



Association Aéronautique
et Astronautique de France

LETTRE 3AF

Le bulletin de la société savante
de l'Aéronautique et de l'Espace



POINT DE VUE DE PATRICK GANDIL, DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'AVIATION CIVILE : " LA SÉCURITÉ AÉRIENNE : L'ÉVOLUTION DU RÔLE DE L'AUTORITÉ "



P. 25 AIRBUS HELICOPTERS :
VISER TOUJOURS PLUS HAUT



P. 21 LA 3AF À L'ÉCOLE DE L'AIR :
26-28 MARS 2018, LE CONGRÈS
D'AÉRODYNAMIQUE APPLIQUÉE
"AERO 2018"



P. 35 L'ESTACA :
INTERVIEW DE PASCAL BIDAN,
DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

3 EDITORIAL

4 MESSAGE DU PRÉSIDENT

POINT DE VUE

- 5 LA SÉCURITÉ AÉRIENNE : L'ÉVOLUTION DU RÔLE DE L'AUTORITÉ
Patrick Gandil, Directeur Général de l'Aviation Civile

ACTUALITÉ

- 9 LANCEMENT DU PLAN D'ÉTUDES AMONT MAN-MACHINE-TEAMING
Bruno Chanetz, Rédacteur en Chef

DÉFENSE & SÉCURITÉ

- 10 LA CONFÉRENCE 3AF INTEGRATED AIR AND MISSILE DEFENCE " IAMD " DE 2017
*Luc Dini, membre Senior 3AF, Thales – Yannick Devouassoux, ArianeGroup –
Véronique Cham-Meilhac, membre Senior 3AF, MBDA*

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

- 17 LA JOURNÉE DE LA 3AF " PILES ET BATTERIES "
Renaud Uril, président de la Commission technique Essais
- 21 LE CONGRÈS 2018 D'AÉRODYNAMIQUE APPLIQUÉE " AERO2018 "
*Jean Détery, membre Émérite 3AF, président de la Commission technique Aérodynamique,
Gilles Joubert, Commission technique Aérodynamique, ingénieur R&D chez A-NSE*
- 25 L'AMBITION D'AIRBUS HELICOPTERS : VISER TOUJOURS PLUS HAUT
Pascale Fleury, Airbus Helicopters Corporate Communication
- 28 AIRTELIS, LES HÉLICOPTERES DU RÉSAU ÉLECTRIQUE AU SERVICE DE TOUS
Rémi Magar, directeur des Ventes en Europe et directeur Technique et Sécurité, AIRTELIS
- 32 VERS UNE AÉROSTATION MODERNE EN FRANCE
Gilles Joubert, Commission technique Aérodynamique, ingénieur R&D chez A-NSE

FORMATION ET CARRIÈRES

- 35 L'ESTACA ÉCOLE D'INGÉNIEURS
Interview de Pascal Bidan, Directeur Délégué de l'ESTACA

LA VIE DE LA 3AF

- 40 LA RÉUNION ANNUELLE DES GROUPES RÉGIONAUX
Bernard Vivier, Coordinateur des Groupes Régionaux
- 40 LE GROUPE PROVENCE
Louis Fabre, président du Groupe Régional Provence
- 43 CRÉATION D'UNE COMMISSION " COMPÉTENCES ET FORMATION "
Philippe Boulan, ancien directeur de l'Université du Groupe Safran
- 44 ANNONCE DE LA JOURNÉE 3AF " ASSEMBLAGES INNOVANTS "
*Gilles Surdon, membre Émérite 3AF, président de la Commission technique Matériaux,
Éric Deletombe, membre Senior 3AF, membre de la Commission technique Structures*
- 45 JOURNÉE INTERNATIONALE DES DROITS DE LA FEMME
Gérard Laruelle, président du Comité Jeunes de la RAF, Bruno Chanetz, Rédacteur en Chef

HISTOIRE

- 48 ALBERT CAQUOT (1881-1976)
Bruno Chanetz, Rédacteur en Chef

51 PARMIS LES PROCHAINS ÉVÉNEMENTS ORGANISÉS PAR LA 3AF

ÉDITEUR

Association Aéronautique
et Astronautique de France
6, rue Galilée, 75116 Paris
Tél. : 01 56 64 12 30
secr.exec@aaaf.asso.fr

DIRECTEUR DE LA

PUBLICATION
Michel Scheller

COMITÉ DE RÉDACTION

Pierre Bescond
Elisabeth Dallo
Jean Détery
Pierre Froment
Jean-Yves Guédou
Paul Kuentzmann
Jean-Pierre Sanfourche
Jean Tensi
Anne Venables
Bernard Vivier

CONCEPTION GRAPHIQUE

ICI LA LUNE
www.icilalune.com

Imprimé par l'ONERA

Droit de reproduction, textes
et illustrations réservés pour
tous pays.



ÉDITORIAL

Faisant écho à la sentence de l'écrivain Mark Twain : “ Il y a trois sortes de mensonges : les mensonges, les sacrés mensonges et les statistiques ”, l'industriel Auguste Detœuf, fondateur d'Alstom, prétendait qu'on faisait dire à une statistique ce qu'on voulait, à condition d'éviter de dire comment elle était établie. Certaines statistiques sont pourtant limpides. Ainsi celle publiée le 1^{er} Janvier 2018 par le site Aviation Safety Network : aucun accident mortel déploré en 2017 sur les avions de lignes, c'est-à-dire ceux transportant plus de vingt passagers. Malgré un début d'année 2018 marqué par trois accidents en Russie, en Iran et au Népal, l'avion reste le moyen de transport le plus sûr au monde. Patrick Gandil, Directeur général de l'aviation civile traite dans cette Lettre de l'évolution du rôle de l'autorité dans la sécurité aérienne.

Les commissions techniques, toujours très actives, alimentent régulièrement la Lettre 3AF. Les événements qu'elles organisent permettent de faire rayonner notre association en France et à l'étranger. Le congrès *Integrated Air and Missile Defence*, organisé en juin 2017 à Stockholm fait ici l'objet d'une relation précise, qui donne une vision synthétique du domaine.

Un autre congrès est aussi évoqué, celui d'Aérodynamique Appliquée, qui s'est déroulé du 26 au 28 mars 2018 sur la base de l'École de l'air à Salon-de-Provence. C'est l'occasion de consacrer cette Lettre à la région Provence. La Lettre n°22 (novembre-décembre 2016) avait mis l'accent sur l'École de l'air, son histoire et son rayonnement en recherche avec le CRéA et l'ONERA. La Lettre n°24 (mars-avril 2017) avait présenté le pôle SAFE. Nous complétons aujourd'hui ce panorama régional en donnant la parole aux entreprises locales : Airbus Helicopters, qui produit les hélicoptères et Airtelis, qui les utilise.

Un autre acteur provençal est également à l'honneur : l'entreprise ANS-E, dont Gilles Joubert, membre de la Commission technique Aérodynamique, présente l'activité dans le domaine des aérostats. En écho à cette actualité, on a choisi d'évoquer le souvenir d'un grand nom de l'aérostation : Albert Caquot. Durant la guerre de 1914-1918, il développa avec succès des ballons captifs d'observation sur le site de Chalais-Meudon, devenu au lendemain de la seconde guerre mondiale, l'un de trois centres de l'ONERA en Ile-de-France. L'œuvre de ce grand ingénieur, qui fut aussi le premier président du conseil scientifique de l'ONERA, nous est contée dans les pages histoire.

Mais l'histoire scientifique ne continue à s'écrire qu'à condition de veiller à la transmission des savoirs. C'est le rôle des nombreuses écoles spécialisées. L'ESTACA, membre du Groupe ISAE, est une école reconnue dans notre secteur d'activité. Jean-Pierre Sanfourche, interviewé dans cette Lettre son directeur délégué, Pascal Bidan.

Qu'elle soit initiale ou continue, la formation est un point clef pour l'avenir. Aussi la 3AF vient-elle de constituer une nouvelle commission : Compétences et formation, présentée ici par son président Philippe Boulan. ■

Bruno Chanetz
Rédacteur en Chef

B. Chanetz

3AF
La Société Savante
de l'Aéronautique et de l'Espace

esa
European Space Agency
Agence spatiale européenne

2018
SPACE
PROPULSION

14-18 MAY 2018 • SEVILLE - SPAIN
WWW.SPACEPROPULSION2018.COM

ABSTRACT
DEADLINE
EXTENDED TO
NOVEMBER,
13TH 2017

CALL FOR PAPERS

ASI
Agenzia Spaziale
Italiana

DLR
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt
German Aerospace Center

cnès
CENTRE NATIONAL
D'ETUDES SPATIALES

LE MESSAGE DU PRÉSIDENT



En ces périodes troublées, en France, sur le plan économique et social, la 3AF continue de tenir le cap grâce à la bonne volonté et à la compétence de tous ses bénévoles qui permettent à notre association, non seulement de vivre mais, mieux, de rester créative.

Nos deux derniers colloques, le 6^{ème} symposium international sur l'Optronique à Paris et la 53^{ème} conférence internationale sur l'Aérodynamique appliquée à Salon-de-Provence ont remporté un très grand succès auprès d'une audience française mais aussi internationale, ce qui confirme l'importance de maintenir en place une structure, comme la 3AF, capable, en toute neutralité, de mener des réflexions sur l'avenir d'une politique aéronautique et spatiale.

La naissance d'un nouveau groupe 3AF, Groupe des Hauts de France, renforce notre assise régionale. Dans un pays où la centralisation parisienne est toujours mise en cause, la 3AF fait exception car c'est grâce à nos groupes régionaux que nous pouvons toucher une importante population et surtout rester proches de l'industrie aérospatiale qui essaime dans toutes les régions françaises, sans oublier, bien sûr, ses implantations internationales.

Quant aux commissions techniques, au cœur même de l'activité intellectuelle de notre association, elles aussi continuent de conforter leur présence. La commission " transport spatial " de la 3AF va être en mesure de reprendre ses travaux, alors même que l'actualité spatiale est de nouveau au beau fixe grâce au lancement réussi de deux nouveaux satellites de télécommunication par Ariane 5. Une nouvelle commission, " Compétences et formation ", prend son envol afin de réfléchir au futur de l'organisation industrielle et à l'avenir des métiers de notre secteur d'activité.

Enfin, et j'y attache une importance toute particulière, la 3AF sera tout prochainement en mesure d'annoncer la mise en place d'un " Observatoire ouvert sur la digitalisation ", thème qui révolutionnera notre industrie, comme d'autres. Tous ceux qui y participent, compagnons et chefs d'entreprises, mais aussi cercles politiques et institutionnels, devront prêter la plus grande attention, faute de quoi nous pourrions perdre, en France et en Europe, la nouvelle révolution industrielle qui en découlera.

Je ne voudrais pas terminer ce message sans vous alerter sur une date à retenir, celle du 18 juin, rendez-vous annuel avec la tenue de notre Assemblée Générale, suivie de la cérémonie officielle de remise des Prix et des Palmes 3AF. C'est une étape statutaire mais pas uniquement. Je souhaite que nous ayons ainsi un lieu d'échanges sur nos activités et un grand moment consacré à honorer et récompenser ceux qui font avancer la réflexion au profit de ce domaine d'activité qui nous rassemble. ■

Michel Scheller,
Président de la 3AF

AEGATS '18
Advanced Aircraft Efficiency in a Global Air Transport System
www.aegats2018.com
CALL FOR PAPERS
TOULOUSE 23-25 OCT 2018
3AF
CEAS

POINT DE VUE

LA SÉCURITÉ AÉRIENNE : L'ÉVOLUTION DU RÔLE DE L'AUTORITÉ

par Patrick Gandil, Directeur général de l'aviation civile



Patrick Gandil

L'AVIATION, UN TRÈS HAUT NIVEAU DE SÉCURITÉ

« L'aviation, le moyen de transport le plus sûr ... » : la comparaison avec d'autres modes de transport est complexe, le choix des métriques influant fortement sur le résultat ; en effet, selon que l'on compte les tués par kilomètres parcourus, par temps passé dans le transport, ou encore par voyage, les résultats peuvent être différents. Mais l'aviation de transport de passagers reste, dans nos pays occidentaux en tout cas, objectivement et dans la perception collective, très sûre.

AVIATION DE TRANSPORT : UNE AMÉLIORATION PERMANENTE

Les données mondiales (source OACI) montrent une amélioration continue du taux d'accidents mortels en trafic aérien commercial régulier, pour en 2017 atteindre 0,06 accident mortel par million de vols, chiffre remarquable, quoique probablement lié à un aléa statistique. La courbe ci-dessous (Figure 1) en échelle logarithmique témoigne bien de cette amélioration continue sur 30 ans, la droite de régression donnant un taux moyen d'amélioration de 9,2% par an.

En France, l'amélioration est tout aussi sensible : si dans les années 1990 il y avait en moyenne près d'un accident mortel par an, les statistiques sont aujourd'hui bien meilleures, puisque, dans les 10 dernières années, il y a eu 1 seul accident mortel en transport public régulier, le vol Rio-Paris qui s'est abîmé dans l'atlantique en 2009.

AVIATION GÉNÉRALE : UNE SITUATION BIEN DIFFÉRENTE

En rassemblant les activités aériennes qui ne sont pas du transport commercial de passagers – formation, aviation de loisir, ou travail aérien (hélicoptères notamment) –, le nombre de victimes, bien qu'en baisse tendancielle, s'établit autour de 50 par an (Figures 2 et 3). Cette situation, bien qu'évidemment non satisfaisante, est toutefois globalement acceptée par les usagers, les médias, et l'opinion publique. Il faut probablement y voir l'acceptation d'un niveau de sécurité différent, pour une activité librement choisie par les participants, qui sont acteurs directs de la conduite de leurs vols comme peuvent l'être des participants à une activité sportive à risques.

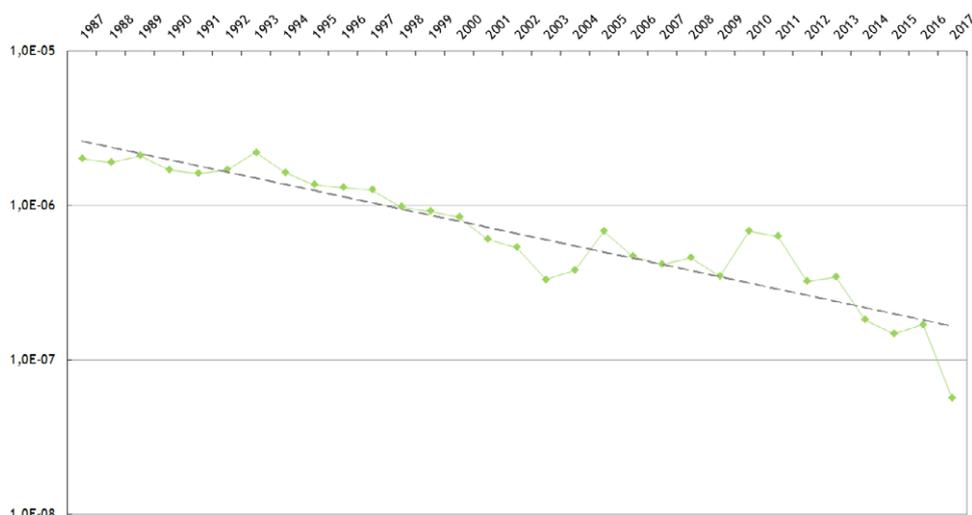


Figure 1 : Évolution du taux annuel d'accidents mortels par vol (services réguliers mondiaux - aéronefs > 2,25 t - échelle logarithmique).

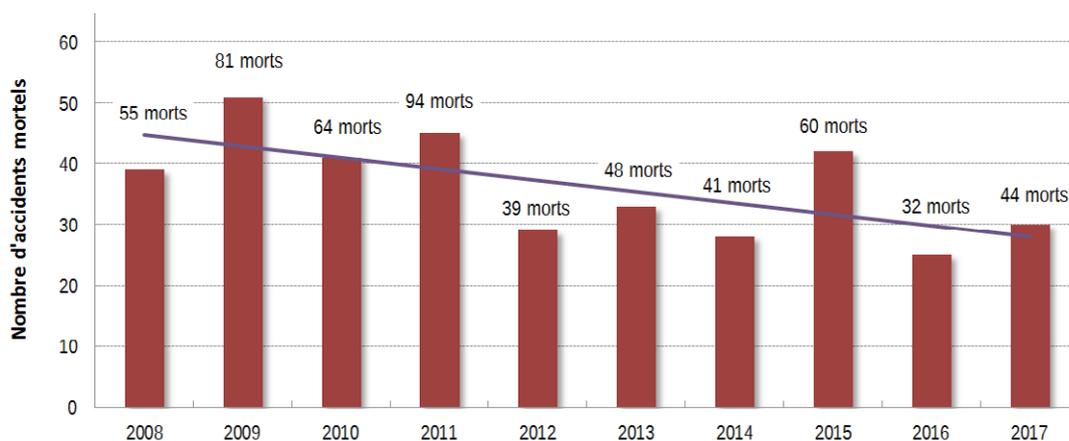


Figure 2 : Aéronefs immatriculés en France : évolution annuelle et tendancielle du nombre d'accidents mortels – le nombre de morts (total bord + tiers) est mentionné pour chaque année.

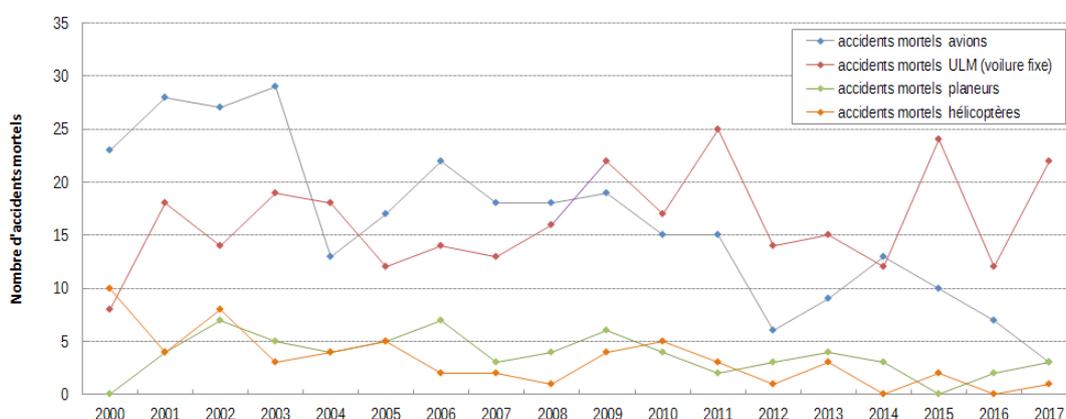


Figure 3 : Aéronefs immatriculés en France : évolution du nombre annuel d'accidents mortels, par catégorie d'appareils (hors autogires, ULM de classe 6 et ballons)

LES FACTEURS CLÉS DE L'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ CES VINGT DERNIÈRES ANNÉES

L'aviation civile est confrontée aux difficultés de la supervision des systèmes sûrs : les accidents, toujours sources de progrès par les défaillances qu'ils peuvent révéler, et par l'énergie déployée pour y remédier, sont rares. Aussi la perception des risques peut progressivement s'estomper au motif que pour tels types d'opérations aucun accident n'a été vu depuis de nombreuses années, ou encore que, après avoir renoncé volontairement ou non à une exigence qui constituait pourtant une barrière de sécurité, aucun effet n'est visible (il faut se rappeler ici que, avec un taux d'accident mortel de l'ordre de 10^{-7} par vol, plusieurs années sans accident mortel peuvent statistiquement se succéder en France...). La position de l'autorité de surveillance est ainsi parfois complexe à tenir, lorsqu'elle est fortement challengée par des acteurs insatisfaits des contraintes qu'elle fait peser sur eux, alors que les gains ou les pertes en sécurité ne sont pas toujours démontrables de façon indiscutable ni encore moins visibles.

LE REPORT D'ÉVÉNEMENT ET LA CULTURE JUSTE

Aussi est-il essentiel de travailler non pas uniquement sur les accidents mais également sur les incidents précurseurs, les éléments qui en l'absence de boucles de rattrapage (organisationnelles, techniques, humaines,...) auraient conduit à accident. C'est ainsi que s'est progressivement imposée la nécessité de recueillir le maximum d'informations sur les événements précurseurs, au travers d'un système de déclaration de ces événements par les acteurs de terrain qui y ont été confrontés, quels qu'ils soient. Ces reports ont été rendus obligatoires par la réglementation, nationale depuis 2008 puis européenne depuis 2014, et alimentent une base de données d'incidents européenne accessible aux autorités, qui leur permet de travailler sur les facteurs de risque. Les personnes déclarant ces incidents sont protégées, *i.e.* ne peuvent être poursuivies pour des erreurs commises (sauf acte délibéré ou répété bien sûr) si les faits ont été rapportés. Ceci est le fondement de ce qui est communément appelé " culture juste ", où l'essentiel est d'expliquer les erreurs, en tirer un retour d'expérience et le partager avec le plus grand nombre, sans pour autant dédouaner les comportements inexcusables.



VERS UNE APPROCHE DE MOINS EN MOINS PRESCRIPTIVE

Alors que l'approche traditionnelle était très prescriptive (une réglementation détaillée, un régime extensif d'autorisations directes, une amélioration du dispositif par les retours des enquêtes accidents), les années 80 ont vu la prise en compte progressive des facteurs humains, reconnaissant que les erreurs humaines sont inévitables, et qu'un effort significatif soit consacré à minimiser leurs occurrences (formation, conditions de travail) et leurs conséquences (tolérance du système aux erreurs humaines). Puis les années 90 ont vu la mise en œuvre des principes des systèmes qualité, avec un début de responsabilisation formelle plus forte des acteurs opérationnels : agrément des organismes, systèmes qualité obligatoires. Enfin, depuis la fin des années 2000, face au constat que l'approche jusqu'alors retenue semblait insuffisante pour poursuivre l'amélioration de la sécurité comme souhaité, la priorité a été mise sur la gestion des risques au sein même des opérateurs, jugée comme l'approche la plus efficace pour traiter des situations transverses à plusieurs domaines, ou encore inédites, et de s'adapter suffisamment vite à l'évolution des techniques et des modes opératoires : déploiement des systèmes de gestion de la sécurité au sein des entreprises (analyse des incidents, identification des risques, détermination des actions en diminution de risques, vérification de l'efficacité), mais aussi responsabilisation des dirigeants, et encouragement des démarches de promotion de la sécurité de nature volontaire et incitative.

Une démarche similaire est également mise en place au sein de l'Autorité dans le cadre du " Programme de Sécurité de l'État ", avec le principe fédérateur suivant : L'État, dans son rôle de régulation de la sécurité, gère trois leviers d'actions : la réglementation, la surveillance et la promotion de la sécurité et dispose pour cela de ressources humaines et financières. Il doit viser à rechercher la plus grande efficacité possible en matière de sécurité dans l'utilisation de ces ressources nécessairement limitées, en agissant sur les trois leviers d'action.

Comment ? En continuant bien sûr à garantir la mise en œuvre des normes internationales et nationales, mais aussi en évaluant les risques, en définissant des actions pour les réduire, en évaluant les résultats de ces actions, et en les faisant évoluer en fonction de ces résultats.

LES APPROCHES SUCCESSIVES DE LA SÉCURITÉ

Ces approches successives (cf. schéma ci-dessus) sont en réalité complémentaires, car leur pertinence est grandement fonction du niveau de maturité des acteurs concernés : plus on s'éloigne de l'approche prescriptive plus les résultats dépendent de la capacité des acteurs à se prendre en charge.

LES ENJEUX DU FUTUR

Le défi consistant à maintenir dans le futur ce taux d'amélioration annuel du niveau de sécurité par vol de l'ordre de 9 à 10% (pourcentage bien supérieur à l'accroissement du trafic, avec donc une réduction du nombre annuel d'accidents mortels), reste entier.

L'évolution de l'approche réglementaire vers une responsabilisation de plus en plus grande des acteurs doit se poursuivre, pour que les exigences réglementaires soient de plus en plus exprimées en objectifs de performance de sécurité et de moins en moins en moyens, ceux-ci étant, chaque fois que possible, laissés à l'appréciation des acteurs concernés (ce qui peut prendre la forme de standards industriels par exemple) pour être au mieux adaptés aux situations rencontrées. C'est principalement l'Autorité réglementaire européenne, donc l'AESA qui fait face à ce challenge d'autant plus difficile qu'il faut composer avec une grande multiplicité d'acteurs, les Autorités nationales, l'OACI, mais aussi les organismes internationaux représentatifs des opérateurs.

