



LE MAGAZINE

DES INGÉNIEURS DE L'ARMEMENT

SOCIÉTÉS SAVANTES ET ACADÉMIES



**P05. Préface du
CHANCELIER DE L'INSTITUT
DE FRANCE**

Xavier Darcos

**P16. ACADÉMIE DE MARINE :
CENTENAIRE D'UNE
RENAISSANCE**
par Louis Le Pivain

N° 124 - OCTOBRE 2021

LEADER EUROPÉEN DE LA PROPULSION TACTIQUE

Roxel conçoit, développe, fabrique et commercialise une large gamme de systèmes de défense de haute technologie pour les applications aériennes, terrestres, navales et spatiales d'aujourd'hui et de demain.

Une **expérience et expertise française et britannique** au service des forces militaires à travers l'Europe et au-delà

Une expertise et des savoir-faire appliqués à **tout type de roquettes et missiles tactiques et de croisière**

Une **large gamme d'équipements de test** pour tout type de mesures pour les propulseurs et autres systems



Des solutions innovantes pour répondre aux nouvelles exigences en matière de gestion de poussée, de manœuvrabilité ou de contrôle de trajectoire

Une expertise en conception et fabrication de structures métalliques et matériaux composites appliquée à d'autres domaines, notamment pour l'**industrie aéronautique**

Leader mondial dans les technologies MURAT



Roxel
Propulsion systems



© ROXEL

ÉDITO

Jérôme de Dinechin, *Rédacteur en Chef*



En 2003, le prix Nobel Georges Charpak étonnait avec son livre « Devenez sorciers, devenez savants ». Par des expériences mystifiantes, il montrait comment bernier son prochain, ou au contraire comment, par la connaissance, éviter de se laisser abuser...

Nous avons été témoins ces derniers mois de la difficulté de vulgariser la science, et sommes tentés avec le paléoanthropologue Pascal Picq de considérer que « la science n'a pas pour but de donner la vérité, mais de faire avancer les connaissances », laissant prise au fait qu'elle soit orientée, voire instrumentalisée.

Le remède à cela ? Connaître au moins un aspect, en profondeur. De la même manière qu'une première expérience technique nous enseigne les ordres de grandeur dans notre carrière d'ingénieur, se passionner pour un sujet nous met en présence de l'immensité de la connaissance.

Les sociétés savantes sont une belle illustration de cette immensité, et les témoignages d'ingénieurs de l'armement nous emmènent vers des domaines parfois insoupçonnés, des mathématiques aux insectes en passant par le temps précis.

Appelées académies sous l'Ancien Régime, elles furent abolies sous la Révolution, puis rétablies par Napoléon, dont on peut se rappeler qu'il fut élu membre de l'Institut en tant que général Bonaparte à la section des arts mécaniques en 1797, et qu'il créa l'année suivante l'Institut d'Égypte en lui confiant des missions opérationnelles comme trouver le moyen d'assainir l'eau du Nil, de produire du pain, du tissu, de la poudre...

Ces sociétés savantes ne se contentent pas de rassembler des scientifiques ou des érudits, elles ont un double devoir de mémoire et de recherche. Les travaux qu'elles publient contribuent à l'édification de notre société en renforçant ses racines et en mettant en perspective les nouvelles connaissances.

Beaucoup ont eu une utilité majeure durant la révolution industrielle du XIX^e siècle et la révolution informatique du XX^e.

Aujourd'hui, elles seraient victimes d'une certaine désaffection au profit d'un savoir instantané et international. Peut-être aussi d'un utilitarisme impérial comme la sauvegarde de la planète...

Mais il semble que l'accès au savoir ne remplace pas le véritable savoir. Être capable de télécharger en deux clics un poème d'Apollinaire n'est pas la même chose que pouvoir le déclamer par cœur, et s'en nourrir.

Alors, que ce soit par passion ou par calcul, ce numéro nous invite à choisir un domaine où nous pourrions nous investir, si ce n'est déjà fait. Il y a le choix, parmi les presque 5000 sociétés savantes recensées par le CTHS.

C'est ainsi que nous avancerons dans le sens suggéré par Georges Charpak : « Soyez savants, devenez prophètes ! »



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 :
Philippe HERVÉ

RÉDACTEUR EN CHEF :
Jérôme DE DINECHIN

RÉDACTEUR EN CHEF DÉLÉGUÉ :
YVES DESNOËS

COMITÉ DE RÉDACTION :

Bruno BELLIER,
AMANDINE REIX,
Flavien DUPUIS,
Daniel JOUAN, Benoît DE LAITRE,
Monique LEGRAND-LARROCHE
Louis LE PIVAIN, Olivier MARTIN,
Dominique MONVOISIN, Denis
PLANE,
Frédéric TATOUT

CRÉDITS PHOTO :

Observatoire de Paris/(SYRTE), Balp
France, Equipe Développement
des cartes sensorielles, Institut de
la Vision, Louis Le Pivain, Sandra
Campo

ÉDITION ET RÉGIE PUBLICITAIRE :

FFE 15 rue des Sablons 75116 Paris
01 53 36 20 40 - www.ffe.fr

DIRECTEUR DE LA PUBLICITÉ :

Patrick SARFATI

CHEF DE PUBLICITÉ :

YVES BITAN - 06 29 28 48 49
y.bitan@ffe.fr

Ingrid DUBOCQ - 01 40 09 68 47
ingrid.dubocq@ffe.fr

MAQUETTE :

Matthieu ROLLAT
matthieu.rollat@gmail.com

IMPRESSION :

ESPACE GRAFIC

N° ISSN-L 2265-3066

SOMMAIRE

INTRODUCTION DU DOSSIER PAR <i>Yves Desnoës</i>	04	LES ATOMES FROIDS BATTENT LA MESURE <i>par Raphaël Bouganne</i>	48
GUIZOT ET LES SOCIÉTÉS SAVANTES <i>par Daniel Jouan</i>	06	LA SECONDE INTERCALAIRE... <i>par Jean-Pierre Le Pesteur</i>	50
INGÉNIEURS DE L'ARMEMENT ET ACADÉMIES <i>par François Lefaudeaux</i>	08	INVESTIR DANS LA SECONDE RÉVOLUTION QUANTIQUE <i>par Christophe Jurczak</i>	51
ACADÉMIE DES SCIENCES ET PRIX LAMB <i>par Daniel Jouan</i>	10	SOCIÉTÉS SAVANTES ET INFORMATIQUE QUANTIQUE, UN DÉFI POUR LA FRANCE <i>par Philippe Duluc</i>	54
DES SOCIÉTÉS SAVANTES AUX SYMPOSIUMS INTERNATIONAUX <i>par Jacques Vermorel</i>	12	COMMUNAUTÉ ACADÉMIQUE ET DÉFENSE - UNE SYNERGIE INDISPENSABLE <i>par Pierre Loidreau et Raphael Bost</i>	56
LES TECHNOLOGIES FACE AUX DÉFIS DE NOS SOCIÉTÉS <i>par Edwige Bonnevie</i>	14	LA SEE AU CŒUR DE L'ÉLECTRIFICATION CROISSANTE DE LA SOCIÉTÉ ET DE LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE <i>par François Gerin</i>	58
ACADÉMIE DE MARINE : CENTENAIRE D'UNE RENAISSANCE <i>par Louis Le Pivain</i>	16	GUERRELEC <i>par Bruno Berthet</i>	60
SCIENCE ET SECRET : COMMENT PRIMER UNE THÈSE CONFIDENTIELLE <i>par Nicolas Cliche</i>	18	PERMETTRE AUX ESPRITS CURIEUX DE PARTAGER ET DE SE FAIRE DES IDÉES NOUVELLES SUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE <i>par Sylvestre Pivet</i>	62
AMHYDRO, L'AMICALE DES HYDROGRAPHES <i>par Bernard Trevisan</i>	20	L'AF3P : UNE SOCIÉTÉ SAVANTE, MAIS PAS SEULEMENT... <i>par Hubert Zante</i>	64
L'ASSOCIATION TECHNIQUE MARITIME ET AÉRONAUTIQUE <i>par Alain Bovis</i>	22	CHERCHEZ LA PETITE BÊTE... <i>par Philippe Magnien</i>	66
LES INGÉNIEURS ET SCIENTIFIQUES DE FRANCE <i>par Xavier Zante</i>	24	L'ACADÉMIE DE L'EAU <i>par Louis Le Pivain</i>	68
L'INGÉNIERIE SYSTÈME, SPÉCIALITÉ DU GÉNÉRALISTE <i>Interview d'Olivier Dessoude</i>	26	L'AX SOCIÉTÉ SAVANTE ? <i>par Jérôme de Dinechin</i>	69
L'INGÉNIERIE SYSTÈME <i>Interview de Jean-Philippe Masson</i>	28	LE MELTING-POT SCIENTIFIQUE RÉCOMPENSÉ <i>par Nathan de Lara</i>	70
LE BUREAU DES LONGITUDES <i>par Yves Desnoës</i>	30	RECHERCHE OPÉRATIONNELLE <i>par Adèle Pass-Lanneau</i>	71
LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE <i>par Mathieu Xémard</i>	32	LE COLLÈGE DE FRANCE <i>par Hervé Turlier</i>	72
OUVERTURE DES SOCIÉTÉS SAVANTES DES SCIENCES DU VIVANT EN DEHORS DE LEUR DOMAINE D'EXPERTISE <i>par Xavier Nicol</i>	34	REMISE DU PRIX « ROGER BRARD » <i>par Alain Bovis</i>	74
L'ACADÉMIE DE L'AIR ET DE L'ESPACE <i>par Claude Roche</i>	36	MÉTHODE DES BLOCS DISJOINTS <i>par Bruno Colin et Pascal Lelan</i>	76
LA ROYAL AERONAUTICAL SOCIETY <i>par David A. Cook</i>	39	TRANSMISSION ET INNOVATION <i>par PA Moreau</i>	77
3AF : LA SOCIÉTÉ SAVANTE 2.0 <i>par Olivier Martin</i>	41	L'ADMINISTRATION, DÉBOUCHÉ MÉCONNU DU DOCTORAT <i>par Gaëtan Douéneau</i>	78
LA PHOTONIQUE, UNE TECHNOLOGIE POUR LE XXI^e SIÈCLE <i>par Philippe Adam</i>	44	QUAND LA DGA ÉTAIT SAVANTE <i>par Denis Plane</i>	80
LA MESURE DU TEMPS AU COURS DES TEMPS <i>par Jacques Vermorel</i>	46		

MOT DU PRÉSIDENT	82
JEUNES PROMOTIONS	83
COACHER LES ORGANISATIONS <i>par Jérôme de Dinechin</i>	84
UNE ÉPÉE POUR LES OCA ? <i>par Maylis Dadvissard et Clément Roussel</i>	86
LU POUR VOUS	87
CAMARADES ÉCRIVAINS	88
LU AU JO - CARNET PROFESSIONNEL	96
NOMINATIONS DGA	91

PRÉFACE

Xavier Darcos,
De l'Académie française,
Chancelier de l'Institut de France



Il est heureux que le magazine des ingénieurs de l'armement consacre ce très riche numéro aux sociétés savantes et aux académies. Le chancelier de l'Institut de France est honoré d'avoir été invité à en écrire la préface.

Fondé en 1795, l'Institut de France est l'une des plus anciennes institutions républicaines, et l'un des plus beaux héritages à la fois des Lumières françaises et de la longue histoire des académies. Les cinq académies qui composent l'Institut ont vocation à couvrir tout l'horizon du savoir, des lettres et des arts, de la musique à la finance, de la biologie au grec ancien, de la sociologie à l'astrophysique, de la chorégraphie au droit international. « Il y a pour toute la République un Institut national », disait la constitution de la Première République. Mille spécialités réunies par un même esprit.

L'Institut de France, qui entretient avec de nombreuses sociétés savantes des relations fécondes, s'efforce de mieux faire connaître et de diffuser l'esprit académique, sous toutes ses formes, qui est à mes yeux indispensable dans une démocratie moderne. En effet, contrairement à ce que la facilité incite à croire, il s'agit moins de préserver la tradition que de préparer l'avenir.

Alexis de Tocqueville, qui siégea dans deux académies et sut vanter, avec beaucoup d'éloquence, l'esprit de ces institutions, avait évoqué, dans la seconde Démocratie en Amérique, « [...] l'avenir, juge éclairé et impartial, mais qui arrive hélas toujours trop tard ». Il soulignait ainsi le hiatus qui existe souvent en démocratie entre le court terme et le long terme. Avec un certain optimiste, au fond, il estimait que les vicissitudes de la vie démocratique finissent par s'effacer devant le jugement de l'avenir, en faveur des évolutions les plus positives, de même qu'en science les querelles de savants s'oublient tandis que l'on ne retient, avec le temps, que les théories les mieux fondées.

La question est de savoir qui peut aider la démocratie à y voir clair sur le long terme. Les instances de conseil sont foisonnantes, tant dans l'État que dans la sphère privée. Celles qui portent le nom d'académies ont un rôle essentiel, car plus que jamais, la Nation a besoin de mesure et d'indépendance dans le débat public. Elle a besoin des organismes qui savent distinguer le savoir véritable de la mystification, qui peuvent éclairer les pouvoirs et l'opinion, qui réfléchissent librement dans une autre temporalité que celle de la vie politique. Alors que le temps médiatique impose son rythme précipité au temps démocratique, le temps académique est émancipateur. Il permet à la démocratie, souvent prisonnière du court terme, de mieux anticiper l'avenir avec la lucidité et la hauteur de vue nécessaire. Au fond, le rôle des académies est de faire en sorte que « l'avenir, juge éclairé et impartial » n'arrive pas toujours trop tard. ☺

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

par Yves Desnoës, IGA

Qu'est-ce qu'une société savante?

Il existe de nombreuses sciences et de nombreux types de "savants". On a probablement un peu trop tendance à assimiler savants et chercheurs académiques, ce qui explique peut-être la mode des "sachants". Pour les sociétés savantes, je pense qu'il faut une définition très large et celle du Comité des travaux historiques et scientifiques (CTHS), organe qui centralise l'information sur les sociétés savantes, fait autorité : "ensemble des sociétés savantes, des associations de recherche, d'étude, de connaissance dans toutes les disciplines (histoire, archéologie, géographie, littérature, sciences de la terre et de la vie, sciences dites « dures », ethnologie, sociologie ...)"

Il existe toute une palette de types de sociétés savantes : selon leur statut, public ou association, selon la sélection de leurs membres, par élection ou par adhésion, selon leur vocation internationale, nationale ou locale, selon la nature de leurs membres, certaines étant limitées à des personnes physiques alors que d'autres accueillent des personnes physiques et des personnes morales, selon la limitation ou non de leur effectif, selon leur vocation plutôt générale ou plutôt sectorielle, et l'on peut certainement trouver d'autres critères. En particulier, il n'y a pas de séparation nette entre associations professionnelles et sociétés savantes.

Les sociétés savantes et les IA

D'après les témoignages que nous avons recueillis, les IA sont plutôt du côté des sciences dures, mais pas exclusivement.

On observe une différenciation croissante entre des académies de chercheurs et celles ouvertes à des compétences plus variées. Par exemple, il n'y a plus d'IA à l'Académie des sciences alors qu'il y en a eu régulièrement dans le passé. Il faut reconnaître que la DGA a dû gérer des programmes de plus en plus complexes avec des effectifs en diminution, ce qui tend à accentuer le phénomène. Le temps des "ingénieurs - savants" des 18^e et 19^e siècles est passé.

Si les programmes sont complexes, c'est que les systèmes ou systèmes de systèmes nécessaires pour satisfaire les besoins des armées le sont eux-mêmes, et la complexité tend à augmenter. C'est un phénomène général qui n'est pas limité au domaine militaire. Les IA, au-delà des instructions et documents normatifs qui encadrent cette activité centrale, ont acquis une expérience et un savoir-faire démontrés par les succès de la plupart des programmes. Ils sont ainsi placés au premier rang des maîtres d'ouvrages de systèmes complexes, là où la complexité doit être gérée dans sa globalité et où il ne suffit pas d'appliquer des recettes.

Il ne semble pas qu'il y ait en France une société savante stricto sensu sur le créneau des programmes complexes, ce qui est regrettable si l'on veut relever les défis du monde moderne. Mais il existe une association professionnelle, l'Association française d'ingénierie système, affiliée à une association internationale, l'INCOSE, qui traite d'ingénierie "système" au sens large, y compris les systèmes de systèmes ; plusieurs IA en font partie et un article les présente. Doit-on la considérer comme une société savante ?

Pour la présentation du magazine, un classement selon un critère net a paru peu significatif. On a présenté en premier les sociétés savantes à vocation plutôt générale en évitant de les séparer de celles plus spécialisées qui s'intéressent au même milieu. Nous avons créé une rubrique à part pour des questions scientifiques ou des portraits de savants et une autre pour des points de vue sur les sociétés savantes dans un contexte plus global.

Un sujet beaucoup abordé : le temps

On le trouve dans plusieurs articles, dont certains lui sont exclusivement consacrés. Ce n'est pas étonnant si l'on y réfléchit : sa connaissance précise est nécessaire dans beaucoup de systèmes et pour beaucoup de mesures et sa "production" fait appel à des technologies très pointues. Beaucoup ne sont pas conscients que sans temps précis nos systèmes de communication modernes ne fonctionneraient plus, nos applications de navigation non plus, et bien d'autres utilisations en pâtiraient. Le temps est très lié à l'espace, car la précision requiert de multiples transferts de temps dépendant des distances, et les précisions actuelles sont obtenues dans le cadre de la relativité générale qui est fondée sur la notion d'espace-temps. La société savante la plus versée dans ce domaine est le Bureau des longitudes décrit dans l'un des articles.

On n'a jamais eu autant besoin de sociétés savantes

De nombreux défis se présentent à nos sociétés, dont ceux de la "maîtrise" du climat, de la transition énergétique, de l'expansion et de la complexification des réseaux informatiques et de communication, des conflits de types nouveaux dans des espaces stratégiques en évolution, de la réindustrialisation, etc. Tous ces domaines font appel à des outils de plus en plus complexes où les nouvelles technologies de l'information et de la communication sont omniprésentes. On trouve dans de nombreux articles le souhait de voir les sociétés savantes mieux utilisées pour faciliter les réflexions en commun et pour faire circuler l'information dans toutes les directions, entre disciplines différentes, notamment, pour des approches plus globales, vers le public et les politiques, et aussi dans la chaîne de valeur depuis la recherche amont jusqu'au produit commercialisable.

Dans cette perspective, il serait probablement utile que les IA soient plus investis dans les cercles de réflexion, voire en suscitent de nouveaux, en particulier sur tout ce qui touche aux interactions systémiques entre domaines variés, notamment ce que l'on nomme "systèmes de systèmes", qui sont au cœur du métier de beaucoup d'entre eux. ☞

Vous avez dit : « systèmes complexes » ?

Les systèmes complexes sont caractérisés par de nombreuses interactions entre systèmes ou sous-systèmes, que l'on peut qualifier de systémiques. Par exemple un système comme le SCCOA, qui a été qualifié par certains de premier "système de systèmes" des armées, met en relation/interaction la surveillance aérienne militaire (dont le système de l'Armée de terre - MARTHA), le contrôle des aéronefs, la préparation de mission, la gestion de l'espace aérien, la gestion des forces, la gestion logistique, sans oublier la gestion des systèmes eux-mêmes, le tout en liaison automatisée avec l'OTAN, les systèmes civils intervenant dans l'espace aérien, les AWACS et les systèmes de combat de la Marine. Dans un autre registre, la conception d'un sous-marin, en particulier de sa discrétion, nécessite une approche globale des interactions entre mécanique des structures, hydraulique des écoulements extérieurs, hydraulique des écoulements intérieurs, acoustique des structures, acoustique sous-marine, équipements "vie" (qui font aussi du bruit), devis de poids, centrage, stabilité dynamique, ...



Yves Desnoës,
IGA

Yves Desnoës, a mené une double carrière, consacrée pour moitié à l'environnement marin, notamment au SHOM, dont il a été directeur, et pour moitié aux systèmes d'information. Il a été le fondateur du programme SCCOA - Système de commandement et de conduite des opérations aériennes dès 1986. Il est membre correspondant du Bureau des longitudes et ancien président de l'Académie de Marine.

GUIZOT ET LES SOCIÉTÉS SAVANTES

Par Daniel Jouan, IGA



François Guizot, par Jean-Georges Vibert

La « France savante »

L'Académie des jeux floraux, instituée à Toulouse par sept troubadours en 1323 pour maintenir le lyrisme courtois et promouvoir la poésie et la littérature, est la plus ancienne compagnie de savoir en France. Appelée aussi « Compagnie du Gai Savoir », elle avait pour but de regrouper les savants de la province toulousaine. Elle fut reconnue comme société savante par Louis XIV en 1694. En 1635, la volonté de réunir l'élite littéraire de la France avait conduit à créer l'Académie française.

Un nombre considérable de sociétés savantes se sont créées. Elles ont établi à travers le territoire un maillage d'activités d'études, d'échanges et de partage de connaissances.

Les membres de ces sociétés, parcourant leur région, la France, voire le monde, ont noté leurs observations, analysé les livres et les archives, et ont présenté et partagé avec d'autres savants ces résultats diffusés dans des revues.

Depuis quatre siècles, des réseaux de bénévoles créent et transmettent des connaissances, de la découverte de l'univers par l'astronomie, à celle du monde et de notre Terre par la géographie ou la géologie, à celle de la nature par l'herborisation ou l'observation des insectes et des animaux, à celle de l'homme, de ses cultures et de son patrimoine par la recherche historique, les fouilles archéologiques, les arts et traditions populaires, les enquêtes ethnographiques ou linguistiques.

Ce peuple de savants était réduit aux spécialistes des disciplines concernées. La nécessité de diffuser largement toutes ces connaissances devenait une nécessité absolue.

L'histoire des sociétés savantes

Elle comprend deux grandes périodes.

La première commence vers la fin du XVI^e siècle. Des réunions d'érudits, cercles de lettrés, assemblées savantes, sont organisées et reconnues progressivement par l'Etat : l'académie française (1635), l'académie des sciences (1666), l'académie de peinture (1648), l'académie de musique (1669), l'académie d'Architecture (1671). Vers la fin du XVII^e siècle, apparaissent en province des structures privées de sociabilité savante : l'Académie d'Arles (1669), de Soissons (1674), de Nîmes (1682), etc. De nouvelles académies d'Etat apparaissent au XVIII^e siècle : l'Académie royale de

chirurgie (1731), la Société royale de médecine (1778), l'Académie de Marine (1752 modifiée en 1769). Toutes ces institutions disparaissent dans la tourmente révolutionnaire lorsque la Convention adopte sur l'initiative de l'abbé Grégoire, le 8 août 1793, une loi portant « suppression de toutes les Académies et sociétés littéraires patentées ou dotées par la Nation ».

La seconde période commence avec la fin de la Convention. La sociabilité savante renaît grâce à la nouvelle Constitution dite « directoriale » du 5 fructidor an III (22 août 1795) qui reconnaît aux citoyens « le droit de former des établissements particuliers d'éducation et d'instruction, ainsi que des sociétés libres pour concourir au progrès des sciences, des lettres et des arts ».

A la place de l'« académies royales » de l'Ancien régime, la Convention de 1795 crée un nouveau cadre institutionnel, l'Institut de France, qui regroupe cinq académies : l'Académie française, l'Académie des inscriptions et Belles-Lettres, l'Académie des sciences (toutes trois fondées sous l'Ancien Régime), l'Académie des Beaux-Arts (qui regroupe les académies d'Ancien Régime : l'académie de peinture - 1648, l'académie de musique - 1669, et l'académie d'architecture - 1671), et enfin l'académie des sciences morales et politiques (fondée par la Convention puis supprimée et rétablie par Guizot en 1832).

Le réseau des anciennes académies provinciales, qui affichaient pour la plupart d'entre elles une vocation encyclopédique et voulaient aborder tous les champs du savoir, se reconstitue.

Le XIX^e siècle et l'action de Guizot

Les premières décennies du XIX^e siècle sont marquées par un « besoin d'histoire ». Il naît évidemment de l'épopée napoléonienne et de la nostalgie qui l'accompagne après la chute de l'Empire, et aussi de l'effervescence intellectuelle accompagnant le régime de la Monarchie de juillet et la paix enfin revenue qui permet le développement de l'instruction.

En 1832, François Guizot (1787 – 1874) entre au Gouvernement comme ministre de l'Instruction publique, et devient l'un des hommes politiques les plus influents en France. C'est un passionné d'histoire, au point qu'il est considéré comme le plus grand historien de sa génération. En 1823, pendant la Restauration, il avait déjà été à l'initiative d'une « Collection des mémoires relatifs à l'histoire de France ». L'accès à un poste ministériel sous Louis-Philippe lui permet de développer cette entreprise.

Il crée, en 1830, la fonction d'inspecteur général des monuments historiques, dont la tâche est de « parcourir successivement tous les départements de la France, s'assurer sur les lieux de l'importance historique ou du mérite d'art des monuments et recueillir tous les renseignements qui s'y rapportent. » Prosper Mérimée est nommé à ce poste en 1834.

Depuis 1833, Guizot avait pris conscience que les sources de l'histoire de France se trouvaient dans les archives des départements, des communes, ou des grands corps d'Etat. C'était donc à l'Etat d'en assurer la collecte et de les publier pour en rendre l'accès possible au plus grand nombre des chercheurs. Le 18 juillet 1834, un arrêté ministériel établit la création d'un Comité de l'histoire de France

chargé de diriger la recherche et la publication de tous les documents inédits antérieurs à la Révolution.

En 1837, Narcisse de Salvandy, nommé ministre de l'Instruction publique, membre de l'Académie française, reprit le programme de Guizot en reliant le Comité à l'Institut. Après de multiples modifications ce comité deviendra le 5 mars 1881, sur décision de Jules Ferry, le Comité des travaux historiques et scientifiques (CTHS), appellation qu'il a gardée jusqu'à nos jours.

Le CTHS aujourd'hui

Après plusieurs évolutions d'organisation, les statuts du CTHS sont fixés en 1956. Le recrutement de nouveaux membres provinciaux imposa de décentraliser l'action du Comité et de retrouver un lien plus fort avec les sociétés savantes ainsi qu'avec les universités. Six sections et une commission centrale sont alors créées :

- section de philologie et d'histoire jusqu'en 1715 ;
- section d'archéologie ;
- section des sciences ;
- section de géographie ;
- section des sciences économiques et sociales ;
- section d'histoire moderne et contemporaine.

De nouveaux statuts publiés en 1983 augmentent le nombre de sections en créant :

- la section d'histoire des sciences et des techniques ;
- la commission de protohistoire et de préhistoire ;
- la commission d'anthropologie et d'ethnologie françaises.

Le CTHS est aujourd'hui rattaché à l'École nationale des chartes. C'est un organisme unique dans le paysage de la recherche française. Il est à la tête d'un réseau composé de plus de trois mille sociétés savantes avec lesquelles il échange à

l'occasion de son Congrès annuel. Il fédère des scientifiques membres de prestigieuses institutions, des érudits locaux ainsi que de jeunes chercheurs et joue ainsi un rôle fondamental dans la construction et la transmission des savoirs.

Le CTHS favorise le développement des associations historiques et scientifiques à travers le territoire national et coordonne leurs actions. Aujourd'hui, elles réunissent plus de sept cent mille membres. Accessible en ligne depuis 2005, le Comité entretient un annuaire dans lequel sont recensées toutes les coordonnées de chaque association avec leurs publications récentes. Le CTHS conduit avec les associations savantes des projets de recherche numérique :

- une base de données sur les savants français, dictionnaire prosopographique des membres des associations savantes ;
- le Dictionnaire topographique de la France qui vise à rassembler les noms de lieux anciens et modernes, retraçant la géographie historique des éléments qui composent un département.

Enfin, le CTHS est un des éditeurs scientifiques les plus anciens. Ses ouvrages constituent une bibliothèque de référence principalement en sciences humaines avec près de mille cinq cents titres au catalogue et de nombreuses nouveautés chaque année. ☺



Daniel Jouan, IGA

Daniel Jouan a effectué sa carrière à la DGA, d'abord dans des fonctions techniques au profit des programmes de dissuasion nucléaire (MSBS et Pluton), ensuite dans le suivi de l'activité industrielle de l'armement, et a quitté le service en 2005 après avoir été chargé de la gestion financière des études et recherches de défense.

INGÉNIEURS DE L'ARMEMENT ET ACADÉMIES

Par François Lefaudeux, IGA

On croit parfois connaître « les Académies », alors que le monde des Académies est plus varié et plus vivant que l'image qu'en a le public.

On voit souvent le titre d'académicien comme purement honorifique et associé (pour les cinq Académies formant l'Institut de France la distinction de l'habit vert et de l'épée).

Mais les Académies c'est beaucoup plus que cela, elles ont une vie interne (à laquelle on est libre de participer beaucoup ou moins). Se contenter du titre sans participer est, c'est mon opinion, passer à côté de nombreuses opportunités de culture, d'approfondissement de nombreux sujets. Toutes les Académies, même celles de science pure, sont immergées dans la société et abordent les problèmes importants, voire cruciaux du moment.

Quelle place ont les ingénieurs de l'armement dans cet ensemble ?

Les ingénieurs de l'armement n'ont pas le profil d'un futur académicien français (les quarante immortels). Historiquement constructeurs navals et hydrographes ont assez souvent été élus à l'Académie des sciences (c'est cette académie qui a été très motrice dans le passage de la construction navale d'une compétence empirique à une science), quant à l'hydrographie et plus généralement la navigation, elle a fait appel dès ses balbutiements aux sciences majeures comme l'astronomie, les représentations géographiques, la connaissance du temps et sa conservation, au point qu'il reste toujours au sein de l'Institut de France (Académie des sciences) un « Bureau des longitudes ».

Dans un passé un peu plus récent l'Académie des sciences a élu

quelques ingénieurs des anciens corps composant aujourd'hui le corps de l'armement dont René Brard, le spécialiste internationalement reconnu de l'hydrodynamique navale (et professeur à l'École polytechnique dans les années 1950) et dans le domaine de la chimie et du nucléaire Claude Fréjacques, ingénieur des poudres.

Je n'ai pas fait de recherche sur les membres d'un passé plus récent ou membres actuels de l'Académie des sciences, si j'en ai publiés, c'est peu ! En effet, sauf les ingénieurs de l'armement de la branche recherche qui contre vents et marées se seraient maintenus dans le domaine de la recherche publique (université et CNRS) ou parapublique (CEA, Onera), les activités habituelles actuelles des ingénieurs de l'armement qu'ils soient en service à la DGA ou dans l'industrie ne les prédisposent pas à une reconnaissance par l'Académie des sciences.

Mais l'Académie des sciences ne doit pas cacher la forêt des Académies plus spécialisées.

Je citerai d'abord les deux Académies de milieu que sont l'Académie de Marine et l'Académie de l'air et de l'espace.

L'Académie de Marine traite de tous les sujets concernant la mer : navigation, hydrographie, océanographie, construction navale (militaire, de commerce de plaisance) et d'exploitation des océans (des ressources halieutiques aux minerais).

Entre ingénieurs branche hydrographique et branche constructions navales, les ingénieurs de l'armement y sont largement représentés et y exercent fréquemment des responsabilités d'animation au sein de la direction. Ainsi le président en fut récemment Yves Desnoës.

« IL FAUDRAIT QUE LA DGA METTE PLUS EN VALEUR SES ACTIVITÉS ET CEUX QUI LES ANIMENT »

L'Académie de l'air et de l'espace plus récente est construite sur une base différente, puisque association disposant d'une large autonomie (avec la contrepartie d'un budget plus précaire). Les ingénieurs de l'armement élus alors qu'ils étaient encore en service à la DGA n'y sont pas nombreux, mais nombreux sont ceux qui ont été élus après avoir quitté la DGA, en fonction de leurs responsabilités dans l'industrie, ou les organismes de régulation des activités aéronautiques ou dans les organismes de recherche comme l'Onera. À titre d'exemple, en sont membres Yves Sillard, ancien délégué général pour l'armement et parce qu'il en a été président Philippe Couillard, ingénieur du génie maritime spécialité aéro.

La troisième Académie spécialisée beaucoup plus récente (elle a été constituée en association en 2000 et est devenue un établissement public à caractère administratif début 2007) est l'Académie des tech-

nologies. Elle accueille quelques ingénieurs de l'armement, ingénieurs que je dirais « de l'ancienne école ». Je veux dire par là des ingénieurs qui ont eu des activités personnelles de recherche appliquée ou industrielle soit directement au sein de la DGA au temps où celle-ci avait des centres de recherche de développement et d'essais internes développés, et quelques ingénieurs qui ont acquis un profil recherché par cette Académie dans des organisations proches de la DGA comme l'Onera et le CEA, mais cette liste n'est pas limitative...

J'ai relevé un peu plus d'une demi-douzaine de membres de l'Académie des technologies issus du corps, deux sont hélas décédés dont Alain Bugat qui a été président de l'Académie deux ans avant sa mort prématurée. Outre des membres ayant réalisé la plus grande partie de leur carrière au sein de la DGA, il y a au moins un ingénieur ayant fait la plus grande partie de sa carrière à l'Onera, et d'autres qui comme Alain Bugat ont été longuement détachés au CEA comme aussi Edwige Bonnevie actuelle secrétaire générale de l'Académie. Je me dois de citer aussi Marc Pellegrin que nombre d'entre nous ont eu comme professeur d'automatisme et qui malgré ses plus de quatre-vingt-dix ans et son éloignement de Paris (il habite Toulouse était un membre assidu et actif jusqu'à ce que le confinement modifie complètement le mode de fonctionnement de l'Académie.

Le caractère très transversal de l'Académie des technologies constitue un attrait important de cette académie, une proportion importante de ses membres appartient aussi à d'autres Académie (sciences, médecine, agriculture sont les principales, mais aussi sciences morales et politiques...).

Hélas, le profil des ingénieurs de l'armement qui ont servi essentiellement dans la DGA moderne, n'est pas le profil le plus recherché actuellement par l'Académie des technologies, pour résumer jusqu'à la caricature, l'Académie recherche des profils de personnalités extraverties ayant innové, créé des entreprises pour déployer ces innovations, etc. et non des gestionnaires de l'innovation ou de la recherche, pas non plus de directeurs de programmes (maîtres d'œuvre dans le vocabulaire civil)...

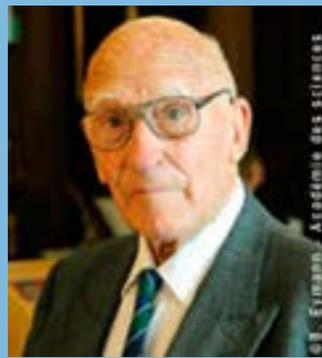
C'est un peu dommage, car ce que fait la DGA, aujourd'hui comme hier, mériterait d'être plus « exporté » puisque la technologie, quel que soit le domaine considéré ou presque a un caractère dual. Et que le rôle d'une Académie des technologies n'est pas de faire elle-même, mais de faire de la prospective et de conseiller. Mais il faudrait pour cela que la DGA mette plus en valeur ses activités et ceux qui les animent...

Ces multiples activités académiques sont-elles utiles, au-delà des relations entre membres et de l'enrichissement intellectuel mutuel qu'elles apportent ? Il y a comme partout pas mal de déperdition, mais, oui, les Académies ont une influence, discrète, mais néanmoins pas négligeable : l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST) à éclairer tel ou tel sujet (l'OPECST s'adresse aussi aux Académies en tant qu'institution pour formuler des avis dont la rédaction donne souvent lieu en interne à des discussions animées). À l'échelle européenne le réseau des Académies des sciences et des Académies des technologies est écouté à Bruxelles qui finance même un certain nombre de travaux via un groupement d'Académies monté à cet effet (SAPEA¹). ☺

L'IGA Marc Pélegrin a été élu membre correspondant de l'Académie des sciences le 30 mars 1987 dans la section mécanique et informatique.

Né en 1923, Marc Pélegrin (X 1943, ENSAé 1949) a commencé sa carrière au Service technique Aéronautique dans le domaine du guidage des missiles et du simulateur de vol du Vautour. Docteur ès sciences en « Calcul statistique des asservissements » en 1952, il devient professeur à SupAéro et fonde en 1958 avec J.C. Gille le centre d'études et de recherches en automatique (CERA). Co-fondateur du Centre d'études et de recherches de Toulouse (CERT) en 1965, il devient directeur de l'Ecole nationale supérieure de l'aéronautique de 1968 à 1978 après son installation définitive à Toulouse.

Il est Haut conseiller honoraire à l'ONERA.



Marc Pélegrin, une référence « académique » dans le domaine des systèmes asservis



François Lefaudeux,
Délégué aux publications de l'Académie des Technologies

François Lefaudeux est X 59, il a fait toute sa carrière à la DCN et à la DGA. Il a été adjoint au délégué général pour l'armement et inspecteur des constructions navales. Membre de l'Académie des technologies, il y est actif comme délégué aux publications. Co-architecte et maître d'œuvre de Paul-Ricard, actif dans Techniques Avancées et L'Hydroptère, auteur de l'ouvrage technique Les voiliers très rapides.

1 : Science Advice for Policy by European Academies

ACADÉMIE DES SCIENCES ET PRIX LAMB

Par Daniel Jouan, IGA

L'Académie des sciences

Depuis sa création, l'Académie se consacre au développement des sciences et conseille les autorités gouvernementales en ce domaine. Aujourd'hui, les académiciens exercent leurs missions, vis-à-vis de l'Etat et vis-à-vis des fondations, au sein de comités ou de groupes de travail.

Cinq missions sont dévolues à l'Académie des sciences :

- l'encouragement de la vie scientifique : la production de connaissances, motivée par la perspective d'applications ou par la seule envie de savoir, est vitale pour le dynamisme économique et culturel d'une nation ; elle passe par la publication de la revue *Comptes Rendus de l'Académie des sciences*, créée en 1835 ;
- la promotion de l'enseignement des sciences : l'apprentissage du raisonnement et l'éducation aux sciences sont essentiels à la formation de l'esprit critique des futurs citoyens et au renouvellement d'une communauté scientifique de qualité ;
- la transmission des connaissances : la communauté scientifique doit à la société explication et partage des savoirs ;
- la favorisation des collaborations internationales : la science est universelle, et les défis à relever sont pour la plupart de dimension mondiale ;
- l'exercice d'un rôle d'expertise et de conseil : l'arbitrage en matière scientifique et technologique est du ressort du politique, qui doit être en capacité de faire des choix éclairés. L'Académie des sciences exerce cette mission d'expertise et de conseil, à la demande des pouvoirs publics ou après autosaisine.

Les ingénieurs hydrographes et l'Académie des sciences

A des époques où l'ingénierie et la recherche scientifique étaient plus proches, l'Académie des sciences accueillait volontiers des ingénieurs hydrographes, une quinzaine en tout entre les 19^e et 20^e siècles. Il existait jusqu'en 1976 une section de géographie et navigation, élargie à cette date aux sciences de l'Univers.

Les hydrographes du 19^e siècle étaient très versés en astronomie et en observations astronomiques, ce qui valut à trois d'entre eux de recevoir le prix « Lalande ».

En 1876 fut créé par l'Académie des sciences un prix « destiné à récompenser tout progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales ». Il fut attribué à une douzaine d'ingénieurs hydrographes entre 1876 et 1915.

Le dernier ingénieur hydrographe à avoir été élu à l'Académie des sciences, en 1973, est Henri Lacombe (1913-2000). Il avait depuis 1955 quitté le Service hydrographique après vingt années de carrière, pour se consacrer pleinement à la recherche océanographique et à son enseignement dont il fut le fondateur en France. C'est un des principaux précurseurs de l'océanographie française. Il se vit décerner les prix « Becquerel » en 1951 et « Binoux » en 1966, ce dernier récompensant une oeuvre de vulgarisation.

Plus récemment, des ingénieurs de l'armement (hydrographes) se sont vu remettre des prix de l'Académie des sciences, le dernier étant l'IGA Jean-François Bonnot qui reçut le prix « Givry » en 1988. Les derniers avant lui étaient les IGA

Marc Eyriès Prix Plumey 1964

Jean Bourgoin Prix Givry 1968

André Comolet-Tirman Prix Binoux 1970

André Roubertou Prix Gay 1977

Antoine Demerliac Prix Givry 1978

Jean-Claude Gaillard Prix Binoux 1985

Le prix Givry, décennal, était destiné à un hydrographe s'étant spécialement distingué par ses travaux. Alexandre Givry était un ingénieur hydrographe académicien du début du 19^e siècle.

Le prix Binoux, attribué tous les deux ans, devait concerner une fois sur deux la géographie et la navigation, une fois sur deux l'histoire et la philosophie des sciences.

Le prix Plumey, annuel, concernait la navigation, notamment la propulsion.

Le prix Gay, attribué tous les 4 ans, concernait la géographie physique.

Yves Desnoës

Au début des années 2000, l'Académie s'est dotée de nouveaux statuts lui permettant d'augmenter et rajeunir son effectif, afin de répondre à l'accroissement des connaissances scientifiques et à l'élargissement des domaines de recherche.

L'Académie des sciences est gérée par un Bureau qui décide des axes d'interventions et des choix stratégiques en s'appuyant sur des instances de gouvernance : le « comité restreint », le « comité secret » et trois délégations.

Le Bureau de l'Académie des sciences organise la vie scientifique et les travaux de l'Académie et veille à son bon fonctionnement. Pour 2021 - 2022, le Secrétaire perpétuel pour la division *Sciences mathématiques et physiques, sciences de l'univers, et leurs applications* est Étienne Ghys et celui de la division *Sciences chimiques, biologiques et médicales, et leurs applications* est Pascale Cossart. Patrick Flan-drin en est président, Antoine Triller, vice-président.

Le « comité restreint » définit les axes de travail et de réflexion de l'Académie : orientation et structure de la recherche, science et société, rapports et avis de l'Académie, proposition de colloques, création de comités, etc.

Le « comité secret » désigne l'assemblée générale délibérative à huis clos de l'Académie des sciences. Le « comité secret » prend toutes les décisions relatives à l'Académie, dans le cadre des dispositions prévues par ses statuts et son règlement intérieur. Il est présidé par le président de l'Académie.

Trois délégations, confiées à des académiciens, contribuent à la mise en oeuvre de la politique de l'Académie sous la responsabilité du bureau. Les trois délégués sont invités permanents du bureau et du « comité restreint » : Jean-Paul Laumond, délégué à l'information scientifique et à la communication, Éric Westhof, délégué à l'éducation et à la formation, Francis-André Wollman, vice-président délégué aux relations internationales

Les membres de l'Académie

L'élection de membres, y compris d'associés étrangers, relève de la mission d'encouragement de la vie scientifique.

L'Académie des sciences compte aujourd'hui 279 membres, 105 as-

Willis Eugene Lamb (1913 – 2008) est un physicien américain qui a reçu la moitié du prix Nobel de physique de 1955 pour ses découvertes concernant la structure fine du spectre de l'hydrogène. L'autre moitié du prix Nobel avait été attribuée à Polycarp Kusch pour la détermination du moment magnétique de l'électron avec une très grande précision.

Lamb a passé son doctorat de physique en 1938 à Berkeley sur les propriétés électroniques des noyaux sous la direction de Robert Oppenheimer.

En 1947, avec Robert Rutherford, il fait de nombreuses découvertes sur la structure fine de l'atome d'hydrogène et découvre le « déplacement de Lamb » des raies spectrales. Il a travaillé dans de nombreux domaines de la physique quantique.

Enseignant dans les universités de Stanford, Oxford, Yale et d'Arizona, Lamb était membre de l'Académie des sciences américaine.

Source Wikipédia.



Willis Lamb en 1955, année de son prix Nobel

sociés étrangers et 66 correspondants, élus parmi les scientifiques français et étrangers les plus éminents, l'Académie des sciences étant pluridisciplinaire et largement ouverte à l'international.

Les académiciens sont répartis dans des sections appartenant à l'une ou l'autre des deux divisions :

- Sciences mathématiques et physiques, sciences de l'univers, et leurs applications ;
- Sciences chimiques, biologiques et médicales, et leurs applications.

Ils exercent notamment leur mission au sein de comités de réflexion thé-

matiques, qui constituent la pierre angulaire de l'activité de conseil et d'expertise de l'Académie.

Parmi les membres correspondants de l'Académie figure aujourd'hui un ingénieur de l'armement en la personne de l'IGA Marc Pélegrin (voir page précédentew).

Le prix Lamb

Dans sa mission d'encouragement de la vie scientifique, les legs reçus permettent à l'Académie des sciences de décerner chaque année une vingtaine de prix qui distinguent les scientifiques les plus méritants et les projets les plus prometteurs.

Le prix Lamb appartient à la catégorie des prix en mathématique, physique, mécanique, informatique et sciences de la Terre et de l'univers.

Créé en 1938, et d'un montant de 10 000 €, il est décerné tous les deux ans (maintenant tous les trois ans depuis 2012) dans le but de favoriser les travaux et études concernant la défense nationale en France. De nombreux ingénieurs des corps fusionnés dans le corps de l'armement avant 1968, et des IA ultérieurement ont été distingués dans le passé par l'attribution de ce prix.

Le prix a ainsi été attribué en :

- 1954 à l'ingénieur principal du Génie maritime André Gemppe
- 1956 à l'ingénieur en chef du Génie maritime Robert Legendre pour ses travaux de mécanique et machines thermiques.
- 1958 aux ingénieurs en chef des Fabrications d'armement Pierre Girardin, Antonin Collet-Billon et Jean Sevestre pour les études et réalisation concernant les engins français sol – air ;
- 1962 à l'ingénieur général de l'Artillerie navale Georges Barbe pour les études et la réalisation du mortier anti-sous-marins de 305 mm ;
- 1964 à l'ingénieur en chef de 1^{ère} classe de l'Artillerie navale Georges Malandain pour l'invention du système d'arme « Malaфон » ;
- 1966 à l'ingénieur en chef de l'Air Roger Chevalier pour ses travaux sur la réalisation d'engins balistiques et lanceurs de satellites ;
- 1976 à l'IGA Henri Labrunie (avec Emile Stauff ancien directeur de la division des engins tactiques de la SNIAS) comme principaux responsables de l'étude du programme de l'engin Mer – Mer 38 ;
- 1978 à l'ICA Roger Marguet pour les études sur la propulsion des engins militaires par statoréacteur. ☺

DES SOCIÉTÉS SAVANTES AUX SYMPOSIUMS INTERNATIONAUX

Par Jacques Vermorel, IGA

A la Renaissance, les savants communiquent par missives, écrites en latin, d'un bout à l'autre de l'Europe.

