteurs, qui l'opposent au fournisseur... Le conseil d'État casse la directive, au motif que les fonctionnaires doivent avoir une liberté d'interprétation.
- L'employeur peut utiliser des conversations privées sur le mail professionnel pour licencier un employé.
- Dans un financement européen, le dossier doit inclure six chapitres prouvant la cohérence du projet. Las des formulaires, le service fait rédiger le dossier par une IA générative, et ça passe.
- Bingo ! Le conseil de l'UE se félicite de l'intention et « convient qu'une accélération constituera un élément essentiel, et est favorable à un approfondissement de la coopération stratégique, opérationnelle et technique ». Traduction : personne n'a lu le document mais personne n'ose le dire.
- Un drone ne peut être piloté que par un vrai pilote. Il a fallu 10 ans pour obtenir que l'on puisse être apte à piloter un drone sans savoir nager.
- Le responsable du pilotage interministériel demande la création d'indicateurs pour pouvoir viser. Il a suffi de rédiger trois indicateurs difficiles à comprendre mais faciles à satisfaire.
- Le grand industriel du secteur dédaigne de prendre en mains ce concept innovant, qui n'est pas prévu dans sa stratégie technique : il rate le virage, et ne le saura que 10 ans plus tard : la France est distancée.
- Le Maître d'ouvrage n'a pas suivi lui-même les relations entre les deux principaux partenaires : le programme de missile a pris 5 ans de retard.
- Le problème de Boeing était le pilotage : c'est-à-dire le pilotage de l'entreprise, s'appuyant sur la finance, et plaçant au second plan les bases techniques.
- Le programme Cœlacanthe s'est déroulé continûment malgré les difficultés grâce à une bonne entente entre des passionnés du domaine... et un soutien politique et financier sans faille.

- Le système d'autodéfense naval prend une décision qui visiblement le conduit dans le mur. L'officier opérations pousse un juron et reprend la main in extremis... et envoie le système dans le mur, c'est le logiciel qui avait raison.
- Pas facile de créer un manuel d'éthique ex nihilo ! La première rédaction est une copie presque parfaite d'un manuel emprunté ailleurs.
- Une panne d'informatique bloque le magasin, alors qu'il y a livraison urgente. L'action manuelle a complètement dérégulé la base de données, longue à rétablir. Depuis, la consigne stricte est : en cas de panne, ne rien faire.
- La réunion de lancement est fixée à 7h. Il s'agit manifestement d'une erreur, la plupart arrivent à 8h. Biais cognitif, c'était bien 7h, la bataille du financement a été perdue par les retardataires.
- Le logiciel de procédure financière est trop lent, dans le doute l'opérateur recommence la saisie. Interface homme machine inadapté, la dépense est comptée deux fois et l'opérateur n'est pas habilité à corriger.
- Une IA doit être interprétable, c'est-à-dire qu'on sait comment fonctionne le logiciel ? C'est insuffisant sans « rendu de compte » (ie qui est responsable).
- Par nécessité opérationnelle urgente on se replie sur des équipements civils disponibles. Par précaution juridique il n'y aura aucune trace de la décision prise.
- Sur le site d'essais, il y a un risque que le missile retombe sur les installations ; un calcul de coin de table purement mathématique montre une probabilité de 10^{-4} : le directeur parisien respecté décide de tirer, et auparavant on assure les installations !
- L'interface est intuitive, enfin ! Un jeune IA en doute et tape n'importe quoi sur le clavier, ce qui plante le système, qu'il faut réinitialiser pas par pas. La formation intense en simulation et en réel est complétée par un « parachute » logiciel.
- Pour éviter que l'opérateur s'endorme devant le système critique, il doit signaler régulièrement par une action qu'il ne dort pas. Cela ne suffit pas, son geste est tellement répétitif qu'à force il le fait en dormant.
- Le présent magazine recèle à peine plus de 200 sigles, ce qui reste acceptable en IHM opérationnel.
- Sur le site d'essais la sécurité pyrotechnique semble bonne, mais pas conforme aux textes : on zappe la check list.
- Selon l'appel à manifestation d'intérêt « compétences et nouveaux métiers » un bon « prompt ingénieur » doit pratiquer le ToT prompting (*Tree of Thoughts*), qui consiste à étendre les CoT promptings (*Chain of Thoughts*).
- Dans le film « L'associé » le patron d'une PME sauve sa société grâce à un associé qui n'existe pas.
- Le pilotage de l'hélicoptère (à gauche) provoquait une surcharge cognitive et le tableau de bord a été refondu (à droite).



RÉPONSES :

- La destruction d'un équipement inutilisable faite d'IHM simple est une pure invention.
- L'intitulé de l'appel à manifestation d'intérêt est réel, le contenu est inventé.
- Pour nommer une personne de plus de 68 ans (ce qu'interdit la loi) il faut une loi.
- La rédaction d'un dossier justificatif d'un service officiel par IA est une encore une fiction.
- Le tableau de bord de gauche est celui d'une voiture de sport ancienne (voir l'autoradio), et c'est celui de l'hélicoptère Puma (à droite), trop complexe, qui a été refondu.



RETROUVEZ TOUS NOS MAGAZINES ET NOS ACTIVITÉS SUR **CAIA.NET**



CAIA

16 bis, avenue Prieur de la Côte d'Or, CS 40300
94114 ARCUEIL Cedex

Site : www.caia.net
E-mail : contact@caia.net

SANTÉ • PRÉVOYANCE
PRÉVENTION • ACTION SOCIALE
SOLUTIONS DU QUOTIDIEN



Bien plus
qu'une mutuelle

COURIR

des risques fait partie
de votre métier.

Le nôtre est d'être là
pour vous protéger

Au quotidien, Unéo accompagne
les acteurs du monde militaire et leur famille
en santé et en prévoyance
et protège leur pouvoir d'achat.

www.groupe-uneo.fr

Suivez-nous sur :     