Parallèlement, les Autorités nationales de surveillance doivent s'organiser pour être capables de quitter une approche traditionnelle de vérification systématique pour adopter une approche orientée risque, mobilisant les ressources là où sont escomptés les gains les plus

importants en termes de sécurité des passagers et des tiers. C'est le challenge actuel de la Direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC), compétente pour la surveillance des acteurs de l'activité aérienne civile en France.

La DSAC développe ainsi aujourd'hui cette nouvelle approche de surveillance basée sur les risques ou RBO (*Risk Based Oversight*). Cette démarche introduit l'idée d'adaptation des procédures de surveillance en fonction des spécificités des différents opérateurs (notamment les aéroports, les compagnies aériennes et les organismes de contrôle aérien), du degré de complexité de leurs activités, des risques évalués et de leurs performances de sécurité. Elle fonctionne sur un principe de double modulation, portant d'une part sur le cycle de surveillance, dont la durée peut être allongée ou raccourcie selon les caractéristiques et les performances de l'opérateur en termes de sécurité et d'autre part sur le contenu des thématiques observées pendant ce cycle de surveillance : préparation des vols, formation des équipages, limites de temps de vol pour les compagnies aériennes, par exemple, balisage, pistes, péril animalier, ou encore travaux éventuels du côté des aéroports, etc. Les audits sont adaptés aux risques identifiés dans chaque domaine.

L'approche RBO nécessite ainsi d'établir des profils de risques pour chacun des opérateurs à partir de trois éléments : leur exposition au risque, l'évaluation de leur performance de sécurité fondée sur des critères d'évaluation du SGS (système de gestion de la sécurité) et enfin leur performance de conformité, laquelle évalue non seulement la conformité aux exigences réglementaires, mais également la capacité de mettre en œuvre des actions correctives. Cette évolution implique en outre l'instauration d'un dialogue critique entre opérateurs et autorité de surveillance. Après avoir défini le cadre méthodologique et les outils de cette nouvelle approche de surveillance basée sur les risques, les premiers tests ont débuté auprès de certains exploitants. Le déploiement devrait démarrer quant à lui dès 2018.

Par ailleurs, le système aérien lui-même contient en germe de défis nouveaux pour l'avenir. Ainsi, une immense quantité d'information sur la sécurité du transport aérien existe aujourd'hui. Comment tenir compte de toutes les données pertinentes d'un point de sécurité, en provenance des données enregistrées à bord des avions, au sol, de tous les reports d'évènements (plusieurs centaines par jour en Europe), de toutes les études, de toutes les recommandations faites suite à des enquêtes d'accidents ou d'incidents ? Il est clair que les méthodes traditionnelles de gestion de toutes ces informations ne peuvent être que très parcellaires.

C'est pourquoi l'Europe a lancé en 2017 un grand programme d'utilisation de toutes ces données, programme dénommé *D4S (Data For Safety)* largement basé sur le concept "*Big Data*". L'idée de ce programme est que la communauté aéronautique partage des données, des informations et des connaissances afin d'obtenir des résultats qui améliorent la performance en matière de sécurité. Le programme vise à organiser le nombre impressionnant et croissant de données disponibles pour analyser les risques de sécurité dans leur contexte global à l'échelle européenne. Il soutiendra notamment l'identification, l'évaluation et la mesure des performances en termes de sécurité.

Par ailleurs, de futures évolutions du système vont sans aucun doute apporter des défis supplémentaires. Parmi ceux-ci, l'automatisation croissante du pilotage des avions, tout en améliorant le niveau global de sécurité, conduit à l'émergence de nouveaux risques liés à la non compréhension et la non maîtrise de la situation réelle, notamment en situation inhabituelle avec fonctionnement dégradé.

La cohabitation dans un même espace d'engins volants ayant des performances et des capacités très différentes pose déjà des problèmes nouveaux par leur ampleur ou leur nature (densité de trafic commercial aux abords des plus gros aéroports et aviation légère, compatibilité des trafics civils et militaires, drones...) pour lesquels des solutions techniques ou opérationnelles restent à inventer.

Enfin, l'émergence de nouveaux modèles économiques, souvent transnationaux (par exemple de compagnies aériennes utilisant des avions immatriculés dans un pays, opérant à partir d'un autre, utilisant des pilotes d'un troisième pays, tout ceci à travers la planète en vue d'optimiser leur modèle économique), rend complexe l'action de surveillance des autorités, jusqu'ici construite sur une base essentiellement nationale.

Face à tous ces challenges, les modes de fonctionnement de la supervision de sécurité aérienne devront nécessairement continuer à s'adapter pour faire face à l'ensemble de ces évolutions, de façon à garantir le maintien de la confiance du citoyen. ■

ACTUALITÉ

LANCEMENT DU PLAN D'ÉTUDES AMONT MAN-MACHINE-TEAMING

par Bruno Chanetz, membre Émérite 3AF, Rédacteur en Chef

Florence Parly, ministre des Armées, a officialisé le lancement du Plan d'Etude Amont (PEA) "Man-Machine-Teaming" (MMT), attribué par la DGA à Dassault Aviation et à Thales pour développer les technologies d'Intelligence Artificielle nécessaires à l'aviation de combat du futur.

Le 16 mars 2018, Eric Trappier, PDG de Dassault Aviation, et Patrice Caine, PDG de Thales, ont accueilli Florence Parly, ministre des Armées, Joël Barre, Délégué Général pour l'armement, et Jacques Marilossian, député des Hauts-de-Seine, membre de la Commission de la Défense Nationale et des Forces Armées, au siège de Dassault Aviation.

Florence Parly s'est fait présenter quelques-uns des concepts sur lesquels s'appuie le Plan d'Étude Amont "Man-Machine-Teaming" (PEA MMT). Cette étude, confiée par la Direction générale de l'armement (DGA) à Dassault Aviation (mandataire) et Thales (cotraitant), a pour but de développer les technologies de l'Intelligence Artificielle nécessaires à l'aviation de combat du futur.

Lors de sa visite, la ministre des Armées a pu notamment évaluer le concept de " système aérien cognitif " qui repose, à la fois, sur des fonctions plus autonomes au

sein des aéronefs et sur une relation Homme/Machine maintenant en permanence l'humain dans la boucle de décision.

Florence Parly a également rencontré les représentants d'une centaine de start-up, PME, laboratoires et centres de recherche français spécialisés dans l'Intelligence Artificielle, la robotique et les nouvelles interfaces Homme/Machine. Cet écosystème sera associé au PEA, en partenariat avec Dassault Aviation et Thales, pour élaborer des algorithmes de très haut niveau et proposer des solutions disruptives.

Ce plan se déroulera sur trois ans et impliquera Dassault Aviation (mandataire, système de combat aérien) et Thales (cotraitant, part Interface Homme/Système et capteurs). Il vise entre autres à :

- Définir les cockpits et les systèmes autonomes futurs;
- Faire progresser les technologies innovantes dans le domaine des équipiers Homme et Machine au sein du système aérien cognitif, en particulier dans l'autonomie décisionnelle et le " machine learning ";
- Faire progresser les concepts et technologies dans le domaine des capteurs intelligents / apprenants. ■



De gauche à droite : Joël Barre, Jacques Marilossian, Florence Parly, Eric Trappier et Patrice Caine.

DÉFENSE ET SÉCURITÉ

LA CONFÉRENCE 3AF INTEGRATED AIR & MISSILE DEFENCE CONFERENCE (IAMD) DE 2017 : LE REFLET DE L'ÉVOLUTION DES MENACES, DU CONTEXTE STRATÉGIQUE ET DES NOUVEAUX DÉFIS POUR LA DÉFENSE EN EUROPE ET À L'OTAN

par Luc Dini, membre Senior 3AF, Thales, Yannick Devouassoux, ArianeGroup et Véronique Cham-Meilhac, membre Senior 3AF, MBDA

LA CONFÉRENCE 3AF IAMD À STOCKHOLM : 27-29 JUIN 2017

La 3AF a initié la conférence Missile Defense en 2004, du fait des enjeux de la défense antimissile pour l'Europe, en lien avec les initiatives américaines, de l'OTAN mais aussi de l'Asie. Depuis quelques années nous constatons d'une part que les menaces évoluent sur fond de crises ou de tensions régionales (Syrie, Yémen), d'autre part que le besoin en défense antimissile se confirme, mais avec des frontières qui évoluent entre les défenses anti-missiles balistiques et les défenses aériennes, entre les défenses du territoire et de théâtre, voire la défense spatiale. L'ère de la défense aérienne et antimissile intégrée est née ou renaît, mais aussi celle de nouvelles doctrines de défense aérospatiale intégrée et de déni d'accès, sans oublier les doctrines de dissuasion nucléaire ou leur éventuelle extension. Ces sujets seront abordés dans la Lettre 3AF n°31 de juin. Enfin, les technologies de missiles de défense plus agiles avec de nouveaux modes de propulsion et de guidage, les technologies spatiales, mais aussi les technologies numériques, de radars à antenne active, de réseaux de senseurs et de communication et d'intelligence artificielle offrent de nouveaux défis pour lesquels l'industrie européenne, en partenariat avec l'industrie américaine, a un rôle à jouer en faisant valoir ses compétences.

L'IAMD est un thème qui concerne l'Europe par les zones de crise (Europe, Moyen Orient ou Asie) et par les technologies et besoins plus proches de la défense aérienne, où elle peut innover, tout en contribuant aux capacités spatiales. Le général (AA 2S) Paloméros avait bien voulu faire une introduction sur l'innovation dans l'IAMD, en tête du document intitulé "IAMD in Europe : complexity, consensus, challenges" édité par le CEAS et la 3AF pour la conférence (son introduction est reprise dans notre article). Ses propos portent à la fois sur la complexité de la menace, mais aussi sur les facultés d'adaptation et de renforcement de l'IAMD par l'innovation. Du fait de ces tendances, la 3AF a proposé une nouvelle conférence Integrated Air & Missile Defence Conference dont la première édition a eu lieu du 27 au 29 juin 2017 à Stockholm, avec un discours d'ouverture prononcé par le président de la 3AF, Michel Scheller (page 11). Le présent article rend compte des principaux éléments liés à la conférence IAMD à Stockholm. Il évoque aussi des initiatives d'études innovantes à l'OTAN, par exemple sur la mise en réseaux de systèmes de conduite de tir IAMD, où la 3AF a joué un rôle initiateur dans la création d'un groupe NIAG¹ sur ce sujet à l'OTAN. Cette évolution des défenses vers l'IAMD a conduit l'équipe des deux co-présidents de la conférence (Yannick Devouassoux pour ArianeGroup et Luc Dini pour Thales) à être rejoints par Véronique Cham-Meilhac pour MBDA.



Les 3 co-présidents de la conférence IAMD de la 3AF. De gauche à droite : Yannick Devouassoux (ArianeGroup), Véronique Cham-Meilhac (MBDA) et Luc Dini (Thales).

¹ NIAG : Nato Industrial Advisory Group : Groupe des industriels de l'OTAN, ayant un rôle consultatif pour proposer des études et des concepts au conseil des Directeurs Nationaux d'armement de l'OTAN (CNAD)

La 12^{ème} édition de la conférence internationale traditionnellement organisée par la 3AF sur les thématiques de la défense antimissile a résolument pris le virage de l'*Integrated Air & Missile Defence* (IAMD ou défense aérienne élargie) et rebaptisée du même nom afin de mieux accompagner les évolutions doctrinales et opérationnelles en cours. Une communauté " élargie " s'est donc rassemblée sous cette nouvelle bannière à Stockholm du 27 au 29 juin 2017 pour une édition redynamisée. Pendant 3 jours, près de 230 participants étatiques, industriels et universitaires de 16 pays ont échangé sur les enjeux politiques, stratégiques, économiques et techniques liés à la défense aérienne et antimissile intégrée.

Les échanges ont été riches, alimentés par les évolutions du contexte international : craintes d'un désengagement américain en Europe accompagnées d'une hausse des budgets de défense au sein de l'OTAN (notamment pour l'acquisition de systèmes de défense aérienne élargie) et d'avancées marquantes dans le domaine de l'Europe de la défense, poursuite des conflits en Syrie et au Yémen, avec dans ce dernier cas de nombreux tirs de missiles balistiques, et enfin les avancées technologiques et démonstrations de capacité balistique de la Corée du Nord. Les domaines traditionnels ont été abordés lors des sessions techniques (une centaine de présentations, en augmentation de 30% par rapport à l'édition précédente), comme les systèmes de commandement et de conduite, les senseurs optiques et radar ou encore les intercepteurs, mais aussi de nouveaux domaines plus spécifiques de l'IAMD tels que les armes à énergie dirigée ou les systèmes CRAM (*Counter Rockets, Artillery and Mortars*).

Des thèmes d'intérêt pour toute la communauté ont été évoqués en session plénière. La table ronde OTAN aura permis de faire le point sur l'avancement du programme *Ballistic Missile Defense* et notamment la prise en compte des sujets de cyberdéfense, sur les aspects politiques de ce programme et sur la doctrine IAMD de l'OTAN. Les capacités russes en termes d'IAMD et leur utilisation des radars transhorizon furent également traitées dans ce format. Enfin, un coup de projecteur sur la menace balistique nord-coréenne et l'apparition de missiles balistiques de grande précision a été lancé en clôture de conférence. Soulignons, avant de conclure la présence significative des autorités françaises et suédoises et le soutien des sponsors industriels (ArianeGroup, ASELSAN, IAI, Leidos, MBDA, Naval Group, Orbital ATK, Parsons, Raytheon, Thales, ThalesRaytheonSystems et Weibel) pour continuer de faire vivre cette conférence.

Forte du succès de la conférence de Stockholm, la 3AF donne rendez-vous à l'ensemble des acteurs en 2019 dans le sud de l'Europe pour la 13^{ème} édition de l'*Integrated Air & Missile Defence Conference*.

DISCOURS D'OUVERTURE PRONONCÉ PAR MICHEL SCHELLER, PRÉSIDENT DE LA 3AF



*“ Monsieur l'Ingénieur Général,
Messieurs les Officiers Généraux,
Mesdames et Messieurs les Présidents,
Ladies and Gentlemen,*

J'ai le grand plaisir d'ouvrir, ici à Stockholm, la douzième édition de notre conférence internationale sur la défense aérienne intégrée et la défense antimissile. Pour la première fois, nous sommes dans l'un des pays du Nord de l'Europe, l'accueillante Suède. La Suède est un partenaire très actif de l'OTAN, qui coopère aux opérations de paix et de sécurité et apporte une contribution précieuse aux objectifs communs.

La Défense Intégrée Air et Missile (Integrated Air and Missile Defence ou IAMD) est l'un de ces objectifs, et le Lieutenant Général Mårtensson nous présentera, dans quelques minutes, la doctrine suédoise de l'IAMD. Je suis convaincu que la conférence dans ce pays sera encore une fois le cadre d'échanges fructueux au sein de notre communauté, de bons travaux avec des gens chaleureux, de bons moments avec des amis.

Permettez-moi d'exprimer à quel point je suis heureux de voir dans cette salle de nombreux acteurs et contributeurs de l'IAMD, issus des pays de l'OTAN et de pays non membres de l'OTAN, faire de cette assemblée une véritable plateforme internationale d'échanges.

Quelques mots sur l'évolution des conférences sur la défense antimissile vers les conférences de l'IAMD. Le programme OTAN de défense contre les missiles balistiques a été créé dans le cadre d'une évaluation commune de la menace balistique par les pays de l'OTAN.

Cette évaluation doit être périodiquement mise à jour afin que l'architecture de défense antimissile soit cohérente avec la menace réelle.

L'utilisation de missiles balistiques à courte portée relativement peu sophistiqués est devenue une réalité indéniable dans les conflits actuels. Combinée à la prolifération de menaces aériennes aérobies bon marché et précises, elle permet à l'adversaire d'interdire des zones d'opérations pour les forces militaires alliées ou de menacer l'intégrité de l'espace aérien. À mesure que les zones de crise se rapprochent de l'OTAN et des territoires partenaires, il doit donc y avoir un consensus sur cette menace aérienne et nucléaire et sur la défense nécessaire. En outre, le développement des missiles de croisière dans le monde est également à noter. Parce que chaque nation a besoin de protéger son espace aérien et d'assurer sa souveraineté territoriale, la défense antimissile intégrée (IAMD) devient alors une solution évidente pour répondre aux priorités d'aujourd'hui et envisager des coopérations.

Il semble donc approprié que nos défis en matière de défense antimissile soient maintenant considérés dans le cadre plus large de l'IAMD. C'est la raison pour laquelle nous avons décidé d'étendre notre spectre de conférences sur la défense antimissile à la Défense aérienne et de le renommer "Conférence intégrée 3AF sur la défense aérienne et antimissile". Merci à vous tous.

Quel est le contexte global et politique ?

À la 3AF, nous suivons les développements de la défense antimissile depuis 2003, et nous avons donc suivi au fil des années l'évolution des menaces, l'émergence de nouvelles menaces et parallèlement l'évolution des moyens de défense pour y faire face. Nous sommes fiers de ce qui a été fait avec nos conférences, favorisant des échanges fructueux et constructifs au sein de la communauté. Depuis 2015 et notre dernière édition à Barcelone, l'environnement international s'est aggravé à cause des crises syrienne et ukrainienne, du développement global du terrorisme, des tensions dans la péninsule arabique et avec l'Iran, des menaces nord-coréennes, de l'instabilité subsaharienne et libyenne, etc. Des événements politiques importants, des élections et des référendums dans les principaux pays ont rebattu certaines cartes et peuvent conduire à l'émergence de nouvelles conceptions.

Partageant des intérêts stratégiques communs et confrontant des défis similaires, l'OTAN, l'Union européenne (UE) et plusieurs pays non membres de l'OTAN, tels que la Suède, Israël, l'Inde, etc., coopèrent depuis longtemps et travaillent côte à côte dans les domaines de la gestion de crise, du développement de capacités et des consultations politiques. Au sommet de l'OTAN à Varsovie en juillet 2016, l'OTAN

et l'Union européenne ont donné un aperçu des domaines dans lesquels elles souhaitent renforcer la coopération face aux défis communs auxquels elles sont confrontées à l'est et au sud : menaces hybrides, résilience accrue, renforcement des capacités de défense, cybersécurité, sécurité maritime et exercices conjoints.

Les chefs d'État et de gouvernement des pays de l'OTAN ont clôturé leur réunion au nouveau siège de l'Organisation à Bruxelles le 25 mai 2017. Cette réunion, qui a soulevé de nombreuses préoccupations, a manifestement et heureusement démontré l'unité et la détermination transatlantiques de combattre le terrorisme et de parvenir à un partage plus équitable des charges entre les pays membres. L'Alliance a approuvé un plan d'action pour en faire plus dans la lutte contre le terrorisme. L'Alliance augmentera son soutien en fournissant des AWACS, des avions de surveillance, et améliorera sa gestion de l'espace aérien, etc. Ce contexte est le contexte de cette conférence, et j'attire particulièrement votre attention sur la session suivante consacrée aux "Politiques et programmes".

Maintenant, je voudrais dire quelques mots sur le comité de la conférence 3AF IAMD et l'organisation de la conférence: Comme vous le savez peut-être, le comité IAMD est le miroir de l'effort de défense aérienne et antimissile. De nombreux pays et industries sont représentés et, espérons-le, d'autres le rejoindront d'année en année. Le comité est un lieu d'échanges et de convivialité où les gens proposent des idées et les concrétisent. Les membres des comités issus des nations et de l'industrie qui parrainent la conférence travaillent dur pour faire de cette conférence un succès, proposer des sujets, organiser des tables rondes. Je ne vais pas tous les citer mais je voudrais simplement les reconnaître. Je tiens tout particulièrement à féliciter les trois co-présidents de la conférence, Véronique Cham-Meilhac, Yannick Devouassoux et Luc Dini, pour cet important travail de coordination du comité et de réalisation de ce programme.

Cette 12^{ème} Conférence 3AF est destinée à relever les défis et à discuter des facteurs d'influence du développement des capacités de défense aérienne et antimissile en Europe et hors d'Europe. Un mélange de documents techniques et non techniques, de contributions et de conférences invitées, sera présenté les deuxième et troisième jours, chacun de ces jours commençant et se terminant par une table ronde thématique, le premier jour étant consacré aux points de vue des institutions et de l'industrie.

Je voudrais remercier tous nos conférenciers d'aujourd'hui. Vous honorez la conférence de votre présence qui donne un véritable départ à cette rencontre internationale. Jean Fournet sera le modérateur de cette première journée, merci encore Jean de nous avoir soutenu.

Véronique, Luc et Yannick fourniront des détails sur le reste du programme. Pour terminer mon introduction, je remercie très chaleureusement tous ceux qui nous aident à organiser cette conférence, tous nos nombreux sponsors et, bien sûr, l'équipe 3AF et sa secrétaire exécutive, Anne Venables.

Maintenant, je déclare la 12^{ème} Conférence IAMD ouverte. Profitez bien de cette édition.

Je vous remercie. ”

LA DÉFENSE AÉRIENNE ET ANTIMISSILE INTÉGRÉE, INNOVANTE ET INTERACTIVE : “IAMD”

Nous publions ici la traduction en Français de l'article du général Paloméros paru dans le tiré à part édité par le CEAS (Council of European Aerospace Societies) et la 3AF pour la conférence IAMD de juin 2017.



Général d'Armée Aérienne Jean-Paul Paloméros (2S)
Ancien NATO Supreme Allied Commander for Transformation (SACT) 2012-2015
Ancien Chef d'Etat-major de l'Armée de l'air (2009-2012)

“ IAMD IN EUROPE : COMPLEXITY, CONSENSUS, CHALLENGES ”

Le futur environnement de l'IAMD sera caractérisé par une gamme complète de menaces aériennes et de missiles: missiles balistiques, menaces aérobies (missiles de croisière, avions, UAS, roquettes longue portée, artillerie et mortiers), tout en utilisant des capacités avancées : furtivité, guerre électronique, véhicules de rentrée manœuvrant, leurrage, et guidage terminal de précision.

Cette déclaration faite par l'ancien Chairman of the Joint Chiefs of Staff, le général Martin E. Dempsey, est apparue dans un document fondateur publié par le Pentagone en 2013, le “ Joint Integrated Air & Missile Defense: Vision 2020 ”.

On ne saurait mieux décrire la complexité, les incertitudes et les défis auxquels les forces alliées doivent faire face pour assurer au mieux la protection des populations et des territoires, conserver leur liberté d'action et maintenir leur supériorité opérationnelle. Alors qu'autrefois il était possible de concevoir et de développer des systèmes dédiés, des armes et des systèmes de commandement et de contrôle pour faire face à des menaces spécifiques, il est aujourd'hui crucial de considérer le nouvel environnement opérationnel avec une vision globale et une nouvelle approche pour donner à l'IAMD sa pleine efficacité.

Dans un avenir prévisible, d'une part la résurgence des états de pouvoir investissant massivement dans leur défense augmentera la sophistication et la quantité de leur inventaire offensif. Non seulement ils pourront déployer des missiles balistiques de nouvelle génération, des missiles de croisière avancés, des armes de précision à longue portée, mais ils augmenteront certainement leurs efforts pour mieux connecter ces équipements et les combiner avec un emploi massif de drones stratégiques et tactiques capables de saturer l'espace d'opération. Nous pouvons également nous attendre à ce que ces adversaires potentiels utilisent intensivement les opérations du cyberspace pour attaquer les réseaux alliés et apporter de la confusion dans leurs chaînes de commandement et de contrôle afin d'entraver le processus de prise de décision.

D'autre part, dans divers domaines d'opération, et même chez nous, nos forces de défense et de sécurité devront faire face à des menaces encore plus asymétriques car leurs adversaires pourront utiliser encore plus de nouvelles technologies à leur avantage. Ils augmenteront la létalité de certaines armes rudimentaires telles que les engins explosifs improvisés (IED) tout en développant leurs compétences et leur capacité à utiliser des essais de drones tactiques pour saturer les réseaux de commandement et de contrôle alliés et les capacités défensives. Selon l'engagement pris lors du sommet du Pays de Galles, on peut s'attendre à voir des efforts de défense croissants dans les pays de l'OTAN pour atteindre l'objectif de 2% du PIB avec un minimum de 20% de budgets de défense dédiés aux investissements majeurs. Cependant, il est probable que l'augmentation du budget ne sera pas suffisante pour faire face au nouvel environnement stratégique comme décrit plus tôt, les Alliés devront continuer à développer une approche encore plus intelligente pour développer efficacement leurs capacités IAMD.