Au XVII^e siècle, les salons « éclairés » dominent la vie intellectuelle. Des sociétés savantes se créent, de façon plus ou moins informelle.

Huygens, un Hollandais, se fait introduire dans les salons parisiens, où il peut faire du lobbying auprès de célébrités, en particulier le mathématicien Claude Mylon et le savant Habert de Montmor. Il a ainsi l'occasion de leur présenter, entre autres, ce qui deviendra sa théorie ondulatoire de la lumière, le calcul de la force centrifuge et sa première montre marine, régulée par un balancier asservi par un ressort (fabriquée par Thuret, hor-

loger du roi de France).

Les membres des deux sociétés savantes ou « cercles » de Mylon et de Montmor, formeront la base de l'Académie royale des sciences que Colbert fera créer et subventionner en 1666. Huygens en sera nommé directeur scientifique, dès le début.

En 1667, le jour du solstice d'été, les mathématiciens de l'Académie, sous la direction de Huygens, tracent le méridien de Paris, dans le cadre la construction de l'Observatoire de Paris, qui fut terminé en 1672.

En Angleterre, la *Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge* suit à peu près

les mêmes errements, mais ses rapports avec l'Etat central seront nettement plus distants : la première subvention sera votée par le parlement britannique deux siècles plus tard.

D'autres pays emboîtent le pas, et des Académies sont créées à Dresde, Berlin, etc.

Lors de la Révolution Française, les Académies sont supprimées en 1793 ; en 1795, le gouvernement crée le Bureau des longitudes, puis l'Institut.

A la fin du XIX^e, les savants utilisent les congrès ou symposiums, pour se retrouver, présenter leurs travaux et en discuter.



Congrès Solvay 1911 : 1 Walther Nernst 2 Robert Goldschmidt 3 Max Planck 4 Marcel Brillouin 5 Heinrich Rubens 6 Ernest Solvay 7 Arnold Sommerfeld 8 Hendrik Antoon Lorentz 9 Frederick Lindemann 10 Maurice de Broglie 11 Martin Knudsen 12 Emil Warburg 13 Jean-Baptiste Perrin 14 Friedrich Hasenöhr 15 Georges Hostelet 16 Édouard Herzen 17 James Hopwood Jeans 18 Wilhelm Wien 19 Ernest Rutherford 20 Marie Curie 21 Henri Poincaré 22 Heike Kamerlingh Onnes 23 Albert Einstein 24 Paul Langevin

Le premier congrès Solvay, tenu à Bruxelles en 1911, réunira une brochette de savants qui sont à la base de la relativité et de la physique quantique.

Depuis les cercles parisiens pré-académiques, la recherche scientifique a changé de nature : ce n'est plus le bon vouloir du Prince ou le dévouement d'un riche mécène qui apporte les crédits. Chaque Etat a su créer des organismes, spécialisés ou non, où des moyens humains et techniques sont réunis, pour aborder les défis

scientifiques ou techniques du moment : Institut Pasteur, National Bureau of Standards, Commissariat à l'Energie Atomique, etc.

Actuellement, chaque domaine scientifique est généralement chaapeauté par un cycle de symposiums, ou autour d'une publication (et les deux se rejoignent : le symposium édite des Actes, le journal organise régulièrement des conférences, le tout patronné par une association). Par exemple, le Journal of Acoustical Society of America, l'International Symposium of Ballis-

tics ou l' Aeroballistic Range Association.

Et les institutions perdurent, et il s'en crée même de nouvelles dans les domaines les plus modernes, par exemple la Société d'informatique de France ou SIF : même si c'est au niveau des symposiums internationaux que les meilleurs recherchent la consécration par leurs pairs, cela n'empêche pas les échanges personnels entre scientifiques et les sociétés savantes et les académies continuent à jouer leur rôle, dans leurs sphères d'influence. ☺

LES TECHNOLOGIES FACE AUX DÉFIS DE NOS SOCIÉTÉS

Par Edwige Bonnevie, IGA

Rarement une crise aura autant fait appel aux technologies nouvelles ou émergentes en un temps aussi court, rarement aussi elles auront suscité autant de résistances et de controverses. Au-delà de la crise actuelle, les défis sont nombreux : changement climatique, transition énergétique, crises sanitaires, alimentation, formation, emploi.... Quelle contribution des technologies, à quelles conditions ?

Les technologies face à la crise de Covid-19

L'apport des technologies au fonctionnement de notre société a été particulièrement mis en évidence à l'occasion de la crise qui nous frappe depuis 2020.

Les technologies du vivant ont été mobilisées pour comprendre le virus, le détecter, et modéliser l'épidémie. Des ruptures technologiques majeures, issues en particulier de travaux de recherche publics et privés sur l'ARN messenger, ont permis de mettre au point des vaccins moins d'un an après l'apparition d'un virus.

Les technologies, notamment numériques et de communication, ont joué un rôle déterminant. Les situations de confinement ont conduit à une accélération de leur usage et à une appropriation remarquable.

Faire face aux grands défis de notre société

La crise sanitaire nous a aussi fait prendre conscience de la fragilité de nos sociétés et de l'importance de les rendre plus résilientes face aux risques auxquels elles seront inévitablement confrontées. Les événements météorologiques récents avec leurs lots d'incendies et d'inondations catastrophiques ont confirmé, s'il en était besoin la réalité du changement climatique et l'urgence de le prendre en compte.

Réussir la transition énergétique et s'adapter au changement climatique tout en assurant les besoins d'alimentation, d'habitat et de mobilité, répondre aux besoins de santé et aux crises sanitaires, donner accès au plus grand nombre à la formation et à l'emploi, les défis sont nombreux. Ils ont en commun de présenter des dimensions techniques, technologiques, mais aussi sociétales, voire éthiques. Ils constituent des sujets de confrontation entre l'évolution des modes de vie et des impératifs de production alimentaire et industrielle.

L'exemple des usages numériques

Les initiatives qui ont émergé avec la crise sanitaire vont bien au-delà de simples mesures palliatives de l'absence de mobilité. De nouveaux usages et de nouvelles applications numériques se sont multipliés, notamment dans les domaines de la santé (téléconsultation, traçage des cas contacts), de l'enseignement (téléenseignement), de la production et de la distribution (vente directe de produits frais par les producteurs) ou de l'organisation des entreprises et des administrations (généralisation du télétravail). Ces nouveaux outils constituent des avancées indiscutables dans leurs domaines respectifs ; en témoigne l'appropriation remarquable dont ils ont fait l'objet. Cette expérience permet d'anticiper une transformation durable de ces activités à condition que leurs



avantages, patents durant les périodes de restrictions de déplacement ou de regroupement, continuent à s'imposer après le retour à une vie sans contraintes. Cela suppose de disposer d'infrastructures matérielles et logicielles correctement dimensionnées et sécurisées pour garantir un accès à tous, sans

L'Académie des technologies : une activité soutenue durant la crise du Covid-19

L'importance croissante des technologies dans nos sociétés, leur diversité et le caractère transverse des questions posées ont conduit à créer à l'aube du 21^e siècle l'académie des technologies ; elle rassemble plus de 300 académiciennes et académiciens, dont quatre prix Nobel, tous expertes et experts dans leurs domaines respectifs, et issus d'horizons très divers : monde de la recherche industrielle et académique, économistes, sociologues, architectes, médecins...

Elle analyse les opportunités et les risques liés aux nouvelles technologies ; elle émet des propositions et des recommandations auprès des pouvoirs publics, des acteurs socio-économiques et des citoyens pour une meilleure exploitation des technologies au service de l'intérêt public en accord avec sa devise « Pour un progrès raisonné, choisi et partagé ».

Elle s'attache à améliorer l'attractivité des métiers technologiques, notamment auprès des jeunes et des femmes.

Malgré la crise, cette dernière année a été très intense en travaux académiques et coopérations en France et à l'international. De nombreux travaux ont été réalisés en commun avec les Académies des sciences, de médecine, d'agriculture et des sciences morales et politiques sur le Covid, les Fake news, la formation scientifique et technologique ou l'intelligence artificielle.

Beaucoup d'activités se sont poursuivies à distance, parfois à un rythme plus soutenu qu'auparavant. En témoignent les dernières publications disponibles sur son site : détection du Covid dans les eaux usées, crise du covid-19 - accélérer la transformation numérique : pour une France plus agile et moins dépendante, rôle de l'hydrogène dans une économie décarbonée, stockage de l'information dans l'ADN, modélisations et données pour la gestion de crises sanitaires, innovation dans les industries alimentaires, impacts de la révolution numérique, science et technologie à l'école primaire : un enjeu décisif pour l'avenir des futurs citoyens.

sous-estimer les difficultés d'accès au numérique d'une partie de la population (acquisition de matériel, abonnements, usage d'Internet, exigüité de locaux...).

L'appropriation des innovations technologiques : à quelles conditions ?

Les innovations technologiques peuvent fournir des solutions aux défis de demain à condition d'être acceptées, ce qui suppose que leur apport positif au vu d'un bilan bénéfiques/risques soit compris et perçu comme tel par nos concitoyens.

Si, comme le montre l'enquête annuelle réalisée par l'IFOP pour l'Académie des technologies, une majorité de nos concitoyens ont une vision positive des technologies (61% estiment que le progrès technologique reste synonyme de progrès pour l'humanité et 75% se déclarent majoritairement intéressés par les nouvelles technologies), leur inquiétude vis à vis de ces dernières va crois-

sant. Les Françaises et Français sont désormais une majorité (56%) à se dire inquiets à ce sujet (+ 15 points par rapport à l'an dernier) ; en témoignent les débats sur les vaccins, ou sur la 5G par exemple. Plus de trois quarts souhaitent être plus impliqués dans les décisions sur des technologies controversées (77%) et estiment ne pas être suffisamment informés par les autorités de leurs conséquences (75%).

Au plan général, seuls 33% estiment être suffisamment bien informés, un chiffre stable.

Malgré les débats sur l'expertise, ils sont 66% à faire confiance aux « sachants », scientifiques, chercheurs et spécialistes des questions scientifiques et technologiques.

Les réponses aux grands défis qui sont devant nous généreront sans nul doute d'intenses débats, voire des polémiques notamment sur le recours proposé à des innovations ou à certaines solutions technolo-

giques. Il est essentiel que des informations scientifiques et techniques claires puissent être données, sachant que les points de vue les plus extrêmes auront toujours un grand attrait, notamment médiatique. Les académies ont plus que jamais un rôle à jouer pour apporter des réponses aux questions légitimes qui peuvent se poser et faire face aux vérités alternatives. ☞

Parmi les publications récentes <https://www.academie-technologies.fr/>



Edwige Bonnevie
IGA

Edwige Bonnevie IGA. Après une carrière à la DGA consacrée à l'utilisation militaire de l'espace, puis à la dissuasion, elle rejoint le CEA en 2001, comme directeur adjoint des applications militaires, puis responsable de la maîtrise des risques, de la sécurité et de la sûreté. Membre de l'académie des technologies depuis 2012, elle est déléguée générale depuis 2019.

ACADÉMIE DE MARINE : CENTENAIRE D'UNE RENAISSANCE

Par Louis Le Pivain, IGA

Héritière de l'Académie royale de Brest fondée en 1752, avec une interruption de 1793 à 1921, l'Académie de Marine est un établissement public national placé sous la protection du Président de la République.



Séance inaugurale présidée par Yves Desnoës

L'Académie de Marine témoigne par ses actions que la mer représente l'avenir de la France, deuxième plus vaste pays maritime, qui doit en saisir les opportunités et en exploiter tous les atouts. L'Académie de Marine a pour mission de démontrer auprès des pouvoirs publics, des décideurs et de l'opinion que le fait maritime est une donnée essentielle pour l'avenir de notre pays.

Elle est composée de personnalités du monde maritime élues, réparties en six sections comprenant treize membres, elle accueille également une vingtaine de membres associés étrangers, dont le prince Albert II de Monaco, des membres honoraires et environ deux cent invités permanents.

L'Académie de Marine soutient la recherche, les expériences et les initiatives dans les activités et industries liées à la mer, préserve l'histoire maritime et assure la conservation d'archives composées d'un fonds historique très riche qui in-

clut les collections de l'Académie royale, avec des manuscrits, des correspondances et des ouvrages de voyages scientifiques.

L'Académie de Marine s'emploie à éclairer les enjeux maritimes de demain. Elle décerne chaque année un Grand prix, des prix de thèse, une bourse d'étude et des prix de fondations. Elle réalise des travaux d'études dont les conclusions sont présentées aux autorités compétentes sous forme d'avis ou de recommandations.

Deux fois par mois pendant l'année académique des experts de haut niveau animent des conférences ouvertes aux membres, à leurs invités et aux invités permanents.

Parmi les sujets traités citons la liberté en haute mer, l'action de l'Etat en mer et son organisation à l'échelon national et européen, l'histoire maritime, l'innovation technologique dans le domaine maritime,

les énergies durables, la prévention des catastrophes maritime, la sécurité des navires transportant des passagers, les enjeux climatiques et météorologiques, la sismique marine, la formation des marins, les défis des ports de demain, les stratégies maritimes, les enjeux économiques et stratégiques maritimes, les aspects de la révolution technologique qui touchent le maritime, la propulsion vélique, l'utilisation de l'hydrogène, la cyber-sécurité.

L'Académie de Marine a organisé en décembre 2019 un colloque conjointement avec l'Académie de l'air et de l'espace sur le thème « Vers des navires et aéronefs sans équipages ? Jusqu'où la machine peut-elle remplacer l'homme ? »

Ce colloque dresse un constat en dix points et propose des recommandations qui ont été adressées aux ministères concernés. Vous pourrez en découvrir les actes sur le site de l'Académie. www.academiedemarine.fr

L'Académie de Marine organise usuellement, hors période de contrainte sanitaire, deux voyages d'étude chaque année ; ouverts aux membres et aux invités permanents, ils ont pour objectif de recueillir et d'analyser les questions et les solutions et les innovations en France et à l'étranger.

A l'automne 2021 l'Académie de Marine quitté ses locaux de l'Ecole Militaire pour rejoindre le prestigieux hôtel de la Marine et y maintenir une

Comment j'ai rejoint l'Académie de Marine

Tout commence par un appel téléphonique de l'IGA Jean-Claude Pujol que j'ai bien connu quand nous travaillions ensemble sur des programmes navals à l'export puis quand il était dans le groupe Thales. Il m'annonce que la section Sciences et techniques qu'il préside à l'Académie de Marine souhaite m'attribuer le prix Maurice Lebrun remis chaque année à un chef d'entreprise dans la construction navale. Lors de la séance solennelle de rentrée en octobre 2012, il me remet ce prix dans l'amphithéâtre Foch à l'École militaire. Je deviens invité permanent de l'Académie et participe à quelques activités telles que des visites officielles de salons. Inscrit à un voyage d'études de l'Académie au Monténégro... je ne peux finalement pas m'y rendre. On me demande de prononcer une conférence devant l'Académie sur mon rôle de chef d'entreprise dans la construction navale. En 2020 une place se libère dans la section Sciences et techniques, il m'est suggéré d'y postuler. Une lettre de candidature m'est demandée, avec deux parrains, dont l'un dans la section. Hervé Guillou, membre de la section Sciences et techniques connaît bien mon parcours de chef d'entreprise dans la construction navale depuis douze ans et mes responsabilités de vice-président du GICAN. L'amiral Alain Coldefy, membre de la section Marine militaire, ancien inspecteur général des Armées marine et ancien président de l'association des anciens élèves du Prytanée national militaire atteste de mes liens avec les officiers de marine et rappelle mon passé de préparation à l'École navale puis à l'École polytechnique à La Flèche. Le président de la section Sciences et techniques, Jean Pépin-Lehalleur, rédige un avis, validé par les membres de la section puis adressé à l'ensemble des 74 membres de l'Académie qui votent à bulletin secret. Je reçois un message de félicitations du président Xavier de la Gorce, ancien président de la Société Nationale du Sauvetage en Mer. Très honoré d'être admis dans cette prestigieuse institution, j'ai le plaisir de retrouver au sein de la section Sciences et techniques, Jean-Luc Lambra



Jean-Claude Pujol remet le prix Maurice Lebrun

que j'avais connu au laboratoire de détection sous-marine du Brusco, Jean-Marie Poimboeuf aux côtés duquel j'ai participé aux bureaux du GICAN qu'il présidait, Jacques Dhellemmes que j'ai remplacé au département sous-marins du STCAN pour m'occuper de sécurité-plongée il y a 35 ans à mon retour d'Arabie saoudite, Alain Bovis et Jean Le Tallec,

côtoyés au sein du département sous-marins, l'amiral Jacques Petit, spécialiste de l'aéronautique navale et ancien secrétaire général de l'Académie, qui a consacré beaucoup d'énergie et de temps à préparer le déménagement dans les locaux prestigieux de l'hôtel de la marine. Philippe Roger m'y rejoint peu après. Dans la section Navigation et océanologie, André Comolet-Tirman, Yves Desnoës, Gilles Bessero et Jean Laporte représentent les anciens du SHOM. Les membres de la section Marine militaire, ne me sont pas inconnus avec Pierre François Forissier que je connais depuis 1972 quand j'étais dans son poste à l'École navale pendant ma formation maritime à l'X, mais aussi Emmanuel Descleves côtoyé au GICAN quand il y présidait le comité Défense, et Edouard Guillaud ou Alain Oudot de Dainville que je voyais régulièrement quand j'étais en lien avec des saoudiens et qu'ils présidaient ODAS. Ils seront rejoints par Bernard Rogel. Dans la section Marine marchande, pêche et plaisance Philippe Louis-Dreyfus, président du conseil de surveillance de Louis-Dreyfus Armateur assure aussi la présidence du groupe d'expertise en économie maritime des conseillers du commerce extérieur de la France où je le retrouve. Édouard Berlet préside la section Droit et économie, est responsable communication de l'Académie et s'investit à corps perdu dans la préparation des manifestations pour la célébration du centenaire de la renaissance de l'Académie qui a commencé par un colloque à La Sorbonne le 28 octobre 2021 et se poursuivra tout au long de l'année 2022. Enfin, dans la section Histoire, lettres et arts, je retrouverai Philippe Haudrière, secrétaire perpétuel adjoint de l'Académie, croisé dans plusieurs visites auxquelles je participais comme invité permanent. Il me reste à faire l'éloge de mon prédécesseur Jean-Claude Pujol.

présence maritime ininterrompue depuis 1789 jusqu'au départ de l'Etat-major de la Marine à Balard en 2015.

Il est à noter que douze IA sont actuellement membres de l'Académie de Marine et que trois présidents étaient ingénieurs de l'armement dans les 25 dernières années.

René Bloch, a été président de 1998 à 2000, Bertrand Vieillard-Baron de 2008 à 2010, Yves Desnoës de 2018 à 2020, sans oublier Alain Bovis, actuel vice-président qui sera président de 2022 à 2024. Cela confirme le rôle éminent que jouent naturellement les ingénieurs de l'armement au sein de cette prestigieuse institution. ☺



Louis Le Pivain,
IGA

Membre de l'Académie de Marine, Vice-président du GICAN, conseiller du commerce extérieur, dirigeant d'entreprise, maire-adjoint à Viroflay, ancien membre de la société des voyageurs et explorateurs français et de la société arctique française.

SCIENCE ET SECRET : COMMENT PRIMER UNE THÈSE CONFIDENTIELLE

Par Nicolas Cliche, IA

Les prix Amiral Daveluy et de l'Académie de Marine montrent qu'on peut concilier protection du secret et mise en avant des travaux : des exemples à suivre !



Devise de l'Académie de Marine :
« Grâce à elle, les arts profitent à tous »

Fin 2019, j'ai soutenu ma thèse à l'École des Mines de Paris, et il me vint l'idée saugrenue de vouloir candidater à des prix de thèse, alors que mes travaux sont protégés par une clause de confidentialité Spécial France de 60 ans... Ma thèse a porté sur l'amélioration et la compréhension d'un acier utilisé dans la propulsion nucléaire et s'intitule « Recristallisation et propriétés mécaniques d'un acier inoxydable austénitique stabilisé au niobium ». J'épluche alors les listes de sociétés savantes du domaine : le prix Jean Bourgeois de la Société française d'énergie nucléaire, le prix Amiral Daveluy de la Marine, le prix de la société française de métallurgie, le prix ESOPE de l'AFIAP, le prix Guillaumat sur le nucléaire de défense, le prix de l'Académie de Marine et enfin bien sûr le prix de thèse de la DGA. J'évite évidemment les prix internationaux comme le Young Academic Steel Award... J'apprends, avec étonnement, que le prix de thèse DGA ne peut pas récompenser les IA en formation par la recherche ! Certains prix ne nécessitent pas l'envoi du manuscrit et je peux donc candidater à l'aide de résumés, mais certains demandent légitimement à lire le travail complet. Fort heureuse-

ment, l'Académie de Marine et le jury du prix Amiral Daveluy présentent toutes les qualités requises pour étudier un manuscrit protégé et c'est avec grand plaisir que j'ai obtenu, en 2020, ces deux prix de thèse.

Le prix Amiral Daveluy (un pionnier des sous-marins), créé par le chef d'État-major de la Marine, est « destiné à susciter, encourager et promouvoir des travaux de recherche et de réflexion faisant progresser les connaissances dans les domaines maritimes et navals ». Il comporte une section « sciences humaines » et une section « sciences de l'ingénieur ». Le CESM (Centre d'Études stratégiques de la Marine) en assure le jury. Malheureusement, la pandémie du Covid-19 a empêché la tenue d'une cérémonie de remise mais le principal reste à mes yeux que les experts de la Marine aient reconnu l'importance de sujets techniques comme la métallurgie dans la réussite des programmes d'armement navals.

L'Académie de Marine décerne deux prix de thèse, l'un en « sciences humaines et sociales » et l'autre en « sciences exactes et/ou expérimentales ». C'est donc entre les ouvrages de photographies du monde maritime et les récits d'Histoire militaire que ma thèse au titre barbare a été primée. La séance solennelle de l'Académie a eu lieu le 9 juin 2021, sous la présidence de Didier Decoin, de l'Académie de Marine et président de l'Académie Goncourt.

La confidentialité de la recherche appliquée s'est fortement accrue

ces dernières années. Certains manuscrits, parfois sans lien avec la Défense nationale, se retrouvent confidentiels pour des durées farfelues pouvant atteindre 100 ans ! Ces durées résultent souvent d'une négociation entre encadrants académiques et partenaires industriels et s'allongent souvent au-delà de la durée nécessaire au dépôt d'un brevet ou au-delà des perspectives pratiques d'utilisation des données contenues dans le manuscrit. Imaginez une thèse de physique de 1921 publiée aujourd'hui ! Pour autant, la protection de l'information est vitale dans un monde concurrentiel et internationalisé et il ne faudrait pas que les doctorants soient privés des sujets d'étude confidentiels : la recherche industrielle, et notamment de Défense, se trouverait amputée d'un flot précieux d'étudiants. Il semble donc primordial que les chercheurs académiques acceptent les sujets protégés, que les industriels ménagent leurs exigences de durée de secret ou permettent des publications maîtrisées et que les sociétés savantes puissent continuer à mettre en avant ces travaux. C'est ce qu'ont su faire le CESM et l'Académie de Marine, qu'ils en soient vivement remerciés ! 🙏



Nicolas Cliche, IA

Après une thèse en métallurgie, il est architecte chaufferie des SNLE 3G au STXN (service technique mixte DGA-CEA de propulsion nucléaire)

BLINDÉS

Nexter, architecte et systémier intégrateur de défense terrestre en France, est une référence majeure dans les systèmes blindés de combat et d'artillerie et dans le domaine munitionnaire. Nexter conçoit des solutions innovantes dans les composantes terre, air et mer, afin d'apporter aux forces armées françaises et étrangères un avantage opérationnel décisif.

TOURELLES
& CANONS

MUNITIONS

ÉQUIPEMENTS

SYSTÈMES
D'ARTILLERIE

SOUTIEN

AMHYDRO, L'AMICALE DES HYDROGRAPHEs

FAIRE CONNAÎTRE ET RAYONNER L'HYDROGRAPHIE FRANÇAISE AU-DELÀ DE SON MILIEU NATUREL

Par Bernard Trevisan

Créée pour maintenir les liens entre les hydrographes ayant quitté la Marine, l'association est devenue avec le temps un acteur de la promotion de l'hydrographie française.



balise flottante mise en place pour servir de repère de positionnement lorsque les sondages avaient lieu loin de la côte - Madagascar, années 1950

Constituée en 1981 grâce à l'action de l'IGA Jean Bourgoïn, alors qu'il prend la direction du Service hydrographique et océanographique de la marine, le Shom, l'amicale des hydrographes ou *Amhydro*, est au départ une association d'anciens destinée à renouer les contacts et à faciliter l'entre-aide entre les officiers mariniers hydrographes ayant quitté le service.

L'association édite un bulletin de liaison annuel qui, au fil du temps, s'enrichit de souvenirs de missions

Les hydrographes de la marine

L'hydrographie d'État naît en France au XVII^e siècle sous l'action de Richelieu et, surtout, de Colbert. Celui-ci emploie des ingénieurs qui, assistés de pilotes, d'officiers de marine ou d'hydrographes, nom donné à l'époque aux personnes qui enseignent la navigation, lèvent les côtes et en dressent des cartes pour la défense du royaume mais aussi pour la sécurité de la navigation et la prospérité du commerce. Leur travail aboutit à la publication en 1693 du *Neptune françois*, un atlas de cartes marines de haute qualité technique, peu vendu mais beaucoup contrefait.

Le *Dépôt des cartes et plans de la marine* est créé peu après, en 1720, pour centraliser les documents relatifs à la navigation et en assurer l'exploitation : copies, puis création de cartes originales. Les ingénieurs hydrographes qui y travaillent sont avant tout des dessinateurs, les rares levés sur le terrain étant effectués par d'autres ingénieurs ou par des officiers de marine. Il faut attendre la fin du siècle pour que les ingénieurs hydrographes se déploient sur le terrain. Ils sont guidés dans ces nouvelles activités par Beautemps-Beaupré qui s'est illustré précédemment par ses travaux cartographiques lors de l'expédition de D'Entrecasteaux à la recherche de Lapérouse.

Au début du XIX^e siècle les ingénieurs hydrographes constituent un corps de la marine. Jusqu'au début du XX^e siècle, ils forment sur le terrain le personnel nécessaire aux travaux hydrographiques : sondeurs, secrétaires de séance, observateurs et chefs d'équipe. Ce personnel : officiers, officiers mariniers et matelots, provient des bâtiments de la marine mis à leur disposition et est souvent renouvelé.

En 1908, le personnel non officier est pérennisé par la mise en place d'un certificat d'aide-hydrographe. En 1923, un second certificat est créé, celui d'adjoint hydrographe. Il est destiné à donner aux ingénieurs des adjoints techniques qui puissent les suppléer dans la partie la plus courante des opérations de sondage, de topographie et de rédaction, l'équivalent des sous-officiers topographes de 1914 pour le Service géographique de l'armée. Ce certificat est remplacé en 1934 par la spécialité d'hydrographe du corps des équipages de la flotte, composée uniquement d'officiers mariniers. Les ingénieurs hydrographes se consacrent alors pleinement à leur rôle de direction et de contrôle, de perfectionnement des méthodes et d'adaptation des découvertes nouvelles. En 1970 ils sont intégrés au corps des ingénieurs de l'armement.



Photographie de tournage du film profil au top - théodolite en station pour le guidage par radio de la vedette sur le profil de sondage

des adhérents et d'articles sur l'hydrographie et son histoire. Ces derniers sont souvent des textes rédigés par Jean Bourgoïn ou par d'autres ingénieurs du Shom.

En 1998 le président Jean-Serge Jupas inaugure dans le bulletin une histoire des officiers mariners hydrographes en quatre chapitres. Son projet d'en faire un livre, en y ajoutant les souvenirs de missions déjà publiés, n'aboutit pas. Le projet est repris vingt ans après en vue de la célébration des 300 ans d'hydrographie française en 2020 et son étendue est augmentée : *une histoire de l'hydrographie française* est publiée, chapitre par chapitre, sur le site de l'association à partir de 2019. Les dix premiers chapitres sont ensuite rassemblés en un premier tome - historique, consultable librement à l'URL <https://amhydro.org/histoire/>.

Accessible aux officiers mariners hydrographes d'active à partir de 2005, l'association s'ouvre quatre ans plus tard aux autres catégories de personnel formé à l'hydrographie par le Shom : ingénieurs, aides-hydrographes et stagiaires étrangers. « Pour moi, le corps des hydrographes, ingénieurs et officiers mariners compris, forme un tout in-

dissociable, et si le statut militaire interdit la création amicale entre personnels d'active, les joies et les peines partagées dans l'exercice du métier, fortifient les liens d'estime et d'amitié entre ingénieurs et officiers mariners. » écrit Jean Bourgoïn, président d'honneur fondateur de l'Amhydro. Il existe effectivement entre le personnel hydrographique, quel que soit son rang et sa fonction, une « fraternité d'armes » nourrie par la fierté d'exercer un métier si particulier et par les conditions, parfois difficiles, dans lesquelles le travail s'effectue en mer et sur le terrain.

En 2006, Amhydro, exploitant sa photothèque et celle du Shom, réalise un diaporama « des hommes et des femmes au service de l'hydrographie » diffusé à l'occasion de la première journée mondiale de l'hydrographie instituée par l'Organisation hydrographique internationale.

En 2010, l'association ajoute un nouveau but à ses statuts : faire connaître et rayonner l'hydrographie française au delà de son milieu naturel.

Quelques années plus tard, un adhérent, alors directeur adjoint du Shom, lance l'idée d'enregistrer

dans un film cinématographique la technique du radio-guidage, largement utilisée en hydrographie à partir des années 1950 jusqu'à son remplacement par la radiolocalisation puis par le GPS. Le projet est soutenu par le Service et le film est tourné en 2017 par l'ECPAD avec des moyens et du personnel du Shom et de l'Amhydro.

Un second film est réalisé en 2019 avec, en outre, le concours de l'Hermione et de l'École navale. Il reconstitue une séance de sonde du début du XIX^e siècle. Les films *profil au top* et *paré pour la sonde* peuvent être visionnés à l'URL <https://amhydro.org/videos-sur-lhydrographie/>.

Depuis peu, Amhydro se fait également connaître par des articles publiés dans plusieurs revues. L'association a été récemment associée à la préparation de l'évènement « 300 ans d'hydrographie française » organisé par le Shom. 📍



Photographie de tournage du film - l'ingénieur hydrographe prend les angles au moment du sondage



Bernard Trevisan

Bernard Trevisan entre dans la Marine nationale en 1971. Officier marinier hydrographe en 1975, il est formé à l'informatique scientifique par l'ESEAT à Rennes. A partir de 1987, il poursuit une carrière informatique dans le privé, notamment chez Capgemini. Il devient président de l'Amhydro en 2008 et rédige pour son bulletin annuel plusieurs articles sur l'histoire de l'hydrographie.

L'ASSOCIATION TECHNIQUE MARITIME ET AÉRONAUTIQUE

CRÉÉE POUR RASSEMBLER LES EXPÉRIENCES, ELLE POURSUIT SA MISSION 230 ANS APRÈS !

Par Alain Bovis, IGA

L'ATMA¹ est une association, créée en 1889, déclarée d'utilité publique en 1926 et référencée par le Ministère de la recherche comme société savante depuis 2010. Son siège se situe à Paris, rue de Monceau à la « maison de la mer » aux côtés du GICAN, du Cluster Maritime, de l'Institut de la Mer et d'Armateurs de France. En lien étroit avec l'Académie de Marine, elle est un forum scientifique et technique mais aussi historique et économique pour ingénieurs, étudiants et tous ceux qui s'intéressent à l'évolution des techniques de la construction navale. L'association est soutenue par des organismes publics comme DGA Techniques hydrodynamiques, les écoles de l'Armement, ENSTA Bretagne et ENSTA Paris Alumni, l'Ecole navale, et de grands industriels, Naval Group, Bureau Veritas, GTT, Mauric, BRS,... Elle est membre du Cluster Maritime Français et de la Confederation of European Maritime Technology Societies.

La fin du 19^e siècle est une période d'effervescence intellectuelle dans le monde maritime. Dans le domaine militaire, les innovations se succèdent : torpille puis sous-marin, acier pour les coques et les blindages, protection cellulaire et compartimentage, nouveaux types d'artillerie, poudre sans fumée de Paul Vieille. Turbine à vapeur et moteur diesel font leur apparition tandis que l'électricité montre ses premières applications. Les débats sont enflammés entre partisans des cuirassés et ceux des torpilleurs. Une nouvelle classe de bâtiments, les croiseurs, fait leur apparition.

Dans le domaine civil, le commerce et les liaisons avec l'Empire colonial conduisent à la création de compagnies maritimes et des messageries. C'est aussi le temps du développement des lignes transatlantiques où s'installe une concurrence entre compagnies. Le besoin de nouveaux navires entraîne la création de chantiers navals (création des chantiers de Penhoet en 1881) et le développement d'importants secteurs industriels comme la métallurgie.



Conférence annuelle 2020

Mais l'architecture navale restait encore largement empirique, les modèles théoriques, notamment en hydrodynamique et en résistance des matériaux, étaient balbutiants et les expériences qui auraient permis de les étendre étaient encore rares et imprécises faute de moyens d'essais et de mesures.

C'est pour mettre en commun leurs expériences en vue de faire évoluer cette situation qu'un certain nombre de personnalités du monde maritime français, amiraux, ingénieurs et industriels créèrent en 1889 l'Association Technique Maritime (ATM) sur l'exemple de la Royal Institution

of Naval Architects créée vingt ans plus tôt au Royaume-Uni.

Depuis 1890, à l'exception des périodes des deux guerres mondiales, l'ATMA publie tous les ans un bulletin (le numéro 120 publié cette année). Leur collection contenant plus de 2750 mémoires présentés lors des conférences publiques annuelles, accessibles par le site internet de l'association, constitue la mémoire technique des constructions navales, un outil régulièrement consulté par les chercheurs, les ingénieurs ou les curieux passionnés. D'importantes rétrospectives ont été publiées à l'occasion du centenaire de l'ATMA en 1989 puis à l'occasion du 50^e anniversaire du salon Euronaal en 2018.

Enfin l'ATMA attribue régulièrement des prix à des étudiants ou à des ingénieurs confirmés pour la qualité de leurs travaux de recherche et de leurs communications.

De nombreux ingénieurs du Génie maritime, puis de l'Armement se sont illustrés dans le cadre de l'ATMA. Le premier président Louis de Bussy, Inspecteur général du Génie maritime et membre de l'Académie des sciences, fut le concepteur du *Redoutable*, premier cuirassé totalement en acier. Emile Bertin, savant, ingénieur, organisateur, créateur de la Section technique des constructions navales et du Bassin d'essais des carènes, membre de l'Académie des sciences en fut également président de 1905 à 1924. Plus récemment, les ingénieurs généraux de l'armement Hervé Chéneau et Jean

1 : Secrétaire général de l'ATMA : Régis Beaugrand, IGA



Alain Bovis remet le prix ATMA de l'innovation ATMA à Lionel Huetz pour son concept de catamaran rapide lors de la conférence FFAST 2017.

Le Tallec se sont succédé à sa présidence. Maxime Laubeuf, l'inventeur du submersible, membre de l'Académie des sciences et président de l'Académie de Marine et Pierre Willm, père des bathyscaphes, Louis Kahn, organisateur des constructions navales des FNFL² puis Directeur central des constructions navales, secrétaire général des Forces armées, président de l'Académie de Marine, en ont été vice-présidents. D'autres ingénieurs militaires tout aussi éminents en ont été administrateurs.

L'hydrodynamique navale, en évolution continue dans ses modèles théoriques, ses moyens expérimentaux et, ces dernières années, ses méthodes de simulation numérique, a été l'objet de plus de 550 mémoires, dont le tout premier présenté en 1890 par le célèbre constructeur Jacques-Augustin Normand. Emile Barrillon, Roger Brard, Robert Legendre tous membres de l'Institut, Max Aucher et Serge Bindel, membre de l'Académie de Marine, ont marqué cette discipline.

Autre domaine de prédilection de l'ATMA, l'étude des matériaux et du comportement à la mer des structures complexes, de leur résistance à la rupture, des causes et remèdes aux vibrations et bruits rayonnés, des

procédés de formage et d'assemblage, des normes et des contrôles. L'ingénieur général Henri de Leiris, membre de l'Académie de Marine et président de la société française de métallurgie a écrit à lui-seul 56 mémoires entre 1926 et 1971.

Une part également importante de communications est consacrée à la propulsion. Dès 1902, l'ingénieur des mines Auguste Rateau, inventeur et entrepreneur, présente le premier mémoire sur la turbine à vapeur qui devait équiper tous les grands bâtiments et navires de commerce. En 1928, Maurice Roy, vice-président de l'ATMA et membre de l'Académie des sciences, présente son premier mémoire sur les turbines à gaz. Propulsion diesel, électrique, nucléaire ont par la suite fait l'objet de nombreuses études. **Aujourd'hui, optimisation énergétique et propulsion éolienne retiennent l'attention.**

Enfin, l'architecture navale a toute sa place avec la description et l'analyse de nombreux navires et de leurs innovations, du *Dreadnought* au *Charles de Gaulle*, du *France* aux derniers géants des mers, des sous-marins mais également des navires non conventionnels, hydroptères et aéroglisseurs, plateformes océaniques et FPSO³.

C'est en 1924 que l'Association Technique Maritime devient « et aéronautique » sous l'impulsion de nombreux ingénieurs du Génie maritime qui se consacrent à ce nouveau domaine en plein essor dont l'ingénieur général Paul Dumanois, vice-président de l'ATMA et président de l'Académie de Marine, créateur du corps des ingénieurs de l'air. Près de 300 mémoires aéronautiques ont été présentés dont une synthèse a été donnée pour le centième anniversaire par l'ingénieur général Madec de l'ONERA. Bien que quelques mémoires continuent de présenter des comparaisons, notamment normatives et réglementaires, entre secteurs maritimes et aériens, la contribution de l'aéronautique à l'ATMA est devenue épisodique depuis la fin des années 1990.

Cette année, l'ATMA s'est jointe à l'Académie de Marine pour célébrer le centenaire de cette dernière. L'ATMA a été créée, alors que l'Académie qui avait été supprimée à la Révolution, n'avait pas encore été refondée et pour répondre à un besoin évident de communication et d'échange d'expériences. Cette mission, les deux institutions la partagent aujourd'hui, chacune dans son rôle et avec ses spécificités, et leurs liens, comme on peut le voir à travers l'évocation de quelques personnalités, sont nombreux. ☺



Alain Bovis,
IGA, Président de
l'ATMA, Vice-
président de
l'Académie de
Marine

X74-ENSTA, Alain Bovis a fait toute sa carrière à la DGA et à DCNS. Il y a exercé diverses fonctions de recherche, d'ingénierie et de management industriel. Il a été directeur de l'établissement d'Indret puis directeur général d'Armaris, filiale commune de DCN et Thales. Il a créé en 2010 DCNS Research. Expert en hydrodynamique, il a été lauréat du prix Roger Brard et du prix Girardeau de l'Académie de Marine.

2 : Forces Navales Française Libres

3 : Floating Production Storage and Offloading : unité flottante autonome capable de traiter le pétrole brut et de le stocker avant son transbordement sur un navire.

LES INGÉNIEURS ET SCIENTIFIQUES DE FRANCE

« L'ASSOCIATION DES ASSOCIATIONS, UN MILLION D'INGÉNIEURS ! »

Par Xavier Bouis, ICA

Ingénieurs et Scientifiques de France (IESF) n'est pas une « société savante » comme tant d'autres : IESF a pour vocation de représenter le corps social constitué en France de plus d'un million d'ingénieurs et de scientifiques.

C'est une fédération des associations d'ingénieurs et de scientifiques qui comprend notamment les anciens élèves d'écoles d'ingénieurs, les « alumni ». Ces alumni ont développé une expertise, de par leur activité professionnelle mais aussi au travers de comités sectoriels, qui les rend légitimes à formuler des avis et propositions, à promouvoir les formations et métiers d'ingénieurs, avec l'approche systémique que cela suppose, et à dresser des états des lieux régulièrement.

A ce titre, elle prépare un Livre Blanc en vue des prochaines élections présidentielles.

Un peu d'histoire

C'est l'une des premières associations françaises, créée le 4 mars 1848 sous le nom de Société Centrale des Ingénieurs Civils, le jour même du vote de la liberté de réunion entre citoyens. Reconnue d'utilité publique par Napoléon III en 1860, et présidée par Gustave Eiffel lorsqu'il construisait sa tour, sa mission principale est de promouvoir la qualité de la filière française d'études scientifiques et techniques, et son adéquation au marché de l'emploi.

Aujourd'hui, la plupart des associations d'anciens élèves d'écoles d'ingénieurs sont membres d'IESF ainsi que des associations regroupant des scientifiques sur une région ou autour d'un thème spécifique.

Fonctions « officielles »

Les IESF représentent la France dans les organisations internationales d'ingénieurs à Bruxelles (Fédération Européenne des Associations Nationales d'Ingénieurs - FEANI) et à l'UNESCO (Fédération Mondiale des Organisations d'Ingénieurs - FMOI).

Les IESF représentent également les professionnels dans la Commission des titres d'ingénieurs qui habilite les écoles à délivrer le titre d'ingénieur et siègent à la commission de la FEANI chargée d'attribuer le titre d'*ingénieur européen* (eur.iesf.fr).

Les diplômes français sont recensés dans le « Répertoire des Ingénieurs et Scientifiques » (repertoire.iesf.fr) géré par les IESF, permettant d'obtenir des certificats d'inscription numériques certifiés (labellis.iesf.fr) ou papier.

Enfin, on signalera que depuis 1890, vingt ans avant l'enveloppe Soleau, un service de plis cachetés est proposé pour la protection de

l'antériorité d'une invention. A ce jour, plus de 23 000 enveloppes ont été déposées.

Un acteur majeur des débats scientifiques, technologiques et économiques

Les 17 comités sectoriels des IESF rassemblent des connaissances de différents domaines d'activité désireux d'apporter une vue d'ensemble et une contribution des ingénieurs et des scientifiques aux grands débats nationaux.



Ils partagent leurs informations et leurs réflexions avec des partenaires variés. Ils identifient et analysent des problèmes complexes et importants pour notre avenir qui nécessitent une compréhension des techniques omniprésentes, mais aussi une conscience des autres facteurs, économiques et sociaux. Ils s'efforcent de proposer des solutions concrètes et réalistes.

Ces travaux font l'objet de conférences et de publications, en particulier dans **les cahiers d'IESF**.

Les comités sectoriels s'intéressent à :

- des secteurs d'activité : aéronautique, agroalimentaire, chimie, eau, énergie, génie civil et bâtiment, mécanique, nanotechnologies, numérique, transports ;
- des thématiques plus générales : défense, économie, environnement, innovation et R&D, intelligence économique et stratégique, maîtrise des risques opérationnels.

Dans le domaine défense, on notera la publication ces dernières années de réflexions menées en collaboration avec le CGARM :

- comment avancer vers l'Europe de l'armement ? (2019) ;
- des ingénieurs pour bâtir la défense de l'avenir (avril 2017) ;
- aspects éthiques et sociaux des nouvelles technologies de défense (2015).

A l'occasion des échéances électorales de 2022 et comme il y a cinq ans, le **Livre Blanc 2021 des IESF** est en préparation. Ce document proposera des pistes d'**actions et de réflexion**, accompagnées d'un **engagement professionnel et citoyen profond**.

Le métier d'ingénieur, promotion et services offerts

Au-delà des activités ci-dessus, trois actions phares jalonnent la vie des IESF, allant de pair avec la profonde connaissance des métiers réunie aux IESF :

- **l'Enquête Nationale IESF** ;
- **la « PMIS »** ou promotion du métier d'ingénieur ;
- **les « JNI »** ou journées nationales de l'ingénieur.

Depuis 60 ans, IESF réalise une grande Enquête Nationale

; celle-ci dresse un panorama complet et unique dans le monde de la situation professionnelle et socio-économique des ingénieurs et scientifiques diplômés en France. En 2021, 55 000 ingénieurs et scientifiques ont répondu au questionnaire de cette enquête ! Son exploitation permet à tout ingénieur ou scientifique de se situer, et pas seulement sur le plan du salaire. Des rapports spécifiques sont également fournis sur demande à de multiples organisations. On peut affirmer que c'est une mine d'informations comme il en existe peu.

La promotion des métiers d'ingénieurs et de scientifiques (PMIS)

est une composante majeure de l'action des IESF, à laquelle contribue une bonne partie de ses 1 500 bénévoles. Ils témoignent avec passion de leurs expériences professionnelles auprès des collégiens et des lycéens. Ce programme répond à une demande du corps académique, des parents et des institutions. Il vise à montrer que les métiers d'ingénieurs et scientifiques sont porteurs en termes d'emploi et apportent une forte satisfaction professionnelle à ceux qui s'y sont engagés.