Avant tout, ils devraient améliorer l'interopérabi-

lité et la résilience des réseaux de commandement et de contrôle, du niveau stratégique au niveau tactique. Dans ce domaine, ils peuvent par exemple capitaliser sur les progrès du *cloud computing* pour pouvoir recouvrir les capacités opérationnelles après des cyber-attaques majeures et reconfigurer instantanément leurs réseaux de C2 (Centres de *Command Control*) afin de conserver la chaîne opérationnelle indispensable et transparente. Pour mieux s'adapter à la menace et ajuster leur posture défensive et l'utilisation de systèmes défensifs appropriés, les Alliés devraient également capitaliser sur la puissance unique apportée par l'Intelligence Artificielle (IA) et le *deep learning*. En collectant en temps réel les énormes quantités de données provenant du champ de bataille à travers plusieurs ressources de collecte Intelligence, surveillance and reconnaissance (ISR), ils pourraient alimenter les systèmes IA qui amélioreraient la compréhension des modèles opérationnels et tactiques des adversaires et adapteraient en temps quasi réel l'emploi des systèmes les mieux adaptés. Ces innovations révolutionnaires devraient également être bénéfiques pour les capacités offensives de l'IAMD.

Les Alliés devraient donc concentrer leurs efforts sur des cyber-mesures offensives capables de perturber le C2 des adversaires. Ils devraient également améliorer et diversifier leur inventaire d'armes offensives pour pouvoir les adapter à l'effet opérationnel souhaité, réduisant ainsi les risques de dommages collatéraux et maximisant l'impact sur la cible sélectionnée. En fin de compte, l'innovation devrait être le principal moteur de la réduction des coûts et de la mise à niveau du cycle de l'IAMD.

À la fin, l'IAMD a été jusqu'ici un exemple remarquable d'approche intégrée pour faire face à un environnement opérationnel complexe. En capitalisant sur les leçons tirées de cette expérience exceptionnelle et en tirant le meilleur parti de l'innovation, les Alliés ont une excellente occasion d'améliorer la capacité de l'IAMD à répondre à la grande diversité des menaces auxquelles elle devra faire face sur plusieurs théâtres d'opérations. Par conséquent, il est temps de mettre à niveau l'approche actuelle de l'IAMD vers une approche plus innovante et interactive, la Défense innovante, interactive, intégrée et la défense antimissile, appelons-la I3AMD.

[Texte traduit en Français par Luc Dini]

UN EXEMPLE D'INITIATIVE INNOVANTE POUR L'IAMD : RÉSEAUX TEMPS RÉEL DE SENSEURS ET CONDUITE DE TIR IAMD (ÉTUDE NIAG SG217)

Luc Dini (co-président de la conférence IAMD 3AF- Directeur IAMD - Product Line Manager Air & Missile Defense Systems chez Thales- chairman de l'étude NIAG SG217)

En ce qui concerne l'IAMD, l'Europe dispose déjà de capacités tout à fait complémentaires de celles des USA, sur les C4I, les systèmes d'alerte mais aussi sur les systèmes d'armes comme le SAMP/T franco-italien, le TLVS allemand en développement, qui s'ajoutent aux systèmes PATRIOT d'origine US. Il existe aussi des systèmes navals d'alerte, pouvant participer aux engagements haute altitude de SM3 US (tests réalisés lors des essais *formidable shield* en 2017 avec participation d'un croiseur Aegis US et d'une frégate néerlandaise équipée de radar SMART-L) mais aussi à l'autoprotection IAMD de groupes navals, et à la protection de nœuds logistiques terrestres en coopération avec des systèmes terrestres IAMD également. L'industrie transatlantique dispose d'une solide capacité d'innovation à partir de systèmes existants (cf. le texte du général Paloméros " une défense aérienne et antimissile intégrée ").

L'IAMD est donc un sujet figurant parmi les thèmes potentiels de coopération européenne sur la défense et pourquoi pas pour la mise en réseau temps réel des systèmes de conduite de tir (C2, radars MFR, lanceurs). Ce sujet a d'ailleurs fait l'objet d'initiatives transatlantiques par la 3AF d'abord en lien avec l'Atlantic Council US dès 2013 (invitation formulée par l'Honorable Ellen Tauscher², alors présidente du board de l'ACUS), puis en y associant ensuite l'industrie américaine, européenne et turque via la conférence 3AF MD à Mayence en 2014. Le principal résultat en est l'étude NIAG SG217 intitulée " Étude des standards pour la mise en réseau des radars multifonctions au sein de clusters de conduites de tir IAMD ", sponsorisée par l'OTAN ACT (Commandement Suprême pour la Transformation), qui a débuté en 2017. Cette étude, que nous allons évoquer maintenant, est empreinte d'une forte dynamique industrielle (11 nations, 25 sociétés, voir Figure 1), motivée par le défi technique d'une interopérabilité transversale temps réel (subseconde) entre les systèmes d'armes IAMD, mais aussi par la valorisation des capacités de défense qu'elle induirait.

² *Ellen Tauscher était une ancienne membre du Congrès américain, et ex-Under Secretary Of State for arms control, " special envoyee " du président Obama pour les négociations avec la Russie sur les systèmes antimissiles.*



Figure 1. Pays participants au groupe NIAG SG217.

Que signifie la coopération sur les réseaux de conduite de tir IAMD ?

La coopération entre les nations pourrait également être améliorée sur les systèmes IAMD, non seulement par la chaîne de commandement et de contrôle C4I BMD et Air de l'OTAN, mais aussi en augmentant l'interopérabilité temps réel transversale entre les capteurs et les systèmes d'armes IAMD nationaux, sous les chaînes de commandement nationales et de l'OTAN. Un concept a été proposé pour accroître cette interopérabilité en construisant des réseaux reliant en temps réel (fraction de seconde) les radars Multifonctions, les Centre de Contrôle de conduite de tir IAMD avec les effecteurs rassemblés en cluster (voir Figure 2). L'objectif visé est de renforcer leurs performances et leur résilience aux effets cumulés des menaces, en équilibrant en temps réel l'énergie électromagnétique et les ressources entre les systèmes d'armes, tout en maintenant les liaisons de données avec les échelons supérieurs de la chaîne C4I qui fixent les plans d'opérations et établissent la situation générale. Les nouvelles technologies basées sur les radars multifonctions numériques, les communications rapides et l'intelligence artificielle permettront une gestion synchronisée en une fraction de seconde des systèmes de conduite de tir et des effecteurs (missiles, armes AED etc...), pour s'adapter et anticiper la situation tactique en compensant les effets des menaces.

Après un an d'étude, des scénarios ont été définis, différents modes d'échanges et d'intégration entre senseurs (modes collaboratifs avec échanges de données et modes intégratifs avec échanges et gestion partagée de ressources) ont été identifiés. Des méthodes d'évaluation de performances mais aussi de comparaison multicritères ont été étudiées ainsi que les performances clé correspondantes. Les travaux continuent pour affiner les communications, l'évaluation multicritères de scénarios en étudiant les échanges entre les différentes entités.

Ces résultats préliminaires ont été présentés récemment par l'ACT au BMD Steering Committee de l'OTAN, qui a manifesté son intérêt pour l'étude en cours et la motivation des acteurs industriels, selon les termes rapportés à l'industrie.

Des actions vont être entreprises par les industriels, pour continuer prioritairement la dynamique de coopération entreprise à l'OTAN, en la complétant, si cela est possible, par le biais de programmes de recherche européens voire des coopérations multilatérales, afin de maintenir l'effort collectif de coopération. Un *White Paper* se prépare déjà sur le sujet, avec le soutien de la 3AF et la participation des différents industriels contribuant à l'étude NIAG SG217.

L'investissement accru dans la défense est une question dont il a été débattu, avec la demande de l'OTAN et des USA de tendre vers 2% du PIB, engagement qui a

³ EDIDP : European Industry Development Program : programme de soutien européen aux industriels de défense européens pour les études, développement de concepts et technologies, prototypage et essais.

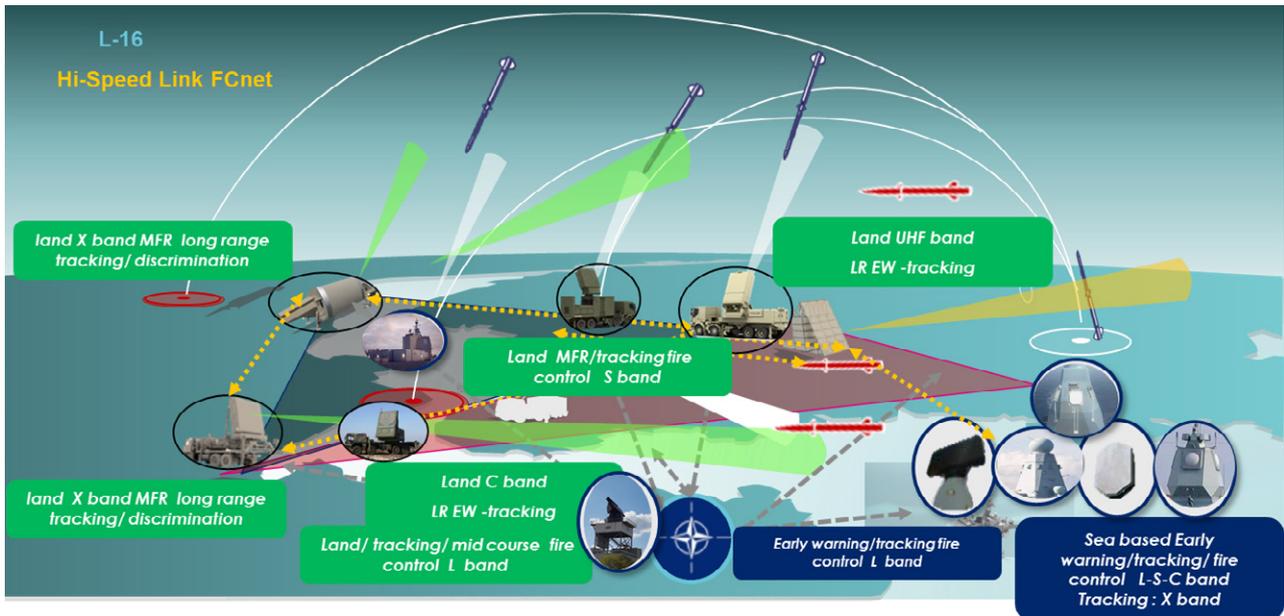


Figure 2. Concept de réseau de senseurs MFR et de conduit de tir réunis en cluster.

L'intégration de l'IAMD et de la défense antimissile passe d'abord par celle des Centres de Commandement et des senseurs de surveillance et systèmes d'armes reliés par liaison de données de type L16 ou JRE. De plus, de nouveaux concepts de mise en réseau sont proposés pour assembler les radars multifonctions, les conduites de tir et les effecteurs en temps réel via des liaisons très rapides.

Ils peuvent améliorer les systèmes de différentes façons :

- Par la résilience accrue grâce à l'optimisation en temps réel subseconde des ressources entre les systèmes de conduites de tir;
- Par la résilience accrue aux effets de la guerre électronique par la multiplicité et la subsidiarité entre radars MFR opérant à des fréquences différentes et sous des angles de vue différents;
- Par l'amélioration de la couverture, du domaine de bataille et le contrôle permanent de la précision de poursuite active et de guidage, malgré les effets des menaces (manœuvres rapides, masquage, furtivité, saturation,...);
- La subsidiarité et le contrôle des Émissions Électroniques.

été pris par différents pays dont la France. Des initiatives de coopération industrielle de défense sont donc menées notamment via le programme EDIDP³ de la Commission qui pourrait être, tout comme les financements de recherche de l'European Defence Agency (EDA), un moteur d'innovation pour les industriels européens très motivés sur ce sujet de mise en réseau temps réel des conduites de tir IAMD et notamment pour disposer de simulations et de bancs de test intégrés ou ITB (Integrated Test Bed) interactifs. Ces coopérations pourraient donc compléter la coopération à l'OTAN, en poursuivant non seulement les travaux de mise au point de standards et de conception d'architectures élémentaires, mais aussi en intégrant et en testant par la suite ces capacités avec l'apport des modèles et ITB d'origine transatlantique, dont européens. Ceux-ci peuvent être réalisés à partir d'initiatives bi ou multilatérales valorisant des systèmes IAMD nationaux, eux-mêmes parfois issus de coopérations. ■



SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

COMPTE RENDU DE LA JOURNÉE " PILES ET BATTERIES " DU 23 NOVEMBRE 2017 À VILLAROCHE

par Renaud Urli, président de la Commission technique Essais

Cette journée était consacrée à l'utilisation et aux perspectives technologiques des piles et batteries, ainsi que des systèmes à gestion optimisée de l'énergie, pour le support des essais en aéronautique. La journée a été hébergée par Safran Aircraft Engines sur le site de Villaroche. Elle a réuni 28 participants des sociétés Airbus Helicopters, Airbus Operations, Alliantech, Ariane Group (Airbus Safran Launchers), ATCOM, Dassault Aviation, DGA-EV, DGA-TA, La mesure sur mesure, MBDA, PCB, Safran Tech, Safran Aircraft Engines, Sopemea, Thales Systèmes Aéroportés et Zodiac Data Systems.

INTERVENTION D'AIRBUS OPÉRATION

Dans le contexte du montage d'une installation d'essais plus facile et rapide, les intérêts de l'utilisation de la technologie piles reposent sur l'autonomie des systèmes ainsi que sur la réduction des câblages à installer. En se reposant sur des systèmes WiFi, ou offrant un enregistrement sur équipement, l'objectif est une autonomie d'une semaine de tests (120 heures), à des températures de -40 à 80°C et à des pressions de 200 à 1100 mbars. La priorité est axée sur la sécurité du vol, avant de considérer la performance et l'efficacité des technologies embarquées.

Le choix a été porté sur des piles, plutôt que sur des batteries rechargeables, car leur gain est supérieur de 30%. Les essais menés, en amont de la norme récente DO227 et portant sur les piles non rechargeables, ont approché l'emballage thermique, risque potentiel en opérations.

La technologie sélectionnée est LiMnO₂, dont les comportements en cas de dysfonctionnement (erreur interne, surcharge, décharge, court-circuit, etc.) sont connus et appréhendables. Pour connaître et contrer le risque d'emballage thermique, des tests en étuve ont été conduits jusqu'à 135°C, puis jusqu'à explosion à 175°C. Ils ont mis en évidence la nécessité de circuits de protection internes à la batterie.

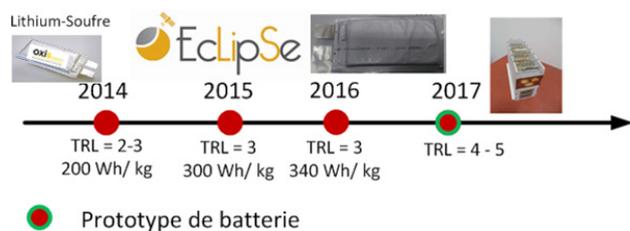
INTERVENTION ARIANEGROUP

L'électrification des lanceurs entraîne une forte augmentation des besoins en énergie et puissance embarquées. En 30 ans, les seuls besoins en énergie électrique des lanceurs ont été multipliés par 20, alors que les densités d'énergie et de puissance spécifiques des piles et batteries n'ont été multipliées que par un facteur de 2 à 3. Cela nécessite d'innover dans le domaine des sources d'énergie et de puissance, notamment sur les aspects suivants :

- Technologies à haute densité d'énergie;

- Couplage de technologies de nature différente;
- Amélioration du suivi de consommation de l'énergie électrique;
- Gestion optimisée de l'énergie et de la puissance : lois de contrôle / commande.

Les défis des 15 prochaines années résident donc dans l'amélioration des densités d'énergie et de puissance spécifiques des piles et batteries. Pour les lanceurs spatiaux, la technologie de batteries Li-Soufre a été analysée. Les caractéristiques théoriques de ces matériaux offrent des densités d'énergie spécifique élevées, mais la formation de polysulfides lors de la décharge, par combinaison de l'électrolyte avec le soufre et les électrons, limitent actuellement cette technologie. Différentes solutions visent à limiter l'autodécharge tout en garantissant la sécurité de la technologie qui promet des gains de masse importants, comme le laissent prévoir les prototypes actuels et futurs.



● Prototype de batterie

Figure 1. Étapes du développement d'une batterie Li-Soufre dans le cadre du projet ECLIPSe.

La technologie des super condensateurs promet, quant à elle, une augmentation de la densité d'énergie pour répondre à des besoins de fortes densités d'énergie et de fortes densités de puissance. L'utilisation de matériaux nano structurés offre une solution de rupture très intéressante qu'il convient de suivre dans son développement et son industrialisation futurs.



● Demonstrator

Figure 2. Étapes du développement d'un démonstrateur de super condensateurs de NAWA Technologies dans le cadre d'un projet soutenu par l'ESA.

Par ailleurs, l'hybridation des sources d'énergie et de puissance permettra l'optimisation de la masse du système. Une batterie sera en effet dimensionnée pour stocker l'énergie de la mission, et les super condensateurs seront dimensionnés pour prendre en charge les pics de puissance. L'optimisation des lois de commande / contrôle repose sur une stratégie de commande des convertisseurs non linéaire, via une approche basée sur le concept de platitude des systèmes différentiels.

INTERVENTION DE SAFRAN AIRCRAFT ENGINES ET ATCOM

En phase de certification des moteurs, Safran Aircraft Engines réalise des essais en banc sol, fermé ou ouvert, et en banc volant, nécessitant l'utilisation d'un système de télémessure afin de mesurer des niveaux de températures/contraintes sur les parties tournantes. Pour le cas des moteurs LEAP, une télémessure ATCOM est implantée sur la partie BP, l'alimentation de l'électronique étant assurée par un pack batterie LiFePO₄. La télémessure et le pack batterie sont implantés directement sur le moteur et donc soumis aux contraintes indiquées sur la figure 3.

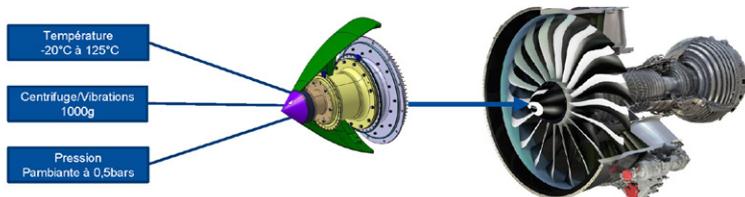


Figure 3. Installation et contraintes environnementales du système de télémessure pour moteur LEAP.

Le dimensionnement du système, pour les possibles configurations du nombre de canaux à mesurer et donc de la puissance consommée, repose sur la nécessité de supporter une journée d'essais complète, soit plus de 7 heures. La technologie sélectionnée est du type LiFePO₄, remplaçant la technologie antérieure LiMh, de capacité inférieure.

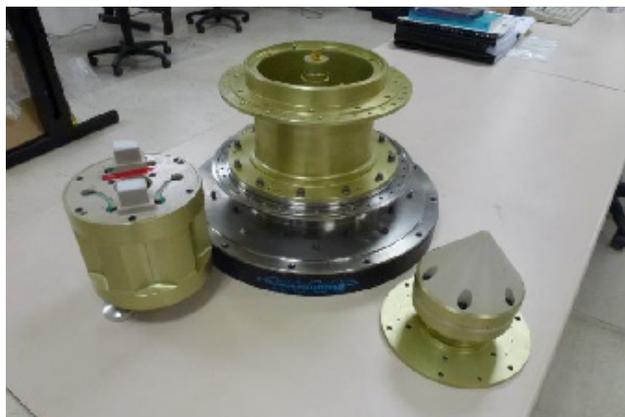


Figure 4. Composants du système de télémessure.

Différentes contraintes sont liées à cette nouvelle technologie, dont le risque de destruction potentielle des cellules sur tension basse ou haute, ainsi que le respect de la sécurité, en raison du danger de blessure par un courant de décharge potentiellement très fort. Des précautions liées au transport, notamment aérien, ont dû être prises, car ce type de batterie est classé comme produit dangereux.

En opération, une protection contre les courts circuits ainsi qu'une gestion évoluée de la batterie, sont assurées par un BMS (*Battery Management System*) qui permet, outre la mesure des paramètres tension/courant/température, une utilisation équilibrée entre les cellules montées en pack, par exemple. Le système BMS est amélioré en continu avec l'optimisation des algorithmes en profitant d'une meilleure connaissance de l'utilisation. Néanmoins, un tel système ne représente pas toujours la solution absolue car il doit être adapté à l'utilisation du système en essais, sans pour autant être lui-même énergivore. Par ailleurs, la fiabilité des cellules est primordiale pour la bonne conduite des essais : une limitation de cette fiabilité a malheureusement été mise en évidence à la livraison des cellules par le fabricant, ce qui a demandé un tri en aval, avant l'intégration sur essai.

INTERVENTION DE LA DGA ESSAIS EN VOL (ISTRES ET CAZAUX)

Des alimentations autonomes sont parfois nécessaires pour des kits (GPS, répondeurs, vidéo, etc.), des pods, de certains équipements embarqués (caméras, PC, etc.), des télécommandes. Différentes problématiques encadrent l'utilisation actuelle de batteries : le besoin d'alimentations autonomes, donc non intrusives, du réseau de bord électrique des avions, la volonté de limiter les temps d'immobilisation des avions, les contraintes de navigabilité, l'allègement des instrumentations via une alternative à la technologie Ni-Cd. La démarche DGA distingue les batteries internes (PC, caméras, GPS, etc.) et les batteries externes (packagées COTS ou packagées en interne). L'étude des normes (DO 160, DO 311, UL 1642, UN3480), l'analyse des offres fabricants, en particulier SAFT, l'utilisation de montages de tests, ont conduit à la rédaction interne de règles et procédures d'utilisation de batteries Li-Ion sur systèmes embarqués, à savoir :

- Pas de charge en vol, batteries chargés avant décollage;
- Protection contre les courts circuits externes (protection interne ou externe rajoutée);
- Non criticité des circuits alimentés;
- Pas d'installation dans les zones au-dessus de 60°C;
- ...

L'aspect mécanique est aussi à respecter avec une enveloppe de protection contre une agression externe et pour le confinement de l'emballement thermique. A titre

d'exemple, une batterie Saft MP a été mise en place pour le support de systèmes embarqués, contenant un " Shut Down Separator ".



Figure 5. Prototype d'emballage de batterie pour alimentation de munition inerte.

La mise en place d'un suivi et d'une maintenance documentés des batteries utilisées permet de suivre les conditions de stockages afin de respecter une durée de vie bornée.

INTERVENTION DE LA MESURE SUR MESURE

Dans le cadre du projet européen CleanSky, une micro caméra autonome a été développée pour définir les niveaux d'altération d'un bord d'attaque sur avion de ligne en service, par impact d'insectes ou autres objets, par influence des conditions météo, ou du système WIPS (Wing Ice Protection System).

Le système autonome, qui doit pouvoir travailler sans source d'énergie externe pendant deux jours, est alimenté par une combinaison de panneaux solaires (SunPower C60, 24x) et de super capacités (CAP-XX, 16x). Des essais menés sur deux routes hivernales du nord de l'Europe

(Hambourg - Oslo et Frankfort - Bergen) ont démontré que le système supporte des conditions nuageuses sous 22.000 ft et ensoleillées au-dessus.

La prise cadencée de photos est adaptée automatiquement entre les phases de vol de montée, croisière, descente, grâce à l'interprétation des capteurs GPS et d'accéléromètres embarqués. L'alimentation du système solaire subit une variation de la puissance en fonction de l'utilisation (pic lors de la prise de la photo) qui est amortie par les super condensateurs.

INTERVENTION MBDA

L'objectif réside dans l'autonomie énergétique d'une maquette de missile instrumentée avec une chaîne de mesure (enregistreur et capteurs) alimentée par batterie. Le dimensionnement du système permet une heure de test par jour, sur une campagne de trois à quatre mois, tout en supportant les conditions environnementales d'un emport sous aéronef (vibrations, température, pression) et en conservant un encombrement réduit.