Les journées nationales de l'ingénieur (JNI) sont organisées depuis 2013 avec pour objectifs de : « promouvoir et valoriser nos métiers

auprès du public et des décideurs, renforcer le sentiment d'appartenance à la communauté, encourager à s'engager, entreprendre et innover pour agir ». Les JNI sont jumelées avec le *World Engineering Day* souhaité par l'UNESCO depuis 2020 et géré par la FMOI. Pendant deux semaines, sous le patronage du Président de la République, les **comités IESF régionaux** et nombre d'associations partenaires organisent une multitude d'événements labellisés JNI : conférences, tables-rondes, colloques, journées portes ouvertes, ateliers de promotion des métiers, remise de prix, etc. IESF organise également un événement national à cette occasion. Cette année, 72 événements, certains en mode « virtuel » ont fait participer plus de 10 000 personnes. ☺

En résumé : une immense action bénévole, des milliers d'ingénieurs au service d'une communauté d'un million de leurs... et... « une façon de nous montrer reconnaissants pour ce que nous avons reçu de la République, qui nous a permis de pratiquer des métiers enthousiasmants et gratifiants ».



Xavier Bouis,
président du
comité sectoriel
aéronautique des
IESF

Xavier Bouis, X65, ISAE-Sup-Aéro70, ICA, électronicien-radariste devenu aérodynamicien, pionnier de l'anémométrie laser à l'ISL, a dirigé les souffleries de Modane puis la création de la soufflerie cryogénique européenne ETW à Cologne. Il a été de 2003 à 2010 Directeur Technique Général de l'ONERA. Membre de l'Académie de l'air et de l'espace, il préside le Comité sectoriel aéronautique des IESF.



La CAIA : Peux-tu nous rappeler ton parcours d'ingénieur système ?

Olivier Dessoude : Mes premiers contacts avec l'IS datent des années 1990, avec DCN Ingénierie, pour un appel d'offres avec la Norvège. Il fallait utiliser le standard US MIL-STD-499-B draft. Nous avons commencé par l'analyser pour mieux nous adapter à cette démarche. A la même époque, nous avons commencé à déployer des outils de gestion des exigences.

Ensuite, j'ai travaillé dans le secteur nucléaire civil du groupe AREVA, à la fin des années 2000. Avec un groupe d'ingénieurs issus de Technicatome, Airbus et d'autres, nous voulions introduire l'ingénierie système en commençant par des projets de R&D. En huit ans, c'est devenu un projet de transformation d'entreprise, qui a convaincu un certain nombre de managers. Nous avons aussi trouvé une convergence avec EDF qui menait une démarche analogue pour ses grands projets.

« 18 000 MEMBRES, DONT PRÈS DE LA MOITIÉ SONT AMÉRICAINS,..., ET 4000 CERTIFIÉS. »

En 2017, je suis revenu chez Naval Group pour travailler sur des programmes export. J'y ai trouvé l'occasion de nouer des relations très fortes et positives avec mes interlocuteurs internationaux.

L'INGÉNIERIE SYSTÈME, SPÉCIALITÉ DU GÉNÉRALISTE



L'ingénierie Système (IS) s'est structurée ces dernières décennies et, en 1998, 13 grands groupes ont créé l'AFIS, Association Française d'Ingénierie Système, elle-même membre au niveau mondial de l'INCOSE (International Council on Systems Engineering). Interview d'Olivier Dessoude, responsable IS chez Naval Group et Directeur Technique adjoint de l'INCOSE.

Se faire certifier INCOSE ?

Depuis 2004, l'INCOSE certifie des personnes pour leur connaissance, formation et expérience en ingénierie système. Elle évalue de manière indépendante les candidats. Trois niveaux sont proposés, ASEP (associé) sur la connaissance, CSEP (certifié) sur une expérience confirmée, et ESEP (expert) attestant du leadership, des réalisations importantes et une expérience significative.

Le niveau ASEP s'obtient pour 5 ans sur la base d'un QCM à passer en ligne sous contrôle du système examity, 120 questions reprenant des éléments du SE Handbook V4.

Le CSEP, valable 3 ans, demande en complément une expérience de 5 ans en SE, et des références de personnes qualifiées. A noter : la préparation pour le niveau CSEP est éligible au compte personnel de formation (CPF) et vise un diplôme inscrit au registre national des compétences professionnelles (RNCP).

L'ESEP requiert 25 ans dans le domaine, et le témoignage de référents, et est acquis à vie.

Derrière les USA (plus de 2000 certifiés), France, Allemagne, UK et Chine sont à équivalent avec près de 200 certifiés, sachant que la Chine a lancé un programme massif de certification.

Côté entreprises, Airbus et Thales sont respectivement en 2^e et 6^e position.

Pour passer à l'action : certification@afis.fr



La CAIA : Tu es directeur technique de l'INCOSE, comment es-tu arrivé là ?

OD : On n'y arrive pas par hasard, et je devais sans doute avoir une tournure d'esprit systémique ! J'ai toujours été en contact avec l'AFIS (Association Française d'Ingénierie Système), dont Dominique Luzeaux fut président, mais j'ai davantage été actif au niveau international au sein de l'INCOSE. En 2015, j'ai été volontaire pour suivre un cycle de formation de deux ans intitulé *Technical Leadership Institute*, et suis membre de la première

promotion. Jean Claude Roussel, ancien DT et ancien président de l'AFIS, m'a poussé à candidater au poste de directeur technique, et j'ai été choisi pour un mandat de quatre ans, deux ans en tant qu'adjoint et deux ans en tant que directeur.

C'est un poste bénévole qui me prend environ 15 % de mon temps. Je suis membre du Board et responsable de *TechOps*.

La CAIA : En quoi l'INCOSE est-elle une société savante ?

OD : C'est d'abord une association

professionnelle de spécialistes. L'INCOSE a les caractéristiques d'une société savante particulièrement productive, et en lien avec de nombreuses autres organisations.

J'ai ainsi la tutelle d'une cinquantaine de *working groups* techniques sur des sujets très variés. Parmi les produits que nous élaborons, on peut citer le « Systems Engineering Handbook » ou le « Guide for Writing Requirements », qui sont bien connus.

L'INCOSE organise deux événements annuels, TechOps assure la programmation de l'*International Workshop* chaque hiver, et participe à l'*International Symposium* chaque été. À plus grande échelle, l'INCOSE est présente dans 68 pays et comprend 18 000 membres, dont près de la moitié sont américains.

Je dirais que l'ingénierie système est la science particulière du généraliste. L'IS a bien une dimension scientifique, mais elle est surtout une compilation de bon sens d'ingénieur qu'on essaie de consolider et de partager.

L'ingénierie système est ainsi une discipline que je qualifierai de socio-technique. D'ailleurs, j'observe une volonté de nous rapprocher des sciences sociales, avec par exemple une production sur l'art de la communication technique, ou la prise en compte des écarts culturels liés aux nationalités, aux métiers et à leur jargon dont bien sûr l'informatique.

Art et communication technique ?

Rédiger une spécification est un acte de communication, dont le contenu doit être clair, complet et auto-porteur, si possible sans connaissance implicite. Y compris lorsqu'on échange de l'information technique, il faut faire preuve d'empathie pour s'assurer que l'on a compris et que l'on est compris.

L'INCOSE se distingue cependant de l'ISSS, International Society for Systems Science, qui regroupe davantage d'experts, sociologues ou philosophes.

Nous travaillons en proximité avec les organismes de normalisation comme l'ISO qui produit le fameux ISO 15288, mais aussi l'OTAN qui définit le cadre de référence NAF.

Nous avons des liens avec l'IEEE, une société savante plus ancienne que nous, forte de 420 000 membres. L'IEEE a notamment décliné pour le compte du DoD américain la norme ISO devenue IEEE 15288.1 et .2 qui régit l'application de l'IS aux programmes de défense américains.

Nous organisons des certifications, et il y a aujourd'hui 4000 SEP (Systems Engineering Professionals) certifiés par l'INCOSE, dont un nombre respectable issu de la filière aéronautique et de défense européenne.

Il y a une intersection entre le domaine de l'IS et celui de la gestion de projet.

L'INCOSE a donc des relations étroites avec le PMI (*Project Management Institute*), même si ce dernier a un modèle économique différent du nôtre, ce qui complique parfois les choses.

Bon à savoir :

En étant cotisant de l'INCOSE, ce qui se fait automatiquement si l'on est aussi cotisant de l'AFIS, on a accès gratuitement à une vaste bibliothèque, aux groupes de travail, et les formations ou certifications sont à prix coûtant...

La CAIA : Les IA ont-ils quelque chose à faire dans ces associations ?

OD : L'ingénierie système est très présente dans le secteur de la défense et de l'aéronautique. Les ingénieurs de l'armement, compte tenu de l'internationalisation des programmes qui nécessite un langage commun, sont évidemment concernés. Le pilotage des programmes d'armement fait largement appel à l'ingénierie des systèmes complexes, et même des systèmes de systèmes.

Il faut cependant savoir définir le juste effort en fonction du contexte. Tout peut être analysé comme un système, avec son environnement, son sur-système... on peut vite s'y perdre et il faut s'arrêter au niveau où l'on peut agir utilement. Certains projets peuvent être traités en *little se*, avec par exemple une équipe réduite de trois personnes pour s'occuper de ce thème, d'autres demandent d'être traités en *Big SE*, où l'on se met à modéliser et outiller un peu tout, à commencer par le besoin opérationnel et parfois mêmes les contrats, si bien qu'on se retrouve parfois face à des équipes de 30 personnes.

L'AFIS et l'INCOSE sont enfin des lieux où l'on peut croiser des personnes qui font face à des problèmes souvent proches des siens et des solutions parfois différentes, rendant ainsi ces échanges très enrichissants pour chacun. On utilise l'IS jusqu'en Mongolie... ☺



AFIS, Association Française d'Ingénierie Système

Initialement fondée par 13 groupes en 1998, l'AFIS compte aujourd'hui 50 entreprises membres et 1100 adhérents individuels.

Elle a pour but de favoriser et promouvoir l'IS et ses usages, ainsi que favoriser les échanges entre membres et assurer une représentation professionnelle.

Ses adhérents interviennent dans la plupart des grands systèmes de transport, défense, aéronautique et spatial, énergie mais aussi contrôle commande, monétique, etc.

Elle possède plusieurs missions, dont une mission normalisation, et une dizaine de comités techniques s'intéressant par exemple aux facteurs humains, à la gestion de configuration, aux systèmes de systèmes. Elle édite des ouvrages techniques, organise des webinaires «1 thème, 1 heure», des journées thématiques et différentes rencontres.

L'AFIS est adhérente de l'INCOSE et a choisi le SE Handbook comme référence, complété par «Découvrir et comprendre l'ingénierie système» édité en interne. Bien du chemin a été franchi depuis le « Méthodes de Management de Programme DGA / AQ902 » de Jean Cavallès !

Propos recueillis
par Jérôme de Dinechin



L'INGÉNIERIE SYSTÈME

COEUR DE MÉTIER DES IA À LA DGA

Interview de Jean-Philippe Masson,
Sous-directeur de l'ingénierie de DGA/IP

La CAIA : Comment s'est structurée l'ingénierie système ces dernières années à la DGA ?

Jean-Philippe Masson : L'ingénierie système n'est pas un sujet nouveau pour la DGA. Mais elle a connu des développements récents avec une feuille de route signée du Délégué en 2018, qui prévoyait trois phases pour son développement. Eric Esteve, IGA, a été chargé de mettre en place les premiers outils et de les expérimenter. Cela a donné lieu à la création d'une formation particulière à l'ENSTA, baptisée formation avancée à l'ingénierie système ou FAIS. La deuxième phase, de 2018 à 2020, fut celle de la généralisation de ces outils à l'ensemble des programmes, en parallèle de la refonte et la simplification de l'instruction sur le déroulement des opérations d'armement, la « 1618 ».

Nous sommes depuis cette année en pérennisation de notre démarche d'ingénierie système.

La CAIA : Concrètement, cela prend quelle forme ?

J-P M : Dans la conduite des programmes, nous avons un travail d'ingénierie des exigences, et de déclinaison des exigences de niveau système vers les sous-systèmes et niveaux plus détaillés à l'aide de l'outil DOORS. Ensuite nous avons une modélisation des architectures,

des interfaces, et des scénarios d'utilisation dans l'outil MEGA. Enfin nous avons une logique de traçabilité lors de la remontée du cycle en « V », à l'aide d'outils centralisés, Testlink qui permet de gérer les campagnes de tests et Mantis, outil de gestion des faits techniques. Ces outils sont partagés entre les différents partenaires, DGA, industriels, forces. Ces pratiques existent depuis longtemps à la DGA, mais aujourd'hui toutes ces démarches sont traitées dans des outils collaboratifs.

Nos architectes, qui ont le rôle de spécifier et de réceptionner les systèmes de défense, organisent pour cela la traçabilité amont/aval.

La CAIA : Le système n'est-il pas parfois trop lourd ?

J-P M : Nous essayons de revenir au niveau des besoins correspondant à l'envergure de chaque opération. Pour autant que cela puisse se faire, nous avançons sans dogme et avec le plus de souplesse possible. Les décisions d'utiliser tel ou tel outil, et le niveau de détail, sont prises en équipe, DGA, industriels et forces, dans le cadre de l'instruction 1618. L'équipe technique a la main, mais c'est une décision collective.

La CAIA : Quelle formation pour les jeunes ingénieurs de l'armement ?

J-P M : Chaque année, 20 à 30 ingénieurs de la DGA suivent la formation FAIS. Celle-ci est adaptée chaque année pour mieux répondre aux besoins. L'objectif est que les ingénieurs soient en mesure de par-

tager les données d'ingénierie telles que les modélisations d'architectures avec leurs équipes, et même si la production s'écarte un peu des standards normatifs, mais que le partage d'informations est effectif, on a gagné ! Dans les centres techniques de la DGA, il existe aussi des personnels affiliés à l'AFIS et à l'INCOSE qui nous tiennent au courant des principales avancées.

La CAIA : Quelles sont les prochaines étapes ?

J-P M : Pour aller plus loin, nous avons établi en 2021 un *scoring* sur la prise en compte de l'ingénierie système dans tous les programmes d'armement passant en CMI¹. Une vingtaine ont déjà été évalués.

La démarche d'ingénierie système se déploie aujourd'hui avec un enjeu de maîtrise supplémentaire en raison du développement des systèmes de systèmes. C'est un mouvement global, car les projets sont aujourd'hui de plus en plus tentaculaires. Si l'on pense au SCAF², il ne s'agit plus d'un avion mais d'un ensemble de moyens connectés. Il en est de même pour le MGCS³. Nos ingénieurs ont tout intérêt à intégrer cette compétence, qui constitue une langue commune pour réaliser des grands systèmes complexes militaires comme civils. ☺

Propos recueillis
par Jérôme de Dinechin

1 : Comité Ministériel d'Investissement
2 : Système de Combat Aérien Futur
3 : Main Ground Combat System

ROXEL : DES ENJEUX

ET DE TRÈS BELLES PERSPECTIVES !



Étienne Galan

Joint-venture de Safran et MBDA (50/50), Roxel est un acteur incontournable du secteur de la propulsion, mais aussi une pépite indispensable à la base industrielle de défense et à la souveraineté européenne et française. Le point avec son Président Exécutif, Étienne Galan.

Dans le secteur de la défense et plus particulièrement le secteur de la propulsion, quelles sont les forces de Roxel ?

Roxel est une entreprise à taille humaine qui rassemble avant tout des hommes et des femmes passionnés par leur métier. Positionnés sur un secteur où il existe un fort besoin en compétences de pointe diverses et variées (chimie, mécanique, balistique, résistance des matériaux...), nous sommes mobilisés sur un important nombre de programmes qui nous permet justement de maintenir nos compétences dans la durée. Roxel maîtrise l'ensemble de la chaîne de valeur, de la conception aux essais en passant par la fabrication de la structure, du chargement ou des protections thermiques.

Aujourd'hui, Roxel se transforme pour renforcer son positionnement et développer son excellence opérationnelle. Comment cela se traduit-il ?

Nous avons lancé notre transformation en nous appuyant sur des principes éprouvés chez Safran, et redynamisant la relation essentielle avec MBDA, notre premier client en volume. Cette transformation s'articule autour de plusieurs axes complémentaires :

- Le déploiement de l'excellence opérationnelle en suivant les principes de « One Safran », une démarche mise en place il y a 5 ans ;
- Des chantiers autour du pilotage de programmes, de l'industrialisation, du pilotage de la supply chain... ;
- Le renouvellement de l'équipe de direction, le renforcement de la présence du management sur le terrain pour soutenir les équipes, la mise en place d'un Balanced Scorecard (BSC), la modernisation des relations entre le management et les équipes, une communication repensée.

Nos équipes dynamiques, engagées et passionnées par leur métier n'attendaient qu'une transformation du management pour donner le meilleur d'elles-mêmes.

En parallèle, comment appréhendez-vous la dimension innovation dans un secteur où la R&D est clé ?

Notre principal enjeu est de proposer à nos clients des solutions en adéquation avec leurs besoins sur le moyen et le long terme. Dans cette démarche, nous sommes, bien évidemment, à l'écoute de nos clients, mais nous promovons également la génération d'idées innovantes portées par nos équipes en interne. Cela contribue, d'ailleurs, à l'optimisation de notre organisation, notre productivité ou nos processus. Cet effort est soutenu par nos actionnaires avec plus de 5 % de notre chiffre d'affaires qui est alloué à la R&D.

Aujourd'hui, les projets d'innovation qui nous mobilisent couvrent différents sujets, dont les matériaux, la modulation et la direction de la poussée, ainsi que le cycle de vie du produit et son empreinte carbone avec un focus sur la fin de vie.

Au cœur de votre activité, on retrouve l'enjeu stratégique de la souveraineté. Qu'en est-il ?

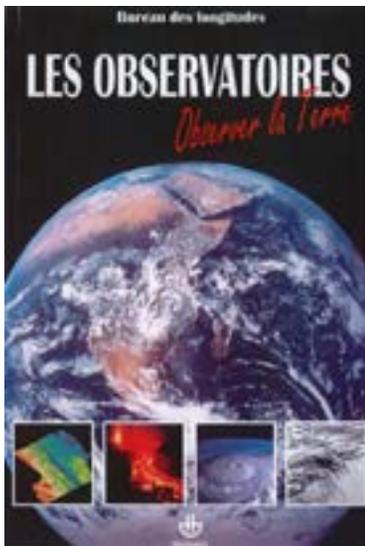
Roxel est une entreprise binationale franco-britannique, qui a la capacité de servir l'ensemble des besoins européens et alliés en termes de motorisation de missiles. En effet, nous contribuons activement à la souveraineté de notre pays qui doit pouvoir s'appuyer sur un industriel compétitif dans le domaine des moteurs de missiles. Dans ce cadre, nous sommes confrontés à de forts enjeux de satisfaction de nos clients et de performance économique. Notre challenge est de maintenir un cercle vertueux qui couvre la performance, la satisfaction client et la présence sur les programmes de propulsion solide afin de contribuer notamment à la souveraineté de la France dans ce domaine stratégique des systèmes de combat. Il s'agit aussi de trouver une voie créatrice de valeur avec les clients britanniques afin que le caractère binational de Roxel soit un véritable atout. Néanmoins, cela va nécessiter plus d'investissement britannique dans sa base industrielle et technologique de défense (BITD), et en particulier Roxel.

LE BUREAU DES LONGITUDES

UN LIEN FORT ET PÉRENNE ENTRE RECHERCHE ET APPLICATIONS DANS LES SCIENCES DE L'UNIVERS

Par Yves Desnoës, IGA

L'intitulé du Bureau est trompeur : les longitudes au sens commun ne sont plus un problème depuis longtemps, surtout depuis l'avènement des satellites de positionnement, mais le positionnement à la surface de la planète, et plus généralement dans l'univers, est toujours en progrès. Les missions du Bureau sont bien plus étendues, englobant les sciences de l'univers : planète liquide, planète solide, planète gazeuse et espace.



Des ouvrages scientifiques sur des thèmes critiques.

Les académies de l'ancien régime, supprimées en 1793, furent re-crées sous une autre forme dès 1795, en commençant par le Bureau des longitudes en juin, suivi par l'Institut en octobre.

Après un rôle plus opérationnel au 19^e siècle, avec notamment la supervision des observatoires, le Bureau joue maintenant un rôle traditionnel pour une académie, consistant à rassembler des personnalités de haut niveau dans les multiples domaines des sciences de l'univers. Dans ces domaines, les membres mettent en commun leurs compétences pour émettre des avis sur des questions scien-

tifiques, publier divers ouvrages scientifiques ou historiques et organiser la diffusion de l'information scientifique à destination d'un large public par des conférences mensuelles et des journées scientifiques annuelles¹. Le Bureau conserve une mission opérationnelle pour la publication et la mise à disposition du public des éphémérides astronomiques de caractère national (Annuaire du Bureau des longitudes, Connaissance des Temps et Ephémérides nautiques). Il a la responsabilité scientifique de ces éphémérides dont la réalisation est confiée, depuis 1998, à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides de l'Observatoire de Paris.

Le "cœur de métier": l'espace et le temps

Depuis ses origines, le Bureau a été au centre des travaux sur la mesure de ces grandeurs, mesure nécessaire pour situer toute autre mesure sur notre planète ou dans l'espace. Les progrès en précision ont été spectaculaires, puisque l'on est passé des kilomètres il y a deux siècles aux millimètres maintenant. A ces précisions, nos bons vieux continents ne sont plus fixes et la configuration la plus précise est constituée par diverses constellations de satellites orientées par des visées sur des quasars lointains. Pour conserver une précision co-

hérente sur le long terme, le renouvellement des constellations sans discontinuité est primordial. Le Bureau suit de près tous ces sujets et s'exprime lorsqu'il le juge nécessaire. Il est un des fondateurs du Groupe de recherche de géodésie spatiale et a publié en 2017 un ouvrage qui fait le point sur les "références de temps et d'espace".

Une Académie ouverte sur les applications techniques

L'une des particularités du Bureau des longitudes est d'accueillir des membres dits "en service extraordinaire" appartenant aux principaux organismes utilisateurs : Centre National d'Etudes Spatiales, Institut national de l'information géographique et forestière, Météo France, Observatoire de Paris, Service hydrographique et océanographique de la Marine. L'Académie de l'air et de l'espace et l'Académie de Marine sont également représentées de cette manière.

C'est en tant que membre en service extraordinaire au titre du SHOM² que j'ai connu le Bureau, qui m'a fait l'honneur après quelques années de m'accueillir comme membre correspondant. J'ai en particulier contribué à l'ouvrage sur Galileo et à celui sur les observatoires et l'observation de la terre.

1 : voir <https://site.bdlg.fr/> ou s'inscrire sur la liste de diffusion auprès de : contact@bureau-des-longitudes.fr

2 : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

BUREAU DES LONGITUDES
CONFÉRENCES PUBLIQUES
4^{ème} trimestre 2021

Mercredi 6 octobre 2021 à 14 h 30
Pourquoi la nuit est-elle noire?
François MIGNARD (Bureau des longitudes, OCA)
 Lieu : ENS, salle Froidevaux - E314, 24 rue Lhomond, 75005 Paris

Mercredi 3 novembre 2021, à 14 h 30
Six satellites en quête de planètes...
Michel VISO (Innovaxiom)
 Lieu : ENS, amphî Galois / bâtiment Rataud, 45 rue d'Ulm, 75005 Paris

Mercredi 1er décembre 2021, à 14 h 30
La crise sismo-volcanique de Mayotte : Mise en place d'un réseau de surveillance volcanologique et sismologique (REVOSIMA)
Anne LE FRIANT (IPGP)
 Lieu : amphî IPGP, 1 rue Jussieu, 75005 Paris

Les ingénieurs de l'armement et le Bureau des longitudes : une longue histoire

Depuis la création du Bureau, les ingénieurs de l'armement et leurs prédécesseurs, une trentaine au total, y ont été représentés presque exclusivement par les ingénieurs hydrographes. Une exception notable : Jean-Charles Borda (1733 - 1799), un des fondateurs, qui fut officier du génie terrestre, ingénieur du génie maritime et géodésien ; il perfectionna en particulier le cercle à réflexion qui fut l'instrument de base du positionnement précis en vue des côtes pendant plus d'un siècle. Cf. site.bdlg.fr/wp-content/uploads/2019/12/BDL4_Borda.pdf

Parmi cette trentaine, il a fallu faire un choix. Nous en présentons

quatre, en donnant aux trois premiers le titre de Directeur du SH³, même si au 19^e siècle leur titre était "hydrographe en chef". Notons qu'ils débutèrent tous leur carrière par de nombreuses missions sur les côtes de France et outre-mer.

Parmi eux, il faut citer Charles François Beautemps-Beaupré (1766 - 1854) qui fut qualifié de "père de l'hydrographie moderne". Les méthodes de levé qu'il mit au point pendant l'expédition de d'Entrecasteaux à la recherche de Lapérouse changèrent peu au cours du 19^e siècle et il dirigea un grand nombre de levés aboutissant au "Pilote français" comportant 150 cartes de Dunkerque à Bayonne. Il fut Directeur du SH de 1826 à 1848, année de ses 82 ans !

Pour le milieu du 19^e siècle, nous retiendrons Anatole Bouquet de la Grye (1827-1909) qui, en plus de nombreux levés hydrographiques, réalisa des observations astronomiques qui lui valurent de recevoir deux prix de l'Académie des sciences. Il fut Directeur du SH de 1886 à 1891. Il participa aux jurys des prix de l'exposition universelle de 1900 et fut l'initiateur d'un projet "Paris port de mer" auquel il consacra beaucoup d'énergie pendant sa retraite.

A la charnière des 19^e et 20^e siècles, Joseph Renaud (1854-1921) est surtout remarquable par son action internationale qui aboutit à la création du Bureau hydrographique international en 1921. Il fut directeur du SH de 1913 à 1919.

Pour le milieu du 20^e siècle, Henri Lacombe (1913-2000) est particulièrement intéressant car, après une vingtaine d'années au SH, il fut l'un des principaux initiateurs de la recherche océanographique en France en créant la première chaire dans ce domaine au Muséum d'histoire naturelle. Il reçut deux prix de l'Académie des sciences. ☺



Yves Desnoës,
membre correspondant du Bureau des longitudes

Yves Desnoës, IGHCA, a mené une double carrière, consacrée pour moitié à l'environnement marin, notamment au SHOM, dont il a été directeur, et pour moitié aux systèmes d'information. Il a été le fondateur du programme SC-COA - Système de commandement et de conduite des opérations aériennes dès 1986. Il est membre correspondant du Bureau des longitudes et ancien président de l'Académie de Marine.

LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

LE RÉSEAU DES CHIMISTES

Par Mathieu Xémard, IPA

Comme l'industrie de l'armement, la chimie est souvent associée à des images très négatives auprès du grand public ; elle est pourtant au cœur de la vie quotidienne. La Société Chimique de France lutte contre ces préjugés pour faire comprendre l'importance sociétale de la chimie.

Lorsque l'on pense aux sociétés savantes, deux images viennent facilement en tête : celle d'un rassemblement de druides chevelus ou celles de Dr Faust, apprêtés de redingotes et chapeaux haut-de-forme, discutant dans un amphithéâtre (le grand amphi de la Sorbonne ou l'amphi Poincaré de l'ancienne École polytechnique, que beaucoup de lecteurs connaissent sans doute, conviennent parfaitement à la scène). La Société Chimique de France (ou SCF), créée à Paris en 1857, a connu des membres ayant fait cours dans ces deux amphis. Elle ne se compose cependant pas que de savants fous se réunissant en forêt des Carnutes pour préparer des potions magiques à la pleine lune. On notera que la chimie est souvent associée à un certain ésotérisme dans les milieux scientifiques (notamment en classes prépa...) et a une image parfois très négative auprès du grand public. L'un des objectifs de la SCF est ainsi de contrebattre ces préjugés en agissant pour que le rôle de la chimie soit reconnu tant par les acteurs scientifiques que par les instances gouvernementales et la société. Ce travail est également porté au niveau européen et mondial (au travers de l'*European Chemical Society* et de l'*International Union of Pure and Applied Chemistry* dont la SCF est membre).

Cet effort de communication est notamment porté par le journal de vulgarisation de la SCF, *L'Actualité chimique*. Celui-ci s'adresse à



un public scientifique francophone mais ne nécessite pas de connaissances approfondies en chimie pour être lu ; il était d'ailleurs souvent utilisé pour les épreuves d'analyse de documents scientifiques du concours d'entrée à l'École polytechnique. Le site internet de la SCF présente également un certain nombre d'outils pédagogiques à destination du grand public. Par exemple, une rubrique interactive « Actualité Chimique découverte » à destination des lycéens ou un recueil de fiches « Un point sur... » à destination principalement d'étudiants en licence ou master qui présente de façon succincte des

grandes problématiques de recherche en chimie. L'objectif de ces outils pédagogiques est de faire comprendre que la chimie intervient dans la vie de tous les jours.

Un fort lien avec l'industrie

Si la plupart des partenaires de la société sont académiques (notamment avec le CNRS ou avec le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation), la chimie a traditionnellement un lien très fort avec l'industrie. Ainsi une division de chimie industrielle a été créée pour réaliser l'interface entre les sciences chimiques telles qu'elles sont souvent faites dans les laboratoires académiques et les applications industrielles. Cette division attribue également un prix annuel de 1500 € pour récompenser un scientifique ayant effectué un travail reconnu qui conduit, de plus, à une industrialisation.

Quelques défis de la chimie en 2021

En 2021, un grand nombre de problématiques porteuses sont liées à l'environnement et visent à instaurer une chimie plus durable. Ainsi, l'amélioration de l'efficacité de la synthèse de l'ammoniac, produit de base pour la synthèse de la plupart des engrais (et 2 à 5 % de la consommation énergétique mondiale), est à l'origine depuis plus d'un siècle de l'un des « Saint Graal » des chimistes inorganiciens (l'activation en conditions douces du diazote). D'autres travaux porteurs du domaine s'intéressent à la photosynthèse artificielle ou aux batteries.

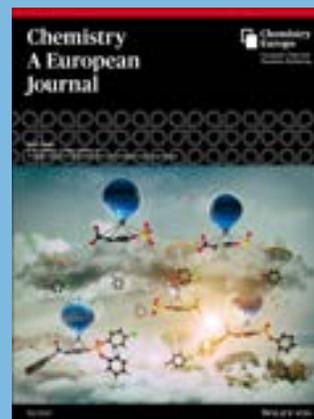
La catalyse et l'optimisation de nombreuses réactions sont également largement étudiées dans l'optique de diminuer l'impact écologique de la synthèse de nombreux composés.

Enfin, en chimie analytique, le traitement de la complexité et de la multiplicité des échantillons est l'une des problématiques majeures (et désormais souvent en interface avec les mathématiques appliquées et l'intelligence artificielle).

La SCF en quelques chiffres

Forte de quelques milliers d'adhérents venant à la fois des milieux académiques et industriels, la Société Chimique de France est structurée en 7 divisions scientifiques, 2 divisions transverses, 14 groupes thématiques et 15 sections régionales. Un réseau des jeunes fédère les chimistes de moins de 35 ans et se décline lui-aussi en sections régionales.

La SCF remet 3 grand prix (le Prix Achille Le Bel, le Prix Pierre Süe et le Prix Félix Trombe) mais aussi la médaille Lavoisier. Il existe également un certain nombre de prix attribués par chacune des divisions scientifiques ainsi que des prix multinationaux. Elle est, en sus de *L'Actualité chimique*, copropriétaire de 7 revues scientifiques à comité de lecture dont *Chemistry : A European Journal*.



Dans le cadre de son travail de mise en réseau des membres, la SCF s'engage également pour l'insertion professionnelle des chimistes en communiquant des offres d'emplois et de stages et en disposant d'une banque de CV accessibles aux membres. Le réseau des jeunes de la SCF organise également des événements (présentations d'entreprises ou ateliers CV) pour aider les étudiants en chimie à s'intégrer dans le monde professionnel.

Quid des problématiques « défense » dans tout cela ?

De façon étonnante, la SCF n'a qu'assez peu de lien avec les armées. Ces liens assez distendus sont sans doute liés à une certaine frilosité du ministère des Armées à communiquer sur les activités du domaine NRBC. Un certain nombre de divisions scientifiques et/ou groupes thématiques de la SCF traitent pourtant de problématiques pouvant intéresser la défense (Division de chimie physique, Division de chimie des matériaux, groupes « Chimie et environnement », « Formulation », « Dégradation et comportement au feu des matériaux organiques », etc.).

Ces groupes thématiques animés par des scientifiques permettent notamment d'échanger sur des problématiques spécifiques aux interfaces de la chimie avec d'autres domaines/sciences. Ils permettent également d'accéder facilement à un réseau de chercheurs et industriels intéressés par certaines problématiques spécifiques. Les divisions scientifiques sont de plus grande taille ; elles organisent des conférences d'un très bon niveau scientifique et remettent des prix et des bourses (financement pour des congrès ou l'organisation d'événements notamment). Elles sont un bon moyen de maintenir une expertise technique et scientifique, en se maintenant à jour des connaissances les plus avancées, et de connaître la communauté chimique française, ce qui peut s'avérer fort utile à l'heure de signer un marché d'étude ou même d'écrire les spécifications techniques de certains programmes d'armement.

En outre, lors de ces conférences ou congrès, il est souvent possible pour des partenaires industriels ou étatiques de disposer de stands de

communication et parfois même de créneaux courts de présentation en conférence plénière. Ainsi nos homologues britanniques du DSTL tenaient un stand lors du congrès de l'*European Chemical Society* qui a eu lieu à Liverpool à l'été 2018. Ils ont pu ainsi assister à tout ou partie des présentations des chercheurs, présenter une partie de leurs activités et recruter du personnel qualifié.

La grande technicité des problématiques NRBC et la nécessité de maintenir une expertise de haut niveau devrait, en France aussi, favoriser un rapprochement entre les sociétés savantes, notamment la SCF, la DGA et l'Agence de l'Innovation de Défense. ☺



Mathieu Xémard,
Chargé
d'expertise NRBC

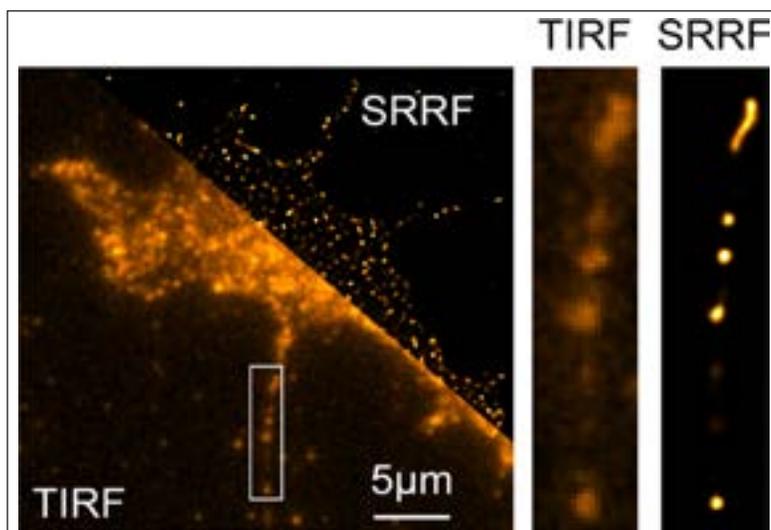
Après une formation par la recherche en chimie à l'École polytechnique, Mathieu Xémard est depuis 2018 chargé d'expertise et d'essais à DGA Maîtrise NRBC. Il est membre des divisions « Chimie de coordination » et « Chimie physique » de la Société Chimique de France.

OUVERTURE DES SOCIÉTÉS SAVANTES DES SCIENCES DU VIVANT EN DEHORS DE LEUR DOMAINE D'EXPERTISE

REGARD D'UN ANCIEN IA AUJOURD'HUI CHERCHEUR ACADÉMIQUE

Par Xavier Nicol, IA

Les sociétés savantes en biologie se sont longtemps adressées majoritairement à leurs membres, des chercheurs académiques hautement spécialisés. Pour diffuser la connaissance et élargir les échanges entre les contributeurs scientifiques et techniques de divers domaines, elles ont cherché dans les dernières décennies à élargir leurs interactions avec d'autres acteurs allant du grand public aux décideurs politiques, en passant par le monde académique d'autres domaines scientifiques.



Sites d'adhésion cellulaire au sein d'un axone en croissance. Les images sont ici obtenues soit avec une technique de microscopie optique classique (TIRF) soit avec une technique de microscopie à super-résolution (SSRF) permettant d'apprécier le gain de résolution. Les deux images de droite sont un grossissement du cadre blanc de l'image de gauche. Cela démontre le besoin des biologistes de travailler en lien étroit avec les experts de l'imagerie microscopique. Crédit photo : Equipe Développement des cartes sensorielles, Institut de la Vision

Passé au sein de la DGA via la filière Recherche, je me suis converti à la recherche fondamentale par une expérience à l'Université de Californie qui a précédé un retour en France au sein du CNRS. J'ai ainsi pu me rendre compte des interactions limitées entre le monde académique des sciences du vivant et d'autres acteurs sociétaux extra-universitaires. Les sociétés savantes ont un rôle à jouer pour fluidifier ces relations et permettre le transfert de connaissance vers des organisations qui bénéficieraient

des connaissances techniques et scientifiques pointues que peuvent fournir les chercheurs académiques du secteur biologie et santé. Elles se sont attelées à cette tâche par diverses approches.

Interdisciplinarité

L'interdisciplinarité est devenue une nécessité pour l'ensemble de la recherche scientifique. Elle est aujourd'hui omniprésente et son développement a été largement accompagné par les actions des différentes sociétés savantes en

biologie, bien que chacune d'entre elles soit extrêmement spécialisée. Dans les sciences du vivant, le développement de technologies innovantes telles que l'optogénétique, la microscopie à super-résolution ou la culture d'organoïdes a transformé les approches expérimentales utilisées. Les sociétés savantes mettent en relation les développeurs de ces techniques avec leurs potentiels utilisateurs. Elles réservent une part grandissante de leurs actions à ces développements technologiques. C'est en particulier le cas lors de leurs congrès annuels et au sein des journaux scientifiques qu'elles éditent.

Internationalisation

Les sociétés savantes de biologie suivent actuellement la voie d'un regroupement transnational pour favoriser les échanges par-delà les frontières et élargir les communautés scientifiques de leurs domaines d'expertise. Par exemple, l'Organisation Européenne de Biologie Moléculaire (EMBO) et la Société Américaine de Biologie Cellulaire (ASCB) organisent désormais un congrès annuel commun. De la même manière, les sociétés de neurosciences des pays européens se sont regroupées au sein de la Fédération des Sociétés Européennes de Neurosciences (FENS), permettant l'orga-

Optogénétique : Utilisation de protéines sensibles à la lumière identifiées dans la nature ou conçues en laboratoire. Ces protéines permettent de contrôler des événements cellulaires grâce à la lumière. Cette technique est largement répandue pour manipuler l'activité électrique des neurones.

Microscopie à super-résolution : Techniques de microscopie permettant de contourner les contraintes des lois de la physique limitant la résolution de ce type de la microscopie optique (voir illustration).

Organoïdes : Assemblages cellulaires produits in vitro à partir de biopsie et reproduisant de nombreuses caractéristiques d'un organe choisi. Cette technique est en plein essor, en particulier pour la modélisation de pathologies en utilisant du tissu humain, sans être restreint à des échantillons post-mortem.

nisation d'un congrès international bisannuel d'une toute autre ampleur que leurs équivalents nationaux.

Au soutien des décideurs

La transdisciplinarité et l'internationalisation favorisent une meilleure collaboration au sein du monde académique mais permettent peu de nouer des liens avec le monde extra-académique. L'émergence récente du SARS-CoV-2 et la contribution du monde académique à la lutte contre cette pandémie ont rappelé, s'il le fallait, que les gouvernements ont à leur disposition une communauté scientifique prête à émettre des recommandations dans ses domaines d'expertise. Les sciences du vivant ont suffisamment été mises en avant ces deux dernières années pour qu'il soit inutile d'en rappeler l'importance sociétale. Les sociétés savantes dans le domaine de la biologie et de la santé ont prouvé leur importance dans ce domaine, et on ne peut qu'espérer que la communauté scientifique continuera de jouer ce rôle d'expertise. Rappelons néanmoins que ces sociétés n'ont pas vocation à prendre des décisions relatives à notre organisation sociétale, mais seulement à fournir une lecture du savoir technique dans leur domaine de spécialité.

Au-delà des applications directes à la santé humaine, les sciences du vivant font face à des réflexions éthiques auxquelles prennent désormais part les sociétés savantes, après avoir été peu actives sur le sujet. Ces problématiques éthiques touchent des domaines aussi divers que la création et l'utilisation d'or-

ganismes génétiquement modifiés, la recherche sur l'animal ou l'utilisation de tissu humain adulte ou embryonnaire. Tous ces domaines font aujourd'hui l'objet d'évolutions réglementaires importantes et les sociétés savantes ont un rôle d'envergure à jouer dans ces évolutions.

« LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIES... PARENT PAUVRE »

Actions auprès du grand public

Afin d'aider au transfert de connaissances vers le grand public, les sociétés savantes des sciences du vivant ont mis en place des actions de vulgarisation à grande échelle. C'est le cas par exemple de la semaine du cerveau, un effort global international ouvrant au public des centres de recherche du domaine des neurosciences du monde entier. L'influence de l'opinion publique sur l'action des décideurs politiques rend de telles opérations importantes pour que les interventions des sociétés savantes auprès des décideurs politiques ne restent pas lettre morte du fait d'une sensibilisation insuffisante de la population.

Transfert de connaissance pour le développement de technologie innovante

Les initiatives en faveur du transfert de technologie sont très certainement le parent pauvre des actions des sociétés savantes en biologie et en santé. Ces dernières n'ont encore que peu d'interactions avec les industriels ou les organismes

publics techniquement compétents tels que la DGA. Ces interactions sont le plus souvent limitées à la promotion d'appel d'offres pour des programmes de financement d'une ampleur limitée. Les divergences de culture sont encore profondes entre les chercheurs académiques et leurs sociétés savantes d'une part, et les développeurs d'applications d'autre part. Les premiers sont attachés à la libre circulation du savoir et à une totale liberté d'action à chaque instant, tandis que les seconds requièrent une légitime protection de leurs innovations, requièrent une confidentialité ainsi qu'une conduite de projet reposant sur des jalons prédéterminés.

Les sociétés savantes des sciences du vivant ont largement évolué pour favoriser la diffusion des connaissances des domaines scientifiques qu'elles représentent. Ces efforts ont produit des résultats probants en ce qui concernent les échanges avec d'autres disciplines.

Une amplification des actions à destinations des acteurs extra-académiques serait néanmoins souhaitable. ☺



Xavier Nicol,
Directeur de
recherche au
CNRS

Recruté en tant qu'IA Recherche, Xavier Nicol a étudié le développement du système nerveux au sein de l'INSERM. Il a ensuite rejoint l'Université de Californie, San Diego puis le CNRS, où il dirige une équipe de recherche analysant la formation des connexions entre neurones. Il enseigne les neurosciences à l'Ecole Polytechnique.

L'ACADÉMIE DE L'AIR ET DE L'ESPACE

LE *THINK TANK* EUROPÉEN DE L'AÉRONAUTIQUE ET DU SPATIAL

Par Claude Roche, ICA

L'Académie de l'air et de l'espace a été fondée par André Turcat et Dominique Baudis en 1983, d'abord académie nationale, et depuis juin 2006 académie européenne. Dès le départ, ses fondateurs avaient bien réalisé que la promotion et le développement de l'aéronautique et de l'espace devaient s'appuyer non seulement sur la recherche, la technique et l'industrie, mais aussi sur les organisations, les réglementations et les cultures, avec leurs structures nationales et internationales et la stratégie des autres secteurs.



La dernière séance solennelle annuelle de l'Académie, dans la salle des Illustres de la mairie de Toulouse, avant le début de la pandémie COVID.

Leurs successeurs ont aussi rapidement intégré que ce domaine avait une cohérence européenne essentielle, plus encore que seulement française, et que l'Académie devrait obligatoirement s'ouvrir à l'Europe, dans tous ses multiples aspects. Les missions et l'organisation actuelle de l'Académie en découlent donc : tenir le rôle de *think tank* européen avec une mission de réflexion et de proposition de recommandations pour la promotion et le développement général et harmonieux de l'aéronautique et de l'espace, tenant compte de l'environnement stratégique et politique international.

L'organisation de l'Académie de l'air et de l'espace

Par rapport à d'autres associations en général plus axées sur la technique et les programmes, l'AAE a une mission de réflexion multidisciplinaire. Ces réflexions touchent à la fois les aspects recherche, technique et industrie, présence et activité humaines, droit-sociologie-éco-

nomie, et histoire-lettres-arts. Ces cinq aspects correspondent aux cinq sections de son organisation.

Pour une meilleure fluidité des relations internes, un autre axe de l'organisation, par commissions cette fois, s'attache aux différents domaines aérospatiaux appréhendés : aéronautique civile, défense, espace, actions internationales, éducation-formation, prix et médailles et, plus récemment, énergie et environnement.

Chaque section comporte entre 15 et 30 membres titulaires. Le nombre total en fonction des années est donc de l'ordre de 100, auxquels s'ajoutent la centaine de correspondants qui se préparent à devenir titulaires et la centaine de membres honoraires qui ont dépassé 75 ans. La force de réflexion et d'activité est ainsi de l'ordre de 300 personnes.

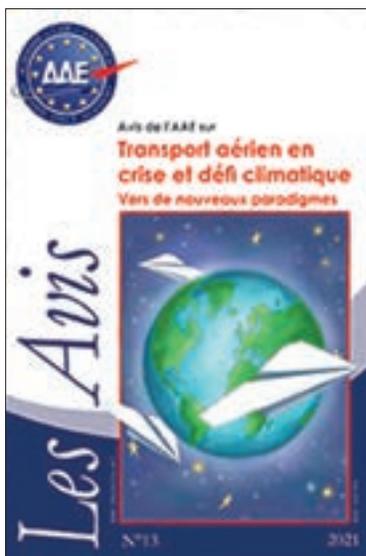
Autre différence par rapport à la plupart des autres associations aérospatiales, le recrutement se

fait par élection à deux niveaux, sections et assemblée générale, tenant compte des critères principaux nécessaires pour satisfaire les missions de l'Académie : renommée et influence, qualités et expériences techniques juridiques ou opérationnelles, représentativité des domaines et des origines, nationalités... A noter cependant que, en raison du passage encore trop récent de l'Académie à sa position européenne, les membres non français ne sont pas encore tout à fait aussi nombreux que leurs collègues français, mais sont plus représentés dans les groupes de travail.

Enfin, le président de l'Académie est élu tous les deux ans pour deux ans renouvelables une fois. Il est choisi parmi ses quatre vice-présidents, eux-mêmes élus pour trois ans, renouvelables une fois pour deux ans. Aujourd'hui, le président est Michel Wachenheim, ancien directeur général de l'aviation civile française. Ces procédures permettent une adaptation permanente aux



Deux académiciens anciennement concurrents en pleine discussion : Philippe Couillard, ancien président et CEO d'EADS Launch Vehicles et Jean-Claude Hironde, ancien directeur général technique adjoint de Dassault Aviation.



L'AAE publie régulièrement des avis sur des grands enjeux du moment.

besoins d'efficacité de l'Académie, chaque président et vice-président successifs apportant leurs idées et leurs personnalités.

Les activités de l'Académie

Comme la plupart de ces associations, ou *think tanks*, l'Académie organise des colloques et des forums sur les sujets de réflexion en cours : soit pour aider à ces réflexions, soit pour informer les décideurs impliqués des résultats de ces réflexions. L'Académie publie les résultats de ces réflexions et ses recommandations dans des « avis » de 4 à 10 pages ou dans des « dossiers » de 40 à 80 pages. En général, un colloque et deux forums se tiennent par an, et l'Académie publie en moyenne un avis et trois dossiers par an.

Les choix des sujets de réflexions, de colloques, de forums, d'avis et de dossiers se font de manière interne en fonction des problèmes sensibles qui apparaissent ou qui se manifestent plus fortement. Outre les contacts et communications personnelles entre les membres, pour la plupart reconnus dans le domaine, et les divers décideurs, les colloques, forums et publications permettent des liens plus étroits entre eux, à la fois pendant ces réflexions et après,

lorsque les recommandations sont formulées et expliquées, afin que ces décideurs aient l'occasion d'en tenir compte éventuellement.

Quelques exemples d'avis et de dossiers

- Dossier de 2010 : *Une stratégie à long terme pour les lanceurs spatiaux européens*.

Ce dossier a montré une analyse détaillée des besoins en lanceurs après Ariane 5. Malgré un désaccord avec des Français de haute responsabilité, qui poussaient à un nouveau lanceur solide, le dossier de l'AAE, rédigé de manière européenne a conduit à recommander un lanceur liquide avancé, qui est actuellement la base d'Ariane 6.

- Avis du 16 mai 2011 : *L'Eruption du volcan Eyjafjöll d'avril 2010*.

Au bout de quelques mois d'observation des conséquences européennes de l'éruption de ce volcan islandais, l'AAE a très rapidement pris la décision d'analyser les raisons des décisions discutables qui ont été prises par les pays européens, en particulier : au plan technique, les effets réels du nuage de cendres sur les moteurs, les risques encourus, les aspects réglementaires et juridiques, les moyens à mettre en œuvre et la remise à plat des futures décisions à prendre par les vrais responsables. Le résultat des réflexions et un avis ont été présentés en détail en Juin au directeur général de l'aviation civile français, qui devait donner la position de la France à la réunion de l'OACI dédiée au sujet au mois de septembre 2011 suivant.

La décision de l'OACI a suivi précisément les recommandations de l'AAE.

- Avis de novembre 2013 : *Recommandations pour éviter un déclassement stratégique de l'Europe dans le domaine de l'aviation de combat*.

Après un colloque organisé par l'AAE à l'Ecole Militaire le 16 mai 2013, où, de manière équilibrée entre FR, GE, IT, UK avec SP et SW, les responsables des aviations de combat (Chefs d'EMAA, Directeurs des achats de défense, PDG des sociétés principales, responsables politiques et *think tanks*) se sont exprimés sur les besoins européens d'un nouvel avion de combat et l'AAE a publié un avis de synthèse sur le sujet avec des recommandations sur l'analyse des besoins, des technologies à développer et les développements à démarrer sur les avions de combat et les drones.

Le Conseil Européen a décidé le démarrage du développement du drone en décembre 2013, et celui du SCAF en décembre 2014.

- Avis récents, en cours de distribution et de discussion avec la communauté aéronautique :
 - *préparer une aviation verte*, septembre 2020, rédigé en commun avec la DGLR allemande ;
 - *transport aérien en crise et défi climatique*, Juin 2021, synthèse du colloque organisé par l'AAE les 11 et 12 mars 2021

Ces avis illustrent le démarrage de la nouvelle commission de l'Académie : Énergie et environnement. ☺



Claude Roche,
vice-président de
l'Académie de l'air
et de l'espace.

Après un doctorat d'Etat en intelligence artificielle en 1972, il prend en charge l'activité au LCA, puis devient directeur de programme HELIOS. Il rejoint ensuite l'industrie (THOMSON-CSF) puis Matra et Airbus Defense & Space.

VERS DE NOUVEAUX PROGRAMMES D'HÉLICOPTÈRES MILITAIRES EUROPÉENS

RÉSUMÉ D'UN DOSSIER DE L'ACADÉMIE DE L'AIR ET DE L'ESPACE AUQUEL ONT PARTICIPÉ BERNARD FOUQUES ICA ET LOUIS-ALAIN ROCHE IGABC (2S)

L'utilisation d'hélicoptères par les forces armées des pays européens a commencé après celle des américains en Corée et des français en Indochine (essentiellement destinée aux besoins d'évacuation sanitaire). Ultérieurement, lors de la guerre d'Algérie, l'éventail des missions s'élargit au transport tactique et à des missions d'appui armé air-sol, puis lors de la guerre au Vietnam (à plus grande échelle) à des missions de transport logistique.

« UN BESOIN EN
HÉLICOPTÈRES
LOURDS DE
TRANSPORT
TACTIQUE »

En 1967, les deux principaux pays européens « aéronautiques », la France et le Royaume-Uni, signent un accord prévoyant le développement et la production de trois types d'hélicoptères : un hélicoptère de transport tactique, le Puma ; un hélicoptère léger d'observation, la Gazelle ; un hélicoptère moyen polyvalent, le Lynx. Le total prévu représentait 800 à 850 appareils, livrés à partir de 1970. Il en sera construit au total plus de 4 000 en incluant l'export, les versions civiles et la famille dérivée Super-Puma/Cougar/H225.

Les armées européennes réfléchissent aux suites à donner et, en 1975, l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni (mais pas l'Italie) signent les accords dits de Ditchley Park qui prévoient une « deuxième vague » de programmes militaires européens : le Tigre, dans un cadre germano-français ; le NH90, hélicoptère lourd, dans un cadre OTAN avec prépondérance française, participation Allemagne, Italie, Pays-Bas ; l'EH101, hélicoptère lourd à très lourd, dans un cadre britannique puis italo-anglais. Le total représentait un millier d'appareils, ce qui est presque atteint à ce jour, et dont les premières livraisons datent des environs de l'an 2000.

Il y a environ 2 500 hélicoptères dans les armées européennes, les utilisateurs les plus importants étant la France et le Royaume Uni (>400), l'Italie (>300), l'Allemagne, la Pologne et la Grèce (>200) ; de nombreux types d'appareils sont en service, d'origine américaine, européenne ou russe ; les plus récents ont été mis en service il y a une quinzaine d'années, les plus anciens il y a plus d'une quarantaine d'années. Les appareils de la 2e vague sont encore les plus modernes du monde militaire, les hélicoptères militaires américains datant des années 1970.

Pour le moyen terme (2040), il n'est pas encore nécessaire de remplacer :

- les hélicoptères très lourds (américains), périodiquement revalorisés ...et dont seule la France n'est pas équipée
- les hélicoptères armés spécialisés, l'Apache (américain) étant périodiquement revalorisé et le Tigre passant au standard Mk3.

Par contre commence à se faire sentir le besoin en hélicoptères lourds de transport tactique destinés à remplacer les familles Super-Puma, Black Hawk (US) et Mi 8 (Russe) puis ultérieurement NH 90. Des discussions ont débuté dans différents cadres : pays européens de l'OTAN, Fond Européen de Défense, et aussi (pour les anglais et les italiens) avec les Etats-Unis.

Pour satisfaire ces besoins, ainsi que ceux ultérieurs de nouveaux hélicoptères très lourds et armés spécialisés, il semble qu'un accord intergouvernemental pourrait permettre de créer les conditions de partage des responsabilités (financement, gestion, qualification) entre les grands pays européens qui ont une industrie d'hélicoptères, France, Allemagne, Espagne, Italie, voire Pologne, en y associant le Royaume-Uni.

Il va de soi que ce processus devra associer les états-majors ; en effet, outre le choix des critères de performances techniques et opérationnelles et l'évaluation des architectures et technologies disponibles, il semble impératif qu'une harmonisation des doctrines d'emploi soit préalablement effectuée, qui inclue les nouvelles formules à grande vitesse et les drones.

LA ROYAL AERONAUTICAL SOCIETY,

UNE ASSOCIATION GLOBALE POUR UNE INDUSTRIE GLOBALE.

Par David A. Cook, Président RAeS Branche de Paris.

Origines

La Royal Aeronautical Society (RAeS) fait partie de plusieurs associations qui sont nées au Royaume Uni vers la fin du 19^e siècle à une époque où les différentes catégories professionnelles avaient voulu s'associer pour développer leurs métiers et favoriser un échange d'informations avec, pour objectif, de faire progresser la science de leur profession.

« *PROMOUVOIR
LA SCIENCE DE
L'AÉRONAUTIQUE* »

En 1866, une petite bande d'enthousiastes visionnaires a vu l'importance potentielle des récentes avancées des ballons à gaz, et ils ont ainsi créé *The Aeronautical Society of Great Britain* avec 65 membres. Leur première séance était une conférence sur « La locomotion aérienne et les lois qui gouvernent la propulsion des objets plus lourds que l'air ». Ils ont organisé le premier salon aéronautique en 1868 et parrainé la première soufflerie en 1870 dans une petite ville qui s'appelle aujourd'hui... Farnborough. Le Premier Président était Lord Baden Powell (celui qui a également créé les Scouts) et les frères Wright ont été décorés de la première Médaille d'Or en 1909.

L'association a été rebaptisée *Royal Aeronautical Society* en 1918 mais elle continue en tant que *Learned Society* (Société savante) à soutenir les objectifs définis par les fondateurs – promouvoir la science de l'aéronautique, garantir les standards professionnels et agir comme

point focal pour l'échange de toute information concernant l'aéronautique.

La RAeS a été très active durant l'époque où l'industrie aéronautique britannique était au zénith de sa puissance, entre les années 1930 et 1970. Au début, les innovations en aéronautique étaient exposées lors de *Garden Parties*, quand des innovateurs comme Cody, Wright, AV Roe présentaient leurs dernières idées devant une foule enthousiaste. Difficile d'imaginer que ces événements assez intimes sont devenus les grands salons d'aujourd'hui comme Farnborough ou Le Bourget. Des grands noms comme Reginald Mitchell, Stanley Hooker, Frederick Handley Page ont été élus *Fellows* de la Society et ont contribué à son expansion. Pendant cette période, la Society reconnut également l'importance de l'industrie aéronautique sur le plan international et même Marcel Dassault fut élu *Fellow* en 1959, suivi par Jean-Paul Bechat en 2001 et Jean-Paul Herteman en 2014.

Aujourd'hui

Aujourd'hui, le siège de la RAeS est situé au centre de Londres, en face du Palais de Buckingham et à deux pas de l'Air Force Club. Reconnue comme *charity* par les instances britanniques, l'administration est assurée par un *Board of Trustees* qui s'appuie sur un bureau d'une trentaine de personnes sous la responsabilité du Chief Executive Officer.

La stratégie de la Society est définie par un *Council* élu par ses membres avec, à la tête, un Pré-

sident élu parmi les membres du Council pour une période d'un an. Le Président actuel est Howard Nye, Vice-Président de la Branche de Paris et ancien cadre de l'ESA. C'est au Président chaque année de définir le thème de son mandat et, compte-tenu de son expérience et de l'activité intense actuelle dans le domaine de l'espace, il n'est pas surprenant que M. Nye consacre beaucoup de son énergie à la promotion des activités spatiales.

Mais la Society ne fonctionne pas simplement à partir de son Siège à Londres. La Society est réellement une association internationale avec plus de 60 branches dans le monde entier, de Seattle à Shanghai, dont 2 Branches en France – à Paris et à Toulouse. Nous comptons plus de 19 000 membres dans le monde entier, y compris plus de 4 000 jeunes membres.

C'est au travers de ces Branches que la Society exerce son rôle caritatif de promouvoir la science de l'aéronautique. En temps normal (hors Covid), les Branches organisent des conférences (*Lectures*) plusieurs fois par an sur une gamme de sujets très divers, ainsi que des concours, compétitions, visites et autres événements pour encourager la participation d'un large public et particulièrement des jeunes. Souvent, des liens étroits sont établis avec les écoles pour soutenir leur cursus éducatif. La Branche de Paris travaille ainsi en étroite collaboration avec l'IP-SA, partenaire (*Corporate Partner*) de la RAeS, et avec l'ESILV (Pôle Leonard de Vinci) sur les visites, concours et conférences.

Ses objectifs

Comme mentionné auparavant, la Society à trois objectifs : promouvoir la science de l'aéronautique, garantir les standards professionnels et agir comme point focal pour l'échange de toute information concernant l'aéronautique. Nous avons déjà vu comment, par les activités des Branches, la Society s'ouvre pour promouvoir l'aéronautique à une population très large. Tout le monde a le droit d'assister à des conférences des Branches (parfois moyennant un petit ticket d'entrée) et tout le monde pourrait soutenir les activités d'une Branche en postulant pour devenir l'un de ses membres.

« PRÉPARER DES ARGUMENTS POUR INFLUENCER LES DÉBATS POLITIQUES. »

Mais l'aéronautique est une activité hautement spécialisée et devenir membre de la Society n'est pas ouvert à tout le monde. Il ne suffit pas de remplir une fiche d'inscription et d'envoyer sa cotisation. Tout demande d'inscription est évaluée par un Comité sur dossier, souvent avec parrainage, et, si les conditions sont remplies, chaque candidat ou candidate reçu se verra accorder un Grade correspondant à ses qualités : éducation, diplômes, expérience, niveau de responsabilité et contribution personnelle à l'industrie aéronautique.

Les étudiants et étudiantes qui suivent un cursus d'études dans l'aéronautique peuvent postuler pour le Grade de *Student Associate* et la procédure de candidature est très simple (demande d'adhésion gratuite sur internet). Mais ceux ou celles qui postulent pour le Grade de Member (avec droit de

vote sur les décisions importantes pour la Society) doivent posséder un dossier solide : éducation de qualité, un ou plusieurs diplômes d'un niveau acceptable (Master's Degree) et niveau de responsabilité important (au minimum chef de département dans une société aéronautique, officier des armées, etc). Les plus seniors pourraient se trouver un jour invités à postuler pour le plus haut Grade de la Society, *Fellow*, qui est accordé à ceux ou celles qui ont un niveau de responsabilité très important (chef d'entreprise, Colonel dans l'armée, ...) ou qui ont démontré *une contribution exceptionnelle* à l'industrie aéronautique.

Mais le soin avec lequel la Society trie ces candidat(e)s n'a pas pour seul but de s'assurer de la qualité de ses membres. La RAeS fait partie des associations gérées par l'*Engineering Council* qui est l'organisme au Royaume Uni chargé d'accorder des titres d'Engineer, titres reconnus dans le monde entier et avec les équivalences en Europe comme *Euro Engineer (Euro Eng)*. Pour accéder à ce titre, le candidat ou la candidate doit impérativement faire partie d'une Association comme la RAeS (pour démontrer son engagement dans son métier) mais aussi s'engager sur un plan de formation professionnelle continue et adhérer à une chartre d'éthique professionnelle, y compris sur les questions de diversité et d'environnement.

Afin d'assurer l'échange des informations relatives au domaine aéronautique, la Society s'appuie sur plus de 20 *Specialist Groups* (Groupes de travail) en charge de domaines bien spécifiques. Nous avons ainsi bien entendu les groupes tels que *Flight Operations, Airworthiness and Maintenance* et *Structures and Materials* mais, pour illustrer la variété des thèmes de ces groupes, la So-

ciety a également constitué des groupes tels que *Human Powered Flight* et *Air Law*. Des spécialistes dans chaque domaine sont ainsi invités à participer à ces Groupes pour faciliter l'échange d'informations, agir comme point focal d'expertise et, souvent, préparer des arguments pour influencer les débats politiques.

Comment participer à la Royal Aeronautical Society ?

La manière la plus simple pour participer en France aux activités de la Society est de s'associer à la Branche la plus proche, soit Paris, soit Toulouse. Vous pouvez assister aux réunions, faire du *networking* avec vos confrères et consœurs, et apprendre des choses nouvelles lors des conférences,

Si l'on souhaite renforcer sa participation, et soutenir sa carrière dans l'aéronautique par l'attribution d'un Grade, on peut alors postuler auprès de la Society à Londres. Les membres du bureau des Branches sont là pour aider et, le cas échéant, parrainer les candidats. Enfin, si le candidat dispose d'une spécialité particulière dans laquelle il pense pouvoir apporter une expérience nouvelle, une fois membre, il pourra participer aux activités des *Specialist Groups*.

Tout commence avec une visite sur notre site web www.aerosociety.com. ☺



David Cook,
président de la
section de Paris

Après un début dans la maintenance d'aéronefs dans la Royal Air Force, David Cook rejoint British Aerospace comme ingénieur commercial, puis Snecma et Aircelle. Il est consultant depuis 2006.

3AF : LA SOCIÉTÉ SAVANTE 2.0

TOURNÉE RÉSOUMENT VERS L'AVENIR, NOTRE ASSOCIATION ACCOMPAGNE LA NÉCESSAIRE TRANSFORMATION DES SECTEURS AÉRONAUTIQUE, SPATIAL ET DÉFENSE

Par Olivier Martin, JGA

Transmettre savoir et passion pour préparer l'avenir de nos filières

Dans un contexte où économie numérique et mondialisation brisent les schémas conventionnels, accélèrent le cycle de l'innovation et modifient régulièrement la donne sur l'échiquier géopolitique, il est devenu crucial pour les acteurs industriels et institutionnels de nos filières de disposer, dans leur écosystème, de facilitateurs d'échanges, acteurs et promoteurs de démarches transverses pour réfléchir et préparer leur avenir.

Société Savante devenue la référence française dans les domaines de l'Aéronautique, du Spatial et de la Défense, l'Association Aéronautique et Astronautique de France – 3AF – tient ce rôle depuis plus de 70 ans¹ !

La raison d'être de 3AF est la transmission et la production de savoirs et d'expertises scientifiques et techniques à travers des échanges interdisciplinaires, intergénérationnels, et, bien sûr, internationaux. Elle est le trait d'union entre les mondes académique, industriel et institutionnel.

3AF coopère régulièrement avec l'Académie de l'Air et de l'Espace (AAE) avec laquelle elle partage le secteur d'activités (aéronautique et espace) et les principaux objectifs, mais se distingue de cette dernière en accueillant de nombreux membres, essentiellement français, provenant du monde universitaire, étatique et industriel relevant du secteur aéronautique, alors que

l'AAE, en tant qu'Académie, regroupe des personnalités françaises et européennes qu'elle a elle-même distinguées et qui ont accepté d'en être membre.

Ainsi, avec son réseau composé de plus de 1200 membres, 60 sociétés, institutions ou écoles issus de la communauté scientifique aéronautique et spatiale, 3AF vise à offrir à l'ensemble de ses membres une possibilité unique de mises en relations à la fois avec des professionnels ingénieurs, techniciens ou chercheurs issus de toutes les disciplines de l'aéronautique et du spatial, civils et militaires, et de tous horizons industriels et académiques. La DGA, la DGAC et le CNES sont membres « de droit » de son Conseil d'Administration, élu tous les trois ans parmi les différents « collègues » que composent les membres et qui constitue l'instance de pilotage principale de la société savante. Par sa neutralité, 3AF offre un terrain idéal pour des échanges et des croisements d'expériences.

Quatre piliers pour faire face à l'avenir et rester dans la course

3AF s'appuie pour cela sur quatre « outils » fondamentaux, qu'harmonise un Haut Conseil Scientifique composé de « sages » :

- Les Commissions Techniques,
- Les Colloques et Conférences,
- Les Groupes Régionaux
- La lettre 3AF

Les Commissions Techniques :

Les 18 Commissions Techniques de 3AF actives en 2021 composent un

référentiel structuré en cinq domaines :

- Produits et Systèmes
- Disciplines Techniques
- Espace et Environnement
- Intelligence et Stratégie
- Sciences Humaines

Les Commissions sont le cœur de l'association et le point de rencontres et d'échanges entre ses différents membres. Elles produisent la majorité des contenus scientifiques et techniques, ou d'analyses stratégiques et économiques, valeur ajoutée de 3AF obtenue grâce à cette approche transverse qui la caractérise. Leurs feuilles de route respectives sont dictées par les attentes et questionnements de ses membres.

Trois exemples de réalisations témoignent de la vitalité et de la variété des contributions des Commissions Techniques de 3AF

1. La DGA et le CNES ont confié à la **Commission Technique Optronique** de 3AF le soin d'établir un état des lieux et une Feuille de Route Optronique pour renforcer la filière optronique française dont la composante industrielle représente plus de 150 entreprises (grands groupes, ETI/PME/PMI) et plus de 10 000 emplois. Pour réaliser ces travaux, une Plateforme de Coordination Optronique (PCO) a été mise en place par la 3AF, regroupant tous les acteurs, allant des maîtres d'œuvre intégrateurs aux fabricants de composants. Au terme de cette étude, un résumé exécutif ainsi qu'un rapport détaillé ont été produits et diffusés par 3AF et des présentations

¹ : La 3AF a été créée le 7 février 1972, par la fusion de l'**AFITAE**, Association Française des Ingénieurs et Techniciens de l'Aéronautique et de l'Espace, fondée en 1945 et la **SFA**, Société Française d'Astronautique, fondée en 1955.

spécifiques ont été organisées notamment en Région, dans le cadre d'une troisième phase de travaux ciblant plus particulièrement l'écosystème des PME/PMI acteurs de la filière et les pôles de compétitivité.

2. La **Commission Aérodynamique**, qui se réunit au moins quatre fois par an, traite de tous les aspects de cette discipline : aérodynamique théorique et expérimentale, appliquée, interne et externe, pour tous types d'applications aéronautiques (avions de transport et de combat, avions légers et planeurs, drones, hélicoptères, lanceurs, missiles) et non aéronautiques (automobiles, trains, bâtiments, production d'énergie). Elle organise chaque année une conférence internationale réunissant les spécialistes du domaine et produit régulièrement des publications, telles que l'édition annuelle d'un numéro spécial de la revue scientifique l'International Journal of Engineering System and Simulation (IJESMS) où sont publiées les meilleures communications de la conférence, ou encore l'excellent « Experimental Aerodynamics, édité en 2020 par Springer.

3. La **Commission Stratégie et Affaires Internationales** produit régulièrement des notes et rapports sur des sujets d'actualité à enjeux et souvent « à la demande ». Ainsi, répondant à la demande de l'OPECST formulée par le Sénateur G. Longuet, la 3AF a récemment mis en place un groupe de travail composé d'experts de la société savante et en particulier de membres de la Commission stratégie et affaires internationales 3AF afin d'élaborer un document de synthèse intitulé : *l'innovation comme perspective stratégique de valorisation des services satellitaires*.

Les Colloques et Conférences internationales

Dans le prolongement de l'activité de ses Commissions Techniques,



Les annonces de conférences 3AF à venir : Combat Aéroterrestre 2023 et Space Propulsion 2022.

3AF organise chaque année jusqu'à 6 conférences de portée nationale ou internationale, la plupart en lien direct et valorisant les travaux de ses Commissions Techniques. Quelques exemples illustrent tant la diversité des thèmes que l'ampleur des événements :

1. De grandes conférences internationales qui réunissent régulièrement plusieurs centaines de participants en provenance de nombreux pays, constituant ainsi une opportunité unique de découvrir les solutions innovantes et d'établir les échanges particulièrement riches et productifs entre collègues de différentes disciplines et de différents pays. Citons à titre d'illustration :

- La Conférence Internationale Space Propulsion, organisée tous les deux ans avec des partenaires tels que l'ESA, le CNES et Ariane Group et réunissant près de 700 spécialistes de la propulsion spatiale pour le transport et les engins.
- La conférence Integrated Air and Missile Defence, organisée également tous les deux ans avec des partenaires tels que MBDA, Thalès et Ariane Group, qui connaîtra en décembre prochain à Nice sa quatorzième édition, réunit également près de 200 participants en provenance d'une

quinzaine de pays différents.

2. Des nouvelles conférences sur des thèmes émergents, la 3AF veillant à faire évoluer cette offre de conférences pour mieux répondre à la demande de ses membres. C'est ainsi qu'en novembre 2021 l'Association ouvre à ses publics la première édition d'une conférence sur le thème du Combat Aéroterrestre. Prévues à Versailles le 9 et 10 novembre 2021, cette conférence vise à explorer les évolutions des besoins et solutions liées au combat aéroterrestre au-delà de l'horizon programmatique de 2035.

3. Des webinaires thématiques organisés par ses Groupes Régionaux permettant de renforcer l'accès à ces conférences, notamment durant la crise du COVID. 3AF a ainsi proposé suivant ce format un forum sur l'Intelligence Economique et Stratégique ainsi que sa dernière conférence annuelle sur l'Aérodynamique.

Les Groupes Régionaux

Les 12 implantations régionales de 3AF relaient la démarche nationale au plus près des actifs comme des plus jeunes, notamment les étudiants. Elles constituent le principal contributeur au rayonnement de nos filières auprès de tous les Publics.

Cette organisation relève d'une longue tradition, qui contribue aux bonnes relations avec les instances locales, facilite l'animation de proximité à travers de nombreuses initiatives, permet aux adhérents de province de mieux se connaître et enfin, relaie les ambitions de l'association.

Les nombreuses visites ou conférences que ces groupes proposent en France sont de puissants moyens pour propager et contribuer au rayonnement de la culture scientifique et technique auprès d'un large public. Par ailleurs, certains groupes régionaux proposent, souvent en coopération, des colloques qui sont devenus des références dans leur domaine. On peut notamment citer les colloques suivants montés en coopération avec la SEE (Société de l'Electricité, de l'Electronique et des TIC)

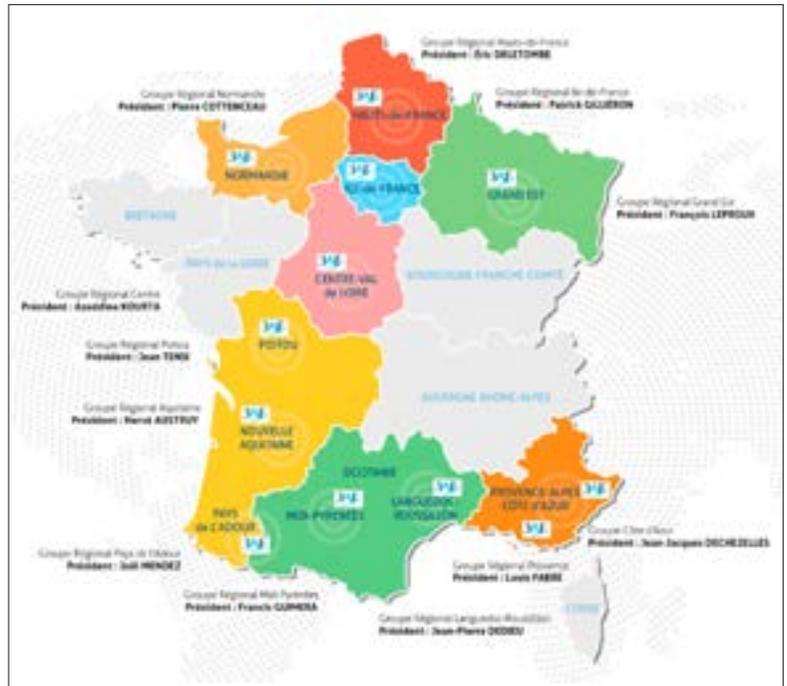
- MEA (More Electric Aircraft) organisé en alternance entre Bordeaux-Aquitaine et Midi-Pyrénées,
- ERTS (Embedded Real Time Software & Systems), et ETTC (European Test & Telemetry Conference) organisés à Toulouse par le Groupe Midi-Pyrénées.

La Lettre 3AF

Publication bimensuelle de l'Association diffusée largement soit en version papier soit sur le site web accessible aux membres, cette lettre diffuse régulièrement des notes, articles et analyse des membres, couvrant toutes les disciplines et domaines abordés par les commissions techniques, telles que les dernières avancées de l'aérodynamique, les carburants alternatifs, l'irruption de l'IA, la propulsion spatiale, la crise du transport aérien, l'Histoire, etc...

Un dialogue étendu au-delà des frontières

L'association 3AF s'inscrit bien évidemment dans un schéma de coo-



Les groupes régionaux de la 3AF

pération internationale et coopère ainsi avec ses homologues britanniques (RAeS), allemands (DLR) ou encore américains (AIAA) dans des démarches communes. Elle prend une part active dans la coordination des sociétés savantes européennes, la 3AF, la RAeS et le DGLR étant ainsi à l'origine de la création du CEAS (Council of European Aerospace Societies) – une structure pour laquelle 3AF organisait en 2020 à Bordeaux le 7^e congrès international AEC (Aerospace Europe Conference). 3AF est également membre de l'IAF (International Astronautical Federation) ou encore de l'ICAS (International Council of Aeronautical Sciences) Conseil que 3AF a présidé à plusieurs reprises.

Priorité à la Passion, aux talents et aux réalisations

Enfin, 3AF met en avant les femmes et les hommes qui la composent. Une part importante est ainsi accordée à la reconnaissance des talents et des parcours, une démarche que concrétise chaque année l'attribution de Grades Senior ou Emérite – les équivalents de Member, Fellow et Companion chez nos homolo-

gues anglo-saxons. L'association comptait ainsi, à l'été 2021, 333 membres Seniors et 241 membres émérites.

Le Tableau d'honneur de 3AF ne se borne pas à ses membres et l'association distingue régulièrement par des Prix ou des Palmes les carrières et réalisations les plus exemplaires. Ainsi les trois derniers Grands Prix spéciaux de 3AF ont été attribués à des personnalités très différentes telles que Sandra Magnus, Thomas Pesquet ou Philippe Petitcolin.

Une démonstration que la passion qui relie et anime nos membres est le moteur de l'innovation et des avancées de nos filières ! 🇫🇷



Olivier Martin,
IGA

Olivier MARTIN (IGA), Conseiller auprès du CEO de MBDA, Membre Émérite, Membre du Conseil d'Administration et du Bureau de 3AF

LA PHOTONIQUE, UNE TECHNOLOGIE POUR LE XXI^e SIÈCLE

LA SFO AU CŒUR DE LA COMMUNAUTÉ FRANÇAISE DE L'OPTIQUE-PHOTONIQUE (SFO)

Par Philippe Adam

La Société Française d'Optique se trouve au cœur de la communauté française de l'Optique et interagit avec l'ensemble de cette communauté, depuis les activités de recherche fondamentale dans les laboratoires, jusqu'au secteur industriel : tissu des PME/PMI et Grands Groupes. La SFO a pour objectif de fédérer et animer ce réseau à très large spectre.

En tant que Société Savante, la SFO est le point focal entre la communauté académique et le milieu industriel, légitimité largement reconnue et qu'elle souhaite encore amplifier pour intervenir comme un des leviers de l'innovation.

L'optique-photonique constitue un domaine très innovant, offrant des perspectives nouvelles à haute cadence. Un des objectifs de la SFO est de faire apparaître l'optique-photonique aux multiples composantes, comme un domaine structuré, ayant pour vocation d'assurer la diffusion et le rayonnement d'activités de qualité.

Les atouts du secteur de l'optique-photonique en France

Avant tout l'existence et la pérennité d'une communauté scientifique et académique au meilleur niveau international : compétences scientifiques et techniques, esprit d'innovation... C'est un héritage historique, tant les opticiens français ont largement contribué par le passé au développement de cette science.

Le tissu des PMI/PME, dans lesquelles les startups sont incluses, montre créativité et réactivité pour transformer rapidement et efficacement les avancées scientifiques en applications. En tant qu'ancien du secteur public, je crois pouvoir dire que la France est très bien placée internationalement pour la mise en place d'outils de soutien à la création de « jeunes pousses » pour assurer leur croissance.

Quelques moyens d'action de la SFO

- Organisation et tenue d'événements tels que colloques, journées et écoles thématiques (ici avec Prof. Gérard MOUROU, prix Nobel)
- Publications et diffusion dans la communauté des informations (ici revue PHOTONIQUES sur les Capteurs biochimiques) et organisation de prix scientifiques de haut niveau
- Interaction permanente avec le tissu des Sociétés Savantes, françaises et internationales, les ministères (MESRI) ...



Notre base industrielle enfin constitue un atout majeur : elle est solide et s'appuie sur des groupes puissants, reconnus à l'international, disposant d'une capacité d'intégration de très haut niveau et d'une excellente crédibilité à l'export

Accélérer le développement et le déploiement de nouvelles technologies photoniques

La SFO est bien placée pour évaluer l'efficacité des relais de l'innovation : beaucoup de pépites existent, qui résultent des recherches de laboratoires et des activités de R&D dans le secteur industriel. Elles ont parfois du mal à être prises en compte, la plupart du temps par manque de relais efficaces : en version « bottom-up », difficultés pour identifier les canaux pour « faire savoir » et intéresser les utilisateurs potentiels ; en version

« top-down », difficultés à appréhender les expressions de besoins du côté des « développeurs ».

Des outils ont été mis en place pour essayer de combler ces lacunes (« montée en TRL », ANR, DGE, SATT ...) et faire mûrir ces pépites. Reste que les règles de fonctionnement au quotidien de ces outils sont parfois difficiles à prendre en compte dans une R&D innovante, donc difficile à prévoir, techniquement et financièrement. Dans cette perspective, il apparaît clairement que les outils de soutien, par projet et récurrents, ont logiquement leur place dans le paysage.

Comme déjà évoqué, ce sont les niveaux intermédiaires qui « souffrent » le plus : beaucoup d'innovation certes, mais peu de



Piège à atomes froids sur puce (50 cm²)

Quelques grands domaines émergents de recherches

L'optique-photonique est une activité extrêmement riche, avec des axes de recherches et développements très nombreux. Quelques exemples :

En à peine 20 ans, les idées de physique fondamentale (refroidissement, intrication...) se sont concrétisées par des projets applicatifs aux retombées sociétales importantes : capteurs, calcul quantique, cryptographie ... Un cycle assez rare de développement rapide.

La France a lancé plusieurs initiatives dans ce domaine et l'Europe soutient le projet « Quantum Flagship ».

Les « freeforms » : un changement de paradigme intervient sous nos yeux. On ne fera jamais plus l'optique instrumentale « comme avant » ! La technologie et les moyens de calcul permettent de concevoir des composants aux formes impensables il y a encore quelques années rendant possible la conception de systèmes compacts, légers et permettant d'investiguer de nouvelles possibilités

Et aussi les nanotechnologies, les fibres ... !

relais très efficaces, en tout cas moins que dans d'autres pays (All, UK ...). Cet état de fait conduit à ce qu'on appelle en France la « vallée de la mort » : quoi et comment faire, après la fin des aides étatiques, pour intégrer efficacement le milieu concurrentiel ? A ce niveau, les aventures sont plutôt individuelles, chacun essayant d'exploiter ses compétences, sa compréhension des situations économiques et utilisant ses propres outils. C'est souvent un parcours du combattant : il y a des « success-stories » ... mais aussi des échecs.

Ce créneau intermédiaire doit être « travaillé ». Un bilan de situation initial permettrait d'explicitier auprès des différents interlocuteurs les contraintes inhérentes à la R&D, telles que :

- La nécessité de flux financiers importants pour R&D
- Durée des cycles de développement qui fragilisent les PME
- Faiblesse potentielle des volumes de production pour certaines applications (e.g. Défense)

L'émergence dans les grandes structures de soutien de programmations spécifiques aurait l'avantage de rendre visible la photonique comme une technologie à part entière, au même titre que l'électronique, de faciliter sa reconnaissance et donc la prise en compte de ses besoins spécifiques. Malgré plusieurs tentatives en ce sens, la promotion de cette ligne est restée à ce jour sans succès.

Les apports de la SFO aux activités de la DGA

Fort des constats précédents, la SFO pourrait contribuer à fluidifier le processus en contribuant à la détection des pépites et en rapprochant les parties prenantes ; on peut avancer quelques pistes sur lesquelles un échange plus structurant pourrait être engagé :

- Réduire les cycles de validation et d'acquisition par mise en contact rapide entre développeurs et décideurs pour optimiser la R&D vers des objectifs plus ciblés et des cycles raccourcis. C'est néanmoins une tâche ardue car tous les projets ne partent pas du même TRL, ni ne visent les mêmes niveaux en fin de cycle. Reste qu'on a tous en tête des exemples de technologies moins « léchées » que des solutions françaises concurrentes, mais néanmoins adoptées in fine.
- Poursuivre une initiative en cours, la création et l'organisation d'une filière photonique globale, des laboratoires académiques aux Grands Groupes, avec proposition d'un ensemble de service variés et efficaces.
- Surveiller la protection de la propriété intellectuelle (PI) : éviter de créer des « viviers de bonnes idées » non protégés, voire complètement ouverts, dans lesquels « certains » pourraient piocher allègrement.

En conclusion : un relais de l'innovation

A l'international, l'avance techno-

logique acquise par les US est significative ; la montée en puissance de la Chine sur les technologies de défense et sécurité est impressionnante. Plus nous serons efficaces dans notre organisation du soutien et plus nous aurons d'atouts à faire valoir pour aborder le business dans le paysage international. Il faut donc trouver ces relais de l'innovation pour pouvoir jouer dans la cour des grands, voire occuper la « pole position » dans certains secteurs d'activités d'excellence.

Des ruptures potentielles sociétales fortes sont à prévoir grâce à la photonique : médecine, télécommunications, industrie automobile, lutte antiterroriste et sécurité des populations, Défense ...

Servir de relais de l'innovation et de la maturation des pépites résultant des recherches de laboratoires et des activités de R&D dans le secteur industriel, c'est le créneau et le crédo de la SFO. ☺



Philippe Adam,
Président de la
Société Française
d'Optique

Philippe ADAM a fait toute sa carrière à la DGA. Initialement, au Centre d'Etudes du Bouchet, il a créé un laboratoire d'optique-photonique dans le but d'investiguer ces technologies dans le cadre de la défense biologique et chimique. Il a ensuite rejoint la MRIS (mission pour la recherche et l'innovation scientifique) pour promouvoir l'innovation en optronique. Il a été expert OTAN. En 2002, il a reçu le prix IGA Chanson

LA MESURE DU TEMPS AU COURS DES TEMPS

Par Jacques Vermorel, IGA

Chaque avancée dans notre compréhension du monde nécessite des mesures du temps plus précises. Quelle sera la prochaine étape ?

Quel temps ?

Dans une communauté d'ingénieurs, certaines connaissances scientifiques sont devenues intuitives. Par exemple, nous savons que, dans l'absolu, nos choix de déplacement n'ont aucun effet sur notre vitesse : comme toutes les particules de l'univers connu, nous continuons notre trajectoire dans l'espace-temps, à 299 792 458 m/s, et seule la projection du vecteur vitesse sur les différents axes spatiaux et temporel sera légèrement modifiée. Notons qu'il est heureux que nos vecteurs soient tous à peu près parallèles, sinon la vie de tous les jours deviendrait bien compliquée, et notamment la cohésion du Corps.

Mais pour M. X, qui s'entête à différencier exagérément les variables temporelle et spatiales, à se diriger vers le Sud, ou l'Ouest, et à consulter sa montre au poignet, les choses se présentent différemment : une

durée ne lui semble pas, contrairement à ce que nous enseignons la relativité, tout à fait équivalente à une distance. Intéressons-nous donc au temps, à sa mesure et à son utilisation scientifique.

Temps et représentation de l'Univers

La nécessité d'améliorer la mesure du temps s'est produite, de façon assez naturelle, chaque fois que l'avancée des connaissances conduit à une remise en cause de notre vision globale de l'univers :

- Géocentrisme (la voûte céleste tourne autour de la terre), héliocentrisme (les planètes proches suivent des cercles autour du Soleil, gravitation universelle de Newton, et enfin relativité (Lorentz, Poincaré, Einstein) qui décrit le mouvement de toute particule dans l'espace-temps.

Du cadran solaire au quartz

L'observation du mouvement du Soleil et des astres a permis de définir le jour et ses multiples (l'année, la saison, etc.). La difficulté vient ensuite de la mesure, de plus en plus précise, d'intervalles de temps entre l'aube et le crépuscule.

Les anciens ont utilisé la vitesse relativement constante de phénomènes physiques: combustion lente ou écoulement de fluide.

Après le simple bâton, les savants de l'Empire arabe ont conçu au XIII^e siècle un cadran solaire indiquant des heures égales quelle que soit la saison ; sa précision est d'une ou deux minutes.

Les savants occidentaux commencent à perfectionner des garde-temps "tout mécanique" où le mouvement est transmis par des

Le prix de la longitude

Alors que la latitude se mesure par la hauteur de l'étoile polaire ou de celle du Soleil au zénith, la longitude nécessite la conservation précise du temps.

Le Longitude Act (1714) du parlement britannique promettait un prix de vingt mille livres pour la détermination de la longitude d'un navire en pleine mer, avec une précision meilleure que le demi-degré. A Paris, l'Académie royale des sciences décerne également des subventions dans ce même but.

De nombreux candidats proposent leurs méthodes ou leurs appareils. Deux horlogers, le français Berthoud et l'anglais Harrison, proposent des solutions ingénieuses. Berthoud était issu d'une dynastie d'horlogers, et était devenu horloger du roi de France. Harrison, menuisier ébéniste, apprend le métier d'horloger sur le tas.

Finalement, en 1761, après plus de trente ans et plusieurs prototypes embarqués, Harrison remporte le prix du Longitude Act. Le coût d'une de ses montres de marine équivalait environ au tiers du prix du vaisseau qui l'utilisait.

Grâce à sa persévérance, Berthoud parvient à examiner et manipuler une montre candidate de Harrison ; il est déçu par les solutions mécaniques de régulation (l'échappement) : il ne saisit pas les astuces de réduction des frottements, moins visibles, qui ont assuré la qualité de la montre.



Montre marine de Berthoud

engrenages en série à une petite pièce mécanique (l'échappement) via soit un poids qui chute (horloge), soit un ressort en acier (pendule et montre).

La révolution newtonienne (théorie de la gravitation universelle) permet de nouveaux calculs. En 1656, Huygens introduit la pendule à balancier oscillant, interagissant avec l'échappement. La précision passe alors de 15 minutes à 15 secondes par jour. En 1675, il invente un autre procédé pour les montres : la force de rappel de l'oscillateur est due à un ressort, et non à la gravité comme pour les pendules.

Cette technologie devient stratégique : pour la conquête du monde, l'Angleterre et la France rivalisent pour la détermination précise de la longitude, et utilisent pour cela des montres embarquées.

Vers 1880, Jacques et Pierre Curie, qui étudient l'effet piézo-électrique, suggèrent de remplacer le balancier par un cristal de quartz. En 1917, un américain, Alexander M. Nicholson, dépose un brevet de régulateur de temps à oscillateur de quartz.

En 1927, un premier régulateur électronique à quartz oscillant est construit au Bell Lab.

Pourquoi mesurer un temps précis

Dans les laboratoires, la mesure du temps concerne :

- Soit la conservation du temps (quelle heure est-il ?), qui implique surtout les laboratoires normatifs et les organismes en charge de la "diffusion de l'heure" (ANFr, BIPM, IERS, SYRTE, etc.) ;
- Soit la mesure précise d'un intervalle de temps, pour caractériser un phénomène physique ou une synchronisation.

Entre 1920 et 1980 les applications de Défense (pyrotechnie, trajectoires hypersoniques) demandèrent aussi des prises de vues rapides, avec une mesure de positions toutes les microsecondes environ pour vérifier les calculs théoriques, et caler les simulations.

Dans les années 30, le Dr Schardin (qui sera le premier directeur allemand de l'ISL), et son collaborateur Kranz, avaient mis au point une caméra capable de filmer, en ombroscopie, à la cadence de 2 images par microseconde, les ondes de choc aériennes autour d'un projectile en vol. Le temps de pose est de quelques dizaines de nanosecondes.

Le temps, aujourd'hui

Depuis le milieu du XX^e siècle, les horloges les plus précises utilisent la mesure des fréquences émises lors d'une transition atomique, idée émise dès 1879 par Lord Kelvin (futur président, de la London Royal Society). Une raie du Césium est couramment utilisée. Le passage à l'Ytterbium amènerait la précision à 2×10^{-18} s, soit 100 fois mieux que le Césium.

Depuis quelques décennies, les avancées dans la mesure du temps sont surtout motivées par les demandes liées aux systèmes de navigation par satellites, qui exigent l'emploi d'horloges atomiques embarquées, périodiquement synchronisées via des stations à terre.

Les utilisations sont très nombreuses et en croissance : synchronisation de réseaux divers fixes et mobiles, positionnement précis, horodatation d'événements (dont

transactions financières), transferts de temps, mise en cohérence de capteurs sur de grandes distances (astronomie notamment), ...

Les garde-temps futurs

A court et moyen terme : il faudra toujours, par petits pas :

- Miniaturiser les horloges,
- Améliorer leur stabilité en les isolant mieux des influences externes,
- Augmenter leur précision par augmentation des fréquences : trouver mieux que le Césium,
- peut-être à terme trouver d'autres sources de fréquence : transitions d'énergie des noyaux (isomères nucléaires), et pourquoi pas irrégularités gravitationnelles ? biocapteurs ?