La technologie Li-Ion a été sélectionnée pour son meilleur compromis entre volume et performance et sa très bonne tenue au froid. Le principal danger identifié de cette technologie est l'apparition d'un court-circuit interne avec emballement thermique. Un boîtier d'intégration a donc été développé autour d'une cellule SAFT et de son circuit de suivi. Le boîtier a pour but de protéger contre la perforation, l'écrasement ou le déchirement. Le circuit de suivi comporte un thermo fusible ainsi qu'une protection contre les courts circuits externes. Un protocole d'utilisation a été mis en place afin de maîtriser et de tracer toutes les interventions durant son utilisation.

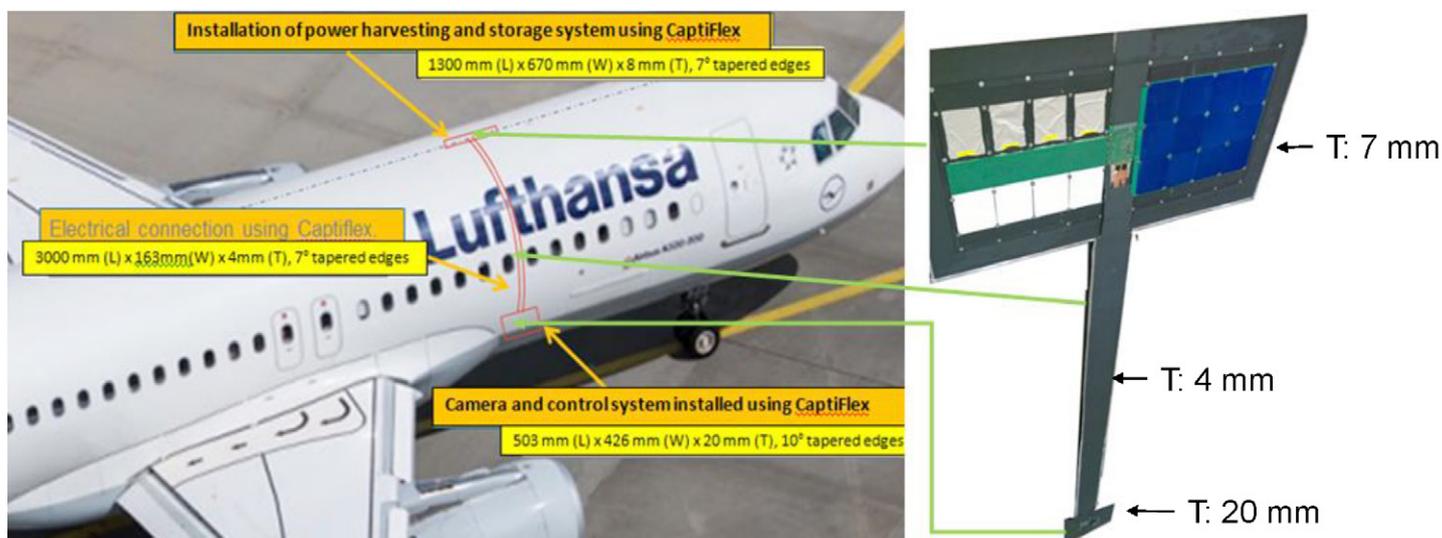


Figure 6. Installation du système de micro caméra et de son alimentation.

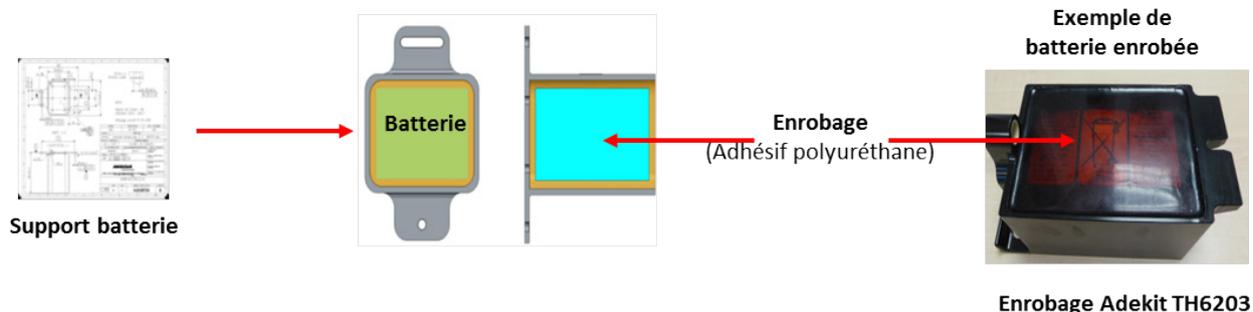


Figure 7. Prototype de support de batterie pour alimentation de maquette de missile.

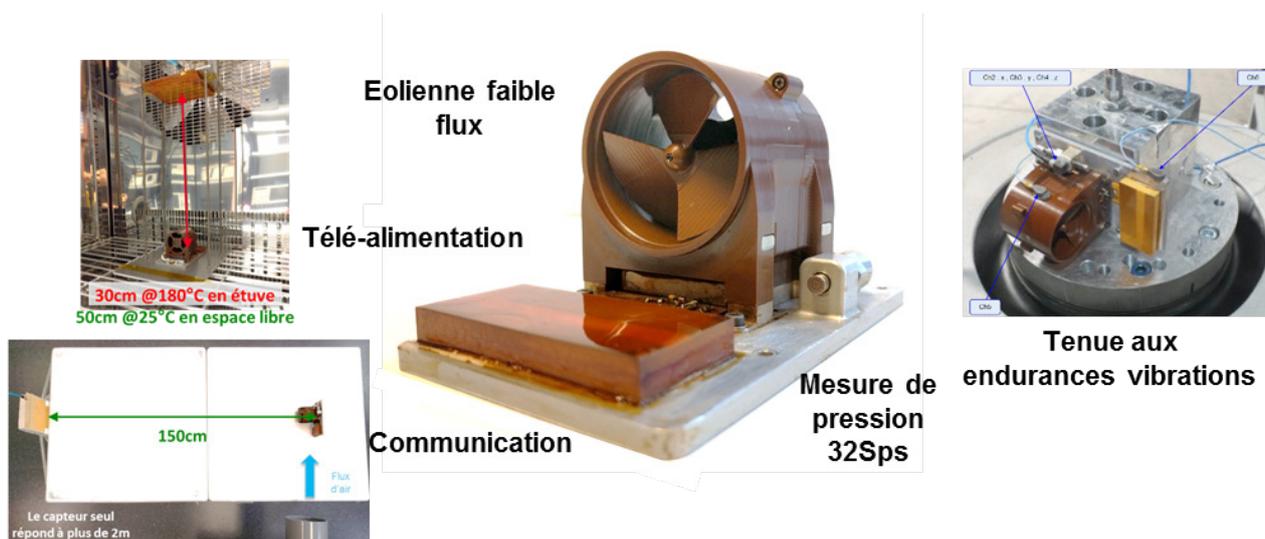


Figure 8. Démonstrateur de noeud de capteur autonome.

CONTRIBUTION SAFRAN TECH

Dans le but de concevoir une plateforme mutualisant des fonctionnalités génériques multi-applications (cœur de traitement, énergie, communication, packaging, capteur, etc.), un nœud de capteurs pour différents type de mesures (pression, température, vitesse, position, force, vibration, etc.) en autonomie est proposé dans des environnements aéronautiques moyennement sévères. Le projet s'intègre dans le cadre européen CleanSky, en partenariat avec le CEA.

Un ASIC a été développé pour intégrer l'alimentation et la communication Radio Fréquence et télé-alimentation. Une micro turbine, faisant appel à des matériaux opérationnels jusqu'à 250°C, permet la récupération d'énergie par flux d'air. Le système de stockage d'énergie par batterie doit faire face à une température maximum de 120°C avec des pics à 150°C. Un démonstrateur a été mis en place sur le banc moteur *Open Rotor*, démontrant le bon fonctionnement du système, moteur à l'arrêt comme en fonctionnement. ■

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

LA 53^{ÈME} CONFÉRENCE INTERNATIONALE D'AÉRODYNAMIQUE APPLIQUÉE

" APPROCHES MULTI-PHYSIQUES EN AÉRODYNAMIQUE " À L'ÉCOLE DE L'AIR DE SALON-DE-PROVENCE, 26-28 MARS 2018

par Jean Délery, membre Émrite 3AF, président de la Commission technique Aérodynamique et Gilles Joubert, membre de la Commission technique Aérodynamique

La 53^{ème} Conférence Internationale d'Aérodynamique Appliquée de la 3AF (53rd 3AF International Conference on Applied Aerodynamics) s'est tenue du 26 au 28 mars 2018 à l'École de l'air. Cette conférence visait à rassembler une gamme variée de disciplines, qui ont un fort couplage avec l'aérodynamique lors de la conception et de l'optimisation. L'aérodynamique demeure l'un des principaux moteurs de conception de l'aérospatiale et de l'industrie du transport, mais la façon dont l'industrie s'est reformée récemment incite à envisager une approche multiphysique pour aborder les questions environnementales et de développement durable. Cela a également l'avantage de réduire le nombre d'itérations de conception et d'en raccourcir le cycle. Par conséquent, une connaissance plus approfondie du domaine multidisciplinaire tel que l'interaction fluide et structure (aéroélasticité), acoustique (aéroacoustique), comportement des matériaux, thermodynamique et transfert de chaleur (aérothermique et aérothermodynamique), mécanique du vol, et bien d'autres, est nécessaire. Cette conférence était une plate-forme pour les chercheurs d'un large éventail de disciplines pour se réunir et discuter des défis auxquels la communauté aérodynamique fait actuellement face, tout en trouvant des motifs communs encourageant d'autres collaborations.

DÉROULEMENT DE LA CONFÉRENCE

Le comité scientifique était composé des membres de la Commission technique Aérodynamique, du professeur Holger Babinsky de l'Université de Cambridge, du professeur Piotr Doerffer de l'Institute of Fluid flow Machinery de l'Académie polonaise des sciences (IMP-PAM) à Gdansk. Le symposium était co-sponsorisé par Airbus, l'AIAA, la Royal Aeronautical Society et le CEAS. Il a bénéficié du soutien du CReA (Centre de recherche de l'Armée de l'air), de l'ONERA, des sociétés TE Connectivity et Powersys Solutions, avec bien sûr le support de l'Armée de l'air. Nous remercions tout particulièrement l'ONERA qui s'est chargé des travaux d'édition et d'impression.

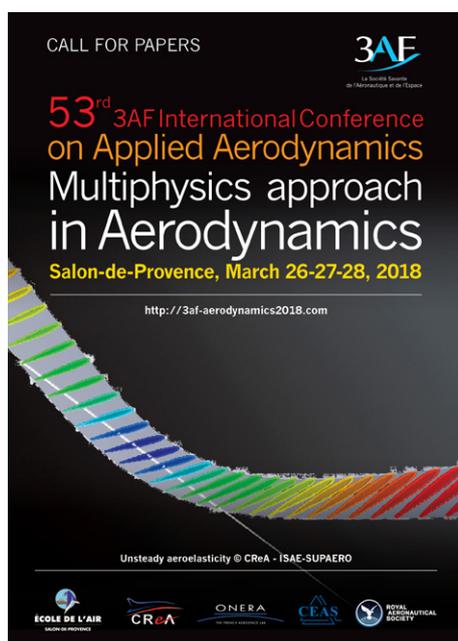
Les allocutions de bienvenue ont été prononcées par Michel Scheller, président de la 3AF et le Lieutenant-colonel Bertrand Viaud, Directeur du CReA, représentant le général Eric Autellet, Commandant de l'École de l'air qui s'était excusé, pris par une obligation urgente. Le Lieutenant-colonel a souligné son ambition visant à élargir les activités R&D ainsi que les partenariats de l'École, notamment vis-à-vis du monde civil et académique. Le général a fait cependant une intervention rapide au cours de la deuxième journée de la conférence.

Cette année, la conférence a attiré une bonne participation avec la présentation de 51 communications plus 5 conférences pilotes données par des experts dans les domaines de l'aérodynamique théorique, expérimentale et appliquée.

La conférence était organisée en 5 sessions, chacune introduite par un conférencier pilote, et divisées en 2 sous-sessions compte tenu du nombre de communications.

SESSIONS 1A ET 1B : *Multiphysics CFD and optimization et CFD Methodology.* Conférence pilote de Demetrios Papageorgiou professeur à l'Imperial College London. Titre de sa conférence : *Droplet impact and splash-off in aerodynamics applications*

SESSIONS 2A ET 2B : *Icing and heat transfer et Aerodynamics and actuators.* Conférence pilote de Piergiorgio Renzani, du CIRA. Titre de sa conférence : *Aircraft in-flight icing research at CIRA, 25 years at the service of aviation safety.*





La 53^{ème} Conférence Internationale d'Aérodynamique Appliquée – AERO2018 à l'École de l'air de Salon-de-Provence.

SESSIONS 3A ET 3B : *Aeroacoustics et Structuren fluid and flight mechanics.* Conférence pilote de Frédéric Guntzer, d'Airbus Helicopters. Titre de sa conférence : *Industrial stakes in helicopter aeroacoustics.*

SESSIONS 4A ET 4B : *Aeroelasticity et Other applications.* Conférence pilote de Eric Garrigues, Dassault Aviation. Titre de sa conférence : *A review of industrial aeroelasticity practices for military aircraft and business jets..*

SESSIONS 5A ET 5B : *Reactive flows and plasmas et Multidisciplinary analysis.* Conférence pilote d'Olivier Chazot, professeur au Von Karman Institute. Titre de sa conférence : *Testing strategy for aerothermodynamic design in high-enthalpy and plasma wind tunnels.*

Les travaux présentés peuvent être globalement qualifiés de remarquables. Il n'est ici proposé qu'un très bref résumé de la conférence faisant surtout état d'une impression générale. Les exposés ont couvert une trop large gamme de sujets relatifs à l'approche multiphysique en aérodynamique pour en dire plus à ce niveau. Le détail des communications est contenu dans les papiers disponibles sur le site de la 3AF : www.3af.fr.



Accueil des participants dans le Salle des Marbres.

Une majorité des exposés portait sur des études du type numérique, avec assez peu de travaux expérimentaux. Cette orientation n'est pas nouvelle, mais l'importance des résultats expérimentaux doit être soulignée.

L'existence et la présentation de travaux expérimentaux de grande valeur doit être d'autant plus mentionnée. On peut noter en particulier les résultats du Laboratoire ICARE sur un écoulement de type rentrée atmosphérique à Mach 20, ainsi que ceux de l'ISAE-SUPAERO au sujet du régime transsonique d'un empennage stabilisateur de fusée. Ce dernier travail est judicieusement complété par des calculs LES (*Large Eddy Simulation*) apportant de nombreuses informations complémentaires. L'emploi de méthodologies d'études différentes mais complémentaires est relativement rare et mérite d'être mentionné. Le travail de simulation de l'IMFT (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse) sur le morphing appliqué à une aile supercritique, s'appuie également sur des travaux expérimentaux très intéressants d'imagerie PIV résolue en temps. Il faut noter le commentaire d'Eric Garrigues de Dassault Aviation affirmant que dans l'industrie les essais en vol et au sol sont *in fine* indispensables à la validation des modèles numériques employés dans une phase initiale de conception. Enfin, la présentation très vivante de Doyle Knight (Rugters University) au sujet de simulations numériques en hypersonique de configuration double-cône insistait sur le manque de données expérimentales disponibles.

Dans le domaine multiphysique et en particulier les couplages fluide-structure ou fluide-mécanique du vol, il apparaît que beaucoup d'études s'appuient sur des méthodes dites " de basse fidélité " comme les VLM (*Vortex Lattice Methods*), les équations potentielles, les calculs Euler. En effet leur faible coût informatique apporte un temps de restitution acceptable pour évaluer les effets aérodynamiques, tout en laissant des ressources disponibles pour la résolution des autres physiques mises en jeu. Ce type d'approche n'est pas éloigné des pratiques et besoins industriels, comme en témoigne la conférence pilote d'Eric Garrigues de Dassault Aviation, chez qui l'aéroélastique reste traitée de manière découplée et linéarisée.

Les méthodes dites de " haute-fidélité " sont cependant nécessaires dans d'autres cas, lesquels sont le plus souvent traités dans le milieu académique. On peut noter l'application de telles méthodes de calcul (ZDES, LBM) à des cas complexes comme le buffetting, le calcul précis du décrochage ou l'interaction onde de choc-couche limite. Ces études, où des calculs RANS (*Reynolds Average Navier Stokes*) sont parfois plus proche des données expérimentales de référence que la DES/LES (*Detached Eddy Simulation / Large Eddy Simulation*), illustrent cependant la complexité d'emploi de telles méthodes, où le maillage et la géométrie choisie dans le cadre de la simulation semblent influencer grandement la solution. L'étude de l'IMFT employant une méthode hybride de type OES (*Organized Eddy Simulation*) montre également des résultats remarquables dans la reproduction de structures de sillages d'un profil, ainsi que dans la modification de celles-ci au moyen d'un actionneur de bord de fuite.

Enfin la présentation de travaux de recherche issus d'une société comme Altran est intéressante car elle montre que ces problématiques de recherche sont prises en compte par de nouveaux acteurs jusque-là peu présents dans ce genre de conférence. Cette évolution est intéressante à plusieurs titres. D'une part elle montre que les doctorants formés par le milieu académique trouvent des débouchés industriels où leurs compétences de chercheurs sont judicieusement employées. D'autre part cela illustre le besoin identifié de monter en compétence en interne, notamment en développant des méthodes de calcul et une expérience dans le domaine. Enfin, ces travaux sont parfois réalisés en partenariat avec des instituts académiques et financés par des programmes de recherches tels que CleanSky, ce qui témoigne d'un emploi judicieux et légitime des ressources allouées à la recherche en Europe.



Conférence pilote par Piergiorgio Renzoni, CIRA.



Conférence pilote par Eric Garrigues, Dassault Aviation.

VISITES TECHNIQUES

À l'issue de la cinquième session, mercredi après-midi, les participants ont pu assister à un vol d'entraînement de la Patrouille de France et admirer les passages impressionnants des Alpha Jets au-dessus de l'assistance. Des exercices d'atterrissage d'un Rafale venu de la base d'Istres complétaient le spectacle aéronautique. La démonstration était suivie d'une visite au hangar de la Patrouille de France, permettant de voir les appareils de près et d'échanger avec les pilotes et les mécaniciens.



Alpha Jet de la Patrouille de France sur la base de l'École de l'air.

Un deuxième groupe de participants a pu effectuer une courte visite du Centre de recherche ONERA de Salon-de-Provence : outre un survol de ses activités (Radars imageurs, Optronique, Ingénierie Cognitive, Hélicoptères), Christian Chatelard a présenté les détails du projet

européen WADI (waditech.eu) actuellement en plein essor (et succès) pour la détection aéroportée de défaillances en hydrologie. Quelques travaux en sciences cognitives ont pu aussi illustrer les recherches en neurosciences appliquées au domaine aérospatial au centre ONERA de Salon-de-Provence.



Préparation d'un vol test du dispositif ONERA, campagne WADI 2018.

La conférence s'est déroulée dans de très bonnes conditions grâce à l'excellence de l'accueil offert par l'École de l'air. Le nombre de participants officiellement inscrits était de 99 en provenance de 12 institutions de nationalité différente (Allemagne, Australie, Belgique, Canada, Corée, Espagne, États-Unis, France, Iran, Italie, Japon, Royaume-Uni), confirmant l'intérêt international pour la conférence d'aérodynamique appliquée.

La majorité des participants étaient des chercheurs (laboratoires universitaires ou instituts de recherche). La participation des industriels demeure minoritaire : 23 inscrits représentaient une entreprise ou une agence gouvernementale (Airbus Operations, Airbus Helicopters, ArianeGroup, Altran Technologies, A-NSE, Armée de l'air, Dassault Aviation, DGA, Hanwha Corporation, MBDA, Powersys, Safran Aircraft Engines, TE Connectivity, ITI TranscenData). Incluant les conférences pilotes, 56 communications ont été présentées, en majorité de la part de chercheurs ou d'universitaires.

Comme les années précédentes, le comité de programme encourage les auteurs à proposer la version écrite de leur communication sous forme d'article dans l'*International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow (IJNMHFF)* qui va consacrer un numéro spécial à la publication d'une sélection des meilleures communications, après la procédure d'évaluation habituelle par des experts, initiative qui permettra de valoriser ces travaux.

AUTRES MANIFESTATIONS

Le banquet traditionnel dans le très beau cadre de l'abbaye de Sainte-Croix a été l'occasion de remettre le prix 3AF de la meilleure communication au précédent colloque (AERO2017 à l'École Centrale de Lyon sur le thème *Progress in flow control*). Les lauréats étaient Yoann Eulalie, Philippe Gilotte, Elisabeth Fournier, Thomas Schutz, Shaun Johnson, David Holst, Dirk Wieser et Christian Nayeri de Plastic Omnium, BMW et Technische Universität Berlin. C'est probablement la première fois, depuis 1964, que ce prix est attribué à des collègues travaillant sur des objets non volants ; ce qui prouve que l'aérodynamique est une science ouverte intéressant un vaste champ d'applications.



Banquet amical à l'Abbaye de Sainte-Croix.

Pour conclure, nous remercions le général Eric Autellet, commandant de l'École de l'air, pour nous avoir reçus dans son école prestigieuse, l'accueil réservé à la conférence et à ses participants par le personnel de la base ayant été remarquable. Nos remerciements vont à Jean-Denis Parisse, professeur à l'École de l'air et membre de la Commission technique Aérodynamique et coorganisateur local, ainsi qu'au Professeur Olivier Montagnier pour leur action qui a permis d'assurer un déroulement impeccable de la conférence.

Grand merci aux présidents de session, aux conférenciers et participants et bien sûr à la Secrétaire Exécutive de 3AF, Anne Vénables et à son assistante Aude Lurbe, pour la logistique, comme toujours, impeccables. ■

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

L'AMBITION D'AIRBUS HELICOPTERS : VISER TOUJOURS PLUS HAUT

par Pascale Fleury, Airbus Helicopters Corporate Communication

Il est toujours utile de rappeler l'importance des missions accomplies par les hélicoptères au service des citoyens. Les hélicoptères protègent et sauvent des vies, sécurisent les pays, assurent la protection des soldats en opérations extérieures, transportent les personnes dans les environnements les plus inaccessibles. Pour Airbus Helicopters, le défi est de mettre la barre toujours plus haut pour garantir la sécurité des utilisateurs, satisfaire les attentes de ses opérateurs et gagner en compétitivité.

AIRBUS HELICOPTERS : GARDER SA POSITION DE LEADER MONDIAL

La réussite d'Airbus Helicopters repose sur trois équilibres essentiels entre produits civils et de défense : production et services, livraisons dans les pays d'origine et commandes internationales. Cet équilibre a permis à l'entreprise de maintenir sa position de leader sur un marché pourtant très impacté par les crises économiques depuis 2007, dont la crise du pétrole qui a démarré en 2015. Celle-ci affecte directement les recettes des opérateurs d'Airbus Helicopters et des États producteurs, eux-aussi clients. Malgré cela, l'entreprise a continué d'investir toujours davantage dans l'innovation pour atteindre un niveau sept fois supérieur à celui de 2007.

CROÎTRE À L'INTERNATIONAL

Autre atout d'Airbus Helicopters : sa politique volontariste d'internationalisation. 85% des opérateurs d'hélicoptères possèdent moins de 3 appareils et sont demandeurs de services au quotidien pour tirer tous les bénéfices de leurs investissements. Pour les soutenir, Airbus Helicopters a développé une politique de proximité avec 29 centres de services, 23 centres de formation et 26 simulateurs d'entraînement implantés dans le monde entier. Au-delà, et pour accroître l'accès aux marchés en croissance, les coopérations industrielles internationales représente un enjeu essentiel pour l'entreprise tout en veillant à respecter les équilibres entre transfert et protection du savoir-faire, partage et maîtrise des risques, diversité des partenaires et cohérence du projet.