Les applications qui feront progresser la technologie sont encore inconnues.

La vision géocentrique a tenu des millions d'années, l'héliocentrisme 2500 ans, la gravitation universelle 200 ans, la relativité un peu plus de 100 ans. Peut-être la prochaine révolution viendra-t-elle des particules élémentaires ? Peut être, alors, encore une fois, la mesure du temps sera affectée. ☺



Jacques Vermorel, IGA

Ancien membre de l'Institut franco-allemand de recherches de Saint Louis
Service des études amont au centre d'expertise et d'essais de Bourges
Ancien administrateur au Secrétariat international de l'Organisation du traité de l'Atlantique nord

LES ATOMES FROIDS BATTENT LA MESURE

LA CONQUÊTE DU TEMPS ULTRAPRÉCIS ET ULTRASTABLE

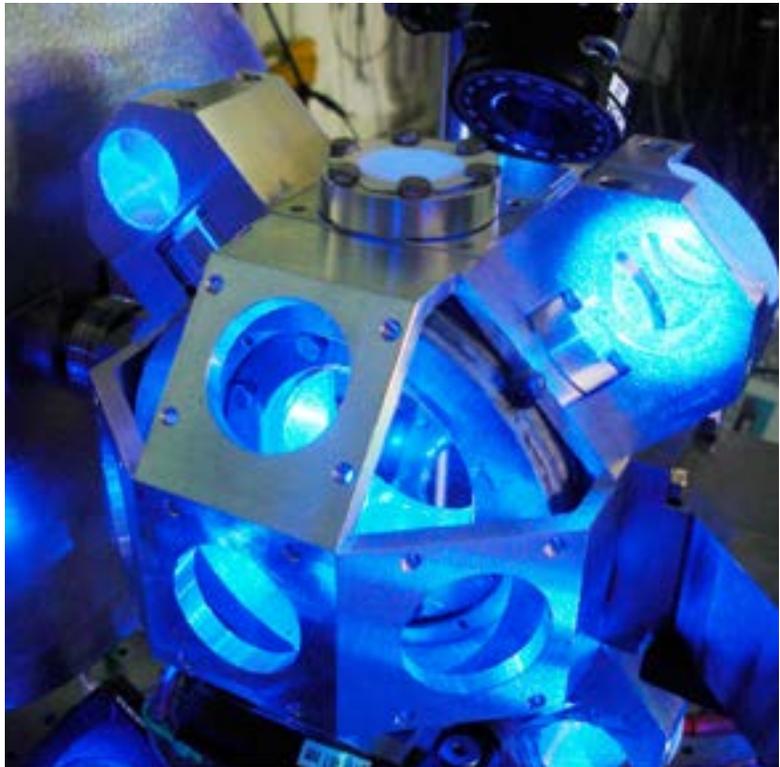
Par Raphaël Bouganne, /A

Comment est fourni le temps UTC sur la planète ? Quelle est la meilleure horloge au monde ? Lumière et matière fournissent à ce jour des plateformes inégalables en termes de précision et de stabilité.

« Time is a social institution, and not a physical reality », nous propose le philosophe américain Alan Watts. Ceci pour nous rappeler qu'en effet, contrairement à bien d'autres quantités physiques, le temps n'est associé à aucune observable. Il est pourtant omniprésent dans les équations différentielles qui régissent le comportement de la matière, la dynamique des masses, des fluides, des ondes électro-magnétiques etc. Aujourd'hui le temps est également omniprésent dans nos vies, pour nous donner rendez-vous, pour nous donner position dans l'espace, pour mesurer notre performance...

La seconde

La seconde est égale, depuis 1967, à la durée de 9 192 631 770 périodes du rayonnement correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental non perturbé de l'atome de Césium 133. Ce choix a été fait car les atomes constituaient alors les systèmes physiques les plus stables et les plus performants. Ils le sont encore aujourd'hui. De plus, ils oscillent à des fréquences très élevées (de l'ordre du GHz dans le cas de la transition hyperfine du Césium) ce qui permet de réaliser des mesures très précises. Comment cela ? Pour connaître notre fréquence cardiaque, nous mesurons le nombre de battements du cœur pendant un temps donné. Il est clair que l'estimation est bien meilleure si l'on compte pendant 1 minute plutôt que pendant



Horloge optique à Strontium (Crédits : Observatoire de Paris/SYRTE)

5 secondes. Ainsi, plus le temps de mesure sera long, plus la fréquence estimée sera proche de la fréquence moyenne réelle. Il en est de même avec les atomes, le temps d'interrogation doit être le plus long possible. Pour mesurer, mais on pourrait tout aussi bien dire créer la seconde, il faut donc disposer d'une machine capable d'interroger la transition de l'atome de Césium. Ceci est fait dans ce qu'on appelle une « fontaine atomique ». Les atomes de Césium, refroidis par laser, sont jetés en l'air sur une distance d'environ 1 mètre, ce qui permet d'allonger le temps

d'interrogation des atomes et d'obtenir une mesure précise et stable à environ 15 chiffres après la virgule. Ceci correspond à une dérive d'une seconde en 30 millions d'année, ou encore d'environ 7 minutes depuis la création de l'univers.

Le temps UTC

C'est le Bureau International des Poids et Mesures qui est en charge de centraliser les données issues des laboratoires mondiaux qui produisent la seconde et de calculer les échelles de temps internationales tel que l'UTC (Temps Universel

Systemes de navigation par satellites : un défi de précision du temps

Le principe de créer un repérage grâce à des astres artificiels dédiés est simple. Chaque satellite émet régulièrement sa position spatio-temporelle (x_i, y_i, z_i, t_i) . Dès que le récepteur capte les signaux émis par 4 satellites, il les décrypte, et détermine sa position (x, y, z, t) en résolvant, par itération à partir de la dernière position connue, un système de 4 équations à 4 inconnues.

La différence entre le temps d'émission de chaque satellite et le temps de réception associé sert de base au calcul des distances entre récepteur et satellite. La précision de mesure de cet intervalle de temps est cruciale.

Le Navstar GPS, développé à partir de 1973 par le département de la défense américain, est sans doute le premier système à avoir prévu des corrections de calcul liées à la fois à la relativité générale, et à la relativité restreinte : relativité restreinte, pour tenir compte de l'effet relativiste de la vitesse du satellite; relativité générale, pour tenir compte de la déviation de l'onde électromagnétique par la masse de la Terre.

Les mesures de temps sont contrôlées, dans chaque satellite, par des horloges atomiques, synchronisées entre elles et avec des bases à terre.

En cas de réception de seulement 3 satellites, le récepteur GPS peut fonctionner en mode dégradé : en ce cas, il ne traite que les variables en x, y et t , et l'altitude est indéterminée.

Le processeur d'un GPS est très spécialisé, avec deux fonctions essentielles : décrypter puis résoudre un système de 4 équations. Le décryptage, à plusieurs niveaux de confidentialité, permet au système de ne pas envoyer le même signal à différentes classes d'utilisateurs (officiels US, Alliés, autres).

Coordonné). Aujourd'hui, une vingtaine de fontaines atomiques fonctionnent sur la planète, mais seulement une demi-douzaine contribue régulièrement à la définition du temps, et en particulier les trois fontaines d'un laboratoire français situé au sein de l'Observatoire de Paris : le SYRTE (pour Systèmes de Référence Temps-Espace). Grâce au fonctionnement quasiment ininterrompu de ses fontaines le SYRTE contribue à hauteur de 40% au pilotage mondial des échelles de temps internationales.

Du nouveau dans le temps très précis avec les horloges optiques

Le Breakthrough Prize 2022 et ses 3 millions de dollars (trois fois plus que le Nobel) sont allés, dans la catégorie physique fondamentale, au Japonais Hidetoshi Katori et au Sino-Américain Jun Ye pour la mise au point de leur horloge à réseau optique, d'une telle précision qu'elle relègue nos meilleures horloges atomiques actuelles au rang de vulgaires pendules. Source les Echos 1^{er} octobre.

Les horloges optiques

Aujourd'hui, bien que la seconde soit définie sur la transition hyperfine du Césium, il existe des horloges dont la précision/stabilité est encore meilleure. Il s'agit d'horloges qui mesurent le temps non pas avec des fréquences micro-ondes (GHz) mais avec des fréquences optiques (100 000 GHz). Ces horloges atteignent des précisions et stabilité de l'ordre de 18 chiffres après la virgule. De nombreuses équipes de par le monde étudient et conçoivent des horloges de ce type pour repousser les limites de la physique. Par exemple, la relativité générale nous explique que le temps s'écoule différemment selon le champ gravitationnel dans lequel l'observateur est placé. Les horloges optiques sont suffisamment précises pour détecter la variation d'écoulement du temps lorsque l'horloge est déplacée d'un mètre de haut à la surface de la Terre.

Et demain ?

Ces horloges optiques pourraient, à terme, remplacer les horloges micro-ondes pour la définition de la seconde. Il est cependant encore trop tôt pour savoir quel type

d'horloge sera utilisé (à ions ou à atomes froids), ni quel atome sera choisi (Ytterbium, Strontium ou bien Mercure). Pour autant, les horloges optiques sont d'un grand intérêt pour tester les limites de la physique : mesure de la stabilité des constantes fondamentales, tests des principes fondateurs de la relativité générale (universalité de la chute libre par exemple) ou encore recherche de la matière noire. ☞

« Il est l'heure de s'enivrer ! Pour n'être pas les esclaves martyrisés du Temps, enivrez-vous ; enivrez-vous sans cesse ! De vin, de poésie ou de vertu, à votre guise. »

C. Baudelaire



Raphaël Bouganne, IA,
Directeur de cabinet du Président de l'Ecole polytechnique

Raphaël Bouganne a soutenu en 2018 une thèse sur le contrôle d'atomes ultrafroids par laser en vue de créer un champ magnétique artificiel (LKB, Collège de France, ENS, Sorbonne Université). Il est depuis juin 2019 le directeur de cabinet d'Eric Labaya, Président de l'X.

LA SECONDE INTERCALAIRE...

Par Jean-Pierre Le Pesteur, IGA

LA MESURE DU TEMPS EST UNE CHOSE, LA DIFFUSION DE L'HEURE EN EST UNE AUTRE : ELLE CONFRONTE L'HOMME À LA NOTION DE PARTAGE, LE FAISANT ENTRER DANS UN MONDE DE COMPLICATIONS, PAS SEULEMENT HORLOGÈRES, DE DIFFÉRENCES CULTURELLES, LE POUSSANT À RECHERCHER D'IMPROBABLES CONSENSUS, OUBLIANT UN INSTANT DE VOIR MIDI À SA PORTE. EN VOICI UNE ILLUSTRATION CONTEMPORAINE, DANS LE THÉÂTRE DES ORGANISMES ONUISIENS RYTHMÉS PAR LES ACCORDS INTERNATIONAUX.

Si le temps astronomique a été le premier à portée de l'être humain, l'ère contemporaine a ouvert la porte au temps atomique : nous sommes ainsi entrés dans une période charnière où une cohabitation doit être aménagée, sans voir là une quelconque opposition entre anciens et modernes, beaucoup trop réductrice, tant les usagers de l'un et de l'autre ont pris leurs habitudes et codifié leurs pratiques.

Ainsi, depuis 1972, le bon vieux temps universel coordonné (UTC) qui suit la rotation de la terre, et le jeune et fringant temps atomique international (TAI) sont périodiquement rappelés à l'ordre, afin de limiter leurs variations relatives principalement liés aux errements de la vitesse de rotation de la terre. C'est ainsi que naquit la seconde intercalaire (leap second, en anglais), que l'on ajoute ou retranche quand la variation atteint un maximum encadré par des conventions internationales.



Le Bureau Central du Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence, à l'Observatoire de Paris, qui en est le dépositaire, intime périodiquement aux organismes du monde entier, la nécessité de procéder, au même moment, à l'injection de cette fameuse seconde. Au 1^{er} janvier 2017, en 45 ans, 27 ajouts d'une seconde avaient eu lieu.

Mais la seconde intercalaire entraîne des manipulations délicates des horloges internationales, avec bien des effets secondaires complexes sur lesquelles on ne s'étendra pas ici.

La dite seconde intercalaire semblait donc condamnée en 2012, à la merci d'un vote consensuel des états, sous l'égide de l'Union internationale des télécommunications, instance où le futur de la dite seconde peut être délibéré.

Que s'est-il donc passé à la conférence mondiale des radiocommunications de 2012, alors qu'une nette majorité d'états était en faveur de la suppression ? Car contre toute attente, la seconde s'est vue donner à cette occasion les chances d'un nouveau bond !

<https://news.un.org/fr/story/2012/01/237932-luit-reporte-la-decision-deliminer-la-seconde-intercalaire>

Le jeudi 19 janvier 2012, il aura suffi de 3h15 d'échanges (ou devrait-on dire de prises de positions ?) pour faire échouer le projet de suppression : le lobby intense des anglo-saxons a entraîné le revirement de l'Allemagne, l'abstention surprise de l'Italie, sur fond d'indécision de nombreux états, traditionnelle dans ce genre de circonstances. L'unique consensus a été de repousser le sujet à 2023, assorti de demandes d'études complémentaires !

Ceux des états qui comme la France avaient privilégié la raison cartésienne – « l'effet des secondes intercalaires serait insignifiant pour la vie publique dans les prochains siècles » -, n'avaient pu convaincre, face aux considérations historiques, sociales, politiques voire philosophiques invoquées dans les coulisses.

Pour 2023, les paris sont ouverts... plusieurs options sont identifiées, dont celle du statu quo, ce qui laisse certains augurer que la seconde intercalaire a de beaux jours devant elle, même si aux dernières nouvelles, l'UIT s'orienterait vers un transfert complet du sujet au BIPM...

NB : L'idée pourtant élégante de remplacer les secondes intercalaires par l'introduction d'heures intercalaires (la première se produisant vers l'an 2600) a fait long feu, et n'apparaît plus dans les options sur la table !

Seconde intercalaire : peu de rapport avec la minute nécessaire de monsieur Cyclopède, sauf peut-être son côté surréaliste ?

INVESTIR DANS LA SECONDE RÉVOLUTION QUANTIQUE

QUELLE EXPERTISE POUR JUGER DE PROMESSES DE DISRUPTIONS MAJEURES ?

Par **Christophe Jurczak**, ICA

Les technologies quantiques portent des promesses ambitieuses, dans le calcul, les communications et les détecteurs. Quoique les défis scientifiques et technologiques à leur déploiement à grande échelle soient encore nombreux, les investisseurs, les décideurs publics, les intégrateurs et les utilisateurs doivent être en mesure d'estimer leur horizon d'application pour rester dans la course. Et ce n'est pas chose aisée.

Depuis un peu plus d'un siècle, la physique quantique révèle le fonctionnement intime du monde microscopique. Ses résultats, parfois contre-intuitifs, ont conduit à des applications incontournables de notre vie quotidienne : c'est la première révolution quantique. La deuxième révolution quantique est en cours, elle vise à exploiter de façon encore plus directe les attributs quantiques pour réaliser des gains de performance très significatifs dans le calcul, les communications et la détection.

La situation évolue très vite

Quand j'ai co-fondé le fonds d'investissement Quantonation en 2018, l'essentiel de la présentation du fonds portait sur les *promesses* du quantique, sur la science. Aujourd'hui, avec 15 investissements réalisés en amorçage dans des startups en Europe et en Amérique du Nord, la situation a déjà radicalement changé puisqu'on parle, pour les plus matures, de *produits* et de *clients*, et au minimum de *preuves de concept*. A titre d'exemple, la startup Pasqal qui développe un ordinateur quantique sur la base d'atomes refroidis et manipulés par faisceaux lasers et micro-ondes, a annoncé la vente et livraison dès 2023 d'ordinateurs de la classe 100 qubits à des centres publics de calcul haute performance, et publie régulièrement des annonces sur des collaborations avec des clients

Le calcul quantique et les applications dans la Défense et la Sécurité

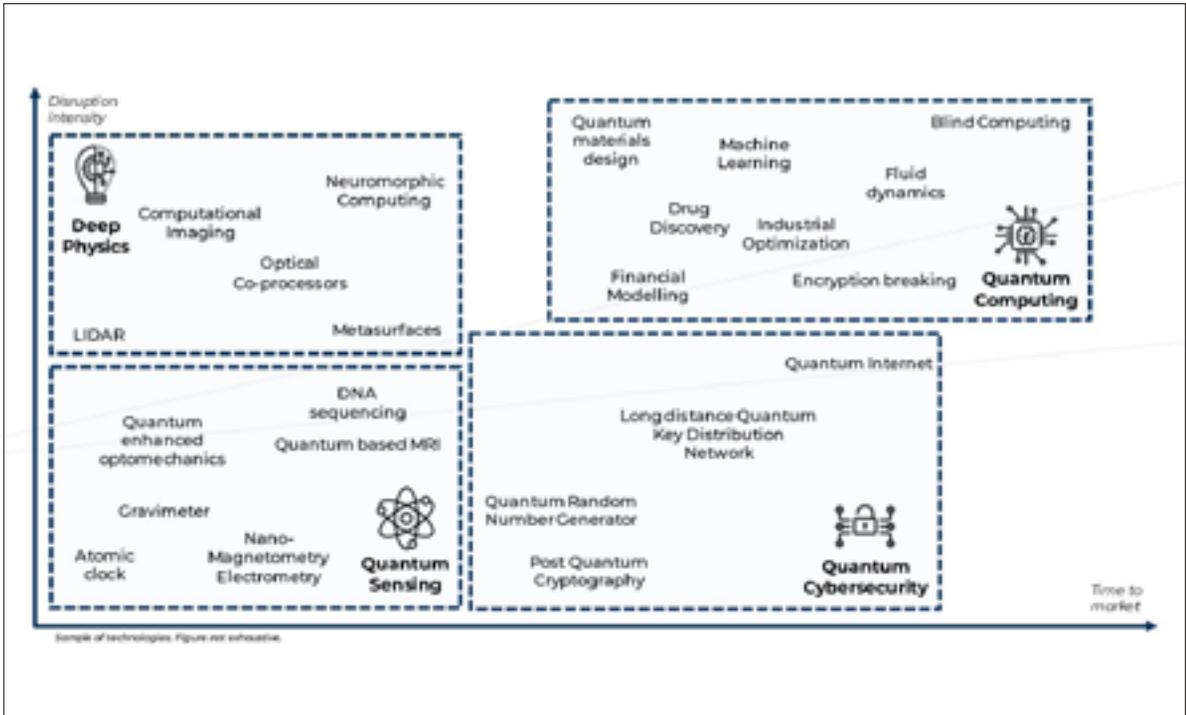
L'ordinateur quantique de la société Pasqal est particulièrement adapté à traiter des problèmes d'optimisation combinatoire et à analyser des graphes complexes, nombreux dans les applications en Défense et Sécurité, par exemple dans la planification de missions ou l'analyse de réseaux. La technologie a été développée dans le laboratoire du Prof. Browaeys à l'Institut d'Optique, co-fondateur de la société. Avec une première famille de processeurs de 100 à 200 qubits en fin de développement qui sera commercialisée à travers le cloud dès 2022, Pasqal a l'ambition de faire partie des leaders mondiaux du secteur du calcul quantique.



Source : Pasqal

industriels tels que Crédit Agricole CIB. Dans le domaine des détecteurs, la startup suisse Qnami a mis sur le marché un microscope à force atomique dont la performance est considérablement améliorée par un détecteur de champs ma-

gnétiques au niveau microscopique reposant sur l'excitation d'un qubit dans une matrice de diamant. Plusieurs laboratoires publics et industriels ont d'ores et déjà acheté cette technologie, dont le centre de recherche de Thales par exemple.



Les secteurs d'investissement du fonds Quantonation, mettant en évidence les applications des technologies quantiques en fonction de leur horizon de mise sur le marché. Un des principaux enjeux pour les investisseurs et les utilisateurs de ces technologies est de bien estimer leur niveau de maturité. Source : Quantonation

Pour un investisseur tel que Quantonation, un des enjeux clés est d'évaluer l'horizon d'application de la technologie de façon réaliste. Les sociétés dans lesquelles nous investissons, au moment où nous le faisons, ne génèrent pas ou peu de revenus. Or les flux de revenus passés et les projections de revenus futurs sont habituellement une des composantes clés du calcul de la valeur de ces sociétés, à la base du prix des actions qui sont émises lors d'un tour de financement. Pour le quantique, et de façon générale dans le domaine des « Deep Tech », de l'innovation à forte composante scientifique, il faut être capable de mobiliser des experts académiques pour porter un avis sur la science à la base de l'innovation, sur la capacité à en faire des produits robustes, mais il faut aussi être capable d'imaginer les usages qui en seront faits, et les scientifiques seuls ne sont pas équipés pour le faire : il faut une collaboration pluridisciplinaire associant les scientifiques, les ingénieurs et des utili-

sateurs capables de prendre une posture prospective.

Des preuves de concept aux applications opérationnelles

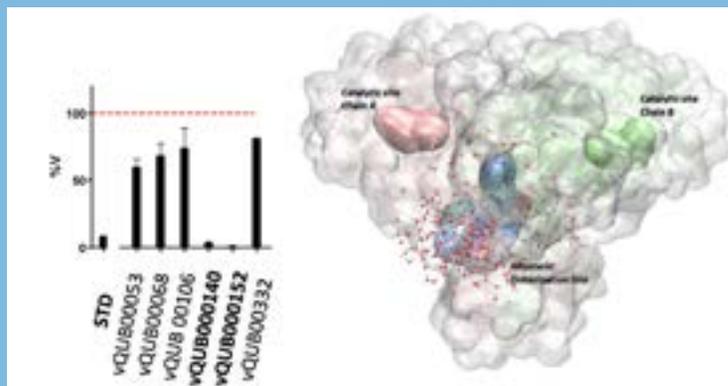
Une façon privilégiée de progresser est de réaliser des « preuves de concepts » sur des cas d'usage anticipés. Un exemple : Pasqal collabore avec les laboratoires d'EDF sur le développement de solutions aux problèmes de la mobilité intelligente en ville, comme les stratégies de chargement de flottes de véhicules électriques. Une première phase de l'analyse a permis de montrer qu'à partir de 800 véhicules sous gestion environ, le processeur Pasqal de prochaine génération (1000 qubits) devrait pouvoir trouver une solution optimale plus rapidement qu'un ordinateur classique. Les études se sont fondées sur une simulation de la performance de l'ordinateur et des essais sur le processeur prototype sont en cours actuellement. On sera ainsi bientôt en mesure de préciser le moment où un ordinateur quantique tel que Pasqal pourra être utilisé avec

profit, et apporter au client ce qu'on appelle un « avantage quantique ».

Ce type d'approche me fait penser à la « Prospective Technico-Opérationnelle », sur laquelle j'ai travaillé avec les Ingénieurs Généraux Jean-Bernard Pene puis Vincent Imbert au SASF pour imaginer au début des années 2000 ce que pourraient être les futurs programmes d'armement terrestre, et qui ont mené à certains des équipements que j'ai vu défilé ce 14 juillet. Avec le quantique aussi on est dans le temps long. Il ne suffit pas de demander aux fournisseurs de technologie « montrez-moi votre solution », il faut d'abord que les clients futurs, industriels et publics, et les fournisseurs travaillent ensemble pour identifier les problèmes les plus à même d'être impactés, pour que des solutions adaptées voient le jour. A défaut de le faire, ils auront des années de retard et des difficultés sérieuses de recrutement quand les technologies seront pleinement commerciales.

Le calcul hybride classique-quantique au service de la recherche de traitements contre le COVID

Une application des technologies quantiques est la capacité à créer des molécules *in silico* bénéficiant de la puissance d'infrastructures convergées HPC (*High Performance Computing*) classique, notamment avec des processeurs GPU, et, à moyen terme, quantique. Grâce à sa plateforme, Atlas, la startup Qubit Pharmaceuticals vise à complètement numériser la conception des médicaments en évitant 90% des tests chimiques et biologiques, réduisant ainsi le temps de découverte de candidats médicaments par 2. Illustration : deux classes de molécules actives contre la protéase du COVID ont été développées en quelques mois seulement, à partir d'une modélisation numérique fine sur HPC de la cible tenant compte d'effets quantiques dans les réactions (travaux de l'équipe à Sorbonne Université du Professeur Piquemal, co-fondateur de Qubit Pharmaceuticals). La figure montre la modélisation de la cible ainsi que les réactivités de fragments des médicaments synthétisés à partir des modélisations numériques. Un des enjeux est d'être en mesure d'intégrer de nouvelles technologies de calcul au fur et à mesure qu'elles deviennent disponibles. Pour Qubit Pharmaceuticals les premiers calculs assistés par le quantique "en routine" devraient avoir lieu dès 2024 une fois bien compris le positionnement optimal de la part du processeur quantique.



Source : Qubit Pharmaceuticals

Vers un nouveau modèle de collaboration et de partage de savoir-faire

En France, j'ai participé à une initiative originale, la création de l'association Le Lab Quantique précisément dans le but de faire communiquer des communautés souvent dissociées, celles des fournisseurs de technologies et les scientifiques, les grands groupes et les startups. Des conférences régulières sont organisées avec le soutien de BPI France notamment, des meetups passés en virtuel depuis le début de la pandémie de COVID, des hackathons et nous travaillons à la création d'un lieu incarné – La Maison du Quantique –

pour renforcer ces actions, faciliter les échanges et aller au-delà de cette première phase d'information. Car il faut aussi former et développer des recherches originales, par exemple sur la thématique du benchmarking qui est fondamentale : comment comparer les plateformes, sur quels problèmes de référence ? La France a lancé en 2021 une Stratégie Nationale Quantique extrêmement ambitieuse, dotée de plus d'un milliard d'euros, qui a vocation à la placer parmi les leaders de cette industrie qui est en train de naître sous nos yeux. Le Lab Quantique fait partie des mesures de développement

d'un écosystème national qui sont fondamentales, au-delà de l'investissement dans la pure technologie. Parmi les axes de développement du Lab Quantique figure la mise en place de relations avec des sociétés savantes plus classiques qui me semble indispensable.

Dans un domaine émergent à forts enjeux comme le quantique, les startups jouent un rôle d'accélérateur de la connaissance tout à fait adapté à ce domaine et à notre temps et même si évidemment elles ont une vocation commerciale et doivent veiller à leur propriété intellectuelle, elles réalisent des recherches tout à fait originales qui suivent le même processus de validation que les recherches réalisées dans les laboratoires publics. Ainsi Pasqal a publié sur le site de pre-prints *arxiv* déjà 4 articles en 2021, tous soumis à revue à comité de lecture. A noter une approche originale : certains des développements de Pasqal dans le domaine du software sont *open source*, ce qui participe à la création de liens entre communautés. Avec les financements dans les startups du quantique qui sont en train de battre un record en 2021, puisqu'ils dépassent dans le monde 2 milliards de dollars, la science progresse aussi et il est indispensable d'inventer un nouveau modèle de collaboration et de partage de savoir-faire. ☺



Christophe Jurczak, ICA

Christophe Jurczak (ICA, X89) est associé fondateur du fonds d'investissement Quantation et co-fondateur de la startup Pasqal. IA recherche (thèse en physique quantique avec le professeur Alain Aspect), il a commencé sa carrière au STTC en optronique puis au SASF / Système de Forces Aéroterrestre. Détaché au Ministère de l'Industrie en 2002, il a passé près de 15 ans dans le domaine des énergies renouvelables dans le public et le privé, en France, en Italie et aux États-Unis avant de revenir au Quantique.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET INFORMATIQUE QUANTIQUE, UN DÉFI POUR LA FRANCE

Par Philippe Duluc, ICA

Les sociétés savantes, en particulier anglo-saxonnes, jouent un rôle essentiel dans la révolution de l'informatique quantique, y compris à ce moment si particulier où elle pénètre la sphère industrielle, où la recherche privée vient compléter la recherche académique. Cela reste un défi pour la France, pour son rayonnement et sa souveraineté, aussi bien au niveau linguistique qu'à celui de l'évaluation internationale des chercheurs.



L'Atos Quantum Learning Machine (QLM) a convaincu des acteurs majeurs internationaux du calcul quantique dont CEA et Total en France, Jülich et Bayer en Allemagne, Argonne NL et Oak Ridge NL aux Etats-Unis.

Les technologies quantiques disruptent deux segments de marché sur lesquels Atos est leader en Europe. D'abord, le marché du calcul de haute performance (HPC) qui voit dans le calcul quantique une possibilité de s'affranchir du ralentissement de la loi de Moore et de continuer à accélérer les calculs ; puis celui de la cybersécurité avec la menace quantique envers les algorithmes cryptologiques asymétriques qui sécurisent aujourd'hui internet. Le programme Atos Quantum a été lancé fin 2016 par Thierry Breton et s'appuie sur un conseil scientifique prestigieux (voir photo historique du lancement en illustration). Un laboratoire R&D a été mis en place en région parisienne, constitué de spécialistes de haut niveau (physiciens, mathématiciens,

informaticiens). A été développée la QLM (Atos Quantum Learning Machine, voir illustration jointe), plate-forme de développement permettant à ses utilisateurs de coder des algorithmes quantiques, de les adapter aux différents hardwares quantiques, et d'en simuler de façon réaliste l'exécution dans un environnement hybride pour les tester. Elle connaît un grand succès commercial (des contrats signés aux Etats-Unis et Amérique du Sud, en Europe, Afrique, Japon, Inde...). La prochaine étape pour ATOS est de commercialiser un HPC hybride à l'horizon 2023, doté de capacités d'accélération quantique, qui permettront la réalisation de certains calculs, impossibles aujourd'hui comme la simulation de grosses molécules.

L'informatique quantique est en pleine effervescence, depuis que le mathématicien américain Peter Shor a démontré en 1994 la réalité théorique d'une accélération quantique exponentielle qu'il a appliquée au décryptement du système cryptographique RSA (à la base de la sécurisation des échanges sur Internet). On a vu s'accroître considérablement dès lors le nombre d'articles scientifiques publiés, le nombre d'algorithmes quantiques découverts, le nombre de brevets déposés, le nombre de startups, ainsi que la montagne d'argent déversé par les fonds d'investissement dans le secteur (comme en témoigne la spectaculaire levée de fonds de 650 millions de dollars de la startup américaine IonQ début 2021 via un SPAC, *Special-Purpose Acquisition Company*)

La question de la diffusion et du partage de l'information scientifique est à ce titre cruciale. C'est grâce à la recherche académique et à ce partage qu'a commencé la révolution de l'informatique quantique. Les sociétés savantes anglo-saxonnes figurent au premier plan de la diffusion de l'information scientifique, elles sont même au cœur de l'évaluation des chercheurs entre eux grâce aux publications dans les journaux à comité de lecture qu'elles éditent : *American Association for the Advancement of Science* (qui édite *Science Magazine*), *APS (American Physics Society)*, qui édite les *Physical Re-*



Lancement du programme Atos Quantum le 4 novembre 2016 : Thierry Breton, alors PDG d'Atos, est entouré notamment d'Alain Aspect, de Serge Haroche, prix Nobel de physique et de Cédric Villani, lauréat de la médaille Fields.

views et ORX Quantum, l'IOT (*Institute of Physics*, britannique, qui édite *New Journal of Physics* and *Quantum Science Technology*) et peut-être la plus importante en taille, l'IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, forte de 423 000 membres dans 160 pays qui édite notamment *IEEE Transactions on Quantum Engineering*), homologue de notre SEE (Société de l'électricité, de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication). N'oublions pas l'éditeur scientifique anglo-allemand SN (*Springer Nature*, qui édite, entre autres, *SN Computer Science*, *Nature Physics* et la célèbre revue *Nature*). Il va sans dire que la langue anglaise est obligatoire pour tout chercheur qui veut se faire connaître. La composition des comités de lecture avantage inévitablement le monde anglo-saxon.

La recherche académique (avec le support des sociétés savantes) a posé les bases de l'informatique quantique et la rend possible. Cette dernière connaît une nouvelle évolution depuis 3 ans, en montant en niveau de maturité (mesuré en TRL,

Technology Readiness Level), en ouvrant des perspectives économiques viables de retour sur investissement ; elle gagne désormais le paysage industriel : c'est un enjeu économique pour les États que de capter cette industrie naissante (enjeu double, car s'ajoute celui de sécurité nationale). Les startups se multiplient (leur nombre a doublé en 2 ans), les investisseurs se positionnent massivement (cf. supra), les États accélèrent ce transfert par des plans nationaux ambitieux (1,8 milliard d'euros pour la France, annoncés par Emmanuel Macron en janvier dernier). Les entreprises mettent en place des équipes de R&D comme Atos en 2016, avec la jeune équipe Atos Quantum, formée de chercheurs salariés qui n'ont pas à rougir face à leurs pairs académiques. Cette équipe publie plusieurs articles scientifiques par an, le dernier en date dans la revue *IEEE Transactions on Quantum Engineering*¹. En outre, deux chercheurs d'Atos ont été conviés par l'*American Physics Society* (cf. supra) au prestigieux *APS March meeting 2020* pour y présenter deux articles, l'un sur l'op-

timisation quantique² et l'autre sur le recuit quantique³. Elle dépose également de nombreux brevets, condition sine qua non d'un développement industriel sécurisé. On voit bien qu'au fur et à mesure qu'une technologie devient mature et que s'ouvrent des perspectives industrielles, la recherche s'étend naturellement dans les entreprises privées, et ces dernières restent au contact des sociétés savantes et de la recherche académique (ponts, essaimage, partenariats croisés, mobilités, chaires industrielles⁴, Conventions industrielles de formation par la recherche, formations en alternance, etc.).

Les sociétés savantes françaises sont actives sur le terrain quantique (Société Physique de France -2800 adhérents-, Société Chimiste de France, SEE -cf. supra-, etc.) en termes de réseautage, d'évènementiel, de communication (responsabilité de prix prestigieux de la sélection à la remise). Elles sont engagées dans la révolution de l'informatique quantique, mais il serait hautement profitable que se développent en France des revues scientifiques à comité de lecture dans lesquelles ces sociétés savantes pourraient s'investir à l'instar de leurs pairs anglosaxons, et donner une plus grande place aux chercheurs français dans les comités de lecture. ☺



Philippe Duluc,
ICA

Philippe Duluc, diplômé de l'Ecole Polytechnique, Ingénieur en chef de l'Armement, a débuté sa carrière au ministère de la Défense, puis dans les services du Premier ministre. Après 20 ans de service, il rejoint le secteur privé, d'abord en charge de la sécurité d'Orange, puis de l'offre Cybersécurité de Bull. Il est désormais directeur technique d'Atos, en charge du big data, du HPC, de la cybersécurité, des systèmes critiques et du calcul quantique.

1 : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9459509?source=authoralert>

2 : *Running large quantum circuits on small quantum computers*

3 : *Assessing the potential of Rydberg atoms for adiabatic quantum computing of an NP-hard problem* .

4 : *Comme la chaire industrielle « Nouvelle architecture de spins nucléaires pour l'information quantique - NASNIQ » du CEA cofinancée par Atos et l'ANR*

COMMUNAUTÉ ACADÉMIQUE ET DÉFENSE - UNE SYNERGIE INDISPENSABLE

L'EXEMPLE DE LA CRYPTOGRAPHIE POST-QUANTIQUE

Par Pierre Loidreau, ICA et Raphael Bost, IPA

Dans le domaine de la sécurité informatique, les liens entre la DGA et les universités sont anciens. Ces liens sont indispensables pour que les experts puissent donner leur pleine mesure et concevoir des produits sécurisés pour les forces.

La conception d'algorithmes cryptographiques, une mission régalienne de la DGA

Une partie importante de la sécurité informatique repose sur un socle de services fournis par la cryptographie, la science du secret, et sa bonne mise en œuvre pratique. La conception de services cryptographiques dans le domaine souverain est une mission régalienne échue à la DGA. Dans ce cadre, la DGA dispose d'équipes qui conçoivent, développent, mettent en œuvre et évaluent les services qui seront ensuite intégrés dans les produits de sécurité. Dans ces équipes, des IA participent activement à la réalisation de cette mission, grâce à leur formation technique de haut niveau.

Les exigences de sécurité dans la durée (la classification des informations pendant plusieurs décennies par exemple), bien supérieures à celles des applications civiles, et les particularités des besoins étatiques imposent une connaissance parfaite de l'état de l'art ainsi que de ses perspectives d'évolution à court et à moyen terme, aussi bien sur des aspects de sécurité que de fonctionnalité. Cette connaissance doit être partagée entre les experts de la DGA et les industriels de défense qui interviennent dans la conception des produits de sécurité.

Dans ce domaine de pointe, la DGA se doit donc de posséder à la fois une expertise de très haut niveau

en interne - typiquement pour des travaux classifiés et appliqués aux problématiques du Ministère des Armées - et d'avoir accès à la communauté académique - l'étendue du sujet ne permettant pas d'en traiter l'intégralité en interne. Cet accès peut alors prendre plusieurs aspects : soit de type "passif", en s'appuyant directement sur le monde académique et ses travaux, soit de type "actif", en pilotant la recherche sur des points d'intérêt, et ce grâce à plusieurs dispositifs.

La cryptographie face à la menace quantique

Nous pouvons illustrer cela au travers d'un des domaines prioritaires du Ministère des Armées : la "cryptographie post-quantique". Depuis quelques années, la communauté académique internationale et les agences gouvernementales regardent de très près l'effet qu'aurait la réalisation d'une machine universelle quantique. Celle-ci jouerait le rôle de nos ordinateurs actuels, c'est-à-dire que ce serait une machine utilisant des ressources et de la logique quantique. Pur produit de science-fiction il y a encore 15 ans, l'évolution des technologies permet d'imaginer la réalisation d'une telle machine à moyen terme. Peut-être même à terme plus proche pourrait-on déployer des machines quantiques dédiées pour accélérer les attaques sur les systèmes cryptographiques. De telles machines

auraient un impact dévastateur sur un certain nombre de services cryptographiques actuellement utilisés tels que la signature numérique, les schémas d'identification ou bien les protocoles d'échange de clés cryptographiques. En effet, la sécurité de ces services repose sur des problèmes mathématiques bien définis réputés *difficiles* à résoudre et ceux utilisés aujourd'hui (logarithme discret sur courbes elliptiques, factorisation d'entiers, ...) deviennent *faciles* avec une machine quantique. Il existe des mécanismes résistants, dits post-quantiques reposant sur des problèmes mathématiques alternatifs (recherche de plus court vecteurs dans un réseau euclidien ou dans un code correcteur d'erreur par exemple) que l'on ne sait pas facilement résoudre avec de la logique quantique. Cependant, tant le manque de recul concernant leur sécurité que l'augmentation des ressources matérielles et logicielles pour les implanter induisent des risques pour la sécurité et la fonctionnalité des futurs produits. Ces risques ont été identifiés et pris en compte par la DGA : ils font l'objet d'une feuille de route spécifique décrivant comment déployer des moyens et pour quelle échéance afin de monter en compétence sur ces mécanismes algorithmes cryptographiques et maîtriser les risques inhérents au déploiement de produits de sécurité les intégrant.

Le processus de standardisation du NIST : Conscient du risque que fait peser l'arrivée de l'ordinateur quantique sur la sécurité des communications, le gouvernement américain a mandaté en 2017 son institut de standardisation, le NIST, de réaliser un appel à soumission à la communauté académique internationale pour des schémas cryptographiques résistants à l'ordinateur quantique. Son objectif est de parvenir à la publication de standards pour des applications internet à l'horizon 2024. Modestement, le NIST voit sa mission comme de proposer un standard sûr pour le jour où les ordinateurs quantiques craqueront la cryptographie utilisée actuellement.

Le pilotage de la recherche dans le domaine, un gage de réactivité et d'efficacité.

Pour atteindre cette maîtrise, la DGA s'appuie fortement sur la communauté académique française dans ce domaine, qui est de tout premier plan international, grâce à la qualité des travaux de recherches au sein des laboratoires universitaires et des grands instituts comme l'INRIA et le CNRS et qui a contribué à de nombreuses soumissions au processus de standardisation du NIST pour la cryptographie post-quantique (voir encadré). Les experts de la DGA sont particulièrement bien insérés dans cette communauté en étant associés à des laboratoires où ils contribuent à l'évolution de l'état de l'art au travers de publications scientifiques, ou à la dynamisation du domaine en organisant des séminaires scientifiques sur la place de Rennes (comme le séminaire cryptographie, le séminaire de sécurité des systèmes électroniques embarqués, qui sont financés par le Pôle de recherche Cyber). L'immersion d'experts reconnus dans le milieu académique permet de tisser des liens de confiance durables avec le monde universitaire. L'efficacité de cette démarche s'en ressent dans la réactivité et la pertinence des réponses apportées par le monde académique lorsqu'il est sollicité par la DGA pour intervenir sur des points techniques de PEA ou de programmes, ou tout simplement en tant que conseil.

Par ailleurs, grâce à l'AID (Agence de l'innovation de défense) et au Pôle de Recherche Cyber, la DGA est en mesure d'avoir une action de pilotage de la recherche au travers du financement régulier de thèses de doctorat ou de post-doctorats, en discutant en amont des projets de sujets avec les laboratoires d'accueil. Des dispositifs de type ASTRID permettent de mettre en relation les universitaires et des acteurs industriels pour aller vers une mise en œuvre pratique. Les résultats de ces travaux sont ensuite réintroduits dans les développements industriels, notamment à l'aide des PEA, et donc in fine mis en œuvre dans les produits de sécurité étatiques. Enfin, la DGA initie des actions de mise en relation des acteurs industriels et académiques au travers de l'organisation des journées "Mise en œuvre de la cryptographie post-quantique", un des événements de la European Cyber Week.

De manière générale, soulignons que l'implication d'acteurs académiques dans des projets défense se fait à un rapport coût/efficacité bien meilleur qu'avec un industriel de défense sur les mêmes sujets. Les équipes impliquées manifestent un fort intérêt, sont très réactives aux sollicitations de la DGA, et les résultats fournis sont de très haut niveau technique. Certains sont même susceptibles de faire

évoluer l'état de l'art (des travaux non classifiés peuvent donner lieu à des publications dans des conférences ou des journaux de premier plan).

Et la place des IA dans tout cela nous direz-vous ? La formation par la recherche permet d'aborder un travail technique différemment, apportant ou renforçant des qualités comme la rigueur scientifique, l'esprit de synthèse, et la capacité à argumenter et à diffuser ses idées en public. Ces qualités ne sont pas nécessairement travaillées dans la formation standard d'un IA. D'autre part, le fait de bien connaître le fonctionnement académique et d'être reconnu permet de piloter de manière plus efficace la recherche au profit des programmes en octroyant les moyens financiers de manière adaptée. ☞



Pierre Loidreau,
ICA

Pierre Loidreau est titulaire d'un doctorat et d'une Habilitation à diriger les Recherches. Expert Technique référent en cryptographie à DGA MI et chercheur associé au laboratoire de mathématiques de l'université de Rennes, il est référent sur la cryptographie post-quantique.



Raphael Bost, IPA

Raphael Bost est adjoint Cyberdéfense du Responsable de pôle SSI, ancien responsable du laboratoire de cryptographie algorithmique de DGA MI. Il a suivi un master en informatique à Brown University (USA), prolongé par un doctorat pour lequel il a obtenu le prix de thèse du groupe de recherche sécurité du CNRS.

LA SEE AU CŒUR DE L'ÉLECTRIFICATION CROISSANTE DE LA SOCIÉTÉ ET DE LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE

Par François Gerin

La SEE (Société de l'Électricité, de l'Électronique et des technologies de l'information et de la communication) dispose de qualités utiles pour le futur : elle constitue un forum de compétences et d'expertise dans des domaines qui sont au cœur de l'actualité : énergie, télécommunications, cybersécurité, changement climatique...



La maison d'André-Marie Ampère près de Lyon

La SEE a la volonté de participer aux grands débats ouverts dans ces différents domaines : transition énergétique, 5G, mobilité durable, véhicules connectés, limites de l'intelligence artificielle... en apportant un point de vue fondé sur une analyse rigoureuse des faits scientifiques et techniques, validée par les différents regards qui peuvent s'y croiser.

La SEE représente ainsi un pôle d'expertise indépendant, au service des décideurs, qu'il s'agisse des pouvoirs publics ou des acteurs du monde économique ; avec sa Revue de l'Électricité et de l'Électronique éditée 5 fois par an, la REE, elle joue un rôle essentiel pour informer, mais aussi lancer des idées, recueillir des avis, les partager et les discuter, avec le concours de ses Clubs Techniques, son Comité Scientifique et Technique et ses Groupes Régionaux.

Organisant des réunions d'études ou des conférences sur des sujets tels qu'hydrogène versus batteries dans les trains, la mobilité électrique ou la distribution de l'électricité dans les écosystèmes des îles, la SEE anime des communautés

scientifiques et techniques dans ses domaines de compétences, avec ses fidèles partenaires industriels et opérateurs de services, laboratoires publics et privés, grandes écoles et universités ainsi qu'avec certains chapitres techniques de l'IEEE.

La SEE organise également des congrès internationaux avec différents partenaires :

- La 3AF pour European Test and Telemetry Conference, More Electric Aircraft et Embedded Real Time Systems,
- L'association Jicable pour les câbles isolés d'énergie en synergie avec le Cigré et son comité national français,
- La Société Mathématique de France pour Geometric Science of Information,
- La DGA-MI pour Propagation radioélectrique et caractérisation de l'environnement, ainsi que la DGA et l'ONERA pour Électromagnétisme et guerre électronique.

Il en va de même avec l'IEEE pour les congrès RADAR ou CONFREGE (CONFérence FRancophone sur l'Écoconception et le développement durable en Génie Électrique), associant également la Société Royale Belge d'Électricité, et la RIE québécoise.

La SEE contribue activement également à une conférence annuelle sur « Science et progrès » au sein de

la fédération française des sociétés scientifiques (F2S) sur des thèmes tels que « La science des surfaces et interfaces : de la métallurgie à la biologie » en 2021, en 2020 pour les 60 ans du laser « Les nouveaux lasers, des micro-chips aux lasers extrêmes », en 2019 « Au-delà de l'Électronique, les technologies du futur » et en 2018 « Technologies quantiques, en route vers les applications ».

De plus, la SEE honore par des Grands prix des contributions exceptionnelles dans les domaines de l'électronique, de l'interaction entre recherche fondamentale et industrie, du rayonnement de la SEE ou des travaux de mémoires de fin d'études ou de thèses, ces derniers réservés à des jeunes scientifiques. Ces Prix portent les noms de savants reconnus dans le monde entier tels qu'Ampère, Thévenin, le Général Ferrié, Glavieux et Brillouin (Prix commun avec l'IEEE), Blondel ou André Blanc-Lapierre, et Branly (géré par la F2S).

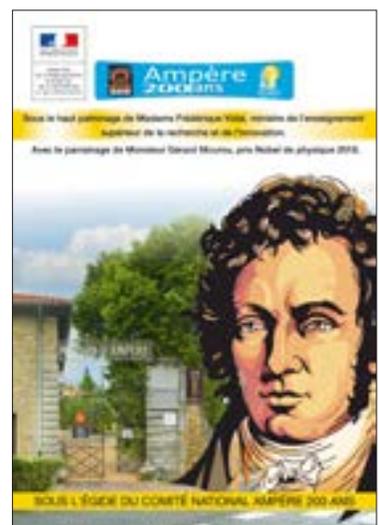
De surcroît, elle distingue ses membres en leur conférant des grades aux conditions d'accès exigeantes : seniors puis émérites.

La SEE coopère aussi activement avec les établissements d'enseignements secondaire et supérieur, utilisant le support de sa revue, la 3EI, et le relais des professeurs contributeurs. Deux exemples de



veloppement. L'usage idoine des nouveaux systèmes numériques de partage de savoir et d'expériences, notamment webinaires, conférences en mode hybride ou accès aux enregistrements de celles-ci, constitue un moyen d'élargir le public intéressé.

C'est bien entendu la qualité des contenus ainsi présentés, partagés et discutés grâce aux différents vecteurs de communication et de rencontre, qui constitue la valeur ajoutée de la SEE pour ses adhérents, ses partenaires et ses sympathisants. Que ses bénévoles actifs et fidèles comme son équipe de salariées en soient ici vivement remerciés, en restant prêts à accueillir de nouveaux renforts motivés par ces sujets passionnants et en évolution permanente. ☺



couverture de la 3EI illustrent cette coopération utile pour tous : Le génie électrique, moteur d'innovation pour les Forces Armées et leurs hommes (N°94), Avion et électricité, vers une baisse des émissions de gaz à effet de serre ? (N°105).

Enfin, la SEE organise depuis 2020 la commémoration du bicentenaire de la découverte des premières lois de l'électrodynamique par André-Marie Ampère, dont elle possède la maison, à Poleymieux au Mont-d'Or, devenue Musée de l'électricité grâce à la Société des Amis d'André-Marie Ampère ; cette commémoration est constituée de manifestations et de publications organisées avec de nouveaux partenaires de l'industrie, de la recherche et de l'enseignement ;

résolument tournée vers l'avenir, elle profite des ouvertures qu'Ampère a permises, telles la mobilité électrique et les accélérateurs de particules ou les tokamaks de fusion nucléaire.

Les enjeux de la SEE notamment dans l'électrification et la transformation numérique sont principalement de rester compétitive, efficace et pertinente dans un environnement qui sollicite quotidiennement l'attention des ingénieurs, des chercheurs et des enseignants, comme celle des responsables des structures qui les accueillent : sociétés, laboratoires, universités et grandes écoles. Sa capacité de mobilisation des bénévoles qui y contribuent, dans les différents réseaux qu'ils fréquentent est évidemment la clé de son dé-



François Gerin,
Président de la
SEE, Conseiller de
la DG de Siemens
France, Président
d'AFNOR
Certification

X – Mines, INSEAD AMP, lauréat de la FNEP, François Gerin conseille Siemens France en matière de R&D, d'innovation, et de partenariats stratégiques ; DG adjoint de Siemens SAS de 1995 à 2014, il dirigea les télécommunications du groupe en France de 1991 à 1998. Président d'AFNOR Certification depuis 2017, à la tête de la SEE depuis 2013, il présida les CA des Ecoles des mines de Saint Etienne de 2002 à 2014, et d'Alès entre 1998 et 2002.

GUERRELEC

MAÎTRE DES ONDES, MAÎTRE DU MONDE

Par Bruno Berthet, IGA



Les présidents de GUERRELEC : l'IGA Pierre Granclément a succédé au GCA Bernard Libat qui avait remplacé l'auteur.

La Guerre Electronique (GE) est un domaine obscur, connexe au monde du renseignement, et emportant une forte composante technique, souvent bien vite relégué au brouillard de la guerre tout court. Il peut donc paraître très étonnant qu'une association ait été créée en France il y a maintenant vingt-cinq ans, avec des connexions internationales affichées, pour faciliter les échanges des acteurs nationaux tout en affirmant notre place parmi nos alliés. Ce groupe s'est concrétisé sur un modèle américain, *Association of Old Crows*, dans une dynamique portée à l'origine essentiellement par l'une des finalités de ce domaine, la protection des aéronefs.

Il convient en fait de remonter aux années 60 pour en trouver les racines. La France opère un virage stratégique avec la décision du général de Gaulle de la doter d'une force de frappe autonome (et d'une organisation à même d'en conduire les travaux, la DMA). La prise d'alerte nucléaire des Forces Aériennes Stratégiques, le 8 octobre 1964, modifie profondément les enjeux de l'Armée de l'Air.

Dès ces années 1960 à 1980, les échanges entre la DRET (Direction des Recherches et Etudes Techniques), la DTCA (Direction Technique des Constructions Aéronautiques), et les Armées de l'Air française et américaine étaient particulièrement courants et denses, tant en bilatéral qu'au sein de groupes technico-opérationnels de l'OTAN. La France, qui

avait été pionnière dans les racines techniques de la GE, avant la 2^e guerre mondiale, a alors reconstitué pas à pas une base industrielle et technologique cohérente avec ses besoins.



Une couverture du JED

Une dynamique américaine dès les années 1960

La nécessité d'équiper certains aéronefs devant pénétrer les dispositifs adverses de moyens d'autoprotection est progressivement devenue patente. La conviction que l'expertise d'un pilote, alliée à la manoeuvrabilité de son avion, à sa vitesse (*très élevée*) et à son altitude de vol (*très haute*,

ou a contrario très faible) suffiraient à garantir sinon son succès à coup sûr, mais tout au moins un taux d'attrition admissible, s'est effritée (très) progressivement. Dès 1960, le U2 de Gary Powers avait été abattu par des salves de SA.2. La capacité de survie, donc de crédibilité, des composantes aéroportées de dissuasion est dès lors un sujet ouvert comme l'illustre bien Stanley Kubrick dans *Dr Folamour* (1964). A un niveau plus tactique, l'Armée de l'Air américaine rencontre dans ses combats au Viêt-Nam une problématique nouvelle avec la densification sur le théâtre de systèmes d'armes anti-aériennes guidées. L'intérêt d'un forum plus ou moins informel émerge, pour faciliter les échanges entre opérationnels, experts techniques, industriels et décideurs. Le modèle qui avait prévalu au Royaume Uni pendant la 2^e guerre mondiale autour de pôles comme celui de Bletchley Park n'est pas transposable et un groupe d'officiers et d'anciens de l'USAF crée en 1964 une « organisation pour les individus ayant un intérêt dans le domaine de la GE ». Le siège est établi en Virginie, à Alexandria, à un jet de pierre du Pentagone bien sûr, mais sa structure est en fait une fédération de « chapters »,

Pourquoi une vieille corneille ?

Les premières missions aériennes organisées de GE remontent à la 2^e Guerre Mondiale. Les opérateurs de ces équipements hautement secrets utilisaient du côté britannique le nom de code *Raven* (corbeaux) - pour des raisons qui sont probablement encore classifiées (!). Intelligence exceptionnelle et capacité d'imagination de cet oiseau, lien très ancien avec

la sorcellerie, caractère présumé vaniteux ? Un glissement sémantique du corbeau vers la corneille (*Crow*) s'est opéré a priori lors de la traversée de l'Atlantique de ces techniques – peut-être un relent dédaigneux de nos amis britanniques envers leurs anciennes colonies. Toujours est-il que depuis 60 ans dans le monde entier (occidental), un guerrier électronique est un *Crow*. Quant à son ancienneté (*old*), il me semble, compte tenu des enjeux du domaine, que c'est parce que si l'opérateur est vieux, c'est qu'il est efficace – sinon il ne serait pas rentré de mission.



groupes constitués sur un périmètre géographique autour d'une base, d'un bassin industriel, ou d'un lieu de décision. Tout d'abord strictement américaine, avec des activités majoritairement classifiées « US eyes only », l'AOC s'est progressivement ouverte au reste du monde, ressortissants des nations « five eyes », puis à des alliés de l'OTAN, enfin à d'autres, sur la base de contacts individuels, mais en favorisant assez rapidement la création de chapitres nationaux. Un club est ainsi reconnu au Royaume Uni dès 1972, et aujourd'hui l'AOC comprend 68 chapitres, dont 21 non américains, pour près de 20 000 adhérents. L'AOC se dote en 1978 d'un organe de presse, le magazine mensuel « Journal of Electronic Defense », qui va devenir un remarquable vecteur de communication ouverte sur les doctrines GE américaines, ... et les produits de son industrie.

Mais une spécificité française

En France, le domaine est tiré par les besoins de la dissuasion. La FATAC (Force Aérienne Tactique), qui y contribue, exprime des besoins complémentaires, notamment pour ses Jaguar puis ses Mirage F1. Le retour d'expérience de la guerre du Kippour est particulièrement démonstratif. L'armée qui avait assuré une victoire éclair, six ans avant, s'est retrouvée clouée au sol après trois jours de pertes terribles jusqu'à l'installation sur ses bombardiers de matériels ad hoc (exceptionnelle réponse à un UOR !). La coopération technico-industrielle s'intensifie, et, par exemple, les essais de mise au point d'un brouilleur destiné au Jaguar sont réalisés, par Thomson-CSF, outre-Atlantique à l'AFEWES – pendant qu'un moyen national est lancé dans la DGA à Bruz.

La fin des années 80 marque un tournant très significatif pour tous les acteurs de défense. En quelques mois, le contexte évolue profondément. Le bloc adverse qui dimensionnait la quasi-totalité des programmes d'armement s'effondre et de nouveaux conflits apparaissent. Le mur de Ber-

lin s'ouvre fin 1989 et le 31 juillet 1990 les troupes irakiennes envahissent le Koweït. Une coalition internationale se constitue pour faire pression sur un pays qui est alors considéré comme disposant de la 4^e armée mondiale. Une coopération bilatérale franco-américaine, intense et ambitieuse, resserre encore les liens dans le domaine de la GE – nos alliés étant alors très surpris du niveau des systèmes d'autoprotection développés en France (et pour certains exportés).

Les années suivantes conduisent à un réexamen en profondeur des organisations et des orientations définies – ce qui donnera notamment naissance à la DRM, et qui consacra le caractère interarmées d'une petite unité créée en 1986 par l'Armée de l'Air au sein du CEAM, l'Equipe de Marque GE, qui devient CPIGE – puis EPIGE. Ce sont aussi des années de contraintes budgétaires accrues (« dividendes de la paix ») et de réorganisation de notre tissu industriel. Dans le domaine de la GE aéroportée, deux industriels majeurs, Thomson-CSF et Dassault Electronique, s'observent et la concurrence est rude, tant en France qu'à l'export, avant le rapprochement. Ce sont enfin des années d'engagement de nos Forces sur des théâtres exigeants, dans des contextes complexes de coalition (Bosnie, dès 1994).

Pour un forum rassemblant des personnels des Armées, de la DGA et de l'Industrie

L'intérêt de stimuler et de fluidifier les échanges au sein de la communauté GE française, mais aussi de la positionner dans le paysage international, est alors plus évident que jamais. Le ministère de la défense autorise la création d'une association dans ce but et fin janvier 1997 une réunion est organisée par l'Etat-Major de l'Armée de l'Air avec la DGA et les trois grands industriels nationaux du domaine (les deux précédemment cités, et Matra). 12 membres fondateurs déposent les statuts de l'association GUERRELEC, et en demandent à l'AOC la reconnaissance sous l'ap-

pellation « chapitre La Fayette ». Un symposium international est organisé à Paris dès 1998. Près de 500 personnes de plus de 30 nations différentes se réunissent au carrousel du Louvre pendant 3 jours, des stands industriels présentant des équipements dans les salles adjacentes.

GUERRELEC a, comme l'AOC, ouvert le spectre de ses activités à la totalité du domaine de la GE, incluant des pans de la guerre de l'information et du cyber et a rassemblé plus de 300 membres. Fidèle à sa raison d'être, elle organise, environ tous les 4 ans, un colloque national plutôt de niveau politico-militaire, et environ 8 fois par an des rencontres autour d'un conférencier sur une thématique historique, technologique ou opérationnelle. Une visite annuelle sur un site (unité opérationnelle, centre d'essais, site industriel voire musée) permet également de rassembler les adhérents. Le bulletin de GUERRELEC assure un lien complémentaire et l'association favorise et organise la publication d'ouvrages de synthèse.

La tenue en France d'un nouveau symposium international, plus de 20 ans après celui du Louvre, est d'actualité. La place et les moyens nécessaires pour les différentes facettes de la GE dans un contexte de conflictualité plus sévère, notamment potentiellement entre états majeurs, et de lancement de nouveaux grands programmes structurants, nécessitent plus que jamais la contribution de tous. ☺



Bruno Berthet,
Président RAFAUT
Group, président
fondateur de
GUERRELEC

Débute au CEV sur les essais des systèmes de GE, puis devient chef des départements GE du service des technologies communes et du service des programmes aéronautiques, puis DP M.2000. Sous-Chef d'état-major Plans-Programmes de l'Armée de l'Air, puis directeur adjoint de la DDI, il quitte le MINARM fin 2011 et rejoint RAFAUT dont il devient le PDG mi 2015.

PERMETTRE AUX ESPRITS CURIEUX DE PARTAGER ET DE SE FAIRE DES IDÉES NOUVELLES SUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, UNE COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE POUR DÉVELOPPER LES CONNAISSANCES DE CEUX QUI S'INTÉRESSENT À L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Par Sylvestre Pivet, ICA

Notre pays bénéficie d'une électricité largement décarbonée. Tandis que le dérèglement climatique suscite une inquiétude croissante, cette heureuse singularité française résulte principalement de la part d'électricité d'origine nucléaire, supérieure à 70 %. A l'international, cette production fiable, disponible et sûre est enviée par les pays favorables au nucléaire. Mais le nucléaire reste un sujet clivant au sein de l'opinion, des courants politiques et de l'Union européenne. Il soulève bien des questions sur ses déchets, sa sûreté, son coût, la capacité de sa filière industrielle à mener à bien les grands projets. Face à ces sujets ancrés dans la science, la technique, l'économie, les sciences sociales, la Sfen se donne pour raison d'être de permettre aux esprits curieux de partager et de se faire des idées nouvelles sur l'énergie nucléaire. Une société savante pas comme les autres.



Faire avancer le nucléaire

La communauté des professionnels du nucléaire serait-elle un vase clos où fermenterait une pensée unique ? Certains le disent. A-t-elle à l'inverse une culture du débat, alimentée par un brain power de gens de qualité, rigoureux par leur approche et compétents par leur expérience et leurs connaissances ? D'autres le disent. Quel contraste entre ces deux idées !

Questionnement, curiosité, bouillonnement d'idées

Ce qui compte pour la Sfen, c'est d'offrir la possibilité de nourrir la réflexion de ses membres comme de tous ceux qui, dans la société, souhaitent étendre leurs connaissances sur le nucléaire, confronter leurs idées, débattre. Il s'agit de permettre à ceux qui le désirent de regarder les sujets du nucléaire sous une lumière différente quitte à être bousculés dans leurs convictions. Comment ? Par ses travaux, ses publications, les événements qu'elle organise. Mais aussi par son état d'esprit ouvert. Le questionnement, la curiosité, l'éveil aux autres et au changement, le bouillonnement d'idées qui fait progresser, voilà des éléments qui sont dans ses gènes.

Cette communauté scientifique et technique a été créée en 1973. Elle rassemble aujourd'hui 3 600 membres, à la fois des professionnels du nucléaire, dans l'industrie et

dans les organismes de recherche, professeurs, étudiants, médecins. C'est une société de personnes physiques, sans but lucratif, au statut d'association loi 1901. Elle est organisée en sections techniques, selon les thématiques.

La Sfen a pour ambition de réfléchir à la place de l'énergie nucléaire pour notre avenir commun. Cela suppose d'aider à porter un regard neuf sur le nucléaire, ses acteurs, ses enjeux, ses bénéfices. Cela nécessite aussi de pouvoir sereinement confronter les points de vue, de s'ouvrir aux différentes disciplines, de s'affranchir des idées reçues, d'animer des discussions ouvertes sans détours. Société savante, la Sfen a la volonté d'éclairer le débat, de stimuler les esprits et de faire avancer la recherche de solutions intelligentes.

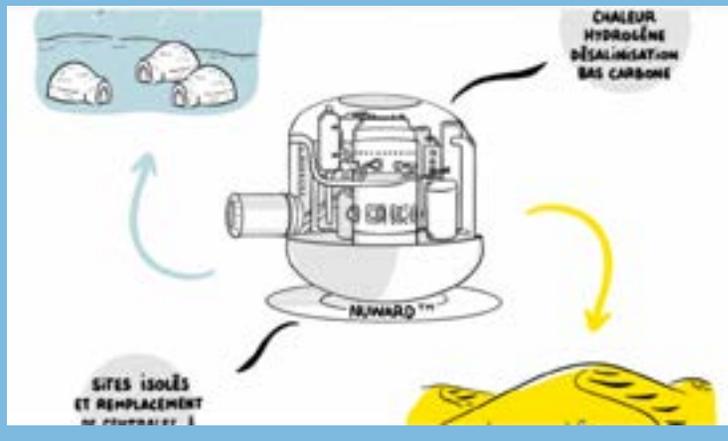
Une société savante présente sur les réseaux sociaux

La Sfen est très présente sur les ré-

la RGN

La Revue Générale Nucléaire dispose d'une version en ligne permettant d'accéder à des points d'actualité ou des études de fond. Toutes ses archives sont accessibles.

À l'honneur dans le dernier numéro, le projet de Small Modular Reactor (SMR) NUWARD™, s'inscrivant dans la filière eau pressurisée de 3^e génération avec un double réacteur autonome produisant 340 MW. L'occasion aussi pour la RGN de rappeler qu'il faut d'urgence de décider le lancement de six EPR pour renouveler le parc nucléaire à la fin des années 2030.



seaux sociaux. Son nouveau logo et sa nouvelle signature, « Faire avancer le nucléaire », communique sa raison d'être. Ce logo carré inspiré de la classification périodique des éléments porte l'image de la rigueur intellectuelle, souci permanent de la Sfen pour sa contribution au débat. La Sfen évite en effet l'esprit militant, ce qui ne l'empêche pas d'avoir le goût des explications franches et respectueuses qui font avancer la réflexion et l'action. Il faut pour cela un espace ouvert à la discussion, ce que le logo exprime aussi avec l'espace libre qu'il comporte.

Des ressources d'information pour le grand public, les experts, les décideurs

La Sfen veut être un lieu de discussion libre autant qu'un carrefour de connaissances sur l'énergie nucléaire. Elle est une ressource permanente d'information pour ses publics experts, décideurs et grand public mais aussi un canal, y compris digital, d'interactions vivifiantes. Elle met un point d'honneur

à rendre ses publications accessibles sans jamais renoncer à leur qualité. Sous la marque « Académie 235 », elle propose des ressources à la lecture facile pour développer les connaissances sur le nucléaire. Le lecteur y accède par différentes voies. Ce sont des questions telles que « le nucléaire est-il une énergie chère ? », « les centrales nucléaires sont-elles protégées contre le risque terroriste ? ». Ce sont aussi des entrées thématiques, des dossiers. Ce sont enfin des podcasts d'une vingtaine de minutes sous le titre « Le nucléaire en clair ».

Pour aller plus loin, ses notes techniques sont en ligne sur son site internet, par exemple les réflexions « peut-on prendre le risque de ne pas renouveler le parc nucléaire français » ou « quand décider d'un renouvellement du parc nucléaire français », ou encore les travaux sur les coûts de production du parc électronucléaire. Des documents de référence sont mis à jour, comme le « cahier des régions » qui rend compte de l'ancrage

de l'industrie nucléaire dans les territoires, de sa contribution à leur dynamisme économique, et enfin de son apport aux projets de transition écologique, ou les fiches synthétiques « Parler du nucléaire » sur les défis et les atouts de l'énergie nucléaire aux plans économique, industriel et environnemental.

Tous ces travaux et les éléments d'actualité viennent nourrir sa revue bimestrielle RGN, au contenu et à l'aspect récemment renouvelés.

Une société savante tournée vers l'international

Comme toute société savante, la Sfen est tournée vers l'international. Elle dialogue en permanence avec ses homologues étrangers et les autres disciplines. Elle est membre fondateur et un des principaux animateurs de l'*European Nuclear Society*, organisation qui réunit les 23 sociétés savantes européennes du nucléaire. Ses accords internationaux la connectent avec une vingtaine d'associations nucléaires dans le monde. Membre observateur de l'Agence internationale de l'énergie atomique, elle entretient aussi des contacts suivis avec les institutions de l'Union européenne et l'OCDE-NEA pour le développement des connaissances dans le domaine du nucléaire. ☪



Sylvestre Pivet,
ICA

Sylvestre Pivet est directeur de la gestion, de la conformité et de la performance à la direction des énergies du CEA. Il a été chargé de la maintenance des réacteurs des sous-marins à Brest, puis de la conception des réacteurs des SNA type *Suffren* à Paris et enfin chef de projet du réacteur d'essais de la propulsion à Cadarache. Après quinze années de propulsion nucléaire, il s'est tourné vers l'énergie nucléaire civile en dirigeant les programmes de recherche et de développement du CEA dans ce domaine.

L'AF3P : UNE SOCIÉTÉ SAVANTE, MAIS PAS SEULEMENT...



L'ASSOCIATION DÉDIÉE AUX PRODUITS EXPLOSIFS ET À LA PYROTECHNIE

Par Hubert Zante, ICA

Plus de 1000 ans d'existence, une influence déterminante au cours des siècles sur l'évolution de «l'art de la guerre», mais également une présence notable, bien que souvent ignorée, dans de nombreux autres domaines... Les produits explosifs et la pyrotechnie ont été, et sont encore de nos jours, un domaine passionnant par la diversité de ses techniques, de ses utilisations, son histoire, son patrimoine, etc.



Feu d'artifices lors d'une manifestation AF3P

L'AF3P permet à tous ceux qui s'y intéressent – professionnels, mais également historiens, universitaires, défenseurs du patrimoine ou simples amateurs - d'échanger leurs connaissances et de participer aux actions qu'elle organise.

L'AF3P

En 2014, trois associations, actives dans le domaine des produits explosifs et de la pyrotechnie mais avec des objectifs statutaires différents, ont décidé de fusionner pour constituer un ensemble permettant de mieux exploiter les synergies évidentes qui existaient entre elles :

- L'Association française de Pyrotechnie (AFPyro), créée en 1986 pour le soutien logistique et financier des activités du GTPS (voir encart correspondant),

- L'Amicale des Ingénieurs des Poudres regroupant les anciens «Ingénieurs des Poudres» et assimilés.
- L'association des Amis du Patrimoine Poudrier et Pyrotechnique (A3P), créée en 1992 par l'IGA René Amiable, pour sauvegarder et mettre en valeur le patrimoine poudrier et pyrotechnique.

L'AF3P regroupe maintenant environ 150 adhérents «actifs» et une vingtaine de «membres correspondants» (entreprises, collectivités, autres associations...) qui apportent leur soutien à ses actions.

Les buts et l'organisation de l'AF3P reflètent fidèlement ses origines, avec un secteur «Amicale» (visites, rencontres...), un secteur «Événements»

(en particulier logistique des activités GTPS, JT, Europyro...) et un secteur «Histoire et Patrimoine» (voir ci-après). Pour mieux nous connaître, voir www.af3p.org.

Le GTPS - <http://www.gtps.fr>



Organisme disposant de statuts mais n'ayant pas le caractère de «personne morale», le GTPS (Groupe de travail de pyrotechnie) a été créé dès 1969 à l'initiative de l'IGA P-Y Hervé pour fédérer les différents acteurs (étatiques ou privés) impliqués dans les dispositifs pyrotechniques des missiles et lanceurs, notamment dans le but d'établir des documents de référence relatifs aux composants pyrotechniques. De nos jours, le GTPS compte une trentaine de membres (services étatiques, écoles et autres organismes de formation, industriels...) qui délèguent leurs spécialistes au sein de 7 commissions dont les travaux sont ensuite diffusés dans la profession par des documents de synthèse ou lors de Journées Techniques. La publication du «Dictionnaire de pyrotechnie» et les Congrès internationaux «Europyro» sont également à mettre à l'actif de cet organisme dont la pérennité démontre toute l'utilité.



Décollage d'Ariane5

Journées «Paul Vieille»

L'AF3P organise tous les trois ans environ des colloques «Journées Paul Vieille» à caractère technique et historique retraçant les évolutions passées et faisant le point sur l'état actuel de techniques relatives aux produits explosifs, par exemple les propergols solides, les dispositifs pyrotechniques, la simulation et la modélisation, ou encore les utilisations civiles de l'énergie explosive... Pour marquer le centenaire de la Grande Guerre, des «Journées» ont été également consacrées en 2016 et 2018 aux efforts de l'industrie des poudres et explosifs pour faire face aux énormes besoins engendrés par le conflit et aux conséquences de l'arrêt des hostilités.

«Activités savantes» au sein de l'AF3P

La section «Histoire et Patrimoine» mène des actions en faveur du patrimoine, notamment par le soutien apporté à des associations locales de sauvegarde de sites poudriers ou pyrotechniques, le recueil d'objets ou documents anciens, l'organisation de «Journées Paul Vieille», des commémorations, etc., mais surtout une douzaine de ses membres participe activement à de nombreux travaux de recherche historique sur les techniques, les entreprises, les établissements, les personnalités marquantes..., en rapport avec les produits explosifs et la pyrotechnie.



instruments de mesure de la force de la poudre noire - coll. AF3P

Ces travaux font l'objet de publications sur notre site internet, de conférences, d'articles dans des revues, etc., soit sous le nom du rédacteur, soit sous celui de l'AF3P.

Nous disposons par ailleurs d'un important fonds spécialisé contenant de nombreux documents inédits, dont quelques éléments sont en dépôt à la Bibliothèque de l'X.

Les IA et l'AF3P

La création de la SNPE il y a 50 ans a conduit rapidement à la quasi-disparition de la filière « Poudres » dans le recrutement des Ingénieurs de l'Armement, vu le peu de perspectives de carrière offertes en ce domaine au sein de la DGA. Même s'ils représentent encore plus de 10 % des membres de l'association, dont deux vice-présidents, force est de constater - et bien sûr regretter - que, faute

de renouvellement de spécialistes de la pyrotechnie parmi eux, le nombre des IA adhérents à l'AF3P diminue régulièrement depuis de nombreuses années, et qu'ils sont maintenant totalement absents du GTPS... ☹

Mais bienvenue aux IA qui souhaiteraient rejoindre l'AF3P... et à tous ceux que le monde de la pyrotechnie intéresse !



Hubert Zante, ICA

X66, ENSTA (poudres), exerce pendant 20 ans diverses fonctions en tant que «détaché» au sein du groupe SNPE, puis est Secrétaire Général du SFEP (Syndicat professionnel du secteur des produits explosifs) jusqu'en 2006. Vice-Président en charge des activités «Histoire et Patrimoine» de l'AF3P

CHERCHEZ LA PETITE BÊTE...

LA SOCIÉTÉ ENTOMOLOGIQUE DE FRANCE

Par Philippe Magnien, IGA

La Société entomologique de France va fêter son bicentenaire dans une dizaine d'années. Réunissant professionnels et amateurs, elle continue de contribuer à l'avancement de la science.



L'auteur sur le terrain (Syrie, 2010)

L'entomologie est la branche de la zoologie qui s'intéresse aux insectes. Elle s'est progressivement affirmée comme une discipline à part entière au sein des sciences naturelles au cours du XVIII^e siècle, de nombreuses associations sont ensuite apparues au cours du XIX^e.

Un peu d'histoire

Le 29 février 1832 Pierre-André Latreille, surnommé le Prince de l'entomologie, titulaire de la chaire des Crustacés et Insectes au Muséum national d'Histoire naturelle où il succédait à Jean-Baptiste Lamarck, ouvrait la séance solennelle d'inauguration des travaux de la Société entomologique de France en tant que Président Honoraire. La société, présidée par Jean Guillaume Audinet-Serville, ne réunissait alors que trente-cinq membres, pour

la plupart entomologistes amateurs. Douze membres honoraires avaient également été élus par les membres ordinaires. Parmi les membres honoraires, six professeurs appartenaient au Muséum national d'Histoire naturelle, y compris le célèbre baron Georges Cuvier (1769-1832) et Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844). Trois séances préalables, du 31 janvier au 14 février, avaient permis de fixer le règlement de la société et d'en élire le bureau. La SEF est la plus ancienne association d'entomologistes du monde, elle a par exemple précédé les Anglais et leur Royal Entomological Society d'un an.

Les objectifs de la Société sont de promouvoir le développement de tous les aspects de l'entomologie, en particulier en incitant à mener des études sur la faune française et étrangère, l'application de cette science à des domaines aussi divers que l'agriculture ou la médecine, et l'approfondissement des connaissances sur les relations des insectes avec l'environnement naturel.

De nos jours, la SEF rassemble des personnes activement impliquées dans l'entomologie, aussi bien professionnels qu'amateurs. En 2018, environ 560 membres faisaient partie de l'association.

Que fait la Société ?

Les activités associatives de la SEF consistent aujourd'hui en réunions et assemblées. Une sortie sur le terrain, occasion de contacts et d'échanges, réunit chaque année un partie des membres. Elle organise

également de temps à autres des colloques thématiques (par ex sur la notion d'espèce ou l'utilité publique de l'entomologie). Elle anime les réunions internationales des entomologistes d'expression française.

La diffusion scientifique est une activité importante de la SEF. Aujourd'hui, la SEF édite trois revues : les Annales de la Société entomologique de France, le Bulletin de la SEF et l'Entomologiste.

Les Annales de la SEF, paraissant continuellement depuis 1832, sont aujourd'hui un journal à comité de lecture international publiant des travaux de recherches originaux sur les insectes (Hexapoda), Arachnides et Myriapodes : taxonomie, morphologie comparée, phylogénie, zoogéographie, génétique des populations, relation plantes-insectes, éthologie, écologie, biologie. En ce qui concerne la taxonomie, la revue évite de publier les descriptions isolées et donne sa préférence à des travaux qui incluent des aspects écologiques, biogéographiques ou phylogénétiques, ou à des révisions complètes.

Le Bulletin de la Société entomologique de France, créé à la fin du XIX^e, est une revue trimestrielle à comité de lecture, publiant des manuscrits originaux en français, anglais, allemand, espagnol ou italien, sur les Insectes (Hexapoda), Arachnides et Myriapodes : taxonomie, morphologie, phylogénie, écologie, éthologie, faunistique, biogéographie. Les articles et brèves communications concernant la faune de France (Métropole et Outre-mer) sont appré-



Pygoplatys (Odontoteuchus) raingeardi Magnien, 2012, un insecte dédié à un aviateur (4 *) par un ingénieur de l'armement

ciés, mais les manuscrits traitant d'autres zones géographiques sont aussi pris en compte.

L'Entomologiste, qui paraît depuis 1944, est une revue plus particulièrement destinée aux amateurs.

Le panorama des publications doit être complété par les Mémoires, destinés à la publication de travaux trop volumineux pour paraître dans les revues, et la Nouvelle revue d'entomologie, dont la parution a cessé au cours de la dernière décennie, et dont les droits et le stock ont été cédés à la SEF.

La bibliothèque, sans doute la plus importante en France consacrée entièrement à l'Entomologie, détient environ 15 000 ouvrages proprement dits et plus 100 000 revues et périodiques comprenant environ 1500 titres anciens ou récents. Son important fonds ancien recèle des ouvrages qu'on ne trouve nulle part ailleurs en France.

Pour clore le chapitre des activités, il convient encore de signaler les prix et les bourses Cousin.

Chaque année, la Société décerne différents prix à des ouvrages d'entomologie, en fonction de critères propres à chacun de ces prix. Il s'agit là de distinctions honorifiques, les dotations de ces prix pour la plupart créés avant la deuxième guerre étant éteintes. Il n'en va pas de même avec les bourses Cousin, du nom de Germaine Cousin, dont la carrière s'est déroulée au laboratoire d'entomologie du Museum. Son legs en 1993 a permis de créer un fonds qui permet d'attribuer des bourses significatives à des entomologistes, de préférence jeunes, pour démarrer des projets.

Entomologie et militaires

Lorsqu'il m'a été demandé de préparer cette présentation pour le Magazine, je me suis demandé quel rapport il pouvait bien y avoir entre l'Armement et les insectes. L'idée m'avait trotté dans la tête pendant toute ma carrière, et j'avais fini par conclure qu'il n'y que dans les romans de science fiction que les insectes sont partie prenante aux conflits. En ce qui me concerne le seul lien, ténu, est le suivant : j'avais laissé de côté, et même un peu oublié l'entomologie, passion de jeunesse, pendant mes études supérieures et c'est le choix d'habiter à la campagne lors de ma première affectation qui m'a remis le nez dessus. Qui plus est, je crois bien être le seul ingénieur de l'armement à avoir fait partie de la société dans les cinquante dernières années. Mais il existe quand même un lien entre les armées et les insectes. Des militaires en campagne ont été d'excellents naturalistes de terrain. Il suffit pour s'en convaincre de relire « Chasses subtiles » d'Ernst Jünger. Leurs collectes ont alimenté les collections des musées, et c'est ainsi que j'ai pu travailler dans les collections du Museum national d'Histoire naturelle sur des insectes récoltés par des membres du Service de Santé au cours des campagnes d'Orient

de la Grande Guerre, par des officiers affectés en Indochine, ou encore par Dumont d'Urville lors de sa circumnavigation comme second de Duperrey sur la Coquille, et à cette occasion de retrouver son écriture sur les étiquettes des spécimens.

Par ailleurs, il me semble que les militaires sont sur-représentés dans les membres de l'association, par rapport à leur poids dans la population. J'en veux pour preuve la présence de pas moins six officiers parmi les trente-cinq membres fondateurs de la Société, dont Bory de Saint-Vincent. Colonel et naturaliste, il avait sauvé la vie de Latreille une trentaine d'années plus tôt en empêchant sa déportation sur un navire qui s'est perdu corps et biens dès la sortie de la Gironde devant Cordouan. Par la suite de nombreux militaires ont apporté leur pierre à l'entomologie française, comme par exemple l'intendant général Dispons, un de mes illustres prédécesseurs dans ma spécialité (les punaises) et comme président de la SEF. En guise de conclusion, je terminerai par une observation personnelle. Dans les années 2000, nous étions trois officiers généraux, un aviateur, un médecin et moi parmi les 600 membres de la société. Rapporté à la population française, cela ferait 300 000 généraux... ☺



Philippe Magnien

Après une première affectation à la DTAT (ETAS) a fait toute sa carrière à DCN principalement autour des sous-marins, à l'exclusion de 4 ans (1996-2000) à la direction des centres d'expertise et d'essais. Admis en 2^e section lors de la création de la société DCN, y a exercé les fonctions de secrétaire général jusqu'en 2007. A été trésorier adjoint de la SEF pendant près de dix ans, et le président en 2010-2011.

L'ACADÉMIE DE L'EAU

Par Louis Le Pivain, IGA



Comité du SEDIF présidé par André Santini, maire d'Issy les Moulineaux

Lors d'une réunion du comité du syndicat des eaux d'île de France (SEDIF) dans les locaux de la maison des X rue de Poitiers, je suis au premier rang, délégué titulaire représentant ma commune de Viroflay, membre du SEDIF via la communauté d'agglomération de Versailles grand parc. Le président André Santini est en face de moi, à moins de trois mètres, à la limite des règles sanitaires. A sa droite, le directeur général des services du SEDIF, Philippe Knusmann, anime les débats. Les points de l'ordre du jour se succèdent ; vers la fin, le rythme s'accélère pour terminer à l'heure - le président Santini y est sensible - les noms des volontaires pour divers comités sont notés à la volée : le comité des finances, le comité international, le comité d'audit. En dernier, arrive la recherche d'un représentant du SEDIF à l'Académie de l'eau ; intrigué je lève le doigt pour en savoir plus. Je n'ai pas le temps d'exprimer mon interrogation que mon nom est déjà noté... après tout voilà une bonne occasion de découvrir par moi-même la réponse à la question que je n'ai pas eu le temps de poser ... d'autant plus que quand je me renseigne auprès de Philippe Knusmann à la fin de la réunion, il m'avoue ne pas savoir précisément ce qu'il en est, maximum une ou deux réunions par an me dit-il ... il ne sait même pas où sont les locaux de cette Académie de l'eau. Eh bien voilà une belle occasion de découvrir l'inconnu !

Finalement, la crise sanitaire interdisant les rencontres, c'est par internet que je découvre une Académie présidée par l'ancien ministre écologiste Brice Lalonde et noyautée par nos camarades des Ponts, avec des préoccupations environnementales qui sont de plus en plus prégnantes, bien dans la ligne des sujets qui sous-tendent l'action du SEDIF.

Pour ses 140 membres du collège des personnalités et ses 43 membres du collège des personnes morales, l'eau est le fluide vital du monde. Elle coule, baigne, dissout, conduit, féconde, tempère. C'est le principal constituant des plantes, des animaux, des humains. Tous les êtres vivants ont besoin de pluie, de fleuves, de lacs, de nappes. De l'eau, juste ce qu'il faut... Pas des déferlements ni des débordements dont il faut se prémunir... Non, de quoi boire, se laver, abreuver, irriguer, pêcher, nager, mais aussi décorer, transporter, turbiner, refroidir, produire, casser, évacuer... Attention ça commence déjà à faire beaucoup. L'humanité a-t-elle assez d'eau pour l'utiliser à tous ces usages sans l'altérer ? A-t-elle assez d'eau pour laisser sa part à la nature ? A-t-elle même assez d'eau pour désaliner une partie d'elle-même dans les bidonvilles et les terres arides ? La moitié de la population mondiale n'a pas accès à une eau de bonne qualité ni à l'assainissement. Quelle injustice ! L'eau se charge des matériaux

qu'elle rencontre et des substances que l'on y déverse. Tout finit à la mer. Sommes-nous certains que les produits rejetés dans l'eau n'ont pas d'incidence sur la santé ? L'imprégnation des milieux naturels par les polluants est devenue préoccupante. Il n'est plus tolérable que l'eau soit maltraitée, gaspillée, souillée. Chacun doit s'en sentir responsable. L'humanité a la chance d'habiter une planète à bonne distance du soleil où l'eau n'est pas totalement glace ni vapeur, mais d'abord délicieusement liquide. En réchauffant la surface de la Terre, comme si l'on se rapprochait du soleil, le changement climatique modifie le cycle de l'eau, augmente ici l'évaporation, crée là des pluies torrentielles, renforce les canicules et les ouragans. Comment à la fois le réduire et s'y adapter ?

Tels sont les défis auxquels veut répondre l'Académie de l'Eau, une institution originale soucieuse d'améliorer la gestion des ressources et des usages de l'eau en France et dans le monde. L'Académie de l'eau est un centre indépendant de réflexion et de proposition qui réunit les meilleurs talents de nombreuses disciplines, chercheurs, professionnels de l'eau, entrepreneurs, diplomates, responsables d'administrations, spécialistes du développement, écologues, médecins, enseignants... ☺



Louis Le Pivain,
IGA

Membre de l'Académie de Marine, Vice-président du GICAN, conseiller du commerce extérieur, dirigeant d'entreprise, maire-adjoint à Viroflay, délégué titulaire au syndicat des eaux d'Île-de-France (SEDIF)

LE MELTING-POT SCIENTIFIQUE RÉCOMPENSÉ

UN IA LAURÉAT DU PRIX DE LA MEILLEURE PRODUCTION SCIENTIFIQUE DE L'UNIVERSITÉ PARIS-SACLAY

Par Nathan de Lara, IA

Chaque année, l'Université Paris-Saclay récompense les « meilleures productions scientifiques » de ses doctorants. Contrairement à d'autres prix, ce concept ne se limite pas exclusivement aux articles. Explications.

Une thèse à la croisée des communautés

Comment conjuguer FAMIA, stage opérationnel, mission Jeanne d'Arc et doctorat en intelligence artificielle pour un jeune IA ? Eh bien grâce à l'affectation temporaire ! C'est le projet que j'avais présenté à la DRH lors de mon entrée dans le corps des IA et qui, malgré quelques rebondissements, a pu voir le jour. D'un côté, un industriel, Thales, chez qui je suis formellement affecté en tant qu'ingénieur R&D en intelligence artificielle, de l'autre Télécom Paris, encore membre de l'Université Paris-Saclay au démarrage de mon doctorat et qui rejoindra l'Institut polytechnique de Paris en cours de route. Enfin un dernier acteur : le LINCS (*Laboratory of Information Networks and Communication Sciences*), un centre de recherche qui regroupe académiques (Télécom, CNRS, INRIA) et industriels (Nokia Bell Labs, SystemX) au cœur du XIII^e arrondissement. C'est là que se trouve mon bureau.

Le développement *open-source*, un superbe apprentissage de l'ingénierie système

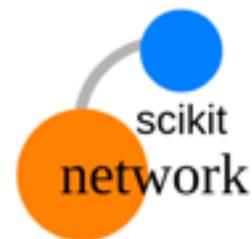
C'est justement en échangeant avec des ingénieurs de Nokia que je découvre le développement *open-source*. Loin de mes préjugés, j'en saisis progressivement l'intérêt pour valoriser mes propres travaux théoriques auprès du reste de la communauté, mais également m'approprier des algorithmes incon-

tournables dans mon domaine tels que le célèbre « *PageRank* » qui a fait la fortune de Google. Travaillant en équipe avec mon directeur de thèse, Thomas Bonald, et un autre doctorant, Quentin Lutz, nous lançons donc un logiciel libre intitulé *Scikit-network*. Le but : rassembler dans une même librairie les principaux algorithmes de graphes de la littérature ainsi que les résultats de nos travaux pour les mettre à disposition du plus grand nombre avec un meilleur niveau de service que nos concurrents.

Architecture en modules et sous-modules, choix des structures de données, gestion des interfaces, compromis rapidité versus simplicité, processus qualité, tests de qualification, versionnage et anticipation du MCO : tout est là pour mettre en application, à échelle réduite, les grands principes d'ingénierie enseignés à la DGA. Par ailleurs, la communauté *open-source* a cette force de pouvoir inclure dans un même projet les contributions de gens venus du monde entier sans jamais les rencontrer. C'est l'occasion de développer une nouvelle compétence : le management asynchrone (comprendre « sans réunions »). En effet, les contributeurs travaillent sur leur temps libre et dans la limite de leur bon vouloir, impossible de faire jouer directement une quelconque forme d'autorité. Il faut donc motiver, accompagner et valoriser pour avancer.

Des productions toujours plus valorisées

Si ce type de projet se déploie de plus en plus en intelligence artificielle, c'est que la reproductibilité des résultats scientifiques devient chaque jour plus critique, en particulier dans ce domaine qui reste très expérimental. Journaux et conférences se sont d'ailleurs adaptés à cette tendance, proposant désormais quasi systématiquement de présenter des travaux d'implémentation. *Scikit-network* a ainsi été « publié » au prestigieux *Journal of Machine Learning Research*, ce qui, couplé aux retours des utilisateurs sur GitHub, a probablement emporté l'adhésion du jury de Paris-Saclay... ☺



Nathan de Lara,
IA, Sous-préfet,
chargé de la
relance auprès du
préfet du Calvados

Issu de la promotion 2012 de l'X, Nathan de Lara a démarré sa carrière en affectation temporaire chez Thales, au cours de laquelle il obtient son doctorat en intelligence artificielle, avant de prendre des fonctions de sous-préfet chargé de la relance dans le Calvados.

RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

UNE SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ALGORITHMIQUE ET L'AIDE À LA DÉCISION

Par Adèle Pass-Lanneau, IA

Et vous, faites-vous de la recherche opérationnelle ? Non ? Ou peut-être en faites-vous sans le savoir ? Cette discipline toujours en évolution recouvre en effet de nombreux domaines, ce qui entretient une communauté scientifique riche et variée.

Si vous êtes partis en vacances en été, peut-être avez-vous cherché le trajet le plus court pour aller à la plage, le planning qui convienne à tous vos amis, ou le menu idéal pour profiter sans vous ruiner. Prendre des décisions (la route à prendre) en respectant des contraintes variées (les disponibilités de vos amis) et en optimisant un certain critère (le coût du repas) constitue de la recherche opérationnelle (RO). Cela peut se résoudre algorithmiquement, ce qui est fait d'ailleurs par certaines applications sur votre téléphone portable.

La RO entre mathématiques, informatique et maïeutique

Il s'agit d'optimisation combinatoire. Les problèmes à résoudre sont numériquement difficiles, c'est-à-dire qu'on sait théoriquement que des algorithmes naïfs ne peuvent pas les résoudre en un temps raisonnable (polynomial). Une grande partie de la recherche dans ce domaine vise à concevoir des algorithmes efficaces, donnant une solution si possible optimale, avec un temps de calcul court. En plus de ce bagage théorique, les praticiens de la RO doivent mobiliser d'autres compétences pour proposer des outils algorithmiques pertinents. Il faut échanger avec les clients pour comprendre leur métier et les problématiques. Cela demande une démarche maïeutique et progressive, dans un cadre de conduite du changement. Il faut aussi une bonne capacité d'abstraction pour modéliser le problème réel, le simplifier sans le dénaturer.