UNE STRATÉGIE D'INNOVATION ROBUSTE

Le monde hélicoptère évolue vite. Il attend des industriels une sécurité accrue, un coût compétitif mais aussi une capacité d'innover, de se remettre en question, de proposer de nouvelles solutions à court, moyen et long terme pour répondre aux nouveaux besoins. La stratégie d'Airbus Helicopters en matière d'innovation s'oriente autour de trois axes prioritaires : améliorer sa gamme existante, développer les nouveaux programmes attendus par le marché et imaginer les transports hélicoptères du futur. Ces initiatives, pour certaines très disruptives, ont

toutes la même intention : satisfaire les clients en leur apportant les solutions les plus sûres et les plus fiables, les plus performantes et les plus compétitives.

INNOVER POUR LE PRÉSENT

Si les recherches d'Airbus Helicopters portent sur les innovations du futur, l'entreprise reste tout autant concentrée sur sa gamme actuelle, en exploitant d'un bout à l'autre la technologie au service de ses clients. Sur les bancs d'essais, dans les laboratoires d'innovation ou sur les tableaux blancs, les ingénieurs ne cessent d'imaginer et de tester de nouveaux concepts destinés à sa flotte actuelle : nouvelles technologies et nouveaux matériaux, amélioration de la maintenance ou réduction des coûts globaux à grande échelle, nouveaux composants, digitalisation.



Figure 1. Caractérisé par 68 nouveaux brevets, le H160 se positionne comme le premier hélicoptère de nouvelle génération.

À titre d'exemple le H160 au look spectaculaire reflète l'orientation prise par Airbus Helicopters en termes de R&D. Le développement de cet appareil moyen dont la mise en service est prévue en 2019 s'est accompagné d'une foule de considérations à commencer par la révision complète de son modèle industriel en intégrant notamment les outils digitaux. Caractérisé par 68 nouveaux brevets, l'entreprise positionne cet appareil comme le premier d'une nouvelle génération alliant innovation du produit, innovation industrielle et innovation en matière de support.

CONSTRUIRE LE FUTUR

CROIRE EN LA GRANDE VITESSE

Airbus Helicopters en est certain : le concept de la haute vitesse pour un engin volant pouvant pratiquer le stationnaire et l'atterrissage vertical répond à un réel besoin des opérateurs. Et si les aéronefs associant ces capacités

étaient jusqu'à présent réservés au secteur militaire, les opérateurs civils trouvent aujourd'hui dans cette solution un moyen d'optimiser leurs délais d'intervention, réduire les distances ou accroître le nombre de rotations. Grâce au programme européen Clean Sky 2, Airbus Helicopters peut poursuivre les travaux déjà conduits avec succès sur le X3 avec son nouveau démonstrateur technologique RACER. Ce projet mobilise des compétences à travers toute l'Europe : France, Allemagne, Espagne, Royaume Uni mais aussi Pologne et Roumanie qui contribuent directement au développement du prototype. Financé pour moitié par l'union européenne, Airbus Helicopters assume le reste des coûts de développement avec ses partenaires industriels.

Dévoilé en 2017 à l'occasion du Salon international de l'aéronautique et de l'espace de Paris-Le Bourget, RACER vise une vitesse de croisière de plus de 400 km/h, tout en respectant le meilleur compromis entre vitesse, compétitivité, respect de l'environnement et performances en mission. Avec ce démonstrateur de recherche dont le 1er vol est prévu en 2020, Airbus Helicopters compte ouvrir la voie à l'horizon 2030 à de nouveaux services pour lesquels chaque minute compte, établissant ainsi de nouvelles références dans le domaine du vol hélicoptéré à grande vitesse.



Figure 2. Capitaliser sur la force du décollage et de l'atterrissage vertical pour soutenir les populations, telle est la vocation d'Airbus Helicopters.

IMAGINER LE PROCHAIN " TAXI " VOLANT URBAIN

Autre cheval de bataille pour l'industriel : travailler sur de nouvelles solutions de mobilité urbaine en capitalisant sur la force du décollage et atterrissage vertical de l'hélicoptère. Les études démontrent qu'en 2030, 60% de la population mondiale vivra dans les villes, soit 10% de plus qu'en 2010. Apporter de nouvelles solutions pour enrayer la montée croissante du trafic routier, tout en veillant à préserver l'environnement sera l'enjeu majeur

des prochaines décennies. Le démonstrateur CityAirbus, développé par Airbus Helicopters, et dont le premier vol est attendu à la fin de cette année pourrait offrir aux citoyens ces solutions. Ce " taxi " volant totalement électrique, piloté dans un premier temps puis autonome, sera capable de transporter quatre personnes à l'intérieur des agglomérations en s'affranchissant des contraintes du trafic routier.



Figure 3. Le démonstrateur 100% électrique CityAirbus sera capable de transporter quatre personnes à l'intérieur des agglomérations.

TRANSFORMER FONDAMENTALEMENT L'ENTREPRISE

Pour honorer ses ambitions et maintenir sa position de leader dans un contexte de marchés tendu, Airbus Helicopters a beaucoup changé depuis cinq ans. Satisfaire les clients, viser l'excellence en matière de qualité et de sécurité de ses hélicoptères, garantir la compétitivité de ses produits et services ont été les trois challenges prioritaires de l'entreprise. Pour ce faire Airbus Helicopters a mis en place un plan de transformation de l'entreprise avec des résultats aujourd'hui tangibles. A titre d'exemple, la nouvelle ligne d'assemblage final du H160 installée à Marignane est à l'image de l'appareil pour lequel elle a été conçue : performante, innovante et compétitive. Ce nouveau moyen industriel permettra de réduire sensiblement le cycle d'assemblage et de garantir un niveau très élevé de maturité industrielle dès l'entrée en service des nouveaux appareils. Pour atteindre cet objectif, Airbus Helicopters a capitalisé sur le concept de Major Component Assembly. Le H160 est ainsi découpé en sous-ensembles, fabriqués, équipés et testés indépendamment, avant même leur arrivée en chaîne d'assemblage. Cette nouvelle méthode permet de lever les risques très en amont et de garantir un cycle industriel de l'appareil deux fois plus court que celui des générations précédentes.

Mais Airbus Helicopters ne compte pas s'arrêter là et sa transformation va continuer avec une deuxième vague qui, tout en visant ces mêmes priorités, s'appuiera sur la force des technologies digitales. Mieux explorer les données des clients pour améliorer la gamme et les services, faciliter le partage d'informations fiables dans tous les

cycles de fabrication, construire les missions héliportées connectées de demain notamment dans le domaine des drones et de la mobilité urbaine aérienne, sont quelques exemples du carnet de route d'Airbus Helicopters.



Figure 4. Pour Airbus Helicopters, l'engagement et l'excellence des employés sont les premiers gages de succès.

TRAVAILLER DE MANIÈRE INNOVANTE

Tout repose pour Airbus Helicopters sur l'engagement et le niveau d'excellence de ses employés et l'entreprise a pris le parti de bouleverser les habitudes de travail. Les méthodes évoluent pour devenir plus agiles sans rien lâcher sur la qualité, la maturité des appareils et surtout la sécurité des vols. Les équipes deviennent de plus en plus responsables de leur organisation et de leur performance. L'innovation dépasse les niveaux hiérarchiques et le rôle du manager n'est plus de contrôler mais de soutenir. Les espaces de travail évoluent également pour laisser place aux plateaux, aux ateliers d'assemblage et de prototypage rapide s'appuyant sur de nouvelles technologies. Et dans ce cadre, la réalité virtuelle ou augmentée occupe une place centrale, dans le prolongement de la numérisation déjà ancrée dans les habitudes. Conçus sur ordinateurs, les produits et les processus connaissent une première existence dans les salles de réalité virtuelle. Les équipes à travers le monde peuvent ainsi partager un même environnement de travail fondé sur la 3D. Le développement concomitant de l'impression 3D permet de manipuler ce que montre l'écran et de créer des formes nouvelles jusque-là impossibles à fabriquer.

L'heure est également aux sprints de quelques semaines en matière d'organisation du travail : un livrable bien défini, une concentration de compétences et d'énergie et une validation rapide.



Figure 5. De nouvelles technologies émergent, y compris la réalité virtuelle dans les chaînes d'assemblages.



Figure 6. Le démonstrateur de vitesse Racer ouvrira la voie de nouveaux services pour lesquels chaque minute compte.

Car l'entreprise a bien compris que sur un marché de l'hélicoptère qui évolue vite, seules les entreprises agiles, capables de se remettre en question et d'investir sortiront gagnantes et, dans cette course, Airbus Helicopters ne compte pas céder sa pole position. ■

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

AIRTELIS, LES HÉLICOPTÈRES DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE AU SERVICE DE TOUS

par Rémi Magar, Directeur des Ventes Europe, Directeur Technique et Sécurité

UN PEU D'HISTOIRE

L'hélicoptère a été intégré à EDF comme outil interne dès les années 50, et avant même que la Gendarmerie Nationale ou que la Sécurité Civile n'aient recours aux voilures tournantes. Il était alors essentiellement utilisé dans les régions montagneuses (Massif Central, Alpes, Pyrénées) dans le cadre du programme de développement de l'hydroélectricité de l'après-guerre, et la construction des réseaux électriques associés. Le premier hélicoptère utilisé par EDF était un Bell 47. Depuis cette période, EDF a constamment développé sa flotte d'hélicoptère et en a multiplié les usages. C'est d'abord la surveillance du réseau qui a pu profiter des appareils de la flotte. En effet, le survol régulier des lignes à haute-tension a permis aux lignards d'EDF d'avoir un moyen rapide (beaucoup plus rapide que les visites au sol) et efficace (les hélicoptères volant à proximité immédiate des parties actives de la ligne, câbles et isolateurs, dont les détails sont difficilement visibles depuis le sol).

Dans les années 80, EDF décide de centraliser ses moyens hélicoptérés avec une base principale située à Salon de Provence, choix orienté notamment par les conditions météorologiques favorables, par la géographie des zones d'intervention les plus fréquentes (Alpes, Pyrénées, Massif Central) et par la proximité du partenaire " historique " Sud Aviation-Aérospatiale à Marignane, devenu aujourd'hui Airbus. C'est à cette période également qu'EDF décide d'internaliser ses moyens de maintenance aéronautique pour sa propre flotte et de créer son premier atelier JAR 145.

A la fin des années 80, les lignards d'EDF et les pilotes des Services et Travaux Hélicoptérés travaillent ensemble pour développer une technique révolutionnaire de maintenance des câbles : les travaux nacelles sous tension, qui permettent aux techniciens d'intervenir sur des ouvrages électriques en service, suspendus dans une nacelle sous un hélicoptère en stationnaire. La disponibilité et la fiabilité du réseau électrique est ainsi améliorée, les interventions sont plus rapides et nécessitent moins de main d'œuvre que des opérations qui seraient réalisées depuis le sol.

Au début des années 2000, dans le cadre des directives européennes de libéralisation du marché de l'énergie électrique, RTE (Réseau de Transport d'Électricité) est créé à partir des entités d'EDF qui gèrent le réseau électrique à haute-tension français. Il regroupe les actifs (lignes électriques et postes de transformation) dont la tension d'exploitation est comprise entre 400.000 V et 63.000 V et les personnels qui en assurent l'exploitation,

la maintenance et le développement, soit 8000 personnes environ (sur les 135.000 personnes que comptait l'entreprise EDF à l'époque). La mission de RTE est de garantir un accès économique et non discriminatoire à tous les utilisateurs du réseau de transport d'électricité : producteurs d'électricité, consommateurs d'électricité reliés directement au réseau de transport (industriels, entreprises de distribution d'électricité), traders d'électricité...

Les Services et Travaux Hélicoptérés d'EDF sont alors rattachés à RTE, la plus grosse partie de leur activité étant dédiée au réseau électrique à haute-tension. L'activité travaux nacelles continue de se développer, avec notamment le développement d'un optionnel fonctionnant sous AS332 et qui permet à 4 monteurs embarqués dans la nacelle de remplacer des manchons de jonction en pleine portée, en coupant le câble sur lequel ils interviennent !



Figure 1. Travaux nacelle sous AS335N. © Julien Botella.

En 2011, afin de construire la ligne à 400kV Cotentin-Maine qui doit évacuer la production de la future nouvelle tranche EPR de la centrale nucléaire de Flamanville, RTE décide de se doter, au travers de sa filiale Airtelis, de deux H225 pour réaliser une grande partie des travaux (levage des pylônes, déroulage des câbles) en vue de garantir le délai de réalisation de l'ouvrage.

Les H225 sont spécialement adaptés par Airbus pour répondre au besoin de RTE, par un allègement important et l'installation d'un optionnel " classe C " permettant de sécuriser le déroulage des câbles sur les pylônes.

Depuis ce chantier, RTE a continué de développer ses compétences dans le domaine de la construction des ouvrages et a associé les entreprises sous-traitantes de construction de ligne à haute-tension dans ses procédures opérationnelles.

Du fait de leur croissance régulière, les Services et Travaux Hélicoptés de RTE se sont dotés en 2017 de nouvelles installations tertiaires et industrielles sur le site de l'aéroport d'Avignon-Caumont avec une superficie au sol de 11.000 m²



Figure 2. Atelier de maintenance Part 145 à Avignon.
© Julien Botella.

LES SERVICES ET TRAVAUX HÉLIPTÉS (STH) DE RTE AUJOURD'HUI

Aujourd'hui STH, ce sont 90 personnes qui assurent les missions de :

- Opérateur de travail aérien;
- Bureau de navigabilité Part M agréé;
- Atelier de maintenance aéronautique Part 145 agréé;
- Bureau d'études AP-DOA Part 21J agréé;
- Préparateurs de travaux spécialisés dans la maintenance et la construction de lignes électriques.

Les activités de travail aérien réalisées par STH au service du réseau électrique sont les suivantes :

Maintenance préventive, surveillance du réseau :

Les principes de maintenance préventive de RTE prévoient que l'ensemble du réseau électrique soit survolé une fois par an en vue de la détection de défauts sur les câbles, isolateurs, pylônes, de proximités avec la végétation ou d'installations mises en places par des tiers à proximité des ouvrages pouvant engager leur sécurité. Les défauts constatés sont enregistrés directement durant la visite sur un ordinateur embarqué et géo-référencé en lien avec les bases de données patrimoniales de RTE (STC développé par la Part 21 de STH). Ces défauts constatés servent ensuite de " gisement " au plan de maintenance curative déployé par les équipes de maintenance de RTE. Une partie de ces défauts sera traitée en technique hélicoptée (voir ci-dessous). En complément, une visite en thermographie infrarouge est prévue tous les 3, 6 ou 9 ans selon l'importance des lignes électriques pour le réseau électrique. Là également, les outils associés (caméra, boule, hardware et software) ont été conçus par la Part 21 de STH. Ces visites sont réalisées en hiver, pour avoir le meilleur contraste possible (température extérieure faible, lignes chargées en intensité permettant un échauffement important des câbles) et une détection optimale des défauts éventuels. L'ensemble de cette activité représente environ 4000h de vol pour les hélicoptères de RTE, de type H125 (zones rurales ou montagneuses) ou H135 (zones urbaines). Les hélicoptères de surveillance interviennent depuis 6 bases réparties sur tout le territoire (Avignon, Auch, Albertville, Dijon, La Baule et Issy-les-Moulineaux).

Maintenance du réseau :

Les défauts constatés lors des visites de maintenance préventive sont analysés selon leur degré d'urgence et font ensuite l'objet du programme de maintenance des différents centres régionaux de RTE. Tous les défauts en " pleine portée " (c'est-à-dire non situés sur les pylônes ou les isolateurs) sont traités dans la mesure du possible en technique hélicoptée en " travaux nacelle " (voir photo). Les préparateurs de RTE-STH réalisent des préparations de chantier qui permettent de définir notamment si les interventions sont possibles en technique " travaux sous tension ", c'est-à-dire sans coupure de l'ouvrage, afin de préserver la robustesse du réseau et de limiter le risque de coupure du client final durant les opérations de maintenance. Des opérateurs spécialement formés des différents centres de maintenance régionaux de RTE viennent alors en renfort des équipes STH pour réaliser les réparations sur les câbles. Ce sont ces lignards spécialisés qui interviennent depuis les nacelles conçues par STH. Les opérations sont réalisées à partir d'un AS355N (ou AS332 pour des opérations plus lourdes) en garan-

tissant en permanence une performance monomoteur suffisante pour extraire la nacelle de la nappe de câbles en sécurité en cas de défaillance d'un des moteurs. Ces travaux représentent annuellement environ 500h de vol répartis en 40 semaines de travaux, et 2000 interventions ou réparations sur les câbles des lignes électriques. Un nouvel optionnel " travaux nacelles " est en cours de développement par STH en collaboration avec AHUK (Airbus Helicopters United Kingdom) sur base d'un H135 T3. Ce nouvel appareil remplacera prochainement l'AS355N en service depuis 20 ans.

Construction du réseau :

EDF puis RTE ont dans le passé régulièrement utilisé l'hélicoptère pour construire des lignes à haute-tension, notamment en milieu montagneux et parfois à l'aide d'hélicoptères lourds de location.

Mais depuis 2011, RTE a décidé d'internaliser et de développer cette compétence et d'utiliser régulièrement les Super Pumas de la flotte du groupe (2 H225 et un H215) pour construire les nouvelles lignes ou remplacer des pylônes sur des lignes existantes. Ainsi, chaque année, RTE-STH lève en moyenne 200 pylônes à haute-tension et déroule 500km de câbles électriques ou câbles de tirage, en collaboration avec les entreprises de construction du réseau électrique.

Lorsque leur masse le permet, les pylônes sont levés en un seul tronçon, les Super Pumas permettant de lever des charges allant jusqu'à 4t. Pour des pylônes de masse plus importante, ceux-ci sont découpés en tronçons qui sont " emboîtés " par l'hélicoptère les uns sur les autres.



Figure 3. Travaux de levage de pylônes par tronçons au H225. © Julien Botella.

Les services de RTE ont développé des kits d'emboitage qui permettent de s'affranchir de personnels dans les structures des pylônes pendant les phases d'emboitage, pour une sécurité optimale des opérations. Pour le déroulage, là également, des outils spécifiques ont été développés par RTE ou ses fournisseurs : optionnel " classe C " sur H225, poulies spéciales, freineuses de câbles au sol adaptées, freineuse de câble embarquée directement sous l'hélicoptère... Pour ce travail très spécifique, l'ensemble des compétences aéronautiques et des compétences de construction de lignes à haute tension ont été sollicitées pour développer des matériels et des procédures opérationnelles adaptées.



Figure 4. Travaux de déroulage de câbles au H225. © Julien Botella.

Drones :

RTE-STH est aujourd'hui également opérateur de drones. Drones " œil déporté " à voilures tournantes pour des inspections ponctuelles sur des pylônes évitant ainsi l'ascension d'un monteur et la consignation de la ligne électrique, et expérimentations sur des drones longue élévation équipés de capteurs divers (vidéo, LIDAR,...) pour la surveillance périodique linéaire du réseau, le challenge étant aujourd'hui d'exploiter automatiquement les fichiers de données enregistrés durant les vols.

La sécurité est évidemment la préoccupation première de RTE-STH dans ses opérations, d'autant qu'elles se déroulent dans des conditions où les risques sont présents mais clairement identifiés : vol à proximité des obstacles, parfois à proximité ou au contact de la tension électrique, classe C, etc... Dans le cadre de la réglementation EASA " Air Ops ", l'ensemble des procédures opérationnelles de RTE en matière de travaux hélicoptés s'appuie sur des analyses de risque détaillées qui permettent de définir si une opération est réalisable ou pas (renoncement si les critères de sécurité ne sont pas réunis), et dans le cas de réalisation, de garantir un niveau de sécurité maximal.

On s'aperçoit également que, contrairement aux idées reçues qui associent souvent hélicoptère et moyens

d'urgence (opérations EMS, SAR,...), les opérations menées par RTE sur son réseau sont presque exclusivement des opérations programmées et qui font l'objet pour chaque mission d'une préparation technique et aéronautique très en amont. Ainsi les opérations dites " d'urgence ", suite à avarie sur le réseau après un événement climatique par exemple, représentent une part très marginale des heures de vol de RTE-STH, et font en tout état de cause également l'objet d'une préparation et analyse de risque avant la mission.

AIRTELIS, POUR VALORISER LE SAVOIR-FAIRE DE STH HORS DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE FRANÇAIS

Depuis sa création en 2011, Airtelis, filiale de RTE, est chargée de valoriser le savoir-faire de RTE dans le domaine des travaux héliportés à l'extérieur de la " maison-mère ". À l'heure actuelle, Airtelis regroupe les forces commerciales en charge de vendre les compétences de RTE-STH à des clients externes, et les actifs dont l'utilisation peut être particulièrement intéressante pour d'autres opérations que celles dédiées au réseau, notamment les hélicoptères gros porteurs H225 et H215.



Airtelis commercialise des prestations organisées selon 4 lignes de produit :

1. Solutions héliportées :

Toute opération de travail aérien décrite dans le Manex (Manuel d'exploitation) de RTE-STH, notamment dans le " cœur de métier ", toute opération autour des réseaux électriques pour d'autres gestionnaires de réseau, en France (Enedis par exemple, gestionnaire du réseau de distribution moyenne et basse tension), ou à l'étranger : des opérations sur les réseaux belges, allemands, britanniques ont déjà été réalisées. Par ailleurs, Airtelis peut proposer des solutions de levage pour tout type de chantier (génie civil, bâtiment,...) grâce aux capacités de levage importantes de sa flotte de Super Pumas.

2. Prestations aéronautiques :

- Location d'hélicoptères : Airtelis peut mettre ses hélicoptères à la disposition d'autres opérateurs. Ainsi, par exemple, l'Armée de l'Air française loue à Airtelis un H225 pour offrir à ses équipages des heures de vol d'entraînement nécessaires à l'obtention ou au renouvellement des QT de ses pilotes.

- Maintenance aéronautique : Airtelis en s'appuyant sur la Part M et la Part 145 de RTE peut proposer à ses clients des prestations de maintenance aéronautique. Airtelis maintient par exemple une flotte de 21 H225 pour le compte de leurs propriétaires.

3. Organisations d'urgence :

Airtelis peut proposer des solutions pour interventions héliportées rapides dans un cadre prédéfini avec ses clients. Ainsi, Airtelis a contractualisé avec EDF une prestation de mise à disposition d'un hélicoptère gros porteur en configuration de levage en moins de 24h sur n'importe quel site de centrale nucléaire en France, 365 jours par an. Cette prestation nécessite l'organisation d'un service d'astreinte et la garantie de disponibilité permanente d'au moins un hélicoptère gros porteur tout au long de l'année. Airtelis a également un contrat de mise à disposition d'un hélicoptère gros porteur équipé en bombardier d'eau, avec équipage, à la Sécurité Civile sur sollicitation en J-1 de celle-ci.

4. Prestations intellectuelles :

Airtelis transmet son expertise au travers de missions de conseil, de formation, de l'ingénierie et des solutions intégrées d'un niveau d'exigence professionnelle élevé afin d'améliorer et consolider la compétence et la performance de ses clients. Le panel est très large et va par exemple de la formation des personnels au sol impliqués dans les opérations de travail aérien à la réalisation d'études complètes technico-économiques pour la réalisation d'un ouvrage électrique en technique héliportée. ■

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

VERS UNE AÉROSTATION MODERNE

EN FRANCE

par Gilles Joubert, membre de la Commission technique Aérodynamique, ingénieur responsable R&D chez A-NSE

Si les aérostats sont connus comme les premiers aéronefs ayant permis le vol humain, ils semblent aujourd'hui avoir disparu de la circulation. En effet, l'histoire des ballons et dirigeables reste jusqu'à ce jour associée aux Montgolfières, mais aussi et surtout aux grands Zeppelins des années 1930 dont les restes calcinés hantent encore tous les projets aérostatistiques plus récents.

Il est vrai que par principe de fonctionnement, les très grandes dimensions des aérostats les rendent plus sensibles aux risques météorologiques. En revanche la disponibilité d'un gaz sustentateur inerte (l'hélium) a considérablement réduit les risques d'emploi par rapport aux aérostats utilisant de l'hydrogène. Du point de vue de la sécurité matérielle comme des personnes, rien ne s'oppose aujourd'hui à la mise en service de nouveaux types d'aérostats dans le paysage aéronautique.

La société française Aero-Nautic Services & Engineering (A-NSE), basée dans le Var, est aujourd'hui et depuis plusieurs années spécialisée dans la conception, le développement et la commercialisation de système d'aérostats. Cette aventure technique, humaine et commerciale s'appuie sur un marché naissant mais bien réel, où les aérostats sont considérés comme une plate-forme extrêmement adaptée à la surveillance de très longue autonomie et à faible coût d'emploi. En particulier les ballons captifs reviennent ainsi au goût du jour et c'est ce type de machine qu'A-NSE développe actuellement.



Aérostat A-NSE types T-C3540 (courtoisie : A-NSE).



Aérostat A-NSE types T-C60 (courtoisie : A-NSE).

LES BALLONS CAPTIFS

Les ballons captifs sont connus pour avoir été mis en service de manière intensive par à peu près tous les belligérants lors de la 1^{ère} guerre mondiale, afin de permettre le réglage d'artillerie et l'observation des lignes ennemies. Moins connu est en revanche l'usage récent et important des ballons captifs par les forces armées terrestres US lors des campagnes d'Afghanistan et d'Irak. Les ballons captifs déployés ont permis la surveillance 24/24h des bases US. L'intérêt des ballons captifs n'est donc plus à démontrer ¹. Aujourd'hui de nombreux acteurs civils comme militaires y voient une plate-forme de surveillance aérienne incomparable. Il reste en revanche à intégrer ces systèmes dans le dispositif aéronautique existant, tout en poursuivant leur développement afin de les rendre moins sensibles aux variations météorologiques et aux hydrométéores, ainsi que pour en réduire les coûts de maintenance et de déploiement.

Les ballons captifs sont constitués d'enveloppes remplies d'hélium, gaz plus léger que l'air qui permet une sustentation sans vitesse de vent relatif. Une charge utile est suspendue ou attachée à l'enveloppe. L'enveloppe est retenue au sol par un câble. Outre la fonction mécanique de retenue, le câble est souvent de type ombilical et permet de plus une transmission de donnée et d'énergie.

Au sol, une station sol (ou station d'accueil) contient en général le treuil du câble de retenue, ainsi que divers systèmes de contrôle de vol. La station sol doit également permettre de retenir l'aérostat au sol lorsque celui-ci est posé. Pour ce faire, une mise en girouette est la plupart du temps effectuée, afin d'éviter qu'un vent latéral ne puisse exercer d'efforts démesurés sur l'enveloppe.

L'altitude de vol est comprise entre 150 m et 5000 m selon les aérostats. Les volumes varient de 30 m³ à plus de 12 000 m³. La particularité du ballon captif est de nécessiter une flottabilité fortement positive afin d'exercer une traction spécifique sur son câble. En effet, si un dirigeable va rechercher une flottabilité neutre pour "flotter entre deux eaux", l'aérostat doit pouvoir résister au vent et en général rester le moins éloigné possible de sa station sol. Cela se traduit par un dimensionnement du volume de gaz pour donner une flottabilité importante au regard de la masse de charge utile embarquée. Enfin, la durée de vol est contrainte par deux paramètres : le taux de fuite de l'enveloppe, qui laisse toujours échapper plus ou moins de gaz, et les conditions météorologiques. En pratique, cela signifie que des vols pouvant durer plusieurs semaines, voire mois sont possibles. Cette caractéristique de vol suscite donc un fort intérêt pour des applications de type surveillance optique ou électronique.

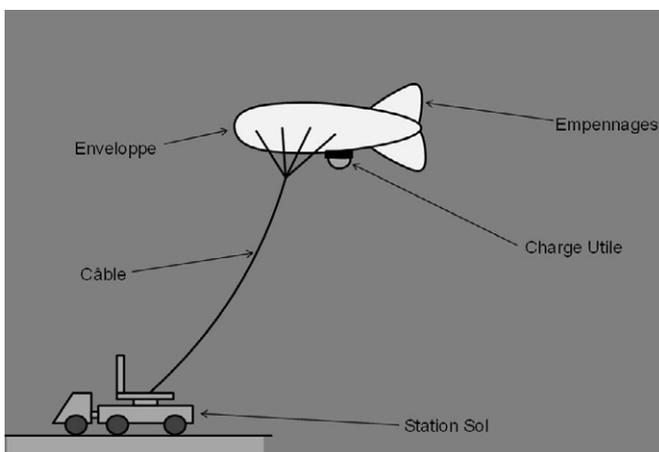


Schéma du système Ballon Captif.

PROBLÉMATIQUES DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

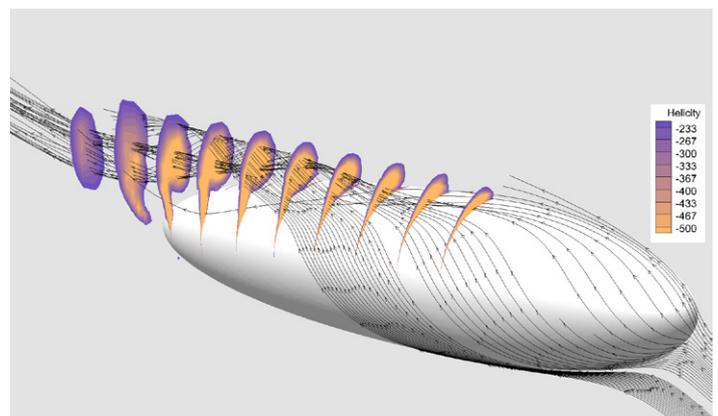
Une liste non exhaustive des points concernés par la R&D aujourd'hui dans ce domaine comporte notamment : les lois et principes de dimensionnement, l'aérodynamique, l'étanchéité, l'automatisation des phases de vol...

Le processus de dimensionnement d'un ballon captif est complexe, dépend de multiples paramètres parfois en interaction les uns avec les autres. On peut noter par exemple que le câble de retenue à choisir dépend de l'effort maximal exercé par le ballon. Or le volume du ballon à

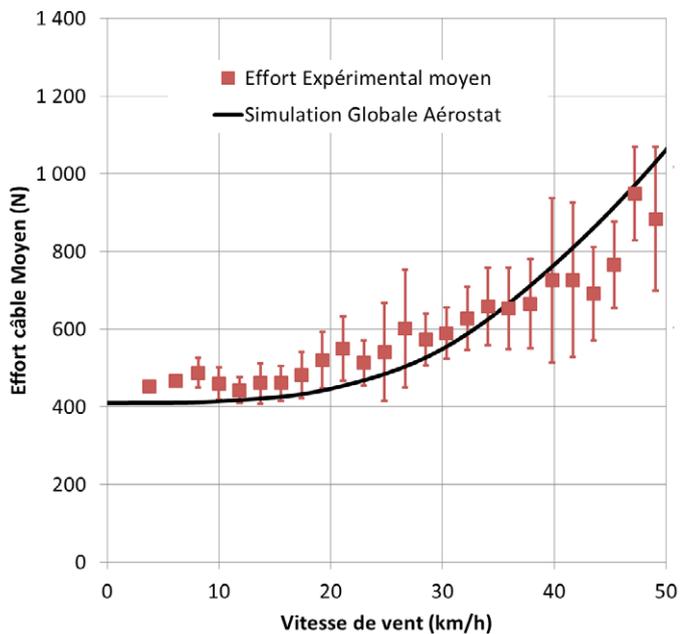
choisir et donc les efforts aérodynamiques, dépendent de la masse du câble pour respecter un critère de tension minimale au sol.

Et comme un câble plus solide est aussi plus lourd, le processus est interdépendant. Il est donc résolu de manière itérative. Ce processus itératif suppose la constitution de bases de données adaptées au problème : les différents câbles de retenue possibles, les données aérodynamiques dimensionnées pour différentes formes d'enveloppes, la masse du système volant en fonction de son volume. Ces données sont très spécifiques aux technologies d'aérostat et c'est là qu'A-NSE a développé un savoir-faire particulier. Le travail d'enrichissement et de complétude de ces données constitue un travail R&D de long terme qui reste d'actualité.

Les efforts sur le câble constituent donc un point significatif dans le processus de dimensionnement. Ces efforts sont directement induits par l'aérodynamique de l'aérostat captif, l'ensemble des efforts étant retransmis au câble de retenue. Pour évaluer les efforts aérodynamiques, les essais en soufflerie sont complexes à mettre en œuvre du fait du très haut Reynolds et du faible Mach de l'écoulement (typiquement : $Ma = 0,02$ et $Re = 5 \cdot 10^6$), et de telles mesures nécessitent donc de très grandes maquettes. L'alternative consiste à mettre en œuvre des simulations numériques de type CFD. Les méthodes RANS sont utilisées², et la relative rapidité d'obtention des résultats permet l'exploration de paramètres et la détermination de coefficients de portance, traînée et moment utilisables pour une modélisation globale statique. Comme A-NSE dispose de ballons pour des essais en vol, une validation globale est possible en utilisant les données de vol, qui sont alors comparées avec succès à celles du modèle élaboré. Enfin, différents cas de figure aérodynamique complexes (effets de sol, effet d'un gradient vertical de vent, etc.) sont encore à étudier et constituent des cas de calcul CFD non triviaux du point de vue numérique et de la modélisation.



Calcul CFD d'enveloppe d'Aérostat.



Validation de modèle d'Aérostation au moyen d'essais en vol (courtoisie : A-NSE).

L'enveloppe constitue l'élément technique principal d'un aérostation. Elle doit répondre aux besoins de quatre fonctions principales : une masse faible, une tenue mécanique, une protection contre l'environnement, et une certaine étanchéité. Comme souvent dans le domaine aéronautique un compromis est nécessaire car les fonctions à remplir sont contradictoires. En particulier, une très grande étanchéité n'est pas compatible avec une masse faible car l'hélium employé comme gaz sustentateur est très fin. Le phénomène de perméation apparaît, l'hélium migrant à travers la matière pour s'échapper. Comme c'est la pression partielle des gaz qui pilote ce phénomène, on observe aussi l'intrusion d'O₂ et de N₂ dans l'enveloppe. L'étanchéité de l'enveloppe est une problématique qui impacte donc l'autonomie du système à court terme (il faut remettre du gaz dans l'enveloppe) et à long terme (au bout d'un temps plus long, le gaz est pollué et doit être remplacé ou purifié !). Il est donc nécessaire de travailler sur les matériaux d'enveloppe pour améliorer le compromis et obtenir des dimensionnement de ballons plus petits et moins chers à l'acquisition comme à l'usage. Suite à différents programmes de recherche³ et plusieurs cycles de R&D, A-NSE dispose de matériaux de très haute performance à faible taux de fuite et à faible masse.

Le mode opératoire des ballons captifs nécessite jusqu'à aujourd'hui un grand nombre d'opérateurs. En effet, les très grandes dimensions de ce type d'aéronef le rendent complexe à faire décoller et atterrir. Les efforts générés par le vent peuvent être extrêmement importants et mettre en danger les personnes et le matériel. A-NSE recherche donc les moyens d'automatiser les phases les plus cruciales du décollage et d'atterrissage. Ce travail passe par la modélisation de la dynamique de vol des ballons captifs, qui est complexe et complètement différente de ce qui a été développé pour le cas des avions. Il s'agit en effet d'un système captif pendulaire soumis à une inertie de fluide déplacé (cas de "masse ajoutée") et à des variations de portance du fait des changements de niveau de vol et de conditions météorologiques. Ce travail de modélisation permettra à terme de proposer des stratégies d'autonomisation de vol des ballons captifs. Il pourra être validé au moyen des résultats d'essais en vol passés et à venir.

Références

- ¹ Le lecteur pourra utilement consulter le site web : <https://www.cbp.gov/frontline/frontline-november-aerostats>
- ² *Open Source CFD code assessment for lighter-than-air Aerodynamic flow simulations*, Gilles Joubert & Jean-François Le Roy, 52nd 3AF International Conference on Applied Aerodynamics, 27 – 29 March 2017, Lyon – France
- ³ Notamment le projet de type FUI Neptune (en coopération sur ce point avec le laboratoire PIMM des Arts et métiers) ■

FORMATION ET CARRIÈRES

INTERVIEW DE PASCAL BIDAN, DIRECTEUR DÉLÉGUÉ DE L'ESTACA

Par Jean-Pierre Sanfourche, Chargé de Mission à l'Association Aéronautique et Astronautique de France (3AF)



*Pascal Bidan,
directeur délégué de l'ESTACA-ISAE*

Ingénieur de l'École Centrale Paris, Pascal BIDAN a un double parcours d'ingénieur (Airbus, Alstom) et d'enseignant (ECE, ECP, CentraleSupélec). Depuis avril 2015, il est directeur délégué de l'ESTACA, école d'ingénieurs spécialisée dans les transports (aéronautique, automobile, ferroviaire) et nous parle plus particulièrement de la filière Aéronautique et Spatiale de l'ESTACA.

Jean-Pierre Sanfourche : Quelles grandes améliorations les nouvelles installations de l'ESTACA sur le campus Paris-Saclay apportent-elles par rapport au site précédent de Clichy-Levallois ?

Pascal Bidan – Nous avons un besoin évident d'extension de nos surfaces pour être en mesure de faire entrer l'ESTACA dans le 21^e siècle. Le nombre d'élèves ingénieurs augmente régulièrement au rythme de + 10% par an depuis 2015 et cette tendance va bien évidemment se poursuivre, voire s'amplifier. Ainsi au total sommes-nous passés de 5.000 m² à 15.000 m² entre Levallois et ici à Saint-Quentin-en-Yvelines / Montigny-le-Bretonneux.

Situé sur le territoire de l'Université Paris-Saclay, l'établissement ESTACA travaille avec l'un des écosystèmes académiques et scientifiques les plus riches de France, composé d'entreprises et d'instituts de recherche de premier plan. Par ailleurs la haute qualité de sa conception environnementale doit être soulignée.



Vue générale du bâtiment de l'ESTACA, implantée depuis 2015 à Montigny-le-Bretonneux (Paris-Saclay).

JPS : Quelles sont les complémentarités entre le Campus Paris-Saclay et le campus Ouest de Laval ?

PB – Situé dans le Parc Universitaire Laval-Changé (département de la Mayenne), ESTACA Campus Ouest avait été inauguré en 2005. Cela correspondait à un souci d'extension et de décentralisation. Ce campus offre les mêmes enseignements que Paris-Saclay : la sélection des candidats est la même, les examens sont organisés simultanément, de nombreux enseignants se déplacent de l'un à l'autre et les cours sont partagés par visioconférence. Au total plus de 2000 étudiants sont répartis sur les deux sites.



Vue générale du bâtiment ESTACA Campus Ouest implanté à Laval-Changé (Mayenne).

JPS – Quelle est la physionomie générale de la nouvelle promotion qui a intégré l'ESTACA en septembre dernier ? Les élèves proviennent-ils tous de la préparation intégrée post-bac ?

PB – Nous avons accueilli en septembre dernier 400 élèves en préparation intégrée post-bac : 94% provenaient de Terminale S et 6% de Terminale Sciences et Techniques de l'Ingénieur, près de 80% avaient obtenu leur baccalauréat avec mention B ou TB : c'est dire l'excellent niveau de nos étudiants. Notons qu'en parallèle, nous admettons des élèves issus de classe préparatoire en 3^e année via le concours E3a, 63 élèves provenaient de Math Spé 3/2.



La séance de cours “ en face à face ” s’articule dans un premier temps autour d’un échange entre enseignant et élèves avec un focus sur les difficultés de compréhension rencontrées.

JPS – Quelles sont à présent les différentes filières qui s’offrent aux élèves ? En particulier existe-t-il une filière spécifiquement Espace ?

PB – L’ESTACA permet d’accéder à l’une des quatre spécialisations “ Transport ” suivantes : Automobile, Transports Guidés, Aéronautique, Spatial. Mais la spécialisation définitive dans le Spatial n’intervient qu’en 4^e année.

Les études se déroulent sur 5 ans :

- **Année 1** : Bases Scientifiques et Sciences Humaines – Initiation aux Transports : Automobile Transports Guidés (Systèmes Ferroviaires) – Aéronautique et Spatial ; ces trois initiations sont menées simultanément. Les élèves choisissent leur future spécialisation en fin de première année. Je précise que ce choix est fondé non pas sur des critères de réussite à caractère scolaire mais sur le degré de motivation. Ici à l’ESTACA nous privilégions la notion de “ passion ” !
- **Année 2** : Bases Scientifiques – Sciences de l’Ingénieur – Sciences Humaines – Choix et commencement des études de l’un des trois systèmes de transport suivants : Automobile – Transports Guidés ou Aéronautique/Spatial ;
- **Année 3** : Tronc Commun Scientifique et Culture de l’Ingénieur – Continuation de la spécialisation Automobile, Transports Guidés ou Aéronautique/Espace ;
- **Année 4** : Tronc Commun Scientifique et culture de l’Ingénieur – Approfondissement de l’une des quatre spécialisations suivantes : Automobile – Transports Guidés – Aéronautique – Spatial (voici la réponse à votre question) ;
- **Année 5** : Stage de fin d’études (6 mois) et choix d’une spécialisation au sein de chaque filière : par exemple pour l’Aéronautique : Architecture et structures ou Intégration des systèmes propulsifs à bord ou avionique & commande de vol ou exploitation & Maintenance, Systèmes embarqués, etc. il en va de même au sein des filières Automobile, Transports Guidés, ou Spatial.

A noter : un Immersion facultative en Entreprise (12 mois) est possible entre la 4^e et la 5^e année.

Permettez-moi de revenir un instant sur cette éthique de la “ passion ” : nous attachons naturellement le plus

grand prix à la compétence scientifique et technologique mais ce que nous voulons en outre favoriser au maximum c’est la passion du métier, condition *sine qua non* pour développer l’esprit d’innovation ! J’ajoute que pour aller dans le sens du développement de cet esprit d’innovation, notre pédagogie, fortement active et interactive est orientée “ Projet ”. Les élèves sont mis face à des problématiques concrètes leur permettant d’acquérir des compétences complémentaires d’ordre organisationnelles, méthodologiques et managériales.

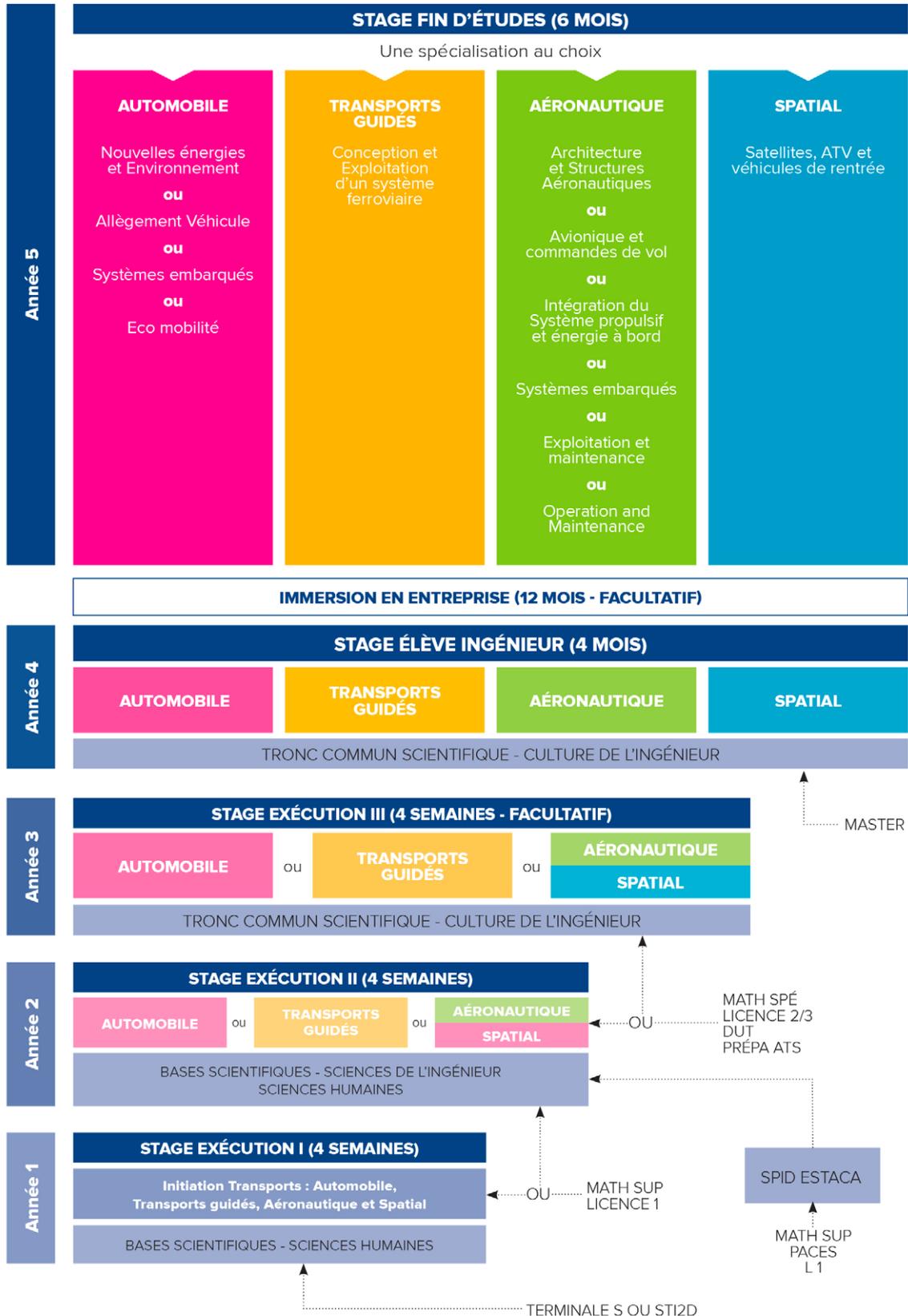
Ces mises en situation peuvent prendre plusieurs formes : projet d’initiation à la recherche appliquée, projet industriel, challenge, projet d’innovation... Par ailleurs nous avons développé la pédagogie inversée, le principe est de demander à chaque élève de préparer les cours en amont à l’aide de supports divers (polycopiés, vidéos, lectures conseillées, supports accessibles sur via la plateforme de *e-learning Openschool*). Ensuite, la séance de cours en face à face s’articule dans un premier temps autour d’un échange entre enseignant et élèves avec un focus sur les difficultés de compréhension rencontrées. Nous avons aussi développé les “ espaces collaboratifs ” où les étudiants peuvent se retrouver pour travailler en groupe (salle de projet, *Fab Lab* et espaces dédiés aux projets associatifs)

JPS – Parmi les grandes innovations de cette rentrée est l’association de l’ESTACA à CentraleSupélec d’une part et à Centrale Casablanca d’autre part :

- **La première rentrée d’élèves de 5^e année en septembre dernier s’est-elle déroulée conformément à vos attentes ?**
- **Je souhaiterais avoir quelques précisions sur les grandes lignes de chacun des quatre cursus de spécialisation : (i) mécanique, aéronautique et espace – (ii) automatique pour la transition énergétique – (iii) énergie – (iv) génie industriel. Plus particulièrement les cursus (ii), (iii) et (iv).**

PB – Depuis la rentrée 2017, les étudiants de l’ESTACA peuvent obtenir un double diplôme ESTACA-CentraleSupélec ou ESTACA-Centrale Casablanca dans le cadre de leur cursus d’ingénieur.

L'ORGANISATION DU CURSUS INGÉNIEUR



Les étudiants sélectionnés peuvent se porter candidats au cours de leur 4^{ème} année, à l'un des diplômes de spécialisation proposés par les Écoles Centrales sur les campus de Gif-sur-Yvette, Rennes ou Casablanca.

Ainsi s'agit-il d'un nouveau parcours d'excellence dans l'offre de formation de l'ESTACA, qui est bien complémentaire au parcours que nous offrons depuis de nombreuses années aux étudiants de l'ESTACA avec les autres écoles du Groupe ISAE, et notamment ISAE-SUPAERO et ISAE-ENSMA. Cette mobilité au sein du Groupe ISAE fonctionne bien, et nous souhaitons la poursuivre et l'intensifier dans le cadre du nouveau Groupe ISAE qui a été annoncé en janvier 2018.

C'est en avril 2017 que nous avons signé une convention de partenariat prévoyant la création d'un parcours bi-diplômant. Ce partenariat offre la possibilité aux élèves des étudiants des filières Automobile, Ferroviaire et Aéronautique de suivre leur 5^{ème} année sur les campus de CentraleSupélec ou de Centrale Casablanca et d'obtenir un diplôme de spécialisation de l'une de ces deux écoles.

À la rentrée de septembre 2017, un étudiant ESTACA a rejoint la spécialisation Génie Industriel à Centrale Casablanca.

1. Trois autres spécialisations seront ouvertes aux étudiants ESTACA pour la rentrée de septembre 2018, :

- Mécanique, Aéronautique et Espace à CentraleSupélec ;
- Automatique pour la transition énergétique à Centrale-Supélec ;
- Énergie à Centrale Casablanca ;

JPS – Autre grande innovation : la mise en place de deux Mastères Spécialisés ® 100% en Anglais – Aeronautical Operations & Maintenance et Embedded Lighting Systems : comment cette création se met-elle en place ?

PB – Pour répondre aux besoins de l'industrie des transports qui recherche des ingénieurs maîtrisant des techniques de plus en plus complexes, l'ESTACA a pris l'initiative de développer des Mastères Spécialisés (MS) (R) : d'une part *Aeronautical Operations & Maintenance*, d'autre part *Embedded Lighting Systems*. Ces formations de niveau Bac+6 ont pour objectif de permettre à des étudiants en fin de cursus ou à de jeunes professionnels d'accéder à un niveau d'expertise dans des domaines où des profils pointus sont recherchés par les entreprises et peu abordés dans l'enseignement supérieur public. Le mastère ELS a été créé en partenariat avec l'Institut d'Optique et Strate, École de Design dans le cadre d'une chaire soutenue par les industriels.

JPS – Pourriez-vous nous dire quelques mots sur la nouvelle soufflerie subsonique d'ESTACA Paris-Saclay ?

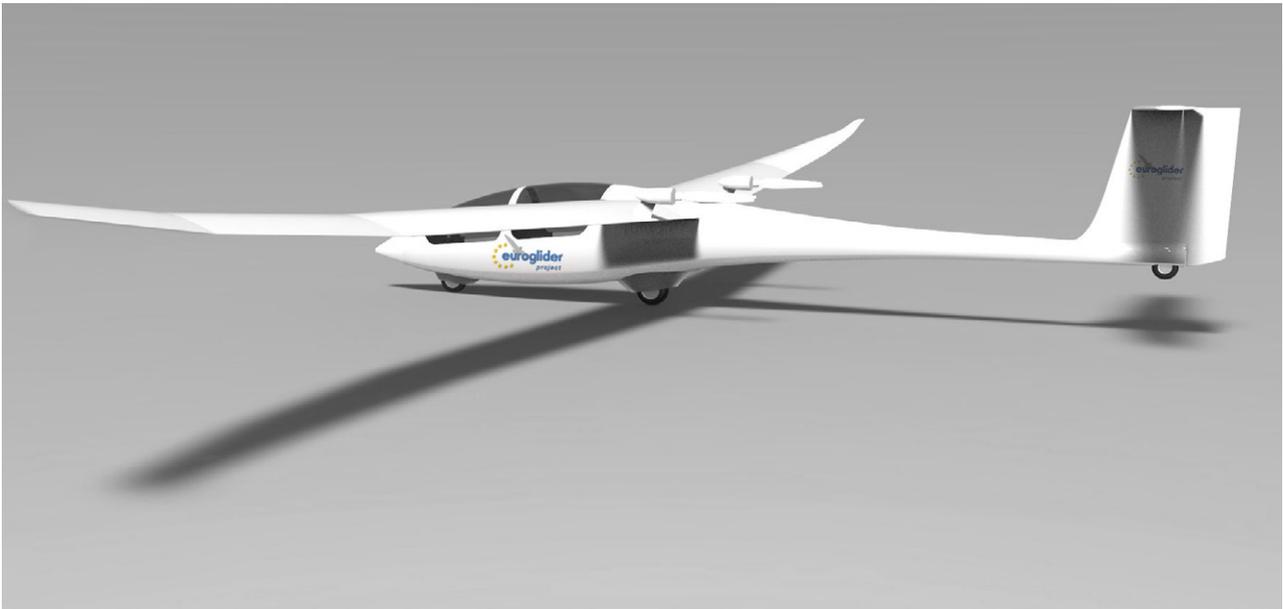
PB – Il s'agit d'une soufflerie subsonique 230 km/h essentiellement conçue pour la formation en aérodynamique et la conduite de Travaux Pratiques. Elle sert également à conduire des recherches relatives à l'automobile et au ferroviaire et notamment des recherches sur la qualité de l'air : modélisation des trajectoires de particules dans les tunnels par exemple. La pollution atmosphérique constitue un thème prioritaire de R&D !



La soufflerie subsonique de l'ESTACA.

JPS – L'ESTACA est membre du Groupe ISAE : quels bénéfices cette institution apporte-t-elle à votre enseignement ?

PB – ISAE constitue une organisation tout à fait importante, créée en 2011, pour le développement et la modernisation de notre enseignement. Le Groupe ISAE (Institut Supérieur Aéronautique et Spatial) constitue en effet une communauté scientifique, technique et pédagogique reconnue, rassemblant des étudiants de ISAE-SUPAERO, ISAE-ENSMA, ESTACA, SUPMECA et École de l'air qui partagent des valeurs communes d'ouverture et d'innovation. L'ESTACA met un point d'honneur à apporter sa meilleure contribution au fonctionnement du Groupe ISAE et tout particulièrement au déroulement de la " Semaine de Mobilité " qui permet aux étudiants de toutes les écoles de suivre ensemble des séminaires. Nos élèves travaillent aussi sur des projets communs, par exemple la conception d'un planeur biplace à propulsion électrique dans le cadre d'Euroglider. Nos enseignants-chercheurs travaillent aussi ensemble sur des thématiques de R&D.



Euroglider : le premier planeur biplace à propulsion électrique est conçu avec les étudiants du Groupe ISAE. Il s'agit d'un planeur de formation et d'entraînement. Ce projet est un partenariat de coopération qui rassemble l'Association européenne pour le développement du vol à voile (AEDEVV), Dassault Aviation et le Groupe ISAE.



JPS – L'ESTACA fait-elle partie du réseau européen PEGASUS ? Quels sont les projets d'ESTACA en matière d' "européanisation" ?

PB – L'ESTACA s'est portée candidate à l'entrée dans le réseau PEGASUS (Partnership of a European Group of Aeronautics and Space Universities) en octobre 2017, la réponse est attendue au premier semestre 2018. A l'évidence nous devons favoriser tout ce qui va dans le sens de l'européanisation !

JPS – En conclusion de notre entretien, quels sont les trois objectifs prioritaires que vous vous fixez pour l'année 2018 ?

- PB – Voici ces trois objectifs prioritaires :**
- 1. Développer l'excellence académique** en répondant toujours davantage aux compétences attendues par les industriels, en développant l'individualisation des parcours et l'internationalisation de l'École. Cela passe par le Recrutement d'enseignants, provenant de l'industrie aéronautique
 - 2. Renforcer notre notoriété** en valorisant mieux la recherche, en développant notre intégration au sein de groupe comme ISAE et en étudiant les opportunités de croissance.
 - 3. Anticiper et préparer l'avenir** en développant nos ressources à travers le Fundraising, le développement de partenariats entreprises, etc. ■

VIE DE LA 3AF

RÉUNION ANNUELLE DES GROUPES RÉGIONAUX

par Bernard Vivier, coordonnateur des Groupes Régionaux

C'est un rendez-vous devenu indispensable depuis plusieurs années : la réunion annuelle des présidents de Groupes régionaux s'est tenue les 14 et 15 février 2018.

Cette année, la réunion a eu lieu à Toulouse, l'organisation de cette rencontre étant prise en charge par le Groupe Midi-Pyrénées et Safran Toulouse ayant fort aimablement mis à notre disposition ses moyens d'accueil et de réunion. Les présidents de dix Groupes en activité, sur onze, étaient présents ou représentés, ce qui a permis une discussion large sur la plupart des sujets. La diversité des Groupes, notamment du fait de leur taille ou de l'environnement industriel ou académique de leur implantation conduit à des modalités d'action adaptées. Le partage d'expérience est donc particulièrement utile et enrichissant pour tous.

Ce fut également l'occasion pour le président du Groupe " Hauts de France " tout nouvellement créé, Eric Deletombe, de faire la connaissance de ses homologues et de mieux prendre conscience des actions menées sur l'ensemble du territoire.

Parmi les thèmes débattus, on retiendra plus particulièrement :

- Une réflexion sur la manière de mieux décliner, au plan local, les accords de partenariat signés au niveau national et de créer un environnement favorable à l'arrivée de nouveaux membres;
- Le relais local de l'objectif " un nouvel adhérent par membre ", avec un effort particulier à porter en faveur de l'adhésion des " jeunes retraités " auxquels les Groupes peuvent offrir une adhésion temporaire;
- Un recensement des TPE et start-up de haute technologie susceptibles de trouver dans la 3AF un relais de notoriété, tout en venant enrichir nos réflexions et nos travaux;
- Une participation des Groupes à l'action entreprise par la 3AF sur les réseaux sociaux, notamment en incitant les membres actifs sur le réseau LinkedIn à mentionner leur appartenance à notre association;
- Une relance des actions menées dans le cadre Wikipedia, qui assure aussi une bonne visibilité.

La réunion était présidée par le président Michel Scheller, accompagné d'Anne Venables et d'Elisabeth Dallo. Le président a souligné l'intérêt de ces réunions et leur densité. ■

VIE DU GROUPE PROVENCE

par Louis Fabre, président du Groupe Régional Provence

L'année 2017 a été riche pour le groupe Provence. En effet grâce à la pérennisation du partenariat et des collaborations mises en place les années précédentes, nous avons fixé le format d'une année type de conférences:

- Avec l'Académie d'Aix-Marseille : 3 conférences et un forum pour les élèves et étudiants ayant réussi aux épreuves du BIA (Brevet d'Initiation à L'Aéronautique);
- Avec le chapitre Marseillais de l'amicale ISAE-SUPAERO / ENSICA : 2 conférences;
- Avec le musée de l'Aviation de Saint-Victoret : 2 conférences.

Cet article donne la parole à ces partenaires afin de présenter leur collaboration avec le groupe Provence. L'objectif de notre société étant de mettre en relation des passionnés, des spécialistes et des experts de l'aéronautique et de l'astronautique, le développement de ces diverses collaborations, précieuses pour notre rayonnement, répond à cet objectif. Ainsi en 2018 pour continuerons les actions de développement de notre réseau en particulier avec l'Institut de Formation Universitaire et de Recherche du Transport Aérien de l'Université d'Aix-Marseille.

1) PARTENARIAT AVEC L'ACADÉMIE D'AIX-MARSEILLE par Laurent Renaux



Laurent Renaux, directeur opérationnel du campus des métiers et des qualifications " Henri Fabre ", Industrie du futur en PACA, coordonnateur du Comité d'Initiation à la Recherche Aéronautique et Spatiale (CIRAS) pour l'académie Aix-Marseille.

Le 31 mai 2017, l'Académie d'Aix-Marseille et la 3AF ont signé une convention de partenariat dans le cadre prestigieux du grand amphithéâtre Marin-La-Meslée de l'École de l'air. Cette convention permet de formaliser les relations tissées depuis quelques années avec l'Ingénieur

Pour l'École d'Airbus Helicopters sur deux axes :

- l'invitation des enseignants aux conférences du groupe Provence;
- la participation du groupe aux forums étudiants.

Les conférences de la 3AF contribuent à une meilleure connaissance du monde professionnel, des métiers et des technologies du milieu aéronautique et spatial. Elles permettent aussi d'appréhender la réalité de l'univers des métiers, leurs modalités de mise en œuvre ainsi que certains métiers méconnus des enseignants. Cette approche contribue à consolider et à élargir la culture générale, participe à l'éducation ainsi qu'à l'orientation et doit favoriser la sensibilisation au monde socioéconomique et professionnel. Nous avons ainsi bâti un cycle de conférences pluri-annuel :

- Aéronautique et développement durable;
- Aéronautique et innovation technologique;
- Aéronautique et industrie du futur.

La 3AF intervient aussi dans l'organisation du pôle "industrie" du forum annuel du BIA, grâce à son réseau d'entreprises. Ainsi deux forums ont eu lieu en 2017, celui de la semaine aéronautique d'Avignon et celui de Saint-Auban / Châteaux-Arnoux. L'année 2018 sera marquée par l'entrée du groupe Provence dans le CIRAS (Comité d'Initiation Régional à l'Aéronautique et au Spatial) de l'Académie.



Claude Garnier représentant Bernard Beignier, recteur de l'Académie d'Aix-Marseille, et Louis Fabre représentant Michel Scheller, président de la 3AF, lors de la signature de la convention.

2) PARTENARIAT AVEC LE MUSÉE DE L'AVIATION DE SAINT-VICTORET

par Patrick Dupuy, président du Musée de l'Aviation de Saint-Victoret.



Patrick Dupuy.

Le musée de l'aviation de la ville de Saint-Victoret et le groupe Provence de la 3AF travaillent ensemble depuis 2015. Depuis cette date nous avons accueilli une assemblée générale, une visite et nous mettons régulièrement notre auditorium à la disposition des conférences du groupe Provence. Ainsi en 2017, le musée et la 3AF ont organisé une conférence sur "l'aviation pendant la grande guerre".

Le musée et le groupe Provence s'invitent régulièrement aux événements qu'ils organisent : en 2017 nous avons invité le groupe Provence au transfert du démonstrateur d'hélicoptère hybride X3 depuis le musée du Bourget, à la cérémonie des 50 ans de l'hélicoptère Gazelle.

Le groupe Provence nous invite régulièrement dans les forums auxquels il participe, le premier a été le forum de Salon-de-Provence en 2016, le forum de Saint-Auban en 2016 et l'Avignon Air Show 2017.



Vue du musée de Saint-Victoret.

Pour 2018 le musée et la mairie de Saint-Victoret mettent leurs locaux à disposition de la 3AF pour 2 conférences : “ La recherche de l'épave du P38 de Saint Exupéry ” et “ L'Aviation à l'issue de la grande guerre ”.

3) PARTENARIAT AVEC LE CHAPITRE MARSEILLAIS DE L'AMICALE ISAE-SUPAERO / ENSICA
par **Marc Allongue**, président du chapitre Marseillais de l'amicale ISAE-SUPAERO / ENSICA



Marc Allongue

Dans le cadre des actions de dynamisation du réseau des anciens élèves ISAE – SUPAERO / ENSICA de la région Marseillaise j'ai proposé à Louis Fabre de mettre en place une collaboration entre nos deux groupes. En effet plusieurs membres du chapitre des anciens élèves étant aussi membres de la 3AF, une telle collaboration m'a semblé naturelle. Nous sommes convenus d'organiser deux conférences et/ou visite par an conduites par des anciens élèves ISAE-SUPAERO / ENSICA. L'organisation des conférences incombant à tour de rôle à l'une et à l'autre des associations.

La première conférence “ Les perspectives 2050 pour le transport civil de passagers par voilure tournante ”, qui a eu lieu en janvier 2017, a été proposée par Gilles Arnaud, ancien élève de SUPAERO et alors vice-président de la Commission technique Hélicoptères de la 3AF.

La seconde conférence “ Quelles Perspectives pour ARIANE au-delà d'Ariane 6 ? ” a eu lieu à l'École de l'air et a été donnée par Shahrzad Larger ancienne élève de SUPAERO.

Cette collaboration, profitable pour nos deux associations, se poursuivra en 2018 avec une conférence/visite sur “ l'aménagement intérieurs des hélicoptères VIP ” et une conférence “ La navigation des hélicoptères en environnement complexe ”. ■



L'amphithéâtre de l'École de l'air était comble pour la conférence ARIANE 6.

VIE DE LA 3AF

CRÉATION D'UNE COMMISSION COMPÉTENCES ET FORMATION

par Philippe Boulan, membre 3AF, président de la Commission Compétences et Formation



Titulaire d'une maîtrise es Sciences Economiques obtenue en 1975 à l'université Paris 2 Panthéon-Assas. Après une première expérience de Responsable d'un cabinet de recrutement durant 4 ans, Philippe BOULAN rejoint le groupe Snecma en 1979 chez Hispano-Suiza. Sa carrière se déroulera ensuite dans le groupe ou pendant 38 ans, il consacrera ses activités au développement des Ressources Humaines et du dialogue social du groupe Safran et de son environnement.

Les principales responsabilités que Philippe a successivement occupées au sein du groupe ont été la Direction des Relations Sociales d'Hispano-Suiza, la Direction de l'établissement Snecma de Gennevilliers, la Direction des Relations Sociales du groupe Snecma, la Direction des Ressources Humaines de Snecma-Moteurs, de Turboméca, puis d'Herakles.

Il occupait jusqu'au 31 décembre dernier le poste de Directeur de la Formation et de l'université du Groupe Safran. Particulièrement concerné par les questions de formation, Philippe a collaboré ou initié de nombreuses actions avec l'environnement, la région Aquitaine, et notamment avec l'Union des industries et métiers de la métallurgie (UIMM) où il a été Président du Centre de Formation d'Apprentis (CFA) UIMM Adour.

Philippe Boulan est Chevalier de la Légion d'honneur.

Il y a plus de 70 ans des cadres et techniciens passionnés d'Aéronautique s'unissaient pour créer l'Association Française des Ingénieurs et Techniciens de l'Aéronautique (AFITA), base de la 3AF. Il s'agissait ainsi de soutenir le renouveau de l'aéronautique française pour renouer avec l'excellence technique, marque de notre industrie d'avant-guerre.

C'est dans ces termes de notre livret d'accueil qu'aujourd'hui débute la présentation de 3AF aux nouveaux adhérents.

La Passion, L'excellence, le goût du défi, autant de valeurs qui ont permis à la filière aéronautique et spatiale française d'occuper une position majeure en Europe et dans le monde, autant de valeurs particulièrement portées par les membres de la 3AF.

Aujourd'hui, avec plus de 25 groupes et commissions scientifiques et techniques ces derniers poursuivent toujours, avec passion, le même objectif : **Démontrer et soutenir l'excellence des compétences aéronautiques et spatiales françaises.**

Or, dans un monde scientifique, industriel, commercial en évolution globale, rapide, " disruptive " la question des savoirs, des compétences individuelles et collectives, des processus de transmission et d'acquisition des connaissances prend une nouvelle dimension.

Ainsi pour l'industrie aéronautique française, confrontée frontalement à ces multiples évolutions, la capacité à trouver des réponses adaptées au maintien et au développement de l'excellence des compétences de la filière est un enjeu majeur pour l'avenir.

Conformément à sa vocation, la 3 AF en développant ses réflexions et actions Ressources Humaines peut contribuer à élaborer des réponses originales et approfondies, et renforcer les synergies entre les différentes parties prenantes. De nombreuses actions ont été menées au sein de la 3AF, seules ou en partenariat, il s'agit de poursuivre dans cette voie.

À cet effet une nouvelle commission technique est créée : COMPÉTENCES et FORMATION. Elle devrait, avec la même exigence d'expertise, utilement compléter le dispositif actuel des commissions techniques, principalement scientifiques, et des groupes régionaux, et profiter de ce dispositif pour alimenter une réflexion de qualité sur les compétences attendues par notre industrie.

Les thèmes restent à approfondir. Ce sera le premier travail de cette commission.

En effet beaucoup de travaux sont réalisés dans ce domaine par de nombreux acteurs dans de nombreuses directions. Il en ressort souvent une impression de dispersion. A nous donc d'identifier là où réside la vraie valeur ajoutée.

Des questions simples et récurrentes se posent. Elles pourraient alimenter les premiers débats:

- L'attractivité des métiers scientifiques et techniques ;
- Le maintien et le renforcement des compétences de base de nos ingénieurs et techniciens;
- Les parcours de formation pluridisciplinaires, les nouvelles formes d'apprentissage...

Les sujets ne manquent pas.

C'est avec plaisir que je prends la direction de cette Commission de la 3AF et remercie le Conseil d'Administration de sa confiance.

Dès à présent ont accepté de faire partie de cette commission :

- Michel Eymard, directeur Recherche et Développement, Safran SA;
- Jacques Brochet, directeur du savoir technique, Safran SA;
- Eric Maïni, Directeur d'EUROSAE;
- Gérard Laruelle, 3AF;
- Robert Lafontan, Airbus;
- Julien Henry, Dassault Aviation;
- Joël Mendez, délégué général de l'Union des industries et métiers de la métallurgie Adour ;
- Caroline Valade-Escande, rectorat région Aquitaine.

Je fais appel à tous ceux qui souhaitent nous rejoindre pour participer à nos travaux et contribuer au développement des Ressources Humaines d'une filière française qui compte près de 190 000 personnes et recrute de l'ordre de 10 000 nouveaux collaborateurs chaque année. La commission prévoit de démarrer ses travaux avant la fin du premier semestre 2018. ■

JOURNÉE 3AF – COMMISSIONS TECHNIQUES MATÉRIAUX ET STRUCTURES : ASSEMBLAGES INNOVANTS À L'ONERA / CHÂTILLON, LE 13 JUIN 2018

par Gilles Surdon, membre Émérite 3AF, président de la Commission technique Matériaux et Eric Deletombe, membre Senior 3AF, Commission technique Structures

La recherche constante de l'allègement des structures aéronautiques et spatiales, les multiples réflexions visant à la réduction de leurs coûts de production, de fabrication et d'exploitation, ont de nombreuses conséquences sur les logiques de conception des futurs aéronefs et de leur motorisation. Une des tendances actuelles concerne le développement de procédés de fabrication permettant de minimiser voire de supprimer certaines opérations d'assemblages (fabrication de pièces composites monolithiques de grandes dimensions, méthodes de fabrication additive, ...). Ces assemblages entraînent en effet pour l'industriel de multiples surcoûts, par exemple en termes de masse, de conception et de dimensionnement, ou encore de certification. Mais en même temps que le nombre d'assemblages tendrait à diminuer, les besoins – et donc leurs natures – changent. Ceci remet en question de nombreux savoir-faire, connaissances et pratiques jadis maîtrisées dans les bureaux d'étude. Ces types d'assemblages que nous qualifierons de nouveaux, lorsqu'ils sont imposés, ou d'innovants lorsqu'ils sont recherchés, n'en restent en effet pas moins soumis aux mêmes contraintes et aux mêmes spécifications que leurs prédécesseurs.

La journée " Assemblages innovants " proposée conjointement par les Commissions Matériaux et Structures de 3AF vise à présenter ou revisiter un large éventail de problématiques posées par ces nouvelles techniques d'assemblage à l'échelle matérielle, interfaciale ou structurale. La prévision et la caractérisation de leurs performances " mécaniques ", la maîtrise de la qualité des procédés, les capacités de modélisation fine, de dimensionnement et d'analyse structurale constituent autant de problèmes toujours adressés aux ingénieurs et aux chercheurs du domaine aérospatial. Ces problématiques s'expriment d'ailleurs aussi bien en termes de durée de vie (fatigue et vieillissement) que de tenue (statique et dynamique), transmission des efforts /couples sur brides (coefficient de frottement statique). La question se pose également de savoir si certaines ruptures conceptuelles ou technologiques ne se cacheraient pas derrière cette problématique.

Cette journée technique et scientifique permettra de débattre de ces questions, en proposant – sans pouvoir être exhaustif – des présentations techniques et scien-

tifiques portant sur l'état de l'art et les perspectives de certaines des techniques jugées aujourd'hui prometteuses (collage, soudage métallique, soudage composite et thermoplastique, soudage par ultra-sons, soudage par friction malaxage, sertissage magnétique ...). Il sera également analysé les stratégies de modélisation avancées en cours de développement voire de mise en œuvre (analyse multi-échelle, modélisation probabiliste ...) qui devraient permettre à terme de mieux spécifier, dimensionner et certifier ces assemblages structuraux. La journée se clôturera par une table ronde, à l'occasion de laquelle les participants à la journée seront invités à alimenter les discussions et les débats.

PROGRAMME PROVISOIRE

- (1) Stratégie de modélisation avancée des assemblages structuraux aérospatiaux Matériaux, interfaces, fatigue, dynamique, Éric Paroissien et Yves Gourinat, ISAE-SUPAERO, Institut Clément Ader, CNRS
- (2) Assemblage par collage aéronautique : état de l'art, verrous et innovations, Maxime Olive, RESCOLL
- (3) Revue des technologies de soudage pour structures thermoplastiques composites, Eric Soccard AIRBUS/CRT
- (4) Procédés de soudage à l'état solide pour les structures aéronautiques : les derniers développement - les performances des assemblages des alliages d'alumi-

nium, Marine Ledoux, CONSTELLIUM

(5) Development and Application of Thermoplastic Welded Structures, Michel Brethouwer, Fokker

(6) Caractérisation des assemblages composites boulonnés sous sollicitation dynamique (ANR VULCOMP), Gérald Portemont, Julien Berthe, Alain Deudon, ONERA

(7) Modélisation multi-échelle des assemblages boulonnés, P.A. Boucard, ENS Paris-Saclay

(8) Évaluation de la résistance à la corrosion de structures Hybrides co-fabriquées Aluminium/composite à fibre de carbone, Sébastien Mercier, ONERA

Autres exposés potentiels :

- Fabien Lorioux, ArianeEspace : soudage FSW, serrage des liaisons boulonnées visant à maîtriser la dispersion dans la relation couple-tension vis;
- F. Verdier et B. Regnard (LISI Aerospace) : dernières ruptures technologiques sur les assemblages mécaniques d'aérostructures.

Table ronde : quelles ruptures technologiques à attendre dans ce domaine ? ■

JOURNÉE INTERNATIONALE DES DROITS DES FEMMES, 3AF ET AALCEF À LA MAIRIE DU XV^{ÈME}

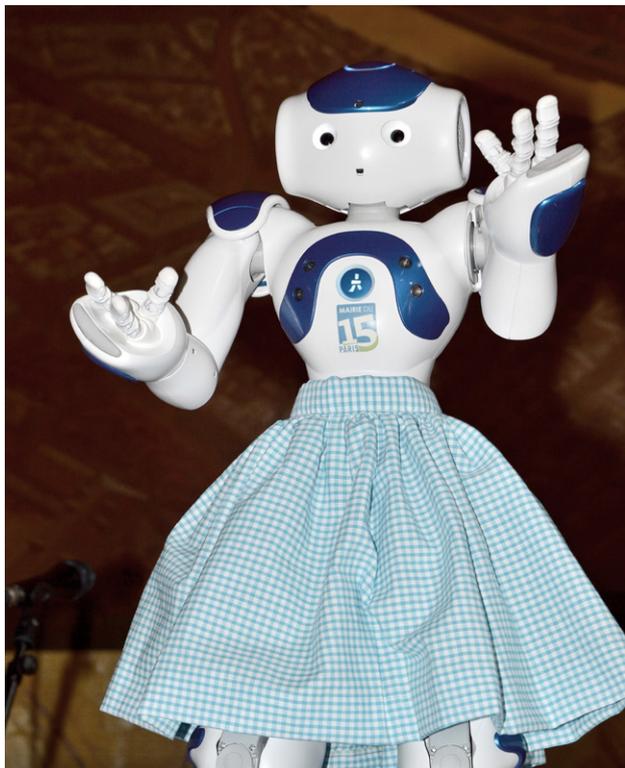
par Gérard Laruelle, président du Comité Jeunes et Bruno Chanetz, Rédacteur en Chef

À l'occasion de la Journée internationale des droits des Femmes, le 8 mars, la mairie du XV^{ème} arrondissement de Paris a souhaité mettre à l'honneur les femmes de l'industrie aérospatiale. Au programme, rencontres entre des collégiens de l'arrondissement avec des femmes de notre secteur industriel. L'organisation de cet événement a été confiée à l'Association Aéronautique et Astronautique de France (3AF) et à l'Association Aérospatiale des Lycéens, Collégiens et Écoliers de France (AALCEF), dans le cadre de ses partenariats de promotion de cette industrie.

Gérard Laruelle, président du Comité Jeunes de la 3AF et d'AALCEF, et Catherine Lari, animatrice au Centre de Ressources Vigée Lebrun, dans le 15^{ème}, ont été sollicités, fin janvier 2018, par la Mairie de l'arrondissement pour animer la journée du 8 mars 2018 sur le thème " Les femmes et l'industrie aérospatiale ". Cet événement était prévu l'après-midi dans la salle des fêtes de la mairie

du XV^{ème} et était destiné à faire connaître aux jeunes collégiens et collégiennes les métiers de l'aéronautique et de l'espace. Cette manifestation se déroulant dans le cadre de la " Journée internationale des droits des Femmes " devait mettre l'accent sur les possibilités offertes à ces dernières pour se consacrer à une carrière technique ou scientifique.

Le délai étant très court, un appel aux bonnes volontés au sein de nos réseaux a immédiatement été lancé par mails et les réponses ont été nombreuses et rapides, puisque neuf stands ont pu être proposés. De son côté, la mairie s'occupait de faire venir des collégiens, de l'arrondissement notamment. Le journal " Le Parisien " a même relayé l'information, mais en précisant un démarrage à 17h30, heure de clôture de notre après-midi. Ainsi nous avons reçu quelques visiteurs adultes lorsque nous rangions nos stands...



Le robot NAO, féminisée pour l'occasion.

La séance a été engagée par un discours de bienvenue du robot NAO qui, grâce à Catherine Lari, avait revêtu une splendide jupette bleu pâle. Gérard Laruelle a enchaîné avec un rappel sur le besoin important de main d'œuvre pour réaliser tous les avions en commande : 10 ans de travail !



Toutes les participantes des stands sur l'estrade.

Air Emploi, filiale du Gifas était présente pour préciser les métiers et les formations associées. L'AFMAé, le Centre de formation par apprentissage (CFA) des métiers de l'aérien, était représenté par un enseignant et une jeune apprentie qui a pu expliquer tout l'intérêt de sa formation et sa motivation à la poursuivre. Christophe Massacrier, directeur des relations industrielles à Sup Méca a expliqué ses formations d'ingénieurs préparant notamment au secteur aérospatial.



Stand Sup Méca animé par Christophe Massacrier.

La délégation de l'ONERA était constituée de quatre femmes, illustrant les différents métiers et les différentes étapes de la recherche. Elles ont rencontré les jeunes et leur ont parlé de leurs métiers respectifs avec passion et pédagogie. Elles les ont également conseillés et leur ont transmis des clefs pour leur permettre de choisir leur futur métier et leur donner le goût d'aborder des carrières scientifiques, toujours beaucoup moins choisies par les jeunes filles que par leurs homologues masculins. Mais pourquoi ?



La délégation féminine de l'ONERA. De gauche à droite : Béatrice Sorrente, Soraya Aminane, Isabel Tejedor et Brigitte Attal-Trétout.

Soraya Aminane, doctorante, a évoqué avec passion ses travaux de thèse consistant en la caractérisation de carburants. La chimie est la discipline scientifique la plus appréciée des femmes où elles constituent un peu plus de 50 % des effectifs. Gageons que la conviction de Soraya ne fera pas faiblir le recrutement dans cette filière !

Béatrice Sorrente, ingénieur d'études et de recherches est une opticienne chevronnée, spécialiste dans le domaine de l'imagerie à haute résolution. Elle leur a présenté un banc d'essai pour des mesures aéro-optiques à la soufflerie sonique de Lille. Ses propos ont réveillé chez certains enfants des souvenirs très récents, puisque

leur classe de 5^{ème} venait de visiter la soufflerie centenaire de Gustave Eiffel dans le XVI^{ème}. En effet, cette classe a eu la chance de prendre part à un projet pédagogique engagé avec AALCEF, incluant des travaux dans cette soufflerie et un cours d'aérodynamique au sein de leur collègue Modigliani par Gérard Laruelle.

Isabel Tejedor, technicienne “ contrôle ” à l'atelier de Meudon, avait apporté un modèle en prototypage rapide d'une pièce constitutive d'une balance aérodynamique destinée à mesurer des forces et des moments d'une maquette soumise au vent. Elle leur a aussi parlé de la grande soufflerie de Modane, fleuron du parc de souffleries de l'ONERA.

Brigitte Attal-Tretout, directrice de recherche, a évoqué sa carrière à l'ONERA après avoir obtenu un doctorat d'état. Elle leur a rappelé le caractère très pointu de la recherche et l'importance des stages tout au long du cursus de la formation. Le large éventail d'activités, qui vont du laboratoire aux calculs théoriques en passant par la publication d'articles et le travail de rédaction en anglais, a été bien expliqué.

Le stand 3AF a explicité les missions de l'association et suscité l'adhésion des jeunes pour entrer dans notre réseau et être informé des actions en cours.

Le stand suivant était original avec sa longue corde traversant la salle des fêtes de la mairie, à environ 2 m de hauteur. Pas de linge au séchage mais une multitude de dessins d'enfants pendus à la corde (permettant la vision des deux faces) et réalisés sous l'impulsion de l'association “ Le sabot et la plume ”, qui s'occupe de l'aide aux jeunes en travaillant sur des thèmes tels que les aviateurs de la première guerre mondiale. Les dessins vont de ville en ville, par avion ou avec un cheval tirant une roulotte.

Une exception vis-à-vis du secteur aérospace, le stand suivant est animé par une chimiste, spécialiste de la métallurgie, qui représente l'association “ Femmes Ingénieurs ”. La consigne est de ne pas mettre ici de “ e ” à ingénieur car ce mot représente alors le métier et non la personne. Une excellente promotion pour les jeunes filles souhaitant devenir des ingénieures.

L'association Française des Femmes Pilotes est représentée par deux pilotes dont sa trésorière qui est commandant de bord à Air France sur Airbus A380. Elles sont reparties ravies compte tenu de deux contacts fort concluants pour leur association.

Le stand AALCEF s'était surtout donné pour mission d'insister auprès des jeunes en expliquant que l'industrie aérospace a beaucoup de travail en commande et que cela induit un besoin d'embauches sur de très nombreux

métiers et correspondant à des niveaux de formation variés et donc adaptés à tous.

Il faut noter que Philippe Goujon, Maire du 15^{ème} arrondissement est venu visiter tous les stands et échanger avec quelques enfants. Il nous a rappelé tout son intérêt pour ce secteur de haute technologie qu'est le monde aérospace et son souhait de le développer au sein de son arrondissement ; il compte sur 3AF et AALCEF pour cette concrétisation.



Laurent Dujaric (Airemploi) avec Philippe Goujon (Maire du XV^{ème} arrondissement) et Gérard Laruelle.

3AF et AALCEF tiennent à remercier très sincèrement tous les bénévoles (essentiellement des femmes) qui ont répondu à l'appel pour parler aux jeunes. Ce fut un vrai succès qui s'est terminé en toute cordialité autour d'un verre de jus de fruit et en grignotant quelques petits gâteaux.

Mais dans la vie, tout n'est jamais parfait. Les collègues (6 étaient invités par la mairie) n'ont pas été au rendez-vous ; seuls deux sont venus et de plus avec peu de collégiens et collégiennes de 3^{ème} et parfois un peu trop jeunes : des 5^{ème}. Nous travaillons actuellement pour comprendre les raisons de ces absences. Ainsi, avec cette expérience, nous sommes sûrs que la prochaine action de ce type sera totalement gagnante.

Rendez-vous le 8 mars 2019 à la mairie du 15^{ème} arrondissement de Paris ! ■

HISTOIRE

ALBERT CAQUOT (1881-1976)

par Bruno Chanetz, membre Émérite 3AF, Rédacteur en Chef

Albert Caquot est né le 1^{er} juillet 1881 à Vouziers (Ardennes). Il entre à l'âge de 18 ans à l'École Polytechnique d'où il sort en 1901 dans le corps des ponts et chaussées. En 1912 il quitte l'administration pour devenir l'associé d'Armand Considère, l'inventeur du béton fretté et de Louis Pelnard, gendre de Considère. Il va ainsi se consacrer pendant plus de cinquante ans à la construction d'ouvrages en béton armé. Cependant les circonstances nationales vont le forcer à déployer également son activité dans le domaine de l'aérostation et de l'aéronautique. Lorsqu'il s'éteint le 27 novembre 1976, l'Académie des Sciences, dont il était membre, le considère comme " le plus grand des ingénieurs français vivants " depuis un demi-siècle.

DÉBUT DE CARRIÈRE DANS L'ADMINISTRATION À TROYES

De 1905 à 1912 il est affecté en tant qu'ingénieur ordinaire des ponts et chaussées à Troyes, où il participe à la conception du pont Hubert sur la Seine en proposant le système des rouleaux de dilatation, cylindres de gros diamètres dont l'axe est dirigé perpendiculairement à la direction de dilatation du pont. Cette innovation vise à faire converger les efforts vers le centre des fondations par l'intermédiaire de surfaces roulantes supportant des milliers de tonnes. Cette technologie fut largement appliquée durant un demi-siècle jusqu'à l'apparition des caoutchoucs néoprènes qui les remplacèrent.



Albert Caquot pendant la première guerre mondiale.

ALBERT CAQUOT RÉVOLUTIONNE L'AÉROSTATION DURANT LA PREMIÈRE GUERRE MONDIALE

Albert Caquot, qui avait accompli en 1901 et 1902 son service militaire comme sous-lieutenant au bataillon de sapeur aérostiers du 1^{er} régiment du Génie, se retrouve en 1914 commandant la 21^{ème} compagnie d'aérostiers à Toul. A cette époque, les français utilisent sur les champs de bataille les ballons d'observation sphériques de 750 m³ conçus en 1880 par le colonel Renard. Le capitaine Albert Caquot apporte immédiatement quelques améliorations au ballon, mais encore insatisfait des performances de ce matériel, il met au point un nouveau ballon captif d'observation, communément appelé " saucisse ", inspiré des " Drachen " allemands. Un prototype est réalisé à Chalais-Meudon. Début 1915, le général Hirschauer, directeur de l'aviation au ministère de la Guerre, fait effectuer des essais comparatifs avec le ballon sphérique Renard, la copie du Drachen allemand et le ballon Caquot. Le verdict est sans appel : le Renard supporte des vents de 38 km/h, le Drachen de 54 km/h et le Caquot de 90 km/h grâce à sa carène ovoïde offrant une résistance aérodynamique minimale. Aussi en juin 1915 Albert Caquot prend la direction de l'atelier mécanique d'aérostation de Chalais-Meudon afin de procéder à la construction en grande série des ballons de son invention. De 7 unités par mois en 1915, la production atteint 319 unités par mois à la fin de la guerre. Notons qu'à partir de 1917 les ballons Caquot sont copiés par les allemands pour remplacer les Drachen. Homme d'une grande probité, Albert Caquot a fait l'abandon de tous ces droits d'inventeur à l'Etat français.



La construction des ballons dans le Hall AT de Chalais-Meudon.

Le système d'attache Caquot est également supérieur à celui du Drachen, l'axe du ballon faisant seulement un angle de 5° avec l'horizontale au lieu de 45° pour le ballon allemand. Surtout l'amélioration tient à la présence de trois empennages souples à l'arrière, mais triangulés intérieurement, disposés dans les plans de trois méridiennes à 120°, reliés à la carène.



Un ballon " Caquot " en opération.

Ce système, permet, lors des rafales de vent, d'éviter les mouvements pendulaires si mal ressentis par les observateurs, qui devenus nauséeux se révèlent incapables de délivrer des informations fiables.

Les ballons Caquot jouent également un grand rôle sur mer grâce à une adaptation spécifique du treuil réalisée par Albert Caquot pour la marine britannique. Ce dispositif maintient le câble avec une tension variable, afin que le ballon puisse osciller en souplesse en altitude. De juillet à fin novembre 1916, 46 ballons de 900 m³ sont livrés au Royaume-Uni, puis Albert Caquot est envoyé à Londres en décembre 1916 pour construire sur place les ballons destinés à la marine britannique. Grâce à l'utilisation de ces ballons sur des navires britanniques, la détection des sous-marins allemands en mer du nord est plus aisée et les pertes par torpillage moindres que pour la marine française, qui n'utilise pas encore les ballons Caquot sur mer. Aussi en 1917 Caquot est envoyé à Brest pour mettre la marine française au même niveau. Les ballons Caquot sont également mis à contribution en 1917 et 1918 pour protéger Londres des bombardements allemands. Ils permettent de soutenir des câbles tendus qui font barrage contre l'aviation allemande.

Le 14 octobre 1917, il est nommé chef de bataillon, puis directeur de la section technique de l'aéronautique militaire, où il œuvre notamment à l'amélioration des moteurs d'avions. Son activité se déploie inlassablement

pour aider les constructeurs, qui à la veille de l'armistice, livrent quotidiennement 100 avions à l'armée française.

RETOUR À LA VIE CIVILE ET AU GÉNIE CIVIL

Rendu à la vie civile après l'armistice, Albert Caquot poursuit sa carrière de constructeur de grands ouvrages en béton armé au sein du bureau d'études " Pelnard-Considère et Caquot ". Il réalisera au cours de sa carrière entre trois et quatre cent ponts en France et à l'étranger. Le plus célèbre est le pont de la Caille au nord d'Annecy en Haute-Savoie, achevé en 1928 et qui constituait à l'époque un record mondial pour une seule arche de portée 137,5 m. Il est également le concepteur de grands barrages, dont celui du Sautet (Isère) sur le Drac à 40 km de Grenoble, mis en service en 1935 et comprenant un arc de 126 m de hauteur et de 80 m de longueur dans sa partie haute. Albert Caquot construit aussi de grandes halles en béton armé, tel le Hangar d'aviation de la base aéronautique de Fréjus (Var), dit " le paquebot " avec ses 7000 m² de planchers couverts, inauguré en 1935. Il conçoit pour Les chantiers de la Loire à Saint-Nazaire une forme de cale, dite " Jean-Bart ", permettant la construction de navires de grandes dimensions. Le premier bâtiment construit grâce à ce dispositif de terre-plein, adossé à une forme de radoub, est le " Jean-Bart " de 50 000 tonnes. Par la suite, cette installation - forme Jean-Bart - est agrandie pour permettre la construction de navires pétroliers de 500 000 tonnes. Parmi les ouvrages emblématiques d'Albert Caquot, il faut citer sa contribution au célèbre

“ Christ rédempteur ” du mont Corcovado à Rio Janeiro (Brésil), monument dessiné par le sculpteur français Paul Landowski et inauguré en 1931. Albert Caquot est l’auteur de la structure interne en béton armé pour cette réalisation de 38 m de hauteur, surmontée d’une statue de 30 m pour une masse totale de 1145 tonnes.

En parallèle et en complément de son activité de constructeur, il se passionne pour une science naissante : la mécanique des sols. En 1933 il publie son premier livre “ Equilibre des massifs à frottement interne. Stabilité des terres pulvérulentes ou cohérentes ” dans lequel il exprime des théories nouvelles sur les rapports entre le frottement des milieux granulaires et le frottement de la roche mère et leurs répercussions sur les poussées et contraintes. Le 12 novembre 1934, il est élu à l’Académie des sciences, section de Mécanique. Son épée d’académicien résume parfaitement sa double carrière dans le génie civil et dans l’air avec sa poignée représentant le pont de la Caille et son clavier décoré d’un ballon d’observation, type “ Caquot ”.

AU SERVICE DE L’AÉRONAUTIQUE EN VUE DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE

À partir de 1928 il va devoir se dévouer de nouveau à l’aviation. En septembre 1928 est en effet créé un ministère de l’Air au profit de Laurent Eynac, ancien sous-lieutenant aviateur-bombardier pendant la guerre de 1914-1918. Dès octobre 1928 Laurent Eynac crée le poste de directeur général technique et industriel, qu’il confie à Albert Caquot lequel le conservera jusqu’en mars 1934. Cette période est féconde car tout est à créer. Il fonde écoles et instituts de mécanique des fluides, lance la construction de la Grande Soufflerie de Chalais-Meudon. Son œuvre est immense.

Il rénove l’aviation française, rationalisant, regroupant, s’appuyant sur des industriels de premier plan, tel Marcel Bloch-Dassault, qui écrira “ M. Caquot est un des meilleurs techniciens que l’aviation ait jamais connus. C’était un visionnaire qui, dans tous les domaines, abordait l’avenir ”. Néanmoins devant la baisse des crédits de recherche décidée par un nouveau ministre de l’air, le général Denain en février 1934, Albert Caquot se retire et retourne à ses activités de génie civil. Mais en raison des menaces de guerre, Albert Caquot est rappelé en septembre 1939 et retrouve son poste de directeur technique et industriel, mais ne réussit pas à imposer ses vues – accélération de la fabrication des avions – au chef d’état-major de l’armée de l’air le général Vuillemin et démissionne en mars 1940. Il conserve toutefois ses fonctions de président des sociétés nationales d’aéronautique, qui lui permettent de décentraliser les usines, d’en installer certaines dans des carrières à l’abri d’éventuels bombardements, mais de tels efforts auraient dû être entrepris 18 mois plus tôt pour porter leurs fruits. Il remet

sa démission en septembre 1940, après avoir refusé de livrer aux allemands 24 avions Bloch.

POURSUITE D’UNE VIE TRÈS ACTIVE DANS L’APRÈS-GUERRE

Après la seconde guerre mondiale, Albert Caquot fait partie du Conseil économique, et est élu Président de l’Académie des sciences au cours de l’année 1952. De 1949 à 1961, il préside le Conseil scientifique de l’Onera (Office National d’Études et de Recherches Aéronautiques), organisme nouvellement créé. En février 1952, à l’âge de 72 ans, il est promu Grand-Croix de la Légion d’honneur. Il poursuit son activité créatrice en participant à la construction de nombreux autres ponts, canaux et barrages : pont levant de Martrou, Canal du Bas Languedoc. Il laisse son nom à une courbe la caquoïde, proposée à EDF en 1965 pour la réalisation d’une galerie à Curbans sur la Durance. Cette courbe est un profil à courbure continue destiné à remplacer les anciennes formes de souterrain en fer en cheval. Agé de 80 ans il apporte encore à EDF une contribution significative lors de la réalisation de l’usine marémotrice de la Rance (Ile-et-Vilaine), avec la conception des caissons “ Caquot ” qui permirent de protéger le chantier durant la phase de construction du barrage.

Au cours de sa longue existence, Albert Caquot a enseigné dans les écoles des mines, des ponts et chaussées et de l’aéronautique. Il est également considéré comme le “ Père ” de la normalisation industrielle et après la seconde guerre mondiale se voit confier la présidence de l’Association Française de Normalisation (AFNOR) et celle de l’International Organization for Standardization (ISO).

De son mariage en 1905 avec une compatriote de Vouziers Jeanne Lecomte, il eut une seule fille, qui épouse Jean Kerisel, auteur d’une excellente biographie de son beau-père intitulée “ Albert Caquot, Savant, soldat et bâtisseur ”, titre qui résume parfaitement la carrière de cet exceptionnel ingénieur.

Références :

- Marcel Dassault, Le Talisman, Editions J’ai Lu, 1970, pp 56-59*
- Maurice Roy, CR de l’Académie des Sciences. Séance du 10 janvier 1977, Gauthier-Villars, n°193398-77*
- Jean Kerisel, Albert Caquot 1881-1976, Savant, soldat et bâtisseur, Presses de l’École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris 2001.*
- Marie-Claire Coët et Bruno Chanetz, Albert Caquot et l’Onera, Le Curieux Vouzinois n°57, Vouziers, juin 2001.*
- Bruno Chanetz, 1915 : Mise au point du Ballon Caquot, La Science au présent 2015, Encyclopaedia universalis.*
- Bruno Chanetz, 1976 : Mort d’Albert Caquot, La Science au présent 2016, Encyclopaedia universalis. ■*

PARMI LES PROCHAINS ÉVÉNEMENTS 3AF



MAI

6th SPACE PROPULSION INTERNATIONAL CONFERENCE
14 au 18 Mai 2018 à Séville (Espagne), Barcelo Renacimiento Hotel
<http://www.spacepropulsion2018.com>



OCTOBRE

14^{ème} FORUM EUROPÉEN INFORMATION ÉCONOMIQUE ET STRATÉGIQUE
03 au 05 Octobre 2018 à Chartres, CCI
<http://www.ies2018.com>

AEGATS '18

Advanced Aircraft Efficiency in a Global Air Transport System

OCTOBRE

2nd CONFERENCE ADVANCED AIRCRAFT EFFICIENCY IN A GLOBAL TRANSPORT SYSTEM
23 au 25 Octobre 2018 à Toulouse
<http://www.aegats2018.com>



Association Aéronautique
et Astronautique de France

www.3af.fr