La ROADEF

Les ingénieurs en RO partagent un métier, quelle que soit l'entreprise ou administration dans laquelle ils tra-

vailent. Que le domaine d'application soit le ferroviaire, les télécoms, ou la défense, nos enjeux sont proches et il est donc important de se rencontrer régulièrement. Il est aussi vital de maintenir le lien avec la communauté académique, qui est de fait demandeuse de problèmes industriels réels pour stimuler la recherche sur de nouvelles approches algorithmiques.

La ROADEF, Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, est une plateforme d'échanges incontournable. Elle structure la communauté RO française par le congrès annuel et des séminaires réguliers. Elle regroupe des académiques (universités, écoles, chercheurs INRIA ou CNRS) mais aussi des industriels et des éditeurs de logiciels.

La connexion à la communauté

J'ai pu pendant ma thèse établir de nombreux liens avec cette communauté, à la fois par mon laboratoire d'accueil à Sorbonne Université, la R&D d'EDF, d'autres chercheurs avec qui j'ai pu collaborer en France et à l'étranger. Occupant désormais une fonction technique à la DGA dans le domaine de la RO, ces liens scientifiques me semblent clés pour plusieurs raisons. Ils permettent tout d'abord une veille technologique efficace dans un domaine qui bouge vite : par exemple en optimisation combinatoire sous incertitudes, à l'interface avec l'apprentissage supervisé, ou autour des nouveaux paradigmes algorithmiques du quantique. Idem côté industrie avec les avancées des solveurs, libres ou commerciaux, dont les niveaux de maturité peuvent passer en quelques années du prototype académique au code industriel.

La ROADEF et son environnement permettent également de monter des partenariats sur des sujets de défense, comme celui, bien connu, de la conception des réseaux dans un contexte d'interconnexion croissante des systèmes. Sans oublier le maintien d'un vivier de recrutement grâce aux formations de master spécialisés de très bon niveau. Preuve supplémentaire de l'intérêt d'une thèse pour une IA : une vision large sur un domaine scientifique et technique, et son écosystème académique et industriel. ☞

Des études bien primées

Après le prix de master de la ROADEF, Adèle a reçu un prix de thèse en Project Management d'EURO (la société européenne de RO pour son sujet, ancrage de solutions en optimisation combinatoire robuste : Si les données d'un problème d'optimisation combinatoire changent, une solution initiale peut devenir sous-optimale ou infaisable. Il est alors nécessaire de calculer une nouvelle solution, mais aussi souhaitable de maintenir les décisions prises dans la solution initiale. Dans cette thèse nous proposons le critère d'ancrage pour favoriser les décisions inchangées entre solutions...



Adèle Pass-Lanneau, IA
Chargée d'expertise en recherche opérationnelle au CATOD

X2013. Après un cursus en optimisation à l'ENSTA, Adèle Pass-Lanneau a été détachée auprès d'EDF R&D où elle a réalisé sa thèse en recherche opérationnelle. Elle a rejoint le CATOD en mars 2021.

LE COLLÈGE DE FRANCE

CINQ SIÈCLES DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT

Par Hervé Turlier, IA

Qu'est-ce que le Collège de France ? Combien savent vraiment quelle place occupe cette Institution dans le paysage académique français ?

Petit retour 500 ans en arrière d'abord.

Créé sous le nom de Collège Royal par François I^{er} en 1530, sa mission et son caractère central dans l'enseignement supérieur et la recherche n'ont finalement pas beaucoup changé depuis cinq siècles. Situé en plein cœur du Quartier latin, jouxtant la rue des Écoles et la rue Saint-Jacques, enserrée entre la Sorbonne et le Lycée Louis-le-Grand, le Collège occupait déjà une place singulière, en cultivant un esprit de liberté et d'indépendance fondé sur l'humanisme et en opposition avec le conservatisme de l'Université voisine, alors sous la mainmise des théologiens. C'est ainsi qu'il fut doté, dès sa fondation et malgré l'absence d'édifice jusqu'en 1610, de chaires d'enseignement, tenues alors par douze « Lecteurs Royaux » nommés par le roi. Soucieux de ne pas entrer en concurrence avec l'Université, le Collège n'a jamais délivré de grade universitaire et reste aujourd'hui le seul grand établissement où il n'y a ni examen, ni diplôme, ni étudiant.

L'enseignement, sur tout et ouvert à tous.

Si ces caractéristiques fondatrices de l'Institution ont survécu aux siècles, le Collège de France compte désormais près d'une quarantaine de chaires statutaires et une douzaine de chaires annuelles et internationales, qui couvrent tous les champs du savoir, des mathématiques à la linguistique et à l'étude des civilisations, et sont proposées par leurs pairs lors d'Assemblées générales et ensuite attribuées à un nouveau Professeur nommé par



La cour d'honneur du site Marcelin Berthelot et sa statue de Jean-François Champollion.

le Président de la République. Afin d'assurer le renouvellement de l'enseignement, il n'existe pas de chaire permanente mais, à l'occasion d'un départ, chaque chaire peut être transformée en une nouvelle sans aucun rapport thématique, uniquement en fonction des derniers développements de la science. Aucun grade n'est d'ailleurs requis pour devenir Professeur ; seules comptent l'originalité et l'importance des travaux, même si les prétendants sont généralement tous des chercheurs ou intellectuels de stature internationale. Le Collège a ainsi vu passer entre ses murs une dizaine de prix Nobels et cinq médailles Fields, d'Henri Bergson à Pierre-Gilles de Gennes, en passant par François Jacob, Alain Connes ou Serge Haroche, pour n'en citer que quelques-uns. Quant aux médailles et autres prix prestigieux obtenus par les titulaires actuels, il ne suffirait pas de ce magazine pour en faire la liste complète, mais notons, à titre d'exemple, que les deux médailles d'or du CNRS cette année ont été décernées à Françoise Combes et Jean Dalibard, tous deux Professeurs à l'Institut de physique. Par

ailleurs, le Collège se répartit désormais sur cinq sites à Paris, conservant ses bâtiments historiques donnant sur la place Marcelin Berthelot pour les enseignements à destination du public, qui sont accessibles à tous sans restriction.

Car c'est peut-être là que réside la plus grande spécificité du Collège de France : les enseignements y sont publics et chacun peut venir suivre un cours - en français - sans inscription préalable, ou assister à l'un des colloques interdisciplinaires et internationaux qui sont organisés annuellement par les Professeurs¹. Beaucoup ignorent que tous les ans, l'enseignement doit être entièrement renouvelé, ce qui demande à chaque Professeur un temps de préparation très conséquent, surtout lorsque les cours commencent à sortir du champ direct de sa recherche. Mais le cours le plus marquant dans une carrière de Professeur du Collège de France reste très certainement la leçon inaugurale, qui introduit la thématique de ses travaux et de son enseignement pour plusieurs années ; ce moment - auquel j'ai déjà eu la chance d'as-

sister plusieurs fois - constitue bien plus qu'une leçon, c'est l'occasion de réunir tous ses collègues et une communauté scientifique et intellectuelle dans un moment solennel, qui prend souvent la forme d'une formidable épreuve initiatique, même pour un scientifique averti...

Une recherche libre et avant tout fondamentale.

La deuxième pierre angulaire du Collège de France est la recherche, qui est le pendant indispensable à un enseignement de pointe et toujours renouvelé. Cette recherche est d'abord caractérisée par son caractère fondamental et la liberté des sujets d'investigation. Le Collège accueille ainsi l'équipe ou le laboratoire des Professeurs qui en font le choix, les autres préférant rester travailler dans leur Institution d'origine, telle que l'Institut Pasteur, l'EHESS, l'École Normale Supérieure ou une Université étrangère. Mais le Collège de France accueille également, depuis près de dix ans maintenant, de jeunes équipes dans ses Instituts de Biologie et de Physique, équipes qui y sont hébergées et intégrées sur un programme à moyen terme, tout en restant associées aux organismes de recherche nationaux (CNRS, Inserm...). Ces jeunes équipes bénéficient de la même liberté de recherche, et participent à son dynamisme et à l'interdisciplinarité, ainsi qu'à la pérennité de plateformes et ressources technologiques coûteuses mais indispensables à une recherche de pointe. C'est dans ce cadre que j'ai eu la chance d'intégrer, fin 2017, cette magnifique maison. Alors post-doctorant à Heidelberg en Allemagne, j'ai répondu à un appel d'offres international pour créer ma propre équipe au sein du Centre Interdisciplinaire de Recherche en Biologie (CIRB), un laboratoire également affilié au CNRS et à l'Inserm et créé sous l'impulsion

du Professeur Alain Prochiantz, neurobiologiste et Administrateur du Collège de 2015 à 2019. Le CIRB accueille ainsi aujourd'hui une vingtaine d'équipes réunies autour de diverses questions de biologie au sens très large, de la microbiologie à la biologie du développement, en passant par les neurosciences, les mathématiques de l'évolution et la biophysique. L'équipe « Physique multi-échelle de la morphogenèse » que j'ai créée s'intéresse quant à elle à la question de l'émergence des formes en biologie, en particulier lors des toutes premières étapes du développement embryonnaire, en combinant modélisation physique, mathématiques appliquées, mécanique et sciences numériques. Mon équipe accueille aujourd'hui une dizaine de jeunes chercheurs, doctorants et post-doctorants, profite d'un environnement scientifique et de travail exceptionnel, et notre recherche est sans aucun doute inspirée par l'interdisciplinarité exceptionnelle qui caractérise le Collège de France. Comment, en effet, ne pas être traversé par des idées originales quand on peut suivre en parallèle, et sans se déplacer, les cours de biophysique de Jean-François Joanny (mon ancien directeur de thèse), de sciences de données de Stéphane Mallat (X81) ou de dynamique du vivant par Thomas Lecuit ? Ce carrefour des disciplines a sans doute participé à l'obtention par mon équipe en 2021 d'une bourse ERC Starting grant (European Research Council), dont le but est de « rétro-ingénier » le développement embryonnaire en combinant approches physiques et méthodes d'intelligence artificielle. Ce financement me donne désormais les ressources nécessaires pour mener à bien un projet scientifique ambitieux sur cinq ans, dans un lieu prestigieux et entouré de scientifiques inspirants et bienveillants.

Une Institution qui vit avec son époque.

Le Collège de France n'est donc pas qu'une institution flanquée de traditions anciennes, qui ne serait composée que de savants érudits, reclus dans leur tour d'ivoire, mais bien un lieu où se crée et se transmet un savoir vivant, ouvert au public et au monde. C'est un lieu qui a traversé les siècles en s'adaptant à son époque, tout en conservant sa spécificité, sa liberté et sa réputation d'excellence. Contribuant très largement à la diffusion du savoir au plus grand nombre, lieu d'enseignement unique au monde, c'est aussi une communauté d'intellectuels qui s'engagent dans les débats de société comme l'illustrent les nombreuses interventions de Professeurs dans les médias, et la mise en place du programme PAUSE, qui accueille depuis 2017 des chercheurs du monde entier contraints à l'exil.

En bref, je ne saurais que trop vous recommander de venir un jour vous asseoir, le temps d'une leçon inaugurale, dans l'amphithéâtre Marguerite de Navarre, loin d'un quotidien parfois pollué de fausses informations et de pensées toutes faites. Et si pour cela le temps vous manque, vous saurez trouver, j'en suis sûr, dans l'immense collection de cours déjà en ligne, de quoi satisfaire une curiosité insatiable. 📍



Hervé Turlier, IA

Après un master en physique de la matière molle et un doctorat en biophysique théorique à l'Institut Curie, Hervé Turlier (X06) réalise un post-doctorat au Laboratoire Européen de Biologie Moléculaire à Heidelberg en Allemagne. Fin 2017, il crée l'équipe de recherche « Physique multi-échelle de la morphogenèse » au Collège de France, au sein du CIRB, un laboratoire affilié au CNRS et à l'Inserm. Chargé de recherche, Centre National de la Recherche Scientifique

1 : Tous ces cours et colloques sont désormais enregistrés et accessibles en ligne sur le site du Collège www.college-de-france.fr, et l'on peut aussi retrouver 40 leçons inaugurales en podcast sur France Culture <https://www.franceculture.fr/emissions/college-de-france-40-lecons-inaugurales>

REMISE DU PRIX « ROGER BRARD »

DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME DE PROPULSION ANAÉROBIE POUR SOUS-MARINS À PILES À COMBUSTIBLE

Par Alain Bovis, IGA



Le 24 juin 2021, le prix Roger Brard, décerné par l'association ENSTA IP Paris Alumni a été remis, avec un an de décalage en raison des confinements sanitaires successifs, à une équipe de quatre ingénieurs de Naval Group, Messieurs Bruno Clavier, Pierre Darcy, Damien Lelandais et Marc Quemeneur.

Un Prix créé en 1981

Le Prix Roger Brard a été créé en 1981 par la Société amicale du Génie maritime, devenue aujourd'hui ENSTA Alumni pour rappeler la mémoire de l'Ingénieur général de l'armement Roger Brard. Polytechnicien (X1925) et ingénieur du Génie maritime, Roger Brard fut un grand ingénieur et éminent scientifique. Directeur du Bassin des Carènes de 1941 à 1969, il acquit une renommée internationale en contribuant au progrès de l'hydrodynamique navale. A partir de 1958, il fut parallèlement directeur de l'Ecole nationale supérieure du génie maritime.

Il était membre de l'Académie des sciences - il en sera président en 1971 - et de l'Académie de Marine. Il fut également Professeur de mathématiques à l'Ecole polytechnique.

En 2020, le prix Roger Brard a été attribué pour la 13^e fois. Les travaux récompensés sont des travaux destinés à développer un système de production d'énergie en plongée pour sous-marins non nucléaires, encore appelé système AIP (Air Independant Propulsion). Un système AIP permet de recharger la batterie d'un sous-marin en plongée, sans retour à la navigation au schnorchel, source d'indiscrétion majeure. Un sous-marin équipé d'AIP peut ainsi rester en plongée de deux à trois semaines contre 1 à 2 jours sans ce système.

Le système AIP

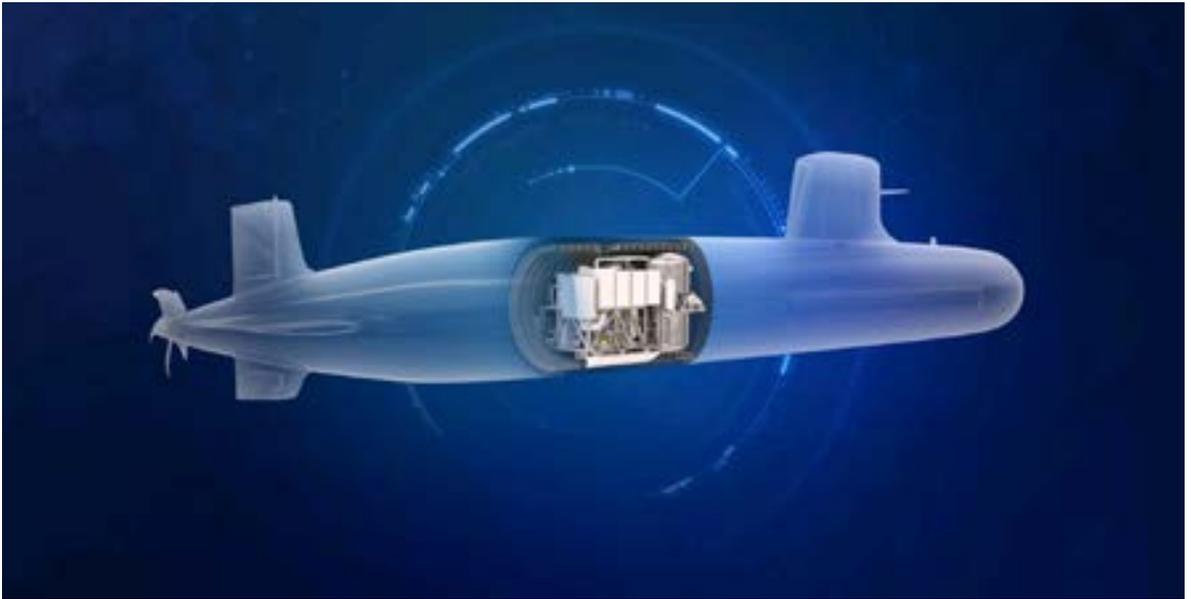
La DCN (aujourd'hui devenue Naval Group) a développé un système AIP dans les années 90. Ce système, appelé MESMA, est une machine à vapeur utilisant la combustion d'éthanol avec de l'oxygène pur issu d'un réservoir cryogénique. L'AIP est installé sur les sous-marins de la classe Agosta 90B, et est en service à la mer depuis 2008. Cumulant, sur banc à terre et à la mer, plus de vingt ans de retour d'expérience, ce système permet de multiplier par 4 l'autonomie en plongée du bateau et la production électrique est parfaitement stable et maîtrisée, ainsi que les aspects sécurité associés.

Forte de ce succès et des progrès industriels réalisés dans le domaine des piles à combustibles, l'entreprise a lancé, dans les années 2000, le développement d'un AIP aux performances accrues.

La faiblesse des système AIP à piles à combustible est la difficulté de transport de l'hydrogène, que ce soit sous forme gazeuse sous pression, liquide ou combiné en hydrures métalliques. A masse et encombrement identiques, ces systèmes offraient un gain d'autonomie en plongée inférieur au système MESMA. Aussi Naval Group a-t-il décidé, après analyse de diverses filières technologiques, de développer un système transformant à bord du gazole pour en extraire de l'hydrogène par une réaction à haute température (> 900 °C) appelée reformage.

Une technologie innovante

Il fallait pour cela développer une



De nombreux collaborateurs de Naval Group ont participé pendant près de 20 ans au développement de cette technologie, les contributions des quatre lauréats ont été particulièrement significatives.

Bruno Clavier est ingénieur en thermique et énergétique, diplômé de l'ISITEM en 1988. A Naval Group depuis 1989, il est nommé en 2000 architecte de l'AIP MESMA et pilote le développement de l'AIP à base de piles à combustible et de reformage gazole. Il est responsable du département Architecture et Essais des systèmes énergie-propulsion de Naval Group Nantes-Indret.

Pierre Darcy est diplômé de l'INPG en 2000, docteur de l'Université Pierre et Marie Curie. Pilote des activités de tests des batteries Lithium Ion chez Renault, il intègre Naval Group en 2012 pour développer les composants pour le reformage de gazole. Il est responsable du service architecture propulsion conventionnelle sur le site Naval Group de Nantes-Indret.

Marc Quéménéur est diplômé de l'Ecole Centrale de Nantes en 1993. Il a commencé sa carrière au sein de Naval Group en qualité de responsable du Montage Nucléaire sur le site de Nantes-Indret, puis a travaillé pendant près de 20 années dans le domaine des AIP. Il est Architecte Energie Propulsion pour le Porte-Avions Nouvelle Génération sur le site de Nantes-Indret.

Damien Lelandais est diplômé de Polytech Nantes en 2007. A Naval Group depuis 2007 il est nommé ingénieur d'études sur les AIP MESMA. A partir de 2012, il est Architecte de Systèmes AIP et pilote la montée en maturité du système et son intégration dans les sous-marins. Il est directeur des technologies innovantes d'Energie et Propulsion de Naval Group sur le site de Nantes-Indret.

technologie innovante : un reformeur catalytique à gazole, à haute pression et à oxygène pur, intégré thermiquement. Les défis techniques étaient nombreux. Ainsi, sur un sous-marin, le procédé doit fonctionner à une pression supérieure à la pression d'immersion,

contrairement aux installations à terre, ce qui accroît la difficulté de maintenir stable la réaction de reformage. Grâce à l'optimisation de la chambre de mélange et du catalyseur, la formation de coke lors de la réaction a été minimisée permettant d'espacer les changements de

catalyseur. Pour maîtriser des flux de chaleur dans le sous-marin, le réacteur devait être conçu avec un ensemble optimisé d'échangeurs de récupération d'énergie.

Un prototype à terre représentatif du système AIP complet accumule plus de 6000 heures de fonctionnement. Tous les aspects de sécurité de fonctionnement ont été validés dans les conditions d'environnement d'un sous-marin.

Le système est proposé à l'exportation par Naval Group. Les développements menés par Naval Group sur ce système ont bénéficié de l'expertise de l'IFPEN et de nombreuses entreprises innovantes de la filière hydrogène. Il ouvre la voie aux applications de l'hydrogène sur les navires de surface. ☺



Alain Bovis,
IGA, Président de l'ATMA, Vice-président de l'Académie de Marine

X74-ENSTA, Alain Bovis a fait toute sa carrière à la DGA et à DCNS. Il y a exercé diverses fonctions de recherche, d'ingénierie et de management industriel. Il a été directeur de l'établissement d'Indret puis directeur général d'Armaris, filiale commune de DCN et Thales. Il a créé en 2010 DCNS Research. Expert en hydrodynamique, il a été lauréat du prix Roger Brard et du prix Girardeau de l'Académie de Marine.

MÉTHODE DES BLOCS DISJOINTS

LE PRIX CHANSON 2021 RÉCOMPENSE L'ÉVALUATION DE LA DURÉE DE VIE DES SYSTÈMES EXPOSÉS À DES CHOCS ET VIBRATIONS

Par **Bruno Colin**, expert en vibra-acoustique et concepteur de la MBD chez Nexter et **Pascal Lelan**, expert en environnement général à DGA TT, lauréats du prix AAT - Général Chanson



La méthode développée par Nexter avec le soutien de la DGA est introduite dans le processus de personnalisation des essais pour réduire les écarts de prédiction de durée de vie constatés. Avec la mise en place de capteurs pour monitorer in-situ le potentiel d'endommagement subi par les équipements embarqués, elle permet de limiter les stocks de pièces de rechanges et le coût de possession des systèmes d'armes.

Un besoin opérationnel important

Les dysfonctionnements des équipements embarqués liés aux vibrations et chocs sont une cause importante de réduction de la fiabilité des systèmes d'armes.

L'état de l'art

Les méthodologies d'essais forfaitaires utilisées entre 1980 et 1990 et préconisées encore par le STANAG 4370, se sont avérées très conservatrices au détriment du coût d'acquisition.

Les méthodes de personnalisation d'essais des années 1995 à 2005 bâties sur des techniques de calculs des spectres de réponse extrême et spectres de dommage par fatigue ne rendent pas compte du caractère probabiliste des chargements réels et ne couvrent que le cas des chargements gaussiens stationnaires.

Ces méthodes historiques se sont révélées non satisfaisantes au regard du RETEX.

La méthode mise au point

La MBD prend en compte le caractère stochastique complexe des chargements mesurés sur porteurs terrestres à roues ou chenillés. La non stationnarité des environnements de roulage est levée en

utilisant les principes de « clustering » de l'intelligence artificielle sur des critères statistiques métier. La non-gaussiannité des chargements est levée grâce à un traitement statistique local en s'appuyant sur des méthodes empruntées au monde de la finance, de l'hydrologie et de l'épidémiologie, et transposées à celui de la mécanique vibratoire.

Un nouveau corpus normatif

La MBD et la personnalisation des essais sont décrites dans un ensemble de six fascicules portés par l'AFNOR sous pilotage du Centre de Normalisation de Défense, qui capitalisent ce savoir-faire. Et le comité d'écriture du STANAG 4370 travaille à y introduire ce référentiel normatif français.

Des premiers résultats encourageants

Mise en œuvre par Nexter pour le programme SCORPION, la MBD a permis de proposer des compléments de qualification pertinents et de mettre en avant les avantages de cette nouvelle démarche :

- construction automatisée des spécifications vibratoires et chocs ;
- amélioration de l'estimation du niveau de fiabilité opérationnelle des équipements ;
- extrapolation du niveau de fiabilité sur des projections d'emploi

des matériels ;

- intégration des principes MBD pour un passage de la maintenance conditionnelle à la maintenance prévisionnelle.

Grâce à sa reconnaissance normative et à son niveau de maturité, la MBD est évaluée par MBDA, Thales, Safran, PSA, Volvo dans le cadre de leurs développements propres. Présentée lors de plusieurs congrès, les principes de la MBD ont été également plébiscités par la communauté scientifique, encourageant les sociétés d'ingénierie d'essais à faire évoluer leurs outils logiciels à vocation commerciale.

Vers le monitoring de l'état de santé des équipements critiques

La surveillance des modes de dégradation des équipements critiques à partir de capteurs accélérométriques connectés, sans avoir recours à une connaissance physique détaillée des équipements, permet une maintenance conditionnelle.

Les forces peuvent aussi anticiper la défaillance des équipements critiques et identifier les matériels les plus aptes à remplir la mission du lendemain (maintenance prédictive), connaissant l'état de santé de chaque équipement critique embarqué. ☺

TRANSMISSION ET INNOVATION

LES DEUX MAMELLES DE L'ARMEMENT TERRESTRE

Par Pierre-André Moreau, IGA

Héritier d'une tradition nationale séculaire édulcorée d'innovations spectaculaires à leurs époques, l'armement terrestre n'a cessé d'allier l'exigence d'une transmission irréprochable des acquis et l'appropriation de concepts et moyens nouveaux. Le milieu du combat terrestre, caractérisé par une haute imprévisibilité du microrelief et des contraintes qu'il génère, impose en effet cet amalgame entre les savoirs lentement constitués et les sauts qu'offrent de nouvelles connaissances et des ruptures technologiques.

L'imposante DEFA* de l'immédiat après-guerre s'est allégée progressivement de ses activités missilières, électroniques et même nucléaire, donnant naissance à des entités organisées indépendantes, pour devenir après ces naissances la DTAT* puis la DAT* ; A cette époque, les ingénieurs (de l'Armement en particulier) passaient sans état d'âme d'une fonction étatique à une fonction de recherche ou de production et dans lequel les anciens formaient eux-mêmes leurs subordonnés et leurs successeurs dans les écoles établies dans ce but. Simultanément le recrutement très familial des arsenaux et les mécanismes de promotion sociale qui les régissaient facilitaient discrètement la transmission intégrale des savoirs. L'innovation reposait en particulier sur une très étroite coopération entre la DAT et la DRET* qui savait équilibrer les recherches entre pré-développements exploratoires, recherches pluridisciplinaires non finalisées et veille technique. Cela formait un équilibre très efficace pour la France.

La genèse du canon Caesar illustre cette efficacité : au départ, un calcul numérique des structures et un démonstrateur ont apporté la preuve que, contrairement aux certitudes des « anciens », il était possible de monter un très puissant canon de 155 mm sur le châssis d'un camion de chantier sans en dégrader les performances de mobilité tactique et stratégique. L'arme proprement

dite, son montage et ses aides au chargement, conçus et réalisés par une poignée de techniciens expérimentés, a bénéficié de choix judicieux et discrets qui confèrent à ce canon une précision que les artilleurs qualifient de diabolique... Enfin le recours aux technologies inertielles et numériques les plus récentes a engendré une révolution dans l'emploi : le canon est devenu une « pièce intégrale », terminal autonome d'un système d'artillerie, capable d'exécuter seul et sans préparation une mission de feu. Les artilleurs ont su très vite réinventer la doctrine d'emploi pour profiter pleinement de son efficacité et sa « survivabilité ». Au final, développé avec un très faible budget par une petite équipe compétente épargnée par les problèmes d'égo, les conflits d'entreprises et les querelles de prérogatives, Caesar a donné à la France plus de dix ans d'avance et suscité beaucoup de jalousie et d'envie, plusieurs copies plus ou moins réussies... et de nombreuses commandes d'export.

Innover dans le domaine des armements terrestres, beaucoup s'en soucient et en débattent, mais trop peu se préoccupent de l'entretien et du lent développement des compétences techniques qui en constituent le socle : mécanique sous toutes ses formes, matériaux et en particulier matériaux énergétiques, etc... Et comme l'a montré la question des soudures épaisses de l'EPR, entretenir les compé-

tences-clés coûte beaucoup moins cher que de devoir les reconstruire : les comptables ne doivent pas diriger l'entreprise !

Qui doit animer cette noble mission de surveillance ? L'AAT* a procédé voici une dizaine d'années à l'analyse de l'état des compétences spécifiques à l'armement terrestre et Nexter Systems, associé à l'étude, a pu bénéficier de cette réflexion. Une Académie des Armements Terrestres pourrait s'en charger. Ce pourrait aussi être une mission de la DGA ou du Conseil Général de l'Armement si l'une ou l'autre partage la conviction de l'importance de cette tâche, mais c'est avant tout le devoir des industriels eux-mêmes car c'est le cœur de leur métier qu'il convient de chérir et d'entretenir.

*DEFA : Direction des Etudes et Fabrications d'Armement
 *DTAT : Direction Technique de l'Armement Terrestre
 *DAT : Direction de l'Armement Terrestre
 *DRET : Direction des Recherches et Etudes Techniques
 *GIAT : Groupement Industriel des Armements Terrestres
 *AAT : Association de l'Armement Terrestre



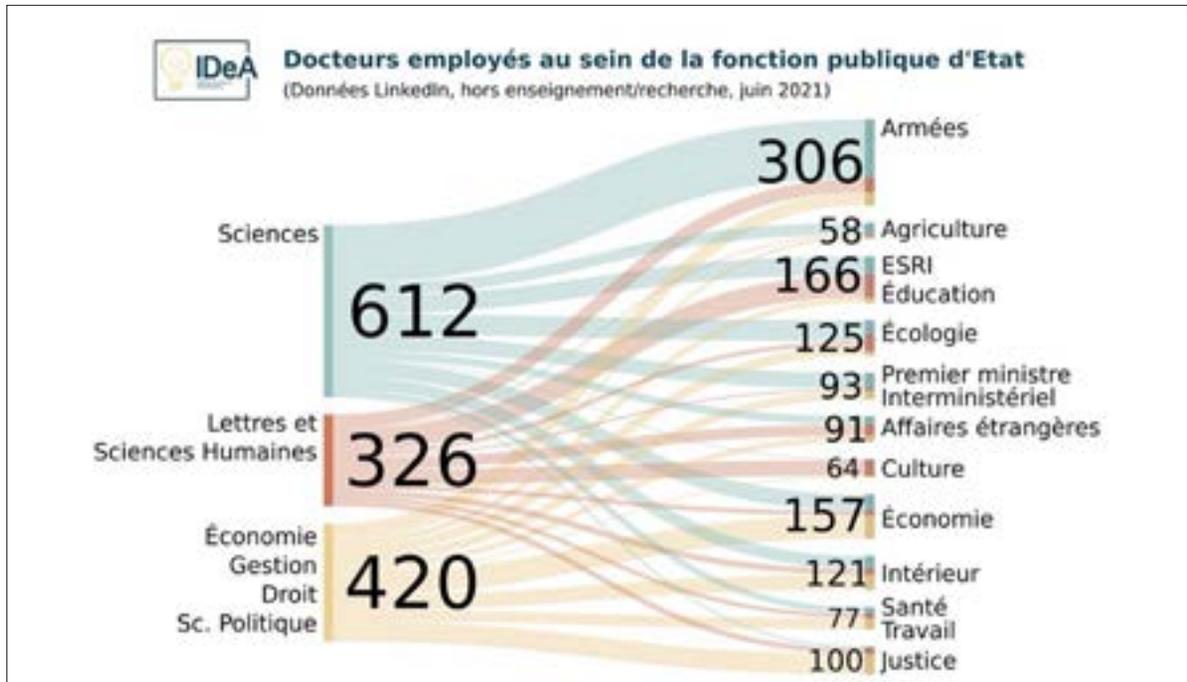
Pierre-André Moreau, IGA

PA Moreau, X68, a reçu le prix Chanson 1980 pour les munitions-flèches, a posé les bases de l'armement principal du char Leclerc, a dirigé des programmes internationaux, a décidé puis animé chez GIAT Industriels le Caesar. Il a enseigné pendant 20 ans les sciences et techniques liées aux armes et aux munitions et reste très attaché à la transmission des savoirs.

L'ADMINISTRATION, DÉBOUCHÉ MÉCONNU DU DOCTORAT

Par Gaëtan Douéneau, IA

Pour un IA recherche, prendre un poste dans l'administration à l'issue de sa thèse est la voie «normale». Mais les autres doctorants peuvent-ils aussi rejoindre le public hors recherche et enseignement ? Et pour y faire quoi ?



En décembre 2020, j'assistais à la «Journée des doctorants» organisée par la Société informatique de France. Elle présentait les carrières accessibles aux docteurs en informatique, en deux parties : «carrières dans le privé», puis «carrières académiques». Il va sans dire qu'un parcours d'IA dans l'administration n'entre dans aucune de ces catégories, et qu'il semble légitime de ne pas présenter ces parcours qui sont des cas particuliers. Oui mais... au-delà de micro-populations spécifiques, l'administration n'emploie-t-elle aucun docteur ?

L'administration : un débouché méconnu

Pour le savoir, il faut regarder l'une des rares enquêtes exhaustives

sur le devenir professionnel des docteurs (IPDOC 2017). D'après elle, plus de 15% d'entre eux rejoignent le «secteur public hors académique». En outre, l'enquête emploi de l'INSEE estime à 20 000 les titulaires d'un doctorat dans le public hors recherche et enseignement. Pourtant, les acteurs du doctorat n'ont que peu d'idées de ces débouchés ; lorsque l'administration est abordée, c'est souvent pour parler du concours docteur de l'ENA avec... 3 places, alors que les recrutements sont bien plus vastes.

Un mouvement d'ouverture des fonctions publiques

Depuis la loi Fioraso (2013), les corps de fonctionnaires de catégorie A doivent ouvrir des concours

externes docteurs. Plus d'une centaine de corps ont modifié leurs statuts en ce sens, même si les concours ne sont pas toujours organisés en pratique. Ainsi, les corps des Mines et des IPEF ont ouvert des concours docteurs (pas les administrateurs de l'INSEE). A noter que cette ouverture n'implique pas automatiquement une diversification des profils recrutés : la quasi-totalité des docteurs admis aux Mines sont d'anciens normaliens et polytechniciens, deux populations qui bénéficient par ailleurs de voies d'accès dédiées.

D'autre part, la majorité des docteurs intègre la fonction publique via des concours accessibles dès un master, ou comme contractuels. Le

Former des IA par la recherche : pourquoi et comment ?

Bruno Bellier, IGA (doctorat de sciences pharmaceutiques, 2000)

Les IA peuvent effectuer leur formation complémentaire sous la forme d'une thèse depuis plusieurs dizaines d'années. Cette voie de formation est parfois remise en cause par la DGA, cependant les difficultés, voire les échecs de réintégration de quelques IA après leur thèse, sont moins le signe que la formation doctorale serait par essence inadaptée au corps, que le fruit d'un mauvais accompagnement au moment du choix de corps et d'orientation ou durant la thèse. C'est pourquoi en particulier il n'y a plus de quota distinct d'IA recherche cependant, mais une possibilité « à la carte » examinée de manière critique par le gestionnaire du corps, en fonction du parcours professionnel envisagé.



Il est souvent rappelé, avec raison, qu'il ne s'agit pas de se former « à » la recherche mais « par » la recherche. Le doctorat est à la fois l'occasion de sortir du cocon douillet prépa-X, d'acquérir ou renforcer autonomie, capacité d'initiative, méthode universitaire (questionnement, recherche bibliographique...) et expérience de conduite de projet, et de constituer ou entretenir des réseaux au sein de la communauté scientifique nationale voire internationale. Les IA recherche contribuent également utilement à la diversité du corps.

Le facteur-clé de succès pour le premier poste au sein de la DGA réside à mes yeux dans l'accompagnement par un parrain DGA qui s'investira dans la relation avec le doctorant, et se chargera de créer et entretenir un lien avec l'institution, en particulier son métier de rattachement et les entités qui l'accueilleront le plus vraisemblablement.

doctorat peut cependant se révéler à double tranchant dans une candidature : la crainte de recruter un « éternel étudiant », éloigné de la réalité et peu adaptable à l'administration, persiste, même si elle semble peu confirmée en pratique.

Que font ces docteurs ?

Le docteur est reconnu pour l'expertise acquise pendant ses années de thèse. Sans nécessairement être « haut » fonctionnaire, il apporte ainsi à l'administration la capacité d'analyser des questions techniques pointues. Au Ministère des Armées, ces besoins ne se li-

mitent pas à la DGA : les armées, le SID, la DGRIS ou le SHD recrutent également des docteurs comme analystes/experts. Le docteur peut en outre faciliter le dialogue avec le monde académique.

A plus haut niveau, il peut conduire des projets et politiques publics complexes, à l'échelle territoriale ou nationale. La thèse permet également d'acquérir des compétences génériques, comme la capacité à se projeter à long terme, et recruter de « jeunes chercheurs » contribue à nourrir la diversité d'états d'esprits dans la fonction publique.

Dans les instances internationales, le doctorat est souvent exigé pour les postes à responsabilité. C'est l'une des raisons qui incite certains militaires/hauts fonctionnaires à réaliser une thèse en cours de carrière ; l'INSP réfléchit en outre à intégrer le doctorat dans son cursus.

Et à la DGA ?

L'ouverture d'un concours externe docteur pour le corps des IA est en cours d'étude par la DRH. Si nombre d'IA réalisent une thèse, la majorité des docteurs de la DGA est contractuelle (plus de 350 ICT d'après la base Alliance). La quasi-totalité d'entre eux est employée par la DT, qui manifeste actuellement son intérêt pour les docteurs sur les sujets « de pointe », en sciences des matériaux ou en informatique.

L'initiative docteurs et administrations (IDeA)

Afin de pallier l'absence de connaissances sur le recrutement et l'emploi des docteurs dans l'administration, j'ai lancé au printemps 2021 un groupe de travail nommé IDeA. Cette initiative a recueilli le soutien du ministère de la transformation et de la fonction publique, et un premier rapport sera publié à l'automne. (voir docteurs-administrations.fr). 



Gaëtan Douéneau,
Architecte SSI
& doctorant en informatique

Après un parcours à l'ENS Paris-Saclay (2015-2019), il intègre le corps via le concours sur titres. En poste à DGA IP depuis septembre 2020, il réalise en parallèle une thèse en algorithmique.

QUAND LA DGA ÉTAIT SAVANTE

POURQUOI ET COMMENT ON SE PASSE MAINTENANT D'ÉCHANGES SAVANTS : RISQUÉ !

Par Denis Plane, IGA

Sans internet !

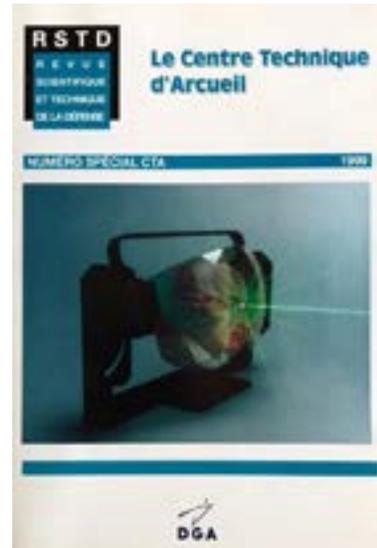
Une des questions essentielles des IA est la connaissance et l'intégration des nouveautés techniques : la compréhension de ce qui est accessible et faisable, et l'ingénierie multi-disciplinaire. Dans l'ancien temps, c'est-à-dire avant l'arrivée de l'informatique généralisée (diffusion massive par internet, réseaux informatiques internes et externes), on notait plusieurs approches :

- La hiérarchie imposant la méthode et les sources de savoir : pas très motivant, mais efficace si les changements ne sont pas trop rapides. En régime stationnaire (pas d'innovation), c'est même le moyen presque parfait. C'est aussi un obstacle aux heureux hasards, à la sérendipité.
- La recherche, par des thèses ou des affectations dans l'un des nombreux centres de recherche. Rien qu'à la DTCN (Direction technique des Constructions Navales), on en comptait une dizaine, tous à la pointe de la technique mondiale. Les IA avaient des liens privilégiés avec les laboratoires français et étrangers, où ils séjournaient parfois suffisamment souvent pour y créer des relations personnelles suivies. La liste complète, Centre technique d'Arcueil en tête, serait très longue. Dans ce cadre, on peut dire que les personnels de la DGA étaient «savants», mais pas que la DGA était savante !
- Les échanges ouverts internes à la DGA ou avec les institutions proches, ONERA et centres de recherche de sociétés de

défense, dans un mode assez proche de celui des sociétés savantes décrites tout au long de ce magazine. En voici quelques illustrations :

- La RSTD, Revue Scientifique et Technique de Défense (et la revue scientifique et technique de la DAM, toujours éditée)
- Les cahiers du Cethedec (Centre d'études théoriques de la détection et des communications), de 1964 à 1984, soit 79 numéros
- Le revue de l'ATMA, encore vivante depuis 1889
- Les groupes de coordination technique qui, au-delà de leur intérêt concret de pêche au financement dans de petites luttes intestines, suscitaient de fructueux échanges scientifiques et techniques et initiatives de communications scientifiques.
- Les prix (Brard, Chanson, Paul Vieille), même s'ils étaient plutôt confidentiels quant à la diffusion détaillée des thèmes traités.

Le point commun à ces approches (sauf la première !) est l'accès à des présentations hors du strict domaine des lecteurs et auditeurs, à condition pour eux d'avoir un peu de temps et de curiosité. On peut toutefois noter que les échanges avec le monde académique ou le transfert vers le grand public étaient relativement limités, en large partie en raison de la spécificité ou de la confidentialité des techniques.



RSTD : était-ce vraiment lu ?

C'est ainsi que sont nées des innovations par communication et échanges entre « sonaristes » et « radaristes », ou tout simplement la pérennité d'une passion pour les solutions élégantes dans les conférences de l'ONERA.

Lors des premières études dites «ARMEL» sur les futures armes laser, des présentations devant une large audience (au départ attirée plutôt par la curiosité) ont permis d'élargir très vite la liste des solutions et des effets possibles, voire de corriger des erreurs manifestes. Il s'agit bien là de communications au sein d'une société savante. A l'opposé, certains s'offusquaient de l'absence d'ouverture technique sur des sujets très classifiés, conduisant à des prises de risque discutables.

Bref, la diffusion interne des connaissances était facile... pour ceux qui le souhaitaient.

1 : Pipady (transmissions, compatibilité électromagnétique), Brusca (détection sous-marine), Cesda (radars et systèmes de défense antiaérienne), Certsem (sous-marins et biologie hyperbare), Capca (traitement du signal et automatisme), Cerdan (discrétion acoustique), Cetec (technologie des matériaux et technique de construction des sous-marins), Gerbam (ballistique et armes), Gesma (guerre des mines et discrétion magnétique), Bassin d'essai des carènes

Dans le dictionnaire de l'Académie, savant signifie «qui sait» mais aussi «qui est bien informé». Ce sont donc ces deux termes qui sont pleinement satisfaits

Certes, le retour sur investissement n'était pas toujours là : si des domaines sont tombés dans l'oubli, c'est avec une faible transmission à l'industrie ou de faibles interfaces extérieures : on n'a alors que des savants, pas une DGA savante : missiles à Ruelle, balistique interne à Gâvres.

Un risque : la perte de capacités par l'isolement

Les grands projets complexes ne peuvent pas être menés sans échanges sur l'incertain et les découvertes, en dehors de toute obligation hiérarchique : la couche savante se structure en cluster, sorte de société savante éventuellement tenue au secret. Est-il nécessaire que les managers soient dans la boucle savante ? Ou encore, faut-il y connaître quoi que ce soit pour piloter un projet ? L'expérience montre que non, jusqu'à ce que des difficultés incompréhensibles surviennent ! Mais à l'opposé, on ne peut rester entre savants : le projet Manhattan avait besoin d'industrie de masse, à la participation de laquelle les chercheurs étaient opposés, pensant pouvoir produire seuls le plutonium en quantité suffisante.

Dans les entreprises, les perles passent parfois sous l'horizon radar des décideurs : danger, on ne sait plus pourquoi ça marche. Pour les maintenir en vie, un bon moyen est de faire partager la passion par des «étrangers» au domaine strict. Faute d'appliquer cette ouverture, au moins trois exemples de société d'armement très connues en ont fait la décevante expérience. Une petite équipe isolée, à la pointe de son domaine, peine à rester au-dessus des effectifs suffisants pour assurer sa survie. Et alors paradoxe, c'est l'intervention de correspondants

hors domaine mais plus célèbres qui convaincent les décideurs de poursuivre et de soutenir l'activité, pour un coût parfois négligeable.

Plus généralement, le risque est de tout perdre, en s'appuyant sur des connaissances qui ne sont plus traçables : manque de souveraineté, excès de confiance dans les outils informatiques.

Quelques regrets :

Alors qu'il y a bien des échanges internationaux dans des domaines duaux, il n'y a pas de société savante proprement européenne, même si l'Académie de l'air et de l'espace est sur la bonne voie; peu d'échanges entre DGA et ses équivalents étrangers, simplement parce qu'à de rares exceptions près (dont fait partie la DGA), les agences d'acquisition d'armement ne sont pas savantes, n'ont pas d'appétence pour la science et la technique

Dans ses récentes propositions, le Cercle des économistes dit (Axe 4) : «Construire une société animée par la connaissance scientifique». En réalité, il s'agit aussi d'animer la connaissance scientifique ! Il faudrait ainsi refondre l'organisation de la recherche en cassant les silos existants entre grandes écoles, universités et centres de recherche pour en faire, sur le modèle allemand, des fondations qui peuvent accueillir des financements, lever des fonds massivement et porter des projets de recherche à long terme et ambitieux.

Tout devient savant... ou compliqué :

Du spectre réglementaire des éclairages de vélos (selon une réglementation européenne introuvable) à la norme d'échantillonnage pour la mesure par transformée de Fourier rapide de la sonorité des «pin pon» des ambulances, les décisions sont parfois savantes. La simple définition de la valeur des unités est affectée d'incertitude quantique (on ne peut

pas connaître avec précision la valeur de la seconde si on dit où et quand on la mesure).

Bien sûr, il ne s'agit pas de l'inutile complexité dont les textes du JO ont le secret, et qui ne sont en rien issus d'échanges savants : les quelque 300 tarifs différents de l'autoroute A86, le calcul par logarithmes du rendement des poêles à bois, les fraudes aux calculs d'économie d'énergie (200 GWh dénoncés pour le seul mois d'août), les 250 taxes de toute nature dont le nombre ne décroît pas malgré les décrets de suppression.

Les très divers métiers d'IA demandent une curiosité perpétuelle. A défaut d'institution unique pour la satisfaire, branchons-nous sur les sociétés savantes, même et surtout hors de notre domaine ! Et, en plus, elles diffusent le plaisir de la connaissance !

Un rôle des sociétés savantes est de se souvenir du passé et de montrer les voies qui préparent le futur. En gros, c'est bien ce qu'offre notre magazine... ☺



Risque d'isolement : le savant Cosinus, toujours distrait



Denis Plane,
IGA

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

MOT DU PRÉSIDENT

Chères, chers camarades,

Cela fait du bien de renouer avec une rentrée « scolaire » normale... ou presque !

Jouant gagnante sur la pandémie, la CAIA a, une fois l'assemblée générale passée, préparé les activités programmées pour ce deuxième semestre 2021. En tenant compte des expériences vécues pendant la pandémie et en innovant autant que faire se peut.

Première innovation : tous les ingénieurs de l'armement étaient invités à participer à l'assemblée générale 2021, laquelle s'est tenue le mercredi 15 juin 2021 à la fois en présentiel ET en visio conférence ; cette solution, certes un peu plus coûteuse, a, semble-t-il, été bien appréciée par celles et ceux qui, pour une raison ou pour une autre, voulaient participer à l'AGO mais ne souhaitaient pas cette fois-ci se déplacer dans les locaux de CAP15. Il n'en reste pas moins que le présentiel est vraiment plus convivial.

A l'issue de cette AGO, notre camarade Dominique LUZEAUX a fait une présentation de la toute nouvelle Agence du Numérique de Défense.

Deux mouvements au sein du bureau : lors de la réunion du CA du 29 juin 2021, Hervé MORAILLON a été élu secrétaire général de la CAIA ; je souhaite à cette occasion remercier très chaleureusement et bien amicalement Alain JOUANJUS pour son action comme secrétaire général de la CAIA pendant plus de six ans. Et Clément ROUSSEL va prêter main forte sur les questions informatiques et le site internet.

Cette année encore, les recrutements pour le corps de l'armement commencent par le recrutement de vingt-deux polytechniciens (X2018). Grande innovation cette année : pour les accueillir dans le corps de l'armement, la CAIA les a invités le 2 septembre 2021 pour un cocktail dînatoire au Cercle National des Armées, place Saint Augustin à Paris. Moment sympathique permettant aux tout nouveaux IA d'échanger avec des représentants de la DGA et du CGARM, avec quelques jeunes anciens et avec quelques membres du conseil d'administration de la CAIA.

Dans le respect des conditions sanitaires en vigueur, le lendemain 3 septembre 2021, la DGA a pu réunir physiquement à Balard ces nouveaux IA pour la traditionnelle journée d'accueil. La CAIA n'a malheureusement pas pu organiser, « comme dans le temps », le traditionnel café d'accueil de nos jeunes camarades polytechniciens ; toutefois, à l'invitation de la DGA, la CAIA était bien représentée pendant cette journée d'accueil.

Judi 23 septembre 2021 s'est déroulée à Balard la traditionnelle prise d'armes de rentrée de la DGA. Ce fut l'occasion de marquer la fin de la formation administrative et militaire des Ingénieurs de l'armement, promotion IA 2018. Ils ont choisi Henri ZIEGLER comme nom de promotion ; notre camarade Didier MALET, chef de l'inspection de la DGA et parrain de cette promotion, a prononcé le discours retraçant la vie et l'œuvre de notre camarade Henri ZIEGLER. C'est avec plaisir que j'ai participé à cette prise d'armes, occasion de rencontrer ces jeunes camarades qui entrent dans « la vie active ». Leur formation administrative et militaire ayant été fortement perturbée au premier semestre 2021 par la pandémie, quelques voyages d'information complémentaires étaient organisés par le CGARM cette semaine-là ; pour marquer le coup, le CGARM a rassemblé ces jeunes IA le 23 septembre en fin d'après-midi à l'école militaire avec quelques IA de la FAMIA 2020. J'ai pris plaisir, à l'invitation du CGARM, de les retrouver pour ce moment sympathique.

Que les habitués (et les autres...) du traditionnel gala de l'armement se rassurent : jusqu'ici, l'organisation du gala de l'armement 2021, lequel se tiendra le Vendredi 26 Novembre 2021, se déroule sans surprise. Je vous y attends nombreux ; dépêchez-vous de vous inscrire, il reste encore quelques places. Nous serons tous très heureux de nous retrouver et d'échanger de vive voix....

D'ores et déjà, je vous souhaite une fin d'année 2021 aussi bonne et aussi heureuse que possible.

Bien amicalement 🐦



Philippe HERVE, IGA
Président de la CAIA

JEUNES PROMOTIONS

POUR S'Y RETROUVER DANS LES TROIS PROMOTIONS LES PLUS RÉCENTES DE L'ARMEMENT.

Depuis deux ans, le corps de l'armement est le premier recruteur à l'X avec deux fois 22 polytechniciens ayant rejoint notre corps. Ce recrutement intervient en 3^e année de l'X. Le recrutement sur titres a également augmenté, quelques diplômés de 8 grandes écoles et ENS rejoignant la promotion N-2 pour la FAMIA. Où sont donc nos jeunes ?



Prise d'armes de la promotion 2019 (X16 et affiliés)

Les IA 2019, X16 et rattachés

Après le « tout distanciel » imposé par la crise sanitaire début 2021, 17 jeunes IA de la promo 2016 de l'X et admis sur titres étaient mi-septembre à Brest pour visiter le Monge et diverses installations, et surtout l'île Longue, un must de ce qui se fait de plus complexe en industrie. La visite se poursuivit d'abord à Rennes, avec DGA MI par des rencontres avec les experts de

la cyber et des satcoms... Puis au CEA de Bruyères le Chatel, et enfin à la DRM à Creil. Au milieu de ces visites, ces jeunes ont eu le temps d'être dûment baptisés lors d'une cérémonie à Balard, de concert avec les IETA et les commissaires d'ancrage armement.

Le CGARM les accompagnait dans ces premiers pas physiques dans l'armement, au terme de leurs études et juste avant leur première affectation.

Les IA 2020, X17

De son côté, la promotion 2017 a eu rendez-vous à Vert-Le-Petit avec la DRH de la DGA et le CGARM pour parler des affectations de septembre 2022, avec un focus sur le dispositif des périodes d'ouverture dans l'industrie. On espère

que cette promotion pourra vivre une FAMIA démasquée, de janvier à mars 2022 et embarquera sur la mission Jeanne d'Arc. Cette promotion devrait être la première à bénéficier de la formation de tronc commun du futur institut national du service public, qui succède à l'ENA.

Les IA 2021, X18

Enfin, début septembre, après un accueil convivial par la CAIA le jeudi 2 septembre, la DGA et le CGARM ont accueilli solennellement les nouveaux IA avant qu'ils s'envolent vers leur formation complémentaire.

La CAIA souhaite la bienvenue et une belle carrière à :

*Raton Céline
Lagarde Maxence
Gaillard Aurélien
Bambury Henry
Fradet Adrien
Cances Solenn
Cussenot Pierre
Kersual Mathilde
Teissier Alexandre
Delaunay Antoine
Thimonier Tom
Gilbert Joséphine
Admète David
Schneider Guillaume
Kieffer Simon
Deckx Van Ruyskensvelde Adrien
Cargnello Matthieu
Castet Marilys
Vacus Benjamin
Beguet Antoine
Fevre Romain
Prost Elie*



Les nouveaux IA (X18) accueillis par la CAIA lors d'un cocktail convivial au CNA

COACHER LES ORGANISATIONS

POUR LIBÉRER DE LA VALEUR AJOUTÉE ÉCONOMIQUE

Par Jérôme de Dinechin, ICA

Dans une période complexe où la rationalisation des structures atteint ses limites, le coaching des organisations, complémentaire du conseil, se positionne avec des outils de diagnostic qualitatif et quantitatif pour évaluer l'engagement des collaborateurs et l'adéquation de la structure aux objectifs opérationnels. Au-delà des prises de conscience, cela permet de mieux définir la cible structurelle et managériale, et choisir les actions d'accompagnement les plus appropriées.

Dans sa préface d'une étude intitulée « au-delà de l'entreprise libérée », Jean-Dominique Sénard, PDG de Renault affirme qu'il est aujourd'hui nécessaire de libérer les organisations et les Hommes, et pour cela, « prendre en compte le contexte de chaque entreprise, notamment ses valeurs et sa culture, ..., et mobiliser tous les talents et développer les nouvelles compétences, notamment les *soft skills*... »

Cette notion nouvelle de l'entreprise libérée peut sembler un peu utopique, mais apparaît à l'heure où le benchmarking et la rationalisation des structures touchent leur limites, et où les générations récentes réclament une autonomie plus élevée, qui sera le prix de leur engagement.

L'accompagnement des transformations relève habituellement du coaching, avec ce qu'on appelle la conduite du changement. Expliquer ne suffit pas, et les démarches objectives et rationnelles se heurtent à des murs systémiques et subjectifs. L'enjeu est alors de mobiliser les personnes, obtenir leur adhésion à un nouveau cadre, apprivoiser les peurs et susciter leur engagement... C'est un premier niveau.

Pour aller vers l'entreprise libérée, en clair vers davantage d'intelligence collective, le coaching des organisations, branche récente du coaching, propose également des démarches outillées complémentaires du conseil en stratégie.

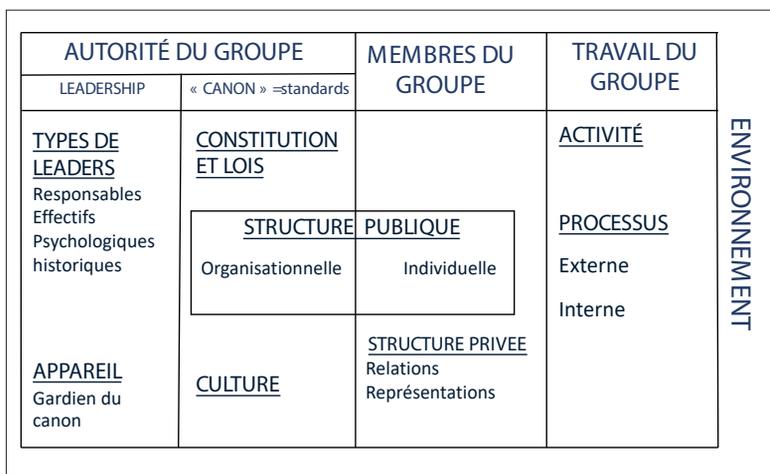


Schéma de Fox résumant le fonctionnement d'une organisation

1/ Du qualitatif avec la TOB

Les défauts d'une organisation sautent aux yeux de ceux qui y vivent. Changer apporte certes la vertu du mouvement, mais c'est souvent un saut dans le vide. Aussi, comment savoir précisément ce qui fonctionne et ce qui fonctionne moins bien, sans perdre de vue la raison d'être ?

Eric Berne, fondateur de l'analyse transactionnelle, s'est intéressé à la structure et à la dynamique des organisations en partant de la définition la plus générale d'un groupe humain : un ensemble de personnes muni d'une frontière extérieure qui le sépare de l'environnement, et de frontières intérieures entre des classes de membres. Les acteurs partagent leur énergie entre l'activité utile, et les interactions aux différentes frontières : plus il y a d'interactions, moins il y a d'utilité...

Ce modèle, raffiné dans le « schéma de Fox » invite à s'intéresser à cinq fondamentaux de toute organisation :

- 1/ L'autorité du groupe, autrement dit la fonction leadership
- 2/ Les règles et la structure du groupe, ou « canon » et comment ils sont cadrés
- 3/ Les membres et la structure, aussi bien publique que les représentations subjectives qu'en ont les membres
- 4/ L'activité du groupe, partagée entre activité productive et activités de régulation
- 5/ L'environnement

L'analyse selon la TOB, à travers une série d'interviews ciblées, va donner une photographie de ce que vivent les acteurs par rapport à la structure ou au fonctionnement : un groupe aux frontières peu identi-

fiées, poreuses, ou au contraire trop rigides ; ou un leadership déficient et un canon trop fort conduisant à privilégier les règles internes sur l'objectif de performance...

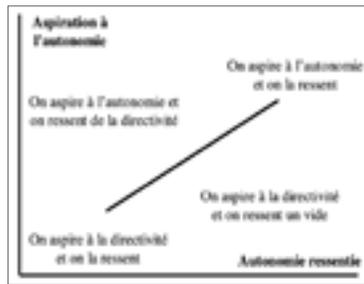
Le résultat consolidé est présenté sans préconisation au management et provoque habituellement des prises de conscience. Tel aspect de l'organigramme ne correspondant pas au fonctionnement réel. Tel objectif stratégique à l'opposé de l'activité au quotidien. Telle priorité ressortant du terrain dont le management n'avait pas perçu l'importance.

C'est une invitation pour l'équipe dirigeante à creuser dans ses propres ressources et construire une réflexion stratégique. L'accompagnement est ensuite adapté et co-construit au regard des objectifs et améliorations visés.

2/ Du quantitatif avec Sometrics®

Il n'est plus à rappeler que le succès d'une entreprise repose sur l'engagement des salariés, particulièrement dans notre monde complexe. Il conditionne l'efficacité et le bien-être, mais aussi la résilience et l'adaptabilité. Malheureusement, cet engagement se mesure difficilement. René Rupert, consultant international a travaillé durant une quinzaine d'années sur ce thème pour aboutir à la notion de l'état d'esprit au travail. Pour lui, l'état d'esprit est l'aboutissement du discours intérieur comparant aspirations à l'autonomie et perceptions.

Imaginons qu'une personne souhaite participer davantage aux décisions, mais que ses perceptions lui fassent ressentir que ce n'est pas possible. Elle sera frustrée et risquera d'entrer en opposition. Au contraire, si cette personne souhaite simplement qu'on lui dise quoi faire, et qu'elle ait le sentiment qu'on attend bien davantage, elle éprouvera de la confusion.



La boussole du management de René Rupert pour caractériser l'état d'esprit

Au terme de plusieurs années de mise au point, l'outil Sometrics a regroupé sous forme d'un questionnaire en ligne les scénarios de diverses situations professionnelles afin de mesurer aspirations et perceptions des salariés.

L'échelle choisie pour quantifier les aspirations et perceptions se réfère à l'autonomie managériale : Elle croît selon une échelle de complexité, depuis une culture directive, consultative, participative, collaborative jusqu'à une culture « libérée ». Ainsi, le management peut-il se fixer une cible managériale par service selon le niveau de complexité des tâches à accomplir, ou tout autre critère.

Ce questionnaire, qui peut être appliqué à toute l'entreprise, ou simplement certaines parties, permet d'identifier l'écart entre la position actuelle d'un service et la cible souhaitée, et d'estimer la valeur ajoutée dissipée à cause du différentiel entre aspirations et perceptions. Pour ceux qui l'ont utilisé, il révèle très rapidement des choses que l'on « sent » bien, et en donne une valeur mesurable et analysable.

A partir de ce constat et du potentiel à récupérer pour l'organisation, toute une gamme d'actions peut être déployée : formations, séminaires, coaching individuel ou d'équipe, délégation ou au contraire renforcement du contrôle, passage en mode agile, mise en concertation de certains sujets, etc...

Et dans une logique de mesure quantitative, il sera possible d'en évaluer l'efficacité par un nouveau sondage Sometrics.

Objectiver le subjectif

Les deux approches présentées ci-dessus construisent une image objective – pour autant que ce mot puisse convenir sur des aspects aussi subjectifs – sur la santé d'une organisation, d'abord de manière qualitative sur ses cinq fondamentaux, et de manière quantitative dans l'état d'esprit des personnes dans y travaillent.

« L'ÉTAT D'ESPRIT EST L'ABOUTISSEMENT DU DISCOURS INTÉRIEUR COMPARANT ASPIRATIONS À L'AUTONOMIE ET PERCEPTIONS. »

Cela offre l'occasion de réfléchir sur les évolutions à conduire, puis de mettre en oeuvre un programme un programme visant à réorienter une énergie actuellement dissipée.

A l'heure de l'entreprise libérée et de l'invention d'un modèle mixte post-pandémie, en intégrant des analyses de structures et l'évaluation du facteur humain, le coaching des organisations ne permettrait-il pas de mettre un peu de cerveau droit dans un secteur dominé par le cerveau gauche ? ☺



Jérôme de Dinechin,
fondateur de
BlueWork Partners

X84-ENSTA, a commencé dans les sous-marins avant d'exercer différents métiers, conseil, formation, startups, RH. Il est devenu coach de hauts potentiels, et a fondé Blue Work Partners, cabinet de conseil et coaching.

UNE ÉPÉE POUR LES OCA ?

Par Maylis Dadvisard, IA et Clément Roussel, IA

Selon des notes officielles, les Officiers du Corps de l'Armement devront bientôt être dotés d'une épée. Mythe ou réalité ?



Les IETAs avant le défilé du 14 juillet 2021, arborant la fameuse épée.

Source : <https://www.ensta-bretagne.fr/fr/premiere-dans-lhistoire-de-lecole-les-ieta-ont-defile-sur-les-champs-elysees-le-14-juillet>

Ce 14 juillet 2021, le (télé)spectateur attentif aura pu repérer plusieurs innovations lors du traditionnel défilé. La première, et non des moindres, concerne la tenue des polytechniciens, ou plutôt des polytechniciennes qui ont défilé vêtues pour la première fois d'un pantalon. La seconde est l'apparition d'un nouveau bloc inédit dans le défilé des écoles : les élèves Ingénieurs des Études et Techniques de l'Armement (IETA) de l'ENSTA Bretagne. Pour la première fois, les IETAs ont pu participer à cette tradition militaire prestigieuse. Ils ont été dotés en prévision d'une épée qui doit donc désormais, selon la note associée, faire partie de l'uniforme des Officiers des Corps de l'Armement. Si l'on en croit donc cette formulation, une épée devrait donc prochainement pendre également au flanc des ingénieurs de l'armement.

La question d'une épée pour les IETAs et les IAs avait déjà été posée par les générations successives d'élèves et étudiée plusieurs fois par les commissions dédiées sans aboutir à une intégration à

l'uniforme. L'envie de marquer les 60 ans de la DGA a-t-elle pu entrer en compte dans cette décision inédite ?

Faisons un bref détour historique. Comme le rappelle l'une des annexes des notes officielles, les officiers des services de l'armement ont déjà porté une épée par le passé, qui dans la forme était très semblable à la tangente polytechnicienne. Le dernier modèle utilisé a été introduit en 1872, et était destiné à toutes les armes et administrations. Le modèle spécifique à l'armement date quant à lui de 1938, et était réservé aux ingénieurs du service de l'armement puis aux ingénieurs généraux (qui avaient la possibilité de rajouter leurs étoiles sur le clavier de l'épée !). La particularité de ce dernier modèle était son clavier, qui en plus de comporter six drapeaux, motif standard sur les épées militaires, arborait fièrement deux canons et un glaive entourés par des flammes. Une piste possible de modernisation est de remplacer ce motif par le symbole actuel de la DGA. Le motif n'étant pas encore décidé à nos connaissances, les IETAs ayant défilé avec une des épées prêtées par le commissariat des armées, n'hésitez pas à contacter la DGA et le Service historique de la défense pour proposer vos idées.

Cette annonce suscite néanmoins quelques débats et interrogations. Marque de prestige et de reconnaissance ou gadget supplémentaire pour encombrer les placards ? L'épée sera-t-elle réellement étendue aux IAs comme le laissent supposer les documents officiels ?

Comment se fera l'équipement des nombreuses générations d'OCA ? Les IA spécialistes sauront-ils aussi bien jouer du clavier sur leur épée que sur leur ordinateur ? ☺

À suivre,



La garde au drapeau de l'École polytechnique lors du défilé du 14 juillet 2021. On peut apercevoir le pantalon porté par les polytechniciennes.

Source : <https://www.polytechnique.edu/fr/content/lecole-polytechnique-au-defile-du-14-juillet-tourne-vers-lavenir-et-les-techs>



Une épée calquée sur celle des commissaires, dont la feuille d'acanthé du clavier sera remplacée par l'insigne DGA (mod G5416)

PREMIÈRES PLONGÉES

VINGT MILLES NAUTIQUES SOUS LA MER

François Guichard, Vérone Éditions



Si vous pensez ne pas connaître le sous-marin Plongeur, détrompez-vous : la présentation de sa maquette à l'expo-

sition universelle de 1867 inspira à Jules Verne ce qui est certainement son roman le plus célèbre.

De la naissance de l'idée aux essais de ce sous-marin, premier au monde à disposer d'une propulsion mécanique, Premières plongées - Vingt milles nautiques sous la mer retrace l'aventure des hommes et des femmes qui ont participé aux premières fascinantes et souvent dramatiques de la conquête sous-marine.

Ce roman historique d'une richesse rare entraîne son lecteur dans la Marine, dans ses arsenaux et dans la ville de Rochefort au Second Empire, mais le transporte aussi des côtes de la mer Noire à celles de l'Amérique, en passant par le fleuve Sénégal et la rivière Pei Ho.

Basée sur des faits réels et des personnages ayant existé, cette histoire, dans laquelle se mêlent l'humain, la technique et la mer, rend hommage aux pionniers de la navigation sous-marine. Sous la plume de François Guichard, sous-marinier dans la Marine nationale, elle fait revivre la cité-arsenal de Rochefort de la fin du XIX^e siècle et nous rappelle « les contraintes intemporelles des gestionnaires de projets complexes : la volonté (il faut convaincre...) et la résolution des problèmes techniques (il faut que cela marche...). Le Plongeur est l'œuvre de passionnés, tout comme l'est ce roman. »

Un roman dans lequel les ingénieurs de l'armement ont toute leur place... 📖

Amandine Reix

JOUER LA GUERRE

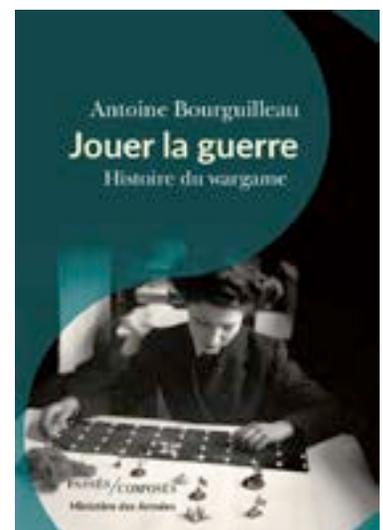
Antoine Bourguilleau, Passés composés

La préparation des échelons élevés de la hiérarchie militaire à la guerre de haute intensité est un enjeu vital pour la Nation. Sa difficulté réside dans le caractère exceptionnel de l'activité visée : on ne peut pas s'y préparer en l'exerçant et des modes de substitution, forcément imparfaits, sont donc nécessaires.

Le Kriegsspiel est un des outils peu onéreux imaginés dans ce but et son histoire biséculaire est relatée dans cette synthèse. La mise au point des Kriegsspiels et leurs déroulements présentent tous deux l'avantage de stimuler les réflexions personnelles et collectives des par-

ties prenantes sur l'état de l'art des opérations militaires.

Evidemment, un outil ne fait pas tout. Si l'amiral Nimitz a pu affirmer que lors de son passage au Naval War College en 1922-23 « nous nous intéressions alors au problème de la guerre dans le Pacifique par le biais des jeux tactiques et stratégiques, et notre maîtrise du sujet était devenue si grande que lorsque la guerre du Pacifique a vraiment commencé, rien de ce qui s'y est déroulé ne nous a surpris le moins du monde », a contrario le général Gamelin n'a tenu aucun compte du Kriegsspiel effectué en 1938 par



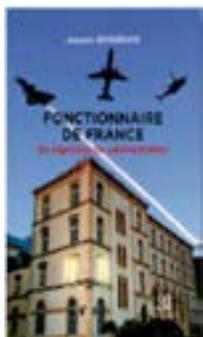
l'état-major de la Seconde Armée dont le résultat était une percée réussie des troupes blindées allemandes à Sedan... 📖

Philippe Pujes

FONCTIONNAIRE DE FRANCE

UN INGÉNIEUR EN ADMINISTRATION

de Jacques Bongrand, IGA, aux éditions Les trois colonnes



Sentant que la considération portée par l'opinion aux fonctionnaires s'est nettement dégradée depuis plusieurs dizaines d'années, Jacques Bongrand a voulu montrer qu'une fonction publique de bon niveau est à la fois essentiel pour la France et difficile dans le monde d'aujourd'hui. La question de la justification d'une haute fonction publique commence son analyse. Qu'est-ce qu'un « haut fonctionnaire » et dans quelle mesure peut-il influencer les événements auxquels il participe. Quels sont ses rapports avec le monde politique et les entreprises.

Sa réflexion s'appuie sur des exemples concrets vécus par lui-même au cours de sa vie professionnelle. Il aborde ainsi l'action de l'Etat pour les constructions aéronau-

tiques, la genèse de l'avion de combat Rafale, les conséquences de la fin de la guerre froide et des attentats du 11 novembre sur l'évolution des programmes d'armement.

Dans cet ouvrage, il se réfère à sa carrière entièrement consacrée au service public que ce soit à la DGA dans un centre d'essais d'Ile-de-France en début de carrière jusqu'à des fonctions hors défense le conduisant à l'Hôtel de Région Lorraine en fin de carrière à la défense.

Rappelons que Jacques Bongrand a rédigé un premier ouvrage exposant ses réflexions sur la Défense, ouvrage qui lui a valu notamment une lettre du Président de la République louant son caractère clair, précis et utile.

Jacques Bongrand consacre aujourd'hui une partie de son activité à la Société des ingénieurs et scientifiques de France (IESF). ☺

Daniel Jouan

LA MONDIALISATION DECOMPRESSEE

de Dominique Mockly, IGA, chez Débats publics éditions

Dominique Mockly s'appuie sur son expérience professionnelle et particulièrement sur celle acquise à la tête du gestionnaire de réseau de transport de gaz Terega (pour le sud-ouest de la France, dont le siège est à Pau) pour proposer des pistes pour repenser l'avenir en s'appuyant sur une déconcentration des organisations privées comme publiques., sur un changement d'échelle donnant naissance à un modèle décentralisé, plus respectueux des équilibres.

Il présente les défauts induits par la mondialisation, qui ignore les particularités locales et a créé des phénomènes d'accumulation, générateurs de tensions sociales et industrielles. Elle a créé des mastodontes du numériques. Si la mondialisation a permis la diffusion d'innovations qui ont amélioré l'existence de millions de personnes, elle a également permis la survenue de risques systémiques, qu'il s'agisse d'épidémies comme le coronavirus ou les risques écologiques. Elle a également contribué à la surpopulation dans la grande ville et la déconnexion entre les métropoles et leur périphérie.

Dominique Mockly propose une meilleure articulation entre les différentes échelles territoriales et les acteurs de l'économie. Il est convaincu que les entreprises ont un rôle à jouer dans le mouvement de décompression et qu'il est possible de régionaliser l'industrie en relocalisant les productions. Le numérique est un atout pour revitaliser les territoires aujourd'hui délaissés. L'organisation politique doit aussi évoluer, par exemple en s'appuyant le Sénat, pour mieux prendre en compte les intérêts régionaux et revoir la relation Etat-régions.

Le message de ce livre se veut pragmatique et volontariste pour offrir une évolution positive de la mondialisation. ☺



Monique Legrand-Laroche

LE LION DE FRANCE

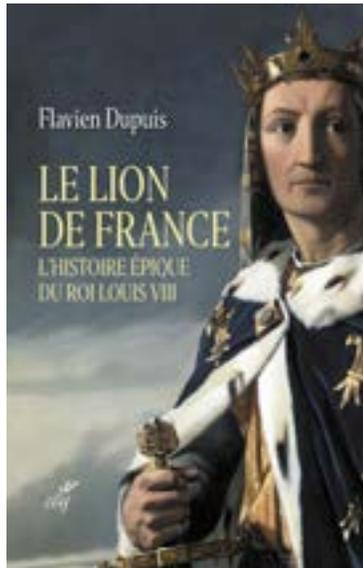
de Flavien Dupuis, ICA, aux éditions du Cerf

Parmi les qualités bien connues des Ingénieurs de l'Armement, il faut bien reconnaître que l'art littéraire n'est pas le plus souvent cité. Bien entendu, certains de nos camarades ont la plume vive et le style alerte, mais leurs ouvrages sont généralement liés à leurs activités professionnelles et abordent essentiellement des thèmes scientifiques, techniques, managériaux, voire même historiques mais alors principalement dans le domaine militaire et des armements.

Avec « Le Lion de France », notre camarade, l'ICA Flavien Dupuis actuellement en poste à la Cour des Comptes, signe ici son premier ouvrage, qui nous permet de lire un ouvrage purement historique sur un personnage oublié de notre histoire, le roi Louis VIII.

Grâce à cet ouvrage, nous découvrons que la France a connu un roi qui manqua de régner à la fois sur la France, l'Angleterre et la Castille, qui envahit l'Angleterre et entra triomphalement dans Londres n'étant pourtant que prince héritier du royaume, et qui fut non seulement un roi lettré, cultivé, protecteur des arts et des lettres, mais également un roi rompu aux exercices du corps et des armes, au point de se voir attribuer le surnom de Louis le Lion.

Mal connu, Louis VIII est tombé dans l'oubli car son règne fut très court (3 ans) et s'inséra entre les très longs règnes (43 ans chacun) de deux des rois les plus célèbres de notre histoire : son père Philippe Auguste et son fils Saint Louis. Il fut également l'époux de Blanche de Castille, même si l'histoire a principalement retenu qu'elle fut la mère de Saint Louis.



Resté longtemps dans l'ombre d'un père méfiant, il sauva pourtant le royaume de France en triomphant du roi d'Angleterre à la Roche aux Moines, rendant ainsi possible la victoire de Bouvines. Saisi du vertige de l'aventure, il partit défier le roi Jean sans terre dans son propre royaume et échoua de peu à ceindre la couronne d'Angleterre. Devenu roi de France, il étendit le domaine royal à des terres aussi diverses et lointaines que le Poitou et le Languedoc. Son règne fut court mais décisif pour la formation du royaume : sous Louis VIII, le roi des Francs devient véritablement le roi de France.

Dans cette période charnière de notre histoire où se côtoient quelques-uns des plus grands noms du Moyen-Âge, d'Aliénor d'Aquitaine à Simon de Montfort, cette biographie vivante et épique rend à ce grand roi méconnu la place qui lui est due : celle d'un homme qui incarne, sans doute mieux qu'aucun autre, l'entreprise d'unification patiente de la France sous l'âge d'or capétien.

Je t'invite donc à découvrir un pan méconnu de notre histoire où un prince français faillit devenir roi d'Angleterre, ce qui fera certainement plaisir à nos anciens du Génie Maritime !

Flavien Dupuis a eu les honneurs du Figaro littéraire le 6 octobre dernier, et est interviewé sur Youtube par la revue « Méthode ». 

Olivier Martin

PAR DÉCRETS ET ARRÊTÉ DE JUIN 2021**Est élevé aux rang et appellation d'ingénieur général hors classe :**

L'IGA1 Le Meur (Bertrand), nommé directeur stratégie de défense, prospective et contre-prolifération de la Direction générale des relations internationales et de la stratégie du ministère des Armées (1^{er} juillet 2021).

Sont nommés :

L'IGA1 Sayegh (Michel), directeur de l'unité de management Connectivité cyber espace renseignement de la Direction des opérations de la DGA (4 juin 2021).

L'IGA2 Levet (Raymond), chargé de mission « Présidence française de l'Union européenne » auprès du conseiller armement auprès de la représentation permanente de la France au Comité « politique et de sécurité » de l'Union européenne (1^{er} juillet 2021).

L'ICA Maryniak (Pascal), président de la section Etudes générales du Conseil général de l'armement (1^{er} mars 2021).

PAR ARRÊTÉS DE JUILLET 2021**Sont désignés comme auditeurs de l'Institut des hautes études de défense nationale (cycle 2021 – 2022) :**

- de la 74^e majeure « politique de défense » :

L'IGA Lodéon (Patrick).

L'ICA Louise (Damien).

- de la 58^e majeure « armement et économie de défense » :

L'ICA Blaes (Dominique).

L'ICA Grangier (Nicolas).

L'ICA Koffi (Philippe).

L'ICA Le Saint (Laurent).

L'ICA Lenglin (Geoffroy).

L'ICA Mangeant (Christophe).

L'ICA Pialat (Emeline).

L'ICA Serrier (Julie).

L'ICA Winger (Emeric).

- de la 7^e majeure « enjeu et stratégies maritimes » :

L'ICA Bielicki (Arnaud).

Est nommé :

L'IGA1 Borg (Laurent), membre suppléant de la commission des recours des militaires pour une durée de deux ans (21 juin 2021).

PAR DÉCRETS ET ARRÊTÉS D'AOÛT 2021**Sont nommés :**

L'IGA2 Lodéon (Patrick), adjoint opérations d'armement au directeur de l'Agence du numérique de défense (5 août 2021).

L'IGA2 Baroux (Marie-Hélène), chargée de mission études et stratégies de coopérations auprès du Directeur du développement international de la DGA (1^{er} septembre 2021).

L'IGA HC Malet (Didier), inspecteur de l'armement pour l'aéronautique et l'espace. Il conserve ses fonctions de chef de l'inspection de la DGA (16 août 2021).

L'ICA Dufour (Jean-Philippe), directeur adjoint de l'Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace (1^{er} septembre 2021).

Est renouvelé :

L'IGA2 L'Anthoën (Bernard), dans ses fonctions de sous-directeur de la stratégie et de la cohérence physico-financière à la Direction de la maintenance aéronautique pour une durée de trois ans (1^{er} septembre 2021).

Par décret sont approuvées les élections

à l'Académie de marine à la section « sciences et techniques » des IGA Le Pivain (Louis) et Roger (Philippe) (11 octobre 2021).

ONT ÉTÉ NOMMÉS :

Anne Bianchi (1971) Directeur de programme SNLE 3G chez Naval Group (12/5/2021)

Pascal Le Roy (1962) Directeur général délégué de PIRIOU (1/6/2021)

Claude Renard (1969) Responsable développement des bornes de recharge de véhicules électriques au Min de la Transition Ecologie/DGEC (1/6/2021)

Antoine Doutriaux (1965) Directeur général adjoint de Plastivaloire (1/7/2021)

Hubert Bouxin (1963) Managing Director de Degroof Petercam (1/7/2021)

Jérôme Lionet (1972) Directeur Général Canalisation de SAINT GOBAIN (1/7/2021)

Stéphane Cueille (1972) Président de SAFRAN Electrical & Power (1/7/2021)

Xavier Grison (1973) Chargé de mission cyber et schéma directeur fonction garde-côtes au SGMER (1/7/2021)

Hervé Manière (1970) Chef du département business development chez SAFRAN Aircraft Engines (5/7/2021)

Marie-Caroline Vieillemand (1978) Sous Directeur, Chef du SCN «service des biens à double usage» à la Direction Générale des Entreprises (16/8/2021)

Virginie Roziere (1976) Chef du pôle Conseil et maîtrise des risques à la DINUM (Premier Ministre) (16/8/2021)

Geoffroy Grelot (1981) Chef de la mission stratégie et innovation numériques au Ministère de l' Europe et des Affaires Etrangères / DirNum (1/9/2021)

Adrien Bellenger (1993) Chef de projet road map et responsable de développement chez Nexter Munitions/ Bourges (1/9/2021)

Valentin Salvator (1995) Ingénieur automatique guidage, navigation et contrôle chez PARROT (1/9/2021)

Samuel Siro (1996) ingénieur optimisation multi-domaine des aubes de turbines chez SAFRAN Genevilliers (1/9/2021)

Vianney Choimet (1995) Ingénieur conception préliminaire chaufferie PANG chez TECHNICATOME /Aix-en-Provence (1/9/2021)

Lauriane Aufrant (1990) Coordinatrice de la mission relative au traitement automatique du langage naturel chez INRIA (1/9/2021)

Léo Wojszwyk (1993) Responsable Technique Optronique chez Absolut System (1/11/2021)

Dominique Giannoni (1969) Directeur Général de ECA Group (2/11/2021)

MOUVEMENTS DE MAI 2021

NOM	PRÉNOM	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
GALLAND (1984)	Edouard	ICA	DO/UMESIO	AND ¹
BRISSART (1962)	Jerome	ICA	DO/UMESIO	DO/ UMC2ER
COLSON (1975)	Sylvain	ICA	DO/UMESIO	DO/ UMC2ER
NOUGUES (1976)	Eric	ICA	DO/ UMSNUM	AND
MEYRAT (1970)	Jean	ICA	DO/UMESIO	DO/ UMC2ER
GODIN (1980)	Aurelien	ICA	DO/UMESIO	AND ¹
RACHIDI (1981)	Imade	ICA	DO/ UMSNUM	AND ¹

MOUVEMENTS DE JUIN 2021

NOM	PRÉNOM	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
JEAN (1977)	Sebastien	ICA	DO/SMCO/ DMAE	DO/ UMAMS
BRUN (1978)	Steven	ICA	DT/MI	DO/ UMC2ER
MERLIN (1978)	Xavier	ICA	DT/TN	DI
LOYER (1971)	Frederic	ICA	DO/SMCO	DO/ UMSNUM
LE VEN (1971)	Gael	ICA	DO/UMNAV	DO/ SMCO
VAILONG (1971)	Hubert	ICA	EMA/SEEAD	DO/ UMC2ER
JANNIN (1976)	Laurent	ICA	DO/UMESIO	DO/ UMC2ER
ROUSSEL (1978)	Nadege	ICA	DO/UMESIO	DO/S2A
BOUVIER (1981)	Pierre	ICA	DO/SMCO/ DMAE	DI
SOUQUE (1979)	Cedric	IPA	DGA- Formation	DO/ SMCO/ DMAE
GROLLEAU (1985)	Antoine	ICA	DP/PPB- HMI	DP/ UMESIO
WILBAUX (1991)	Etienne	IA	EMAA/ DCSIAé	DT/IP
ALLAIR (1997)	Corentin	IA	DGA- Formation	DT/MI
COZIC (1997)	Auriane	IA	DGA- Formation	DT/ MNRBC

COUGOUREUX (1997)	Charles	IA	DGA- Formation	DT/IP
TROCCAZ (1995)	Gaëlle	IA	DGA- Formation	DT/EV/IS
FONTAINE (1996)	Pierre	IA	DGA- Formation	DT/IP
LITTNER (1997)	Eloi	IA	DGA- Formation	DT/ MNRBC
RUSSO (1996)	Guillaume	IA	DGA- Formation	DT/EV/IS
ORSATELLI (1998)	Jean Baptiste	IA	DGA- Formation	DT/TA
DE SAINT- JULIEN (1996)	Antoine	IA	DGA- Formation	DT/TH
LAFFONT (1983)	Emmanuel	IPA	DT/ST/IP	DT/IP
TIBAR (1989)	Stefan	IPA	AFF TEMP Sodern	DT/IP
BARDON (1993)	Magali	IA	AFF TEMP MBDA	DT/IP
GALLOUEDEC (1995)	Benoit	IA	DGA- Formation	CATOD
DUCHATEL (1996)	Malo	IA	DGA- Formation	DT/IP
MARQUIS (1997)	Loic	IA	DGA- Formation	DO/ SMCO
GEOFFRE (1996)	Florian	IA	DGA- Formation	DT/EV/IS
BABINET (1976)	Anne	ICA	DP/UMNAV	DO/ UMACE
LOYER (1971)	Frederic	ICA	DO/ UMSNUM	AND
GROLLEAU (1985)	Antoine	ICA	DP/UMESIO	DP/ UMC2ER
ROZIERE (1976)	Virginie	ICA	DET PARL EUROP	DRH/ CPP-RH
CAMENEN (1987)	Tanguy	IPA	DO	DP/ UMNAV
CASTAING (1990)	Richard	IPA	SGDSN	DO
SALOMEZ (1995)	Chryseis	IA	DT/EV/IS	DT/EV/CZ
FOUBERT (1997)	Marc	IA	DGA- Formation	DT/IP

1 : AND : agence du numérique de défense

MOUVEMENTS D'AOUT 2021

NOM	PRÉNOM	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
JOSIEN (1978)	Michael	ICA	INSP	SASD/ ASP
FLACHERE-LIAUTARD (1979)	Laurent	ICA	DT/EV/CZ	DO/ SMCO/ DMAE
CASTOR (1982)	Mikael	IPA	DP/BOA2	DO/ UMNAV
NAVILLE (1982)	Mathieu	ICA	SASD	DP/BOA2
LE PAPE (1991)	Maico	IPA	DT/MI	DT/IP
CAMGUILHEM (1978)	Benoît	ICA	SGDSN	SASD/ ASP
MINVIELLE (1986)	Thomas	IPA	ANSSI	DT/IP
LONG (1991)	Ming	IPA	AFF TEMP Safran	DT/IP
BONNEVIE (1983)	Loic	ICA	DI	PPE USA Washington
THOME (1982)	Emmanuel	ICA	DI	DP/BOA4
VIELLEMARD (1978)	Marie-Caroline	ICA	DO/UMAMS	DGE service des biens à double usage
LAPIERRE (1974)	Gerard	ICA	DO/UMESIO	DI
GRIFFE (1976)	Sophie	ICA	SSDI	DPID
LOUISE (1974)	Damien	ICA	DO/SMCO	DGA- Formation
JANNIN (1976)	Laurent	ICA	DO/ UMC2ER	OTANUSA- Norfolk
DUVEAU (1980)	Guillaume	ICA	MINDEF/ DPID	OTANUSA- Norfolk
NATOLOT (1982)	Thomas	ICA	DT/EV/CZ	OTANUSA- Norfolk
MATTINA (1987)	Laurent	IA	DT/IP	DO/ UMC2ER
DECORDE (1997)	Baptiste	IA	DGA- Formation	DT/EV/IS
LACIRE (1985)	Ronan	IPA	DO/SMCO	DT/IP

MOUVEMENTS DE SEPTEMBRE 2021

NOM	PRÉNOM	GRADE	DÉPART	ARRIVÉE
WARIN (1976)	Philippe	ICA	DP/UMTER	AND
BOIREL (1977)	Mathieu	ICA	DT/EM	SMQ
CARPENTIER (1979)	Christophe	ICA	CATOD	EMAA/ DCSIAé
SAKHOCHIAN (1967)	Frederic	ICA	DT/ST/IP	MINDEF/ EMA
LECINQ (1971)	Xavier	ICA	DI	DRH

GRANDEMANGE (1973)	Christophe	ICA	DO/SMCO	CGARM
GUYON (1973)	Jerome	ICA	OTANUSA- Norfolk	DO/ SMCO
DUFOUR (1975)	Jean- Philippe	ICA	OTANUSA- Norfolk	ISAE
MARLY (1976)	Cecile	ICA	OTANUSA- Norfolk	DI
RABILLOUD (1980)	Jean- Baptiste	ICA	DT/IP	DT/EV/CZ
SOL (1980)	Vincent	ICA	DO/UMACE	S2IE
VAUTHIER (1982)	Jean- Sebastien	IPA	DP/UMESIO	DO/ SMCO
BRIAND (1979)	Anne- Helene	ICA	DT/IP	DO/ SMCO
LOPEZ (1979)	Aude	ICA	DP/SDP	AID
VERNIQUET (1981)	Benoit	ICA	DP/BOA4	DO/ UMAMS
PORTAL (1984)	Guillaume	ICA	DT/IP	DP
LE RALLEC (1989)	Emma	IPA	DT/TH	DT/IP
JENNY (1992)	Mael	IA	DT/IP	DT/MI
GALLOIS MONTBRUN (1995)	Gregoire	IA	DGA	DT/IP
FOUQUE (1994)	Raphael	IA	DGA- Formation	DT/TA
DUROSELLE (1995)	Raphael	IA	DGA- Formation	DT/IP
ROUSSEL (1995)	Clement	IA	DGA- Formation	DT/IP
COGGIA (1994)	Daniel	IA	DGA- Formation	DO/ SMCO
GRIVET (1997)	Rodolphe	IA	DGA- Formation	DT/EP
BRETON (1990)	Jennifer	IA	DT/TA	DT/IP
REIX (1982)	Amandine	IPA	CAB	DO/ UMC2ER
DRILLAUD (1984)	John	ICA	DT/IP	DP/BOA4
BOUEDEC (1963)	Vincent	ICA	MINDEF/ DGA	AID
HUGON (1971)	Philippe	ICA	DO/UMHMI	DETACH
ROBERT (1973)	Olivier	ICA	SGDSN	AND
JOURDAIN DE MUIZON (1977)	Marc	ICA	DGA	DO/ SMCO/ DMAE
BOULANGER (1989)	Louis	IPA	AFF TEMP	SASD
COHEN (1977)	Lionel	ICA	DO/UMESIO	DT/MI

EXCELLENCE AT YOUR SIDE*



NOTRE ENGAGEMENT POUR VOUS

Les forces armées font face à des scénarios de combat de plus en plus complexes, dans lesquels il n'y a pas de place pour l'erreur. Dans cet environnement ultra-exigeant, vous pouvez compter sur nos équipes d'experts qui s'engagent auprès de vous, afin de vous apporter des technologies à la pointe, éprouvées sur le terrain et une réelle autonomie pour votre défense.



SECURING
THE SKIES



PROTECTING
YOUR ASSETS



MASTERING
THE SEAS



COMMANDING
THE COMBAT ZONE



**MAKING
NAVAL HISTORY**

**NAVAL GROUP DESIGNS, BUILDS AND MAINTAINS SUBMARINES
AND SURFACE SHIPS ALL AROUND THE WORLD.**

**Leveraging this unique expertise and our proven track-record
in international cooperation, we are ready to build and foster
partnerships with navies, industry and knowledge partners.**

**Sovereignty, Innovation, Operational excellence : our common
future will be made of challenges, passion & engagement.